

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

*DIN – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE*

*CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA MECCANICA*

**TESI DI LAUREA**

In

**SISTEMI DI PRODUZIONE AVANZATI**

**Analisi dei flussi per la riprogettazione del layout e  
delle risorse produttive: il caso S.E.F.A. Acciai Srl**

CANDIDATO

Michinelli Matteo

RELATORE:

Chiar.ma Prof.ssa Mora Cristina

CORRELATORE

Chiarini Stefano

Anno Accademico 2017/2018

Sessione II



# INDICE

SOMMARIO.....	pag. 4
INTRODUZIONE.....	pag. 5
1. DESCRIZIONE AZIENDA.....	pag. 7
1.1 Presentazione dell'azienda.....	pag. 7
1.2 Descrizione dello stabilimento, delle attrezzature e delle attività.....	pag. 8
1.2.1 Stabilimento e attrezzature.....	pag. 9
1.2.2 Ricevimento materie prime.....	pag. 11
1.2.3 Ciclo di produzione.....	pag. 11
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	pag. 13
3. PRINCIPI TEORICI.....	pag. 15
3.1 Generalità sul dimensionamento dei magazzini.....	pag. 15
3.2 Generalità sul dimensionamento statico delle risorse.....	pag. 18
3.3 Generalità sull'analisi dei flussi mediante l'approccio LFAS.....	pag. 20
3.3.1 Spazio percorso e connessioni tra i reparti nel layout dello stabilimento produttivo.....	pag. 20
3.3.2 Ciclo produttivo e gestione della produzione.....	pag. 21
3.3.3 Tipologia e prestazioni del sistema di trasporto.....	pag. 21
3.3.4 Funzioni obiettivo.....	pag. 21
3.3.5 LFAS: numero di veicolo mediante approccio statico.....	pag. 22
3.3.6 LFAS: numero di veicoli e movimentazioni mediante approccio dinamico.....	pag. 23
3.3.7 KPI dei prodotti, dei veicoli e dello stabilimento.....	pag. 23
4. STUDIO DEI MODELLI PER ORGANIZZARE IL REPERIMENTO DEI DATI.....	pag. 27
4.1 Dimensionamento del magazzino, degli operatori e delle attrezzature per il servizio web.....	pag. 27
4.1.1 Dimensionamento dei magazzini.....	pag. 27
4.1.2 Numero di pallettizzatori.....	pag. 29
4.1.3 Numero di operatori.....	pag. 30
4.2 Studio del generico ciclo produttivo per l'analisi dei flussi.....	pag. 30
4.3 Creazione delle matrici dei flussi, delle distanze e dei tempi.....	pag. 40

5. RACCOLTA DATI.....	pag. 47
5.1 Dati per il dimensionamento del servizio web.....	pag. 47
5.2 Dati per l'analisi dei flussi.....	pag. 48
6. ELABORAZIONE DEI DATI.....	pag. 52
6.1 Determinazione delle risorse per il servizio web.....	pag. 52
6.1.1 Numero dei magazzini.....	pag. 52
6.1.2 Numero di pallettizzatori.....	pag. 57
6.1.3 Numero di operatori.....	pag. 58
6.2 Analisi dei flussi dello stabilimento e re-layout con valutazione dei KPI.....	pag. 58
6.2.1 Studio delle aree di stoccaggio.....	pag. 58
6.2.2 Creazione dei cicli di lavoro.....	pag. 60
6.2.3 Analisi dei flussi attuali.....	pag. 87
6.2.4 Re-layout 1.....	pag. 96
6.2.5 Re-layout 2.....	pag. 101
6.2.6 Re-layout 3.....	pag. 107
7.CONCLUSIONI.....	pag. 112
7.1 Conclusioni dimensionamento servizio web.....	pag. 112
7.2 Conclusioni analisi dei flussi.....	pag. 114
BIBLIOGRAFIA.....	pag. 118

# SOMMARIO

S.E.F.A. Acciai S.r.l. svolge le attività di stoccaggio e taglio di barre e lamiera di acciaio su richiesta del cliente. Alcuni sfridi derivanti dal taglio di particolari tipi di acciaio (solitamente acciai legati) vengono stoccati in due magazzini verticali e venduti via internet attraverso un sito dedicato. Essendo ricavati dagli scarti di lamiera o barra questi prodotti sono tutti diversi, le uniche caratteristiche che hanno in comune sono: la massa generalmente piccola (mediamente attorno ai 10kg) e la forma considerata vendibile. Fino ad oggi l'attività di vendita on-line è stata svolta in modo marginale sfruttando due magazzini verticali, tuttavia la domanda di questi prodotti ha subito un forte incremento e, come prevedibile, anche i pezzi in giacenza sono aumentati per andare incontro alle esigenze dei clienti stessi. Per poter far fronte alla nuova giacenza di prodotti a stock l'azienda sta valutando la possibilità di acquisire un capannone limitrofo dove verrebbe spostato l'intero magazzino web. Il vecchio capannone e il nuovo verrebbero a far parte di un unico sistema, il piazzale verrebbe riasfaltato completamente, verrebbe modificata la posizione del reparto spedizioni. Questi cambiamenti porterebbero a una modifica della viabilità sia interna che esterna che renderebbe necessario lo spostamento dell'isola ecologica e della pesa per i camion nel piazzale. All'interno dello stabilimento si libererebbe dello spazio che potrebbe essere sfruttato in modi differenti, potrebbe essere aggiunta una macchina, oppure semplicemente si potrebbe migliorare la situazione dei flussi e delle aree di stoccaggio.

Il primo obiettivo della tesi è dimensionare da un punto di vista statico le risorse per il futuro servizio web, in particolare si devono determinare: il numero di magazzini necessari per fare fronte alla giacenza prevista, il numero di operatori, pallettizzatori e transpallet. Il secondo obiettivo è quello di valutare attraverso l'analisi dei flussi i diversi layout dello stabilimento che si otterrebbero spostando il reparto spedizioni, le aree di stoccaggio e eventualmente acquistando una macchina ulteriore. Si vuole ricercare la migliore disposizione dei macchinari e dei reparti che minimizzi i costi di trasporto e che ottimizzi lo sfruttamento delle aree. Al termine del progetto si otterranno una o più configurazioni di stabilimento valutate attraverso opportuni KPI. Lo studio affrontato verrà utilizzato come supporto per le decisioni future riguardanti il layout qualora il progetto di riassetto abbia inizio.

La prima fase del lavoro è stata quella di comprendere e analizzare nel dettaglio tutto il flusso produttivo e tutte le attività svolte in azienda dagli operatori. Successivamente, sulla base dei modelli teorici, sono state impostate le procedure matematiche e analitiche che sono state utilizzate durante l'elaborazione dati. In questo modo è stato possibile determinare i valori di input necessari. Noti i parametri necessari, è stata eseguita la raccolta dati in funzione dell'obiettivo finale. Alcuni dati di input sono stati ricavati dal campo, altri sono stati forniti dall'azienda e ancora altri sono stati ottenuti indirettamente con l'aiuto del personale in officina. Al termine di questa fase sono stati eseguiti dei controlli su alcuni parametri per verificare la bontà della raccolta dati e della modellazione. Noti tutti i valori necessari è stata eseguita l'elaborazione dei dati, anche in questo caso al termine di alcuni passaggi è stato svolto un controllo per verificare la bontà della modellazione fatta.

Il dimensionamento statico delle risorse ha portato allo studio di quattro possibili configurazioni dei magazzini, alla determinazione del numero di operatori, al numero di pallettizzatori e al numero di transpallet. L'analisi economica non è stata fatta in quanto non si avevano sufficienti indicazioni, ci si è limitati a fare considerazioni di carattere generale sulle varie configurazioni. L'analisi dei flussi ha portato alla determinazione dei costi di trasporto e di tutti i parametri (che si possono trovare nei capitoli teorici) dello stabilimento attuale e delle possibili riconfigurazioni. I KPI dei nuovi layout sono stati confrontati con quelli dello stabilimento odierno studiato prima senza e poi con una segatrice in più.

# INTRODUZIONE

S.E.F.A. Acciai S.r.l. svolge l'attività di stoccaggio di barre e lamiere che poi vengono tagliate su richiesta del cliente. Lo sfrido che rimane dalle lavorazioni in base al tipo di materiale e alla forma può avere diverse destinazioni. Se la dimensione rimanente è grande lo sfrido viene ricollocato nella zona di stoccaggio in attesa che possa essere tagliato nuovamente in un secondo momento; se la forma rimanente non ha più mercato (ad esempio è un rifilo di lamiera) lo sfrido viene messo a rottame; se invece lo sfrido è di un acciaio legato, di dimensione troppo piccola per poter essere tagliata successivamente e con geometria che generalmente è richiesta dai clienti allora il prodotto viene immagazzinato nuovamente in due magazzini verticali. Questi ultimi prodotti vengono definiti "web" in quanto la loro vendita avviene esclusivamente attraverso un sito internet dedicato. L'esecuzione degli ordini funziona come per un negozio on-line: i clienti accedono alla piattaforma, verificano la disponibilità dei prodotti, e in base a ciò che gli serve effettuano l'acquisto. Il tempo di consegna della merce è estremamente veloce, solitamente si rimane al di sotto delle otto - dieci ore lavorative. In breve l'attività di vendita di pezzi web ha subito un rapido incremento e per andare in contro alle esigenze dei clienti anche i pezzi a stock sono aumentati. Oggi l'azienda sta valutando la possibilità di potenziare il servizio di vendita on-line acquistando un capannone limitrofo a quello odierno da destinare esclusivamente all'attività di stoccaggio e prelievo dei pezzi "web". Spostando i due magazzini verticali nel nuovo sito all'interno dello stabilimento attuale si libererebbe dello spazio che potrebbe essere occupato da nuove aree di stoccaggio oppure da una nuova macchina per incrementare la produzione. Un'ulteriore modifica che verrebbe apportata sarebbe lo spostamento della zona spedizioni, che attualmente si trova a ridosso del passaggio interno che taglia a metà lo stabilimento, al di sotto della tettoia esterna. Tutte le operazioni di carico e scarico del materiale avverrebbero nella zona appena citata, dove i carriponte grazie a particolari cavità nei muri esterni, riescono ad arrivare. Lo spazio liberato nello stabilimento, dovuto alla chiusura del passaggio interno e allo spostamento dei magazzini verticali nel nuovo stabile potrebbe, essere utilizzato per migliorare la disposizione dei reparti ottimizzando lo sfruttamento delle aree oppure per risistemare delle attrezzature. Lo spostamento del reparto spedizioni sotto alla tettoia e l'acquisizione del nuovo capannone imporrebbe modifiche anche al layout esterno e alla viabilità dello stabilimento. Il piazzale verrebbe completamente riasfaltato, e permetterebbe l'accesso alle aree spedizioni dei due stabilimenti passando dall'ingresso principale dello stabilimento odierno. Attualmente la pesa per i camion è situata frontalmente agli uffici, anche questa verrebbe spostata nel piazzale accanto all'isola ecologica. Quest'ultima farebbe da divisorio dei flussi di veicoli diretti all'area spedizioni del vecchio stabilimento e del nuovo. I camion di materia prima non sarebbero più obbligati a uscire esternamente dal cancello nel parcheggio dopo la pesatura per poi rientrare per effettuare lo scarico del materiale. Attualmente parte del piazzale viene utilizzato per stoccare del materiale, la nuova viabilità imporrebbe un riassetto anche delle aree di stoccaggio che deve permettere il flusso di veicoli e le operazioni di carico e scarico in modo agevole.

Il primo obiettivo di questo lavoro è quello di determinare il numero di magazzini, operatori, pallettizzatori e transpallet necessari per contenere la giacenza prevista. Per determinare il numero di magazzini necessari sono state valutate diverse configurazioni con diverse tipologie di magazzini verticali. Nello specifico si vogliono valutare soluzioni che impieghino solamente le due tipologie di magazzini verticali già presenti in azienda e soluzioni che impieghino, oltre alle due precedenti, anche una terza tipologia (sempre magazzino verticale) della stessa marca ma con caratteristiche di portata e dimensioni per cassetto differenti. La seconda parte del lavoro è incentrata sullo studio del possibile layout ottimale dello stabilimento. Note le nuove risorse da destinare al servizio web, e il layout finale che si vorrebbe ottenere, si vuole valutare cosa accadrebbe in ottica di costi di trasporto e saturazione

delle aree qualora si dovessero mettere in atto queste modifiche. Si vuole valutare l'incidenza sui costi, sui flussi e sulla saturazione delle aree che lo spostamento di alcuni reparti e l'eventuale inserimento di una macchina in più nel layout produttivo potrebbero comportare. Al termine del progetto. Si potranno avere diversi layout che portano a costi di trasporto e sfruttamento della superficie differente. L'elaborato ha quindi lo scopo di fornire un supporto per la decisione di quale possa essere il layout finale del futuro progetto di riassetto logistico qualora si decida che debba essere attuato.

Per quanto riguarda il dimensionamento del magazzino e delle risorse del servizio web sono stati impiegati i criteri classici per il dimensionamento di un sistema di stoccaggio che prevedono il rapporto tra la giacenza sulla quale si vuole eseguire il progetto e la giacenza di una singola unità di stoccaggio e il rapporto tra tempo totale richiesto per le operazioni e il tempo disponibile di una risorsa. L'analisi del layout è stata eseguita utilizzando l'approccio LFAS per l'analisi dei flussi che prende come dati di input la pianta dello stabilimento con i flow-control-points e la dimensione delle aree di stoccaggio relative ad ognuno di essi e il ciclo di lavoro dei prodotti.

Nel capitolo 1 si trova la descrizione dello stabilimento odierno, delle attività che sono svolte, del ciclo produttivo e delle attrezzature impiegate.

Nel capitolo 2 si trova la descrizione del progetto di dimensionamento e re-layout dello stabilimento produttivo.

Nel capitolo 3 vengono mostrati i principi teorici generali sui quali si basa il progetto sia per quanto riguarda il dimensionamento dei magazzini e il dimensionamento delle risorse sia per quanto riguarda l'analisi dei flussi dello stabilimento e la determinazione dei relativi KPI.

Il capitolo 4 affronta la tematica della applicazione dei modelli teorici al caso aziendale che permette di impostare la raccolta dei dati necessari. Si propone la procedura che verrà attuata nel capitolo 6 per quanto riguarda il dimensionamento del magazzino, delle risorse e l'analisi dei flussi dello stabilimento.

Il capitolo 5 tratta tutta la fase di raccolta dei dati sia di quelli che sono ricavabili direttamente dal campo che quelli forniti dall'amministrazione.

Nel capitolo 6 si può trovare l'elaborazione dei dati vera e propria che va dalla determinazione delle risorse fino alla analisi dei flussi. In questo capitolo viene mostrato anche il procedimento utilizzato per risalire alla pianta dello stabilimento e al ciclo di lavoro sulla base dei dati disponibili.

Nel capitolo 7 vengono svolte delle considerazioni prima sul dimensionamento del magazzino e delle risorse per il servizio web e poi sull'analisi dei flussi degli stabilimenti analizzati.

# 1. DESCRIZIONE AZIENDA

## 1.1 Presentazione dell'azienda

L'azienda S.E.F.A. Acciai S.r.l. con sede a Sala Bolognese è stata fondata nel 1978 dal signor Bruno Conti, di cui ancora oggi è il titolare, e da allora nel giro di pochi anni è diventata leader nella fornitura di acciai per impieghi generici, acciai per stampi e acciai da utensili. Dal 2007 S.E.F.A. Acciai S.r.l. fa parte del gruppo S.E.F.A. HOLDING GROUP S.p.A. di cui fanno parte due ulteriori realtà produttive: TIG-Titanium International Group S.r.l. e S.E.F.A. ACCIAI LAVORAZIONI MECCANICHE S.r.l. La prima ha un ruolo di primo ordine nel taglio e nel commercio di componenti di titanio. La seconda vanta un'importantissima esperienza nelle lavorazioni per asportazione di truciolo partendo dal disegno meccanico. Dal giorno della sua fondazione ad oggi S.E.F.A. ACCIAI S.r.l. ha acquistato un ruolo chiave nella filiera produttiva della meccanica di alta qualità tipica del territorio regionale dell'Emilia Romagna e vanta tra i suoi clienti alcune delle aziende più famose del territorio bolognese, tra le queste spicca la S.A.C.M.I. di Imola leader nella produzione di impianti per ceramica e macchine automatiche per il beverage. Oltre che un importante portafoglio clienti la S.E.F.A. vanta un portafoglio fornitori che comprende alcune tra le acciaierie più famose a livello mondiale, tra queste spicca la HUDDEHOLM, leader Svedese nella produzione di acciai speciali, per la quale la S.E.F.A. è concessionaria esclusiva nelle regioni di Emilia-Romagna, Toscana, Umbria, Lazio e Sicilia.



**Fig. 1.1 – A sinistra è raffigurata la parte frontale dello stabilimento; a destra la localizzazione geografica rispetto alla città di Bologna.**

S.E.F.A. ACCIAI S.r.l. è specializzata nello stoccaggio e nella fornitura di componenti di acciaio tagliati e lavorati su specifica richiesta del cliente che andrà poi a eseguire le successive lavorazioni per asportazione di truciolo. Il punto di forza dell'azienda, che le permette di soddisfare appieno le richieste del mercato, è la capacità di fornire pezzi di acciaio di differenti qualità, forma e dimensione in tempi molto brevi. Al fine di incrementare il già alto livello di servizio fornito, negli ultimi anni sono stati istituiti un sito on line dove i clienti possono cercare i prodotti già disponibili a magazzino che vengono consegnati in tempi inferiori a una giornata lavorativa e un servizio di squadratura e spianatura dei pezzi appena tagliati. Quest'ultima operazione viene eseguita con fresatrici speciali dedicate, concepite proprio per velocizzare e facilitare questo lavoro che con le macchine tradizionali risulterebbe difficile e estremamente onerosa in termini di tempo, e quindi di costo, a causa dell'elevata numerosità dei piazzamenti. Per i clienti più esigenti, che necessitano di acciai per

impieghi particolari, dove può essere messa a rischio la sicurezza delle persone, può essere svolto il controllo agli ultrasuoni per verificare l'assenza del più piccolo difetto interno al materiale. Tutte le attività appena descritte fanno sì che il livello di servizio che è in grado di fornire l'azienda nei confronti dei clienti sia elevatissimo e proprio per questo nel giro di pochi anni è riuscita a diventare un vero e proprio punto di riferimento nel settore del commercio dell'acciaio.



Fig. 1.2 – Nell'immagine sono raffigurati dei prodotti caricati su un pallet dopo che hanno subito diversi processi di lavorazione e di imballaggio.

## 1.2 Descrizione dello stabilimento, delle attrezzature e delle attività

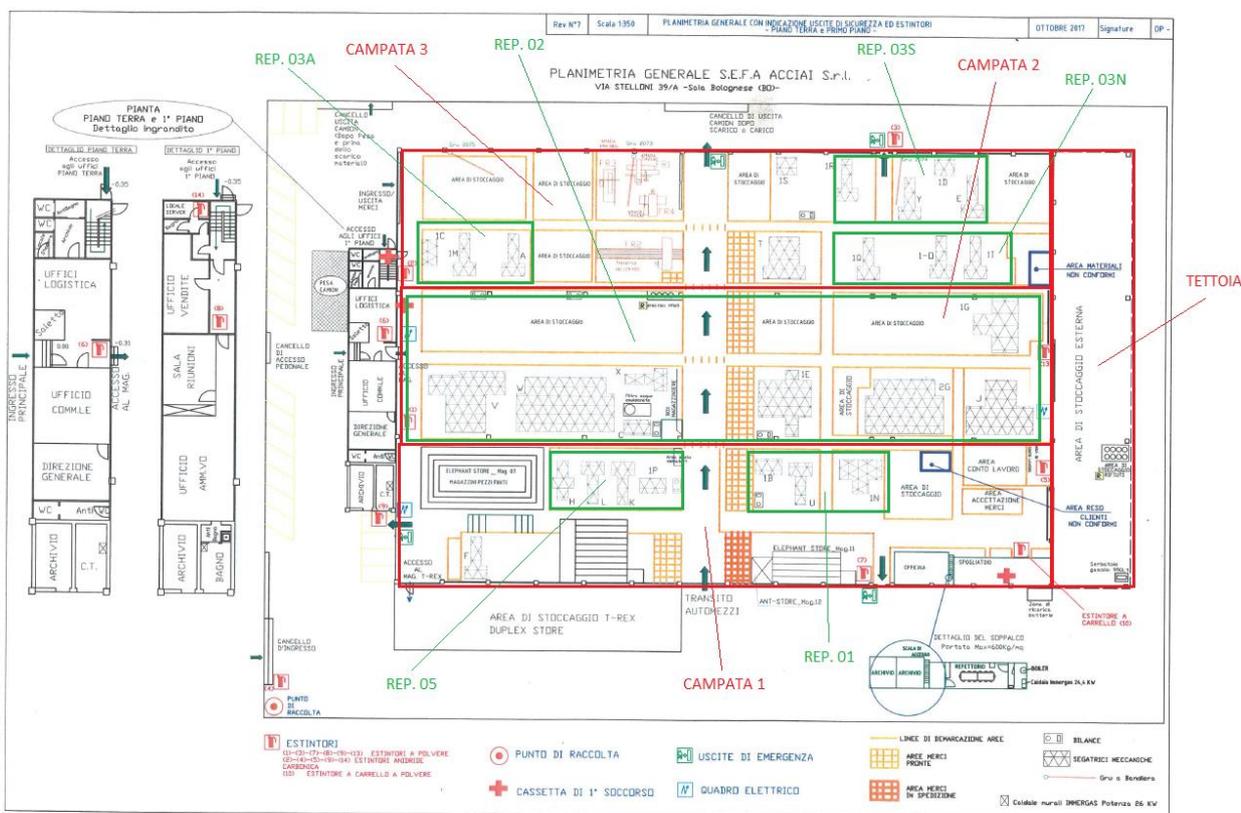
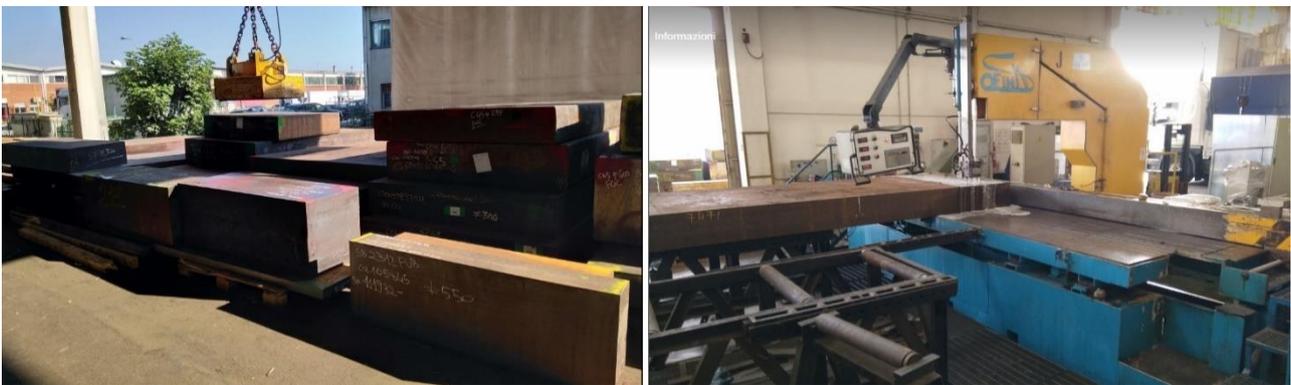


Fig. 1.3 – Pianta dello stabilimento disegnata al CAD. In rosso sono indicate le campate, in verde i reparti all'interno delle campate.

### 1.2.1 Stabilimento e attrezzature

L'ingresso principale si trova nella parte frontale dello stabilimento dove ci sono anche gli uffici, di fronte a questi ultimi è situata la pesa per i camion mentre immediatamente dietro si trova il reparto di produzione. La zona di lavoro è divisa in tre campate (una centrale e due laterali), in quella centrale (indicata con il numero due) sono tagliate le lamiere di grandi dimensioni dal peso molto elevato (ad esempio  $6000 \times 2000 \times 200$ , dal peso di quasi  $19000kg$  ma si può andare anche oltre). In quest'ultimo reparto sono impiegati tre carriponte dalla portata di:  $10000kg$ ,  $12500kg$  e  $25000kg$ ; le macchine utilizzate per tagliare le lamiere sono tutte segatrici a nastro verticale tranne una che ha la lama orizzontale e sono di notevoli dimensioni tanto che possono arrivare ad occupare una superficie di  $90m^2$ . Nella campata due vengono tagliate le lamiere dalle quali si ricavano le strisce di materiale che poi possono essere spedite oppure possono essere ridotte ulteriormente nei reparti situati a valle del ciclo di produzione presenti nelle due campate laterali indicate con uno e tre.



**Fig. 1.4** – A sinistra è illustrata una delle zone di stoccaggio lamiere della campata due; a destra è raffigurata una segatrice al lavoro in campata due.

Nelle campate uno e tre vengono tagliate solamente porzioni di lamiera, barre o spezzoni (questi ultimi sono materiali rimasti dai tagli di lamiera eseguiti precedentemente che sono stoccati in apposite aree) che sono di dimensioni più piccole rispetto ai materiali trattati nel reparto precedente, per questa ragione sia le macchine per le lavorazioni che le attrezzature necessarie per la movimentazione hanno dimensioni e portate inferiori. Lo spostamento dei prodotti nelle campate uno e tre viene effettuato impiegando sei carriponte, di cui cinque dalla portata di  $5000kg$  e uno di  $8000kg$  a seconda del modello, e dei transpallet (per trasportare i pallet carichi con i semilavorati o i prodotti finiti); le taglie delle macchine sono molto più ridotte rispetto alle precedenti della campata due. Ogni reparto di taglio è dotato di una bilancia e di una zona adibita allo stoccaggio temporaneo del materiale in ingresso e in uscita dal reparto.



**Fig. 1.5** – A sinistra una segatrice della campata uno; a destra una segatrice della campata tre.

Quasi a metà dello stabilimento, lungo tutta la larghezza, è presente il passaggio che permette il transito ai camion e ai veicoli sia dei fornitori che dei clienti. A ridosso di questo percorso si trova il reparto spedizioni e ricevimento materie prime che è dotato di piccole scaffalature dove il materiale può essere stoccato momentaneamente in attesa della consegna. Tra le principali attrezzature di cui è dotata l'azienda ci sono un magazzino automatizzato "T-REX" da cui il reparto 05 reperisce le barre e due magazzini automatici verticali che servono per il commercio dei pezzi di piccole dimensioni venduti direttamente via internet (in azienda chiamati "web").



**Fig. 1.6 – A sinistra viene sono raffigurati i due magazzini verticali tipologia Elephant e ANT per lo stoccaggio dei prodotti web; a destra la zona di uscita del magazzino T-REX per barre e lamiere della campata uno.**

Nel piazzale esterno sono stoccati gli spezzoni dei materiali meno pregiati come: C45, C40, 2311 (UNI/DIN 40CrMnMo7) e il 2312 (UNI/DIN 40CrMnMoS8) ed è presente un cassone adibito allo smaltimento dei trucioli e delle rimanenze dei tagli come frazioni di materiale o rifili che non sono più utilizzabili o che non hanno più mercato e quindi vengono messi a rottame. L'azienda è dotata anche un centro di fresatura composto da quattro macchine: una spianatrice, due squadratrici e una fresatrice dedicata alla fresatura sui pezzi molto lunghi (che non possono essere caricati nelle tre macchine precedenti) che eseguono la squadratura completa o la sola spianatura dei pezzi sulla base di quanto richiesto del cliente.



**Fig. 1.7 – A sinistra è raffigurata una delle due squadratrici del centro di fresatura; a destra è raffigurata la spianatrice del centro di fresatura.**

Internamente all'azienda, oltre alle zone riservate all'immagazzinamento delle lamiere, si trovano numerose aree di stoccaggio di barre e spezzoni. Nella parte terminale del capannone è situato il parcheggio di un muletto di grandi dimensioni utilizzato per il carico e lo scarico delle lamiere che non sono sollevabili dai comuni veicoli.

### *1.2.2 Ricevimento materie prime*

I camion in arrivo carichi di lamiere e barre di acciaio entrano dall'ingresso principale e raggiungono la stazione di pesatura accanto agli uffici, terminato il controllo del peso escono dal cancello situato frontalmente rispetto alla pesa e rientrano nuovamente dall'ingresso principale. Quando il veicolo riceve l'autorizzazione entra all'interno del capannone dove raggiunge il reparto spedizioni che è adibito anche al ricevimento delle materie prime e qui viene scaricato. I materiali vengono controllati e pesati, una volta terminata l'accettazione sono poi collocati nelle aree di stoccaggio dedicate: le lamiere vengono portate nella campata due, in quanto è l'unica a essere dotata di carriponte che hanno la portata necessaria per il loro sollevamento; le barre vengono collocate nel magazzino automatizzato T-REX oppure in un'altra area situata a ridosso del reparto 03A (nella campata tre) a seconda del tipo di materiale. Le barre di acciaio più pregiato vengono stoccate nel magazzino automatico, mentre quelli dal valore inferiore come il C45 vengono stoccati in aree dedicate vicine alle macchine di produzione nelle varie campate. Terminato lo scarico, i veicoli dei fornitori attraversano tutto lo stabilimento internamente e raggiungono il cancello d'uscita che permette l'immissione definitiva sulla strada.

### *1.2.3 Ciclo di produzione*

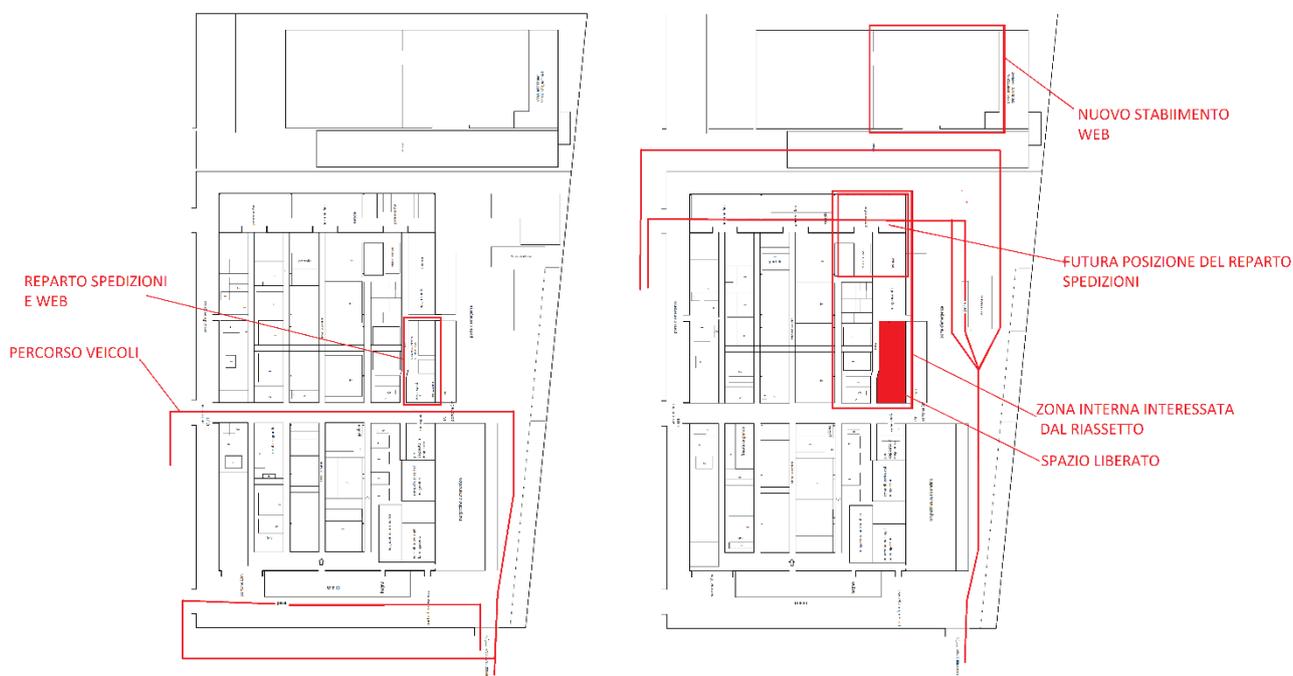
Il ciclo produttivo che porta all'evasione di un ordine di un cliente può partire dalla lamiera oppure dallo spezzone. Il materiale che parte da lamiera viene prima tagliato dalle macchine della campata due. In questo reparto le lavorazioni possono arrivare a durare fino a parecchie ore per produrre un singolo pezzo o striscia di lamiera. Questo è dovuto non alla lentezza della macchina che può raggiungere velocità di avanzamento fino a oltre  $50\text{mm}/\text{min}$  (sia arriva fino anche a  $100\text{mm}/\text{min}$  su acciai di bassa durezza) ma a una lunghezza molto elevata delle componenti da tagliare. Terminato il taglio si ottiene un pezzo finito oppure una striscia di lamiera che deve essere ridotta. Nel primo caso il pezzo viene pesato, eventualmente fresato, e spedito; nel secondo caso il prodotto deve essere spostato nei reparti limitrofi situati nelle campate uno e tre, qui viene ridotto in pezzi più piccoli che poi sono pesati, eventualmente fresati, e spediti. La rimanenza del taglio della lamiera ha diverse destinazioni: può essere collocata nuovamente nella zona di stoccaggio della campata due se il pezzo rimanente è di dimensioni importanti; può essere messo a spezzone o a partita se la rimanenza è di dimensioni più ridotte rispetto alla prima; oppure può essere messa a rottame se ciò che rimane è un rifilo. Nel secondo caso si tratta di pezzi rimasti dal taglio che sono riutilizzabili per ordini successivi di altri clienti; nel terzo caso si tratta di rifili di lamiera o di pezzi che hanno geometrie tali da non avere più mercato. Gli spezzoni non sono più riportati nel reparto di deposito delle lamiere ma vengono pesati e collocati in altre zone di stoccaggio esterne alla campata due che possono essere interne o esterne allo stabilimento. Come anticipato precedentemente, non sempre la produzione inizia dal taglio della lamiera. A volte il ciclo di lavoro parte dagli spezzoni che sono presenti in magazzino (rimanenti da lavorazioni precedenti). Questo perché si vuole di ridurre al minimo lo spreco di materiale e di risparmiare tempo sulle lavorazioni. Si ricorre al taglio della lamiera il minor numero di volte possibile ossia quando è strettamente necessario. Gli spezzoni vengono recuperati dalla zona di stoccaggio e portati nei reparti delle campate uno e tre dove sono tagliati, eventualmente fresati, e spediti. Qualora il processo produttivo inizi invece dalla barra si otterrebbe il ciclo analogo a quello dello spezzone, con la differenza che la barra genera solitamente delle rimanenze che tornano nella zona di deposito del materiale mentre lo spezzone viene sfruttato tutto e quello che rimane viene messo a rottame. Può capitare che i clienti ordinino dei pezzi che sono disponibili a magazzino che non necessitano di alcun taglio, in quel caso i prodotti vengono prelevati

dalla zona di stoccaggio, caricati su di un pallet e spediti. Le rimanenze dei tagli di acciai pregiati che sono troppo piccole per essere messe nuovamente all'interno della zona di stoccaggio riservata agli spezzoni e alle barre ma che sono troppo grandi per essere messe a rottame e hanno forme che sono ancora vendibili vengono catalogate e stoccate all'interno di due magazzini automatizzati. Quando i clienti effettuano gli ordini via internet di pezzi appartenenti a quest'ultima categoria di prodotti i materiali vengono estratti dal magazzino, imballati e spediti. Tutto il ciclo produttivo dall'ordine al prelievo si svolge nell'arco di qualche ora tanto che se l'ordine vien fatto al mattino il cliente riceve i pezzi direttamente in giornata o al più il mattino seguente.

Il reparto spedizioni riceve i pezzi finiti che provengono dai reparti di taglio delle tre campate, dal centro di fresatura e dai magazzini dedicati al servizio di vendita on line. I pallet con sopra i prodotti vengono stabilizzati attraverso la reggiatura manuale o l'utilizzo di un pallettizzatore e collocati nell'area di stoccaggio in attesa che il cliente li venga a ritirare. Solitamente i pallet non sostano più di qualche ora nella zona dedicata allo stoccaggio, al massimo si arriva a qualche giorno nei casi limite siccome la data di consegna al cliente è molto vicina a quando viene lanciato l'ordine di produzione. I veicoli dei clienti passano dal cancello principale e una volta autorizzati entrano all'interno dello stabilimento dove raggiungono il reparto spedizioni e una volta caricati attraversano lo stabile lungo tutta la sua larghezza fino a raggiungere il cancello che permette nuovamente l'immissione su strada.

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'azienda sta valutando di acquistare un capannone limitrofo dove verrà spostata l'intera attività di stoccaggio e prelievo dei pezzi che vengono venduti via web. Partendo dagli obiettivi di vendita e di giacenza si vuole determinare il numero delle risorse necessarie che permettano di raggiungere la frequenza di prelievo e lo stoccaggio dei pezzi previsti. Con l'acquisizione del nuovo sito e lo spostamento di parte della produzione in quest'ultimo si vuole valutare il possibile riassetto della logistica in modo che vecchio e nuovo stabilimento vengano a fare parte di un unico sistema. Il progetto prevede di riasfaltare completamente il piazzale dei due stabilimenti e modificare radicalmente il flusso di materiali rispetto a quello odierno. Il reparto che si occupa di imballare e spedire i prodotti e di ricevere la materia prima verrebbe spostato nella zona terminale del capannone dove c'è la tettoia, che è larga quanto lo stabilimento, ed essendo dotata delle guide dei carriponte che escono dallo stabilimento attraverso particolari aperture nei muri permetterebbe di eseguire le operazioni di carico e scarico dei camion al riparo dagli agenti atmosferici. Le operazioni di imballaggio e di carico dei pezzi web verrebbero eseguite completamente nel nuovo sito. L'isola ecologica per lo stoccaggio dei rifiuti (tipicamente trucioli e altro materiale di scarto), che attualmente è situata nel piazzale, rimarrebbe esterna ma verrebbe ripositionata e farebbe da divisorio tra i flussi dei veicoli che hanno come destinazione il carico di materiale tagliato nel vecchio stabile e quelli che sono diretti nel nuovo capannone. Un ulteriore intervento necessario sarebbe quello di operare lo spostamento della pesa dei camion contenenti la materia prima dalla zona in cui è ora fino alla zona situata frontalmente al cancello di ingresso. Con questo nuovo assetto i veicoli dei fornitori non sarebbero più costretti a uscire dal cancello dopo la pesatura per poi rientrare ma potrebbero andare direttamente alla zona di scarico rimanendo all'interno della recinzione inoltre si libererebbe dello spazio internamente al vecchio capannone che potrebbe essere sfruttato per altri impieghi.



**Fig. 2.1 – A sinistra è raffigurato il percorso che attualmente i camion dei fornitori devono svolgere; a destra è raffigurata la futura viabilità con il nuovo stabilimento.**

Internamente allo stabilimento si renderebbero necessari degli spostamenti di alcuni reparti, macchinari e delle aree di stoccaggio. Si vuole valutare quale sia la configurazione migliore dello

stabilimento attraverso l'analisi dei flussi di materiale che si hanno annualmente e dei flussi di materiale che si potrebbero avere con l'inserimento di un macchinario nella campata uno. Il reparto che si occupa dei pezzi web è situato di fronte al reparto 01, spostando la zona di stoccaggio e di prelievo di questi prodotti nella nuova struttura si libererebbe dello spazio utile che potrà essere utilizzato per stoccare internamente del materiale che attualmente è situato esternamente oppure potrebbe essere utilizzato per ricollocare materiale che è già stoccato internamente oppure si potrebbe inserire una nuova segatrice nel reparto 01 che subirebbe un'espansione. In una prima fase dello studio verrà eseguito il dimensionamento del nuovo magazzino e delle risorse per garantire la produzione web, in secondo momento verrà sfruttato l'approccio LFAS applicato a diversi layout con diversi livelli di organizzazione, con o senza l'inserimento del nuovo macchinario, che permetterà di valutare il layout attraverso dei KPI di prodotto, stabilimento, veicolo e due funzioni obiettivo. Per le diverse configurazioni studiate si arriverà fino alla determinazione dei costi di movimentazione globali che per singolo chilogrammo di materiale movimentato.

### 3. PRINCIPI TEORICI

In questo capitolo sono illustrati a livello teorico i modelli matematici utilizzati nell'elaborato per portare a termine lo studio. Verranno trattate le procedure per il dimensionamento dei magazzini, per il dimensionamento statico delle risorse e per valutare i layout dello stabilimento e tutti i KPI necessari per eseguire delle comparazioni e giungere in fine a delle conclusioni.

#### 3.1 Generalità sul dimensionamento dei magazzini

Lo studio che porta al dimensionamento del magazzino necessita dei seguenti dati di input:

- Giacenze dei materiali;
- Flussi dei materiali.

La zona di stoccaggio della merce nel magazzino deve essere determinata sulla base delle analisi del livello di stock ossia sulla giacenza cumulativa. Questo processo porta alla creazione della curva ABC.

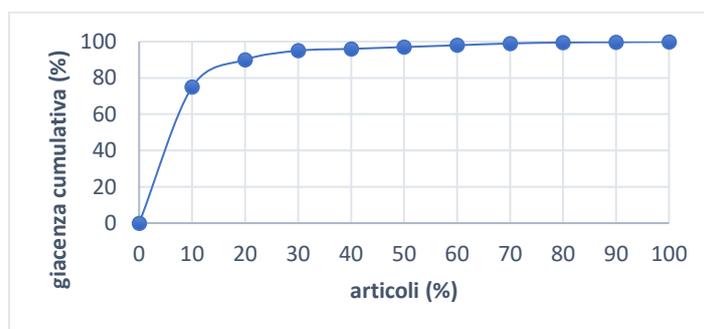
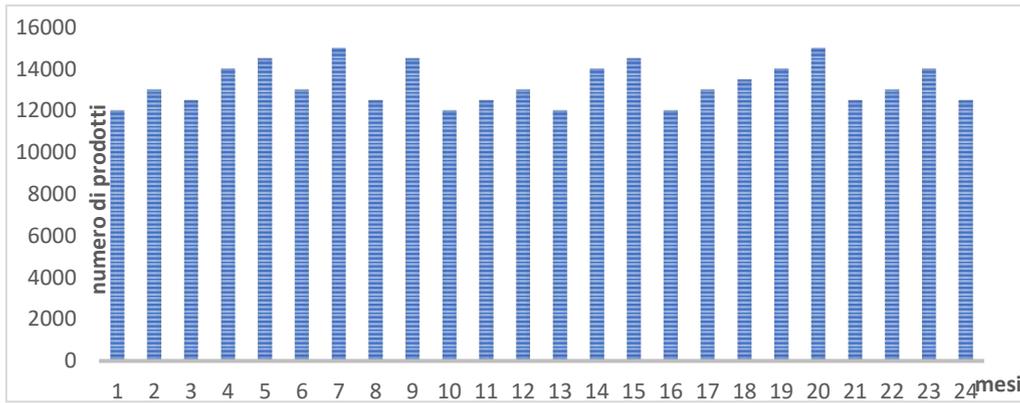


Fig. 3.1 – Curva cumulativa della giacenza o ABC.

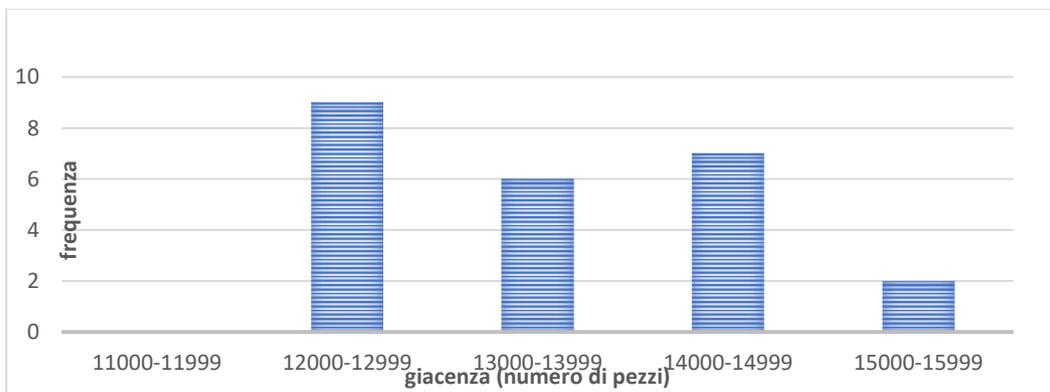
Per costruire il grafico precedente bisogna scrivere in ordine decrescente le giacenze dei singoli prodotti rapportate alla giacenza totale. Partendo dal primo articolo (che presenta il valore percentuale maggiore) si costruisce la curva cumulativa delle giacenze ossia la curva ABC. Sperimentalmente si è visto che per dimensionare correttamente il magazzino ci si può basare solamente su una parte degli articoli totali. Dalla curva cumulativa si ricavano tutti gli articoli che permettono di arrivare al 90-95% della giacenza totale, questi prodotti saranno quelli sui quali verrà dimensionato il magazzino. Una zona sulla quale bisognerebbe porre una particolare attenzione è la zona di arrivo del magazzino, quest'ultima deve essere dimensionata in funzione dei picchi dei flussi della merce.

Determinati i prodotti sui quali bisogna eseguire lo studio si deve valutare con attenzione la serie storica delle giacenze dei prodotti ritenuti importanti costruita su un numero di anni significativo. Dalla analisi dell'andamento della somma delle giacenze dei prodotti ritenuti importanti negli anni passati si possono determinare la giacenza minima, la giacenza media e la giacenza massima che dei prodotti. Dimensionare il sistema sulla base della giacenza massima richiede grandi investimenti iniziali, ma consente di far fronte a tutte le situazioni senza alcun provvedimento eccezionale, un dimensionamento sulla giacenza media potrebbe portare alla necessità di ricorrere a soluzioni eccezionali di stoccaggio esterno al magazzino internamente all'azienda oppure esternamente da terzi; il dimensionamento basato sulla giacenza minima porterebbe a un rischio di sottodimensionamento del magazzino e dunque è assolutamente da evitare in quanto si ricorrerebbe a soluzioni eccezionali troppo spesso.



**Fig. 3.2 – Generico andamento della giacenza nel tempo.**

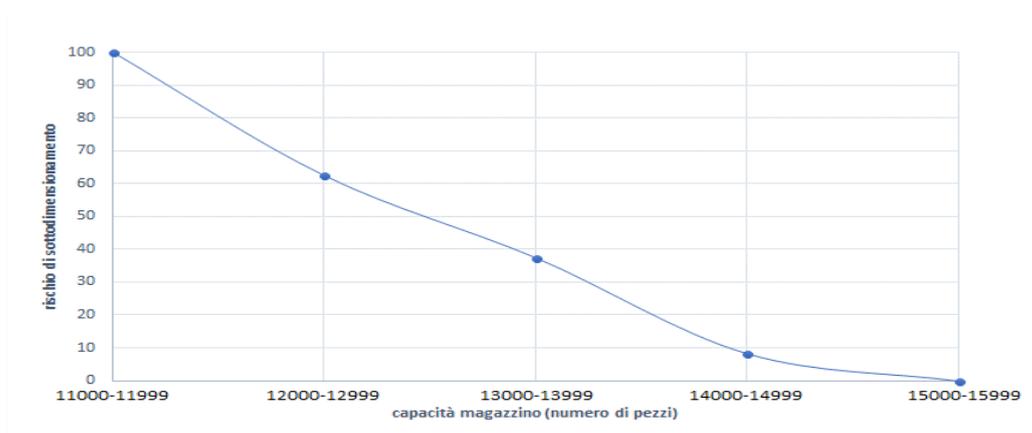
Il passo successivo è quello di stimare il rischio di sottodimensionamento del un magazzino per i vari valori di giacenza, per determinarlo è opportuno costruire l’istogramma delle frequenze con la quale si verificano le giacenze nell’arco del tempo. Si raggruppano i valori in classi di giacenza entità opportuna e se ne monitora la frequenza di accadimento della giacenza in un dato intervallo.



**Fig. 3.3 – Istogramma delle frequenze con la quale si verificano i valori di giacenza.**

Lo studio della distribuzione andrebbe eseguito non considerando i dati legati a fenomeni strani e occasionali. Utilizzando le frequenze relative si traccia la curva della distribuzione cumulativa che rappresenta il rischio di sottodimensionamento di un magazzino per le varie capacità.

Il valore corretto della giacenza va determinato minimizzando la funzione obiettivo globale di costo, comprendente da un lato i costi emergenti di sottodimensionamento e dall’altro i costi diretti legati alle dimensioni del magazzino stesso (edilizia, impiantistica, e altro ancora...).



**Fig. 3.4 – Curva del rischio di sottodimensionamento del magazzino in base alla giacenza**

Per dimensionare opportunamente il magazzino devono essere considerati anche altri fattori: evoluzione delle esigenze in termini di dimensione della gamma di articoli e delle relative scorte e la modalità di allocazione delle u.d.c. sulle scaffalature.

I criteri di allocazione della merce impiegabili sono i seguenti:

- *posti condivisi*: questa metodologia di allocazione si basa sul concetto che ogni articolo può essere stivato in qualsiasi cella; in particolare si cerca di inserire i materiali nel primo vano libero disponibile più vicino alla testa del magazzino. Il vantaggio di questo metodo di allocazione è quello di: ridurre il numero totale di vani o scaffali che sono necessari, migliorare l'utilizzazione degli stessi, ridurre i percorsi e i tempi di ciclo dei mezzi operativi. Purtroppo l'assenza di un metodo univoco e stabile di indirizzamento delle u.d.c. porta a un aumento del tempo richiesto per rintracciarla quando è richiesto il prelievo.
- *posti dedicati*: i vani dedicati ad una tipologia di merce sono fissi per un dato periodo di tempo. Ovviamente i vani possono essere riassegnati in un secondo momento per riadattare il magazzino alle nuove esigenze che si possono presentare. Il numero dei vani è legato alla massima quantità di pezzi per ogni articolo che devono essere immagazzinati e per questo in condizioni normali di funzionamento si ha un utilizzo incompleto delle scaffalature. Da un punto di vista puramente teorico nessun articolo può occupare le celle assegnate ad un altro articolo. Si possono fare eccezioni per determinati prodotti che non possono essere stoccati nei vani a causa del peso eccessivo oppure dell'eccessiva sensibilità alla temperatura o altri motivi che obbligano lo stoccaggio a pavimento o nelle posizioni più basse del magazzino. Il numero di celle o vani da assegnare all'i-esimo articolo corrisponde in questo caso alla massima giacenza prevedibile per ogni articolo nel periodo considerato. Il numero di celle da assegnare agli articoli i vale:

$$Y_i = K_i * \max_T(x_i)$$

$$K_i = K_2 * K_3$$

$\max_T(x_i)$  = numero massimo di celle occupate dall'articolo i in T;

$K_i$  = fattore correttivo previsionale sull'articolo i;

$K_2$  = fattore correttivo sulla giacenza massima: >1 se sono previsti aumenti, <1 se sono previste diminuzioni;

$K_3$  = fattore correttivo per frazionamento del picking.

La potenzialità ricettiva per posti dedicati vale:

$$PR = \sum_{i=1}^n Y_i$$

Questo criterio di allocazione risulta vantaggioso nei magazzini automatici dove si eseguono operazioni di riordino nei tempi morti. Gli aspetti positivi risiedono nella riduzione dei tempi di prelievo o deposito e nella massimizzazione della potenzialità di movimentazione. L'aspetto negativo è l'incremento del numero di celle necessarie.

- *Zone dedicate o allocazioni miste*: il magazzino viene diviso in diverse zone sulla base della facilità di accesso ai vani. La contemporanea suddivisione degli articoli in classi, per esempio in base alla frequenza di movimentazione consente di effettuare una collocazione banalizzata di una classe.

Siccome per il dimensionamento dei magazzini automatizzati verticali è stato scelto a priori il criterio di allocazione sulla base dei posti dedicati sono stati riportati solamente i modelli matematici inerenti a questa metodologia. In letteratura sono disponibili modelli matematici approfonditi anche per lo studio degli altri criteri di allocazione citati.

### 3.2 Generalità sul dimensionamento statico delle risorse

Il dimensionamento statico delle risorse avviene eseguendo il rapporto tra il tempo totale richiesto a una generica risorsa per eseguire i lavori necessari ( $T_{totric.}$ ) e il tempo disponibile che la generica risorsa ha all'interno di un determinato periodo di tempo ( $T_{disp1ris.}$ ).

$$n = [n'] = \left\lceil \frac{T_{totric.}}{T_{disp1ris.}} \right\rceil$$

dove:

$$T_{totric.} = \sum_{i=1}^n Tric_i$$

$i$  = indice delle operazioni o dei lavori

$$T_{disp1ris} = \frac{h}{turno} * \frac{turni}{giorno} * \frac{giorno}{mese} * \frac{mesi}{anno}$$

Più nello specifico il tempo totale richiesto viene calcolato differentemente da risorsa a risorsa. Se si fa riferimento a una macchina che deve eseguire determinati lavori, come potrebbe essere una macchina utensile, il tempo totale richiesto viene calcolato nel seguente modo:

$$T_{totric.} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P n_i * (T_{piazz_j} + T_{lavoro_j})$$

$i$  = indice dei prodotti;

$n_i$  = numero di componenti della tipologia di prodotto  $i$ ;

$N$  = numero totale di prodotti che vengono lavorati sulla risorsa;

$j$  = indice dei piazzamenti;

$T_{piazz_j}$  = Tempo richiesto per il  $j$  – esimo piazzamento (comprende il carico e lo scarico);

$T_{lavoro_j}$  = Tempo di lavoro richiesto durante il piazzamento  $j$ .

Nella formula precedente non è stato considerato il tempo di setup delle macchine che solitamente si ricava determinando il tempo disponibile di tutte le risorse al quale si deve sottrarre il tempo richiesto da tutte le lavorazioni che devono essere eseguite dalle risorse appena determinate. Dal tempo disponibile per i setup si ricava poi la lottizzazione e il tempo necessario agli operatori per eseguire tutte le operazioni. Tuttavia, esistono casi dove la lottizzazione viene imposta a priori e quindi il tempo totale di setup può essere aggiunto al tempo totale richiesto come un dato di input. Qualora la risorsa sia un centro di lavoro le operazioni di piazzamento svolte dagli operatori avvengono in tempo mascherato e si ha dunque un  $T_{piazz_j}$  nullo per ogni  $j$ . Nel caso in cui la risorsa sia una macchina “stand alone” allora è necessario conoscere sia il  $T_{piazz_j}$  che il  $T_{lavoro_j}$  in quanto la macchina risulta impegnata sia durante la produzione che durante il piazzamento (e quindi non è disponibile per altri lavori) che comprende la fase di carico del pezzo appena lavorato.

Per quel che riguarda gli operatori, a differenza delle macchine, è necessario conoscere il tempo che deve essere impiegato per i setup in quanto sono operazioni che devono essere svolte da questa risorsa. Il tempo totale richiesto è determinato come segue:

$$T_{totric.} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P n_i * T_{piazz_i} + \sum_{k=1}^S T_{setup_k}$$

$k$  = indice dei setup;

$S$  = numero dei setup;

$T_{setup_k}$  = Tempo impiegato per il  $k$  – esimo setup.

La formula appena vista si riferisce ad operatori che eseguono operazioni di carico e scarico di pezzi su macchine che devono eseguire determinate lavorazioni. La metodologia di calcolo del tempo totale nel caso più generico possibile di operatore che deve eseguire certe funzioni potrebbe essere la seguente:

$$T_{totric.} = \sum_{i=1}^N T_{job_i} * n_i$$

$i$  = indice dei job generici che deve eseguire l’operatore.

$N$  = numero totale delle tipologie di job che deve eseguire l’operatore

$T_{job_i}$  = Tempo impiegato per eseguire il job  $i$

$n_i$  = numero di volte che deve essere ripetuto il job  $i$

L’ultima formula mostrata potrebbe valere anche per macchine generiche che eseguono dei lavori generici che non necessariamente svolgono lavorazioni meccaniche su dei materiali. Un esempio di potrebbe essere un pallettizzatore che imballa i pallet con del film plastico prima che vengano spediti.

Per quanto riguarda il tempo disponibile di una risorsa esso viene valutato in un determinato periodo di tempo per esempio nella formula vista precedentemente viene valutato in h/anno ma potrebbe essere valutato in *min/anno* o *s/anno*, dipende dai casi. L’importante è che ci sia coerenza tra l’unità di misura tra numeratore e denominatore quando si esegue il rapporto per determinare il numero delle risorse.

Un altro parametro utile è il coefficiente di utilizzo delle risorse espresso in percentuale. Questo parametro è definito come:

$$coef. = 100 * \frac{n'}{n}$$

### 3.3 Generalità sull'analisi dei flussi mediante l'approccio LFAS

L'approccio LFAS (Logistic Flow Analysis Software) permette di ricavare un numero elevato di informazioni riguardo al layout aziendale del quale se ne vogliono analizzare i flussi, i dati di input sono:

- 1- Spazio percorso e connessioni tra i reparti nel layout dello stabilimento produttivo;
- 2- Ciclo produttivo e gestione della produzione;
- 3- Tipologia del sistema di trasporto e prestazioni.

#### 3.3.1 Spazio percorso e connessioni tra i reparti nel layout dello stabilimento produttivo

Partendo dal modello dello stabilimento fatto al CAD dato come input al sistema si può progettare il sistema di movimentazione in modo che sia assolutamente analogo a quello reale. La rete dei percorsi è composta essenzialmente dalle seguenti entità:

- 1- Vettori che definiscono direzione e lunghezza che viene percorsa dai veicoli tra i reparti dello stabilimento;
- 2- Aree che corrispondono ai reparti di produzione e ambienti di stoccaggio;
- 3- Punti di carico e scarico (FCP-flow control points) collocati in ogni reparto per permettere lo scambio dei materiali.

Ogni area che viene collocata nel layout corrisponde a un reparto, a un gruppo di macchine o una macchina singola, parte di questa superficie è dedicata allo stoccaggio dei materiali in ingresso e in uscita. Per poter eseguire l'analisi dei flussi bisogna che la politica di trasporto sia nota siccome tutti i prodotti devono essere caricati sulle unità di carico (indicate anche come u.d.c.). Solitamente quando si menzionano le unità di carico ci si riferisce ai pallet, ma potrebbero essere anche dei cassoni o dei generici contenitori, la natura di una u.d.c. o di un'altra dipende dal sistema di trasporto e dal materiale che deve essere spostato. Il passaggio e lo scambio delle unità di carico tra i reparti si effettua tramite dei punti di carico e scarico situati nei baricentri delle aree di stoccaggio chiamati "flow – control – points" (FCP) che sono collegati dai percorsi (detti anche vettori) che possono essere unidirezionali o bidirezionali sui quali si muovono i veicoli adibiti al trasporto dei materiali. Il modello grafico del sistema produttivo permette facilmente di ottenere informazioni riguardanti le distanze percorse durante i viaggi e sulla dimensione delle aree di stoccaggio progettate o già presenti nel sito (per quantificare lo spazio occupato dal materiale durante lo stoccaggio temporaneo). La determinazione delle distanze e degli spazi potrebbe risultare molto onerosa ma è fondamentale per definire gli spazi definitivi e i costi sostenuti ogni anno (o ogni giorno) per movimentare i materiali attraverso i reparti.

### 3.3.2 Ciclo produttivo e gestione della produzione;

Il Software LFAS necessita anche delle informazioni che riguardano la produzione. I cicli di lavoro e la politica di lotto della produzione devono essere generate tenendo conto delle priorità tecnologiche. I primi sono fondamentali per definire i flussi di materiale tra i reparti del sistema produttivo. I dati sulla politica di produzione e sulla politica di pallettizzazione permettono di quantificare il numero di unità di carico che sono movimentate e di risalire al numero di viaggi che vengono svolti ogni giorno. Quasi sempre i flussi all'interno del sistema produttivo sono generati assumendo per ipotesi che ogni giorno il flusso di materiale corrisponda a unità di carico completamente piene cosa che risulta molto comune nei sistemi produttivi.

### 3.3.3 Tipologia e prestazioni del sistema di trasporto

Altri input del sistema LFAS riguardano i dati tecnici delle unità di carico (u.d.c.) e dei veicoli del sistema di movimentazione. Devono essere note le caratteristiche tecniche delle u.d.c., la capacità di carico dei veicoli inerente alle unità di carico (per calcolare il numero di unità di carico che devono essere spostate ogni giorno). I dati tecnici inerenti ai veicoli del sistema di trasporto riguardano: velocità dei veicoli, accelerazione, decelerazione, capacità di carico e costi di funzionamento. Attraverso tutte queste informazioni si riesce a determinare il tempo e il costo totale della politica di trasporto.

Dati tecnici di input inerenti alle u.d.c. (solitamente ci si riferisce ai pallet):

- Larghezza ( $m$ );
- Lunghezza ( $m$ );
- Capacità di carico ( $pz/udc$ ).

Dati tecnici di input inerenti ai veicoli:

- Velocità ( $m/s$ );
- Accelerazione ( $m/s^2$ );
- Decelerazione ( $m/s^2$ );
- Tempo di carico e scarico del materiale ( $s$ );
- Disponibilità (%);
- Costo ( $€/s$ ) o ( $€/m$ );
- Capacità di carico del veicolo ( $udc/veicolo$ ).

### 3.3.4 funzioni obiettivo

L'approccio LFAS analizza il problema sfruttando due funzioni obiettivo (FO) differenti. La prima si basa sulla distanza percorsa durante il trasporto; la seconda si basa sul tempo impiegato per il trasporto.

1- FO basata sulla distanza percorsa per il trasporto

$$FO = \sum_{kij} f_{ij}^k * c_{ij} * d_{ij}$$

## 2- FO basata sul tempo impiegato per il trasporto

$$FO = \sum_{kij} f_{ij}^k * (t_{ij} + l_i + u_i)$$

Tutte e due le FO sono necessarie per poter determinare, valutare e comparare la risposta del sistema di trasporto quando vengono apportate delle modifiche di uno o più parametri richiesti dalla analisi multi-scenario. La funzione obiettivo basata sulla distanza è essenziale per eseguire un'analisi da un punto di vista economico, per quantificare i costi del sistema di trasporto, mentre la funzione obiettivo basata sul tempo è utile quando è importante sapere il tempo totale che viene speso durante le operazioni di trasporto.

### 3.3.5 LFAS: numero di veicoli mediante approccio statico

Il sistema di movimentazione non è altro che un set di veicoli che ha lo scopo di movimentare i materiali tra i vari reparti del sistema produttivo (si va dal reparto i al reparto j) e ammette la possibilità di considerare l'utilizzo di sistemi di trasporto differenti che presentano diversi indici di prestazione. Per ogni tipologia di veicolo (indicata nella trattazione con la lettera Z) è facile vedere che questo problema è di tipo lineare: è necessario determinare il tempo totale  $T_z$  impiegato dai veicoli per il trasporto, durante il carico e lo scarico delle varie unità di carico. Lo scopo di questo approccio è determinare il numero di veicoli minimo per effettuare le operazioni di movimentazione tra i vari reparti. Matematicamente si deve determinare la matrice  $x_{ij}$  che minimizza  $T_z(X)$  che corrisponde al tempo totale di viaggio. Il tempo necessario per il trasporto per una data tipologia di veicoli z è data da:

$$T_z(X) = \sum_{ij} n_{ijz} * (t_{ijz} + l_{iz} + u_{jz}) + \sum_{ij} x_{ijz} * t_{ijz}$$

Con i vincoli:

$$\sum_j x_{ijz} = a_{iz}$$
$$\sum_i x_{ijz} = -b_{jz}$$

Dove  $t_{ijz}$  dipende dal rapporto tra la distanza  $d_{ij}$  e la velocità di lavoro della tipologia di veicolo Z.

Una volta determinato  $T_z(x)$ , per calcolare il numero di veicoli richiesti della tipologia Z è sufficiente scrivere:

$$M_z = \frac{T_z(X)}{T_z}$$

Quando il numero di veicoli di tipologia Z è noto è possibile calcolare tutte le variabili del sistema di trasporto, aggregate per veicolo o per prodotto.

### 3.3.6 LFAS: numero di veicoli e movimentazioni mediante approccio dinamico

Il modo di operare appena descritto viene definito statico perché la variabile tempo non è contemplata. Per tenere in considerazione il comportamento dinamico dei sistemi e ottenere un'analisi più accurata dei risultati ottenuti dall'approccio statico che ha portato a una prima determinazione del sistema di movimentazione, si potrebbe valutare la risposta del sistema tenendo conto dell'effetto tempo. Le simulazioni, effettuate sfruttando un calcolatore, prendono in considerazione tutte le attività che vengono svolte (carico, scarico, movimentazione delle u.d.c. tra i FCP, viaggi dei veicoli come per l'approccio statico) e del tempo. Il numero di veicoli  $N_z$ , determinato attraverso l'approccio dinamico, può essere leggermente differente da quelli calcolati con l'approccio statico, ciò potrebbe essere dovuto proprio all'effetto del tempo, si potrebbero verificare ingorghi o altre situazioni non prevedibili durante l'analisi statica.

### 3.3.7 KPI dei prodotti, dei veicoli e dello stabilimento

L'analisi eseguita attraverso l'approccio LFAS genera come output diversi KPI che possono essere riferiti a: prodotto, veicolo e stabilimento.

#### *KPI di prodotto*

I KPI di prodotto che si riescono a ricavare sono relativi a: tempo, distanza, flussi e costi di trasporto relativi solamente al prodotto k oppure globali (riferiti a tutti i prodotti).

Tempo di trasporto dovuto al prodotto k da/al generico FCP i:

$$t_i^k = \frac{\sum_j f_{ij}^k * (t_{ij} + l_i + u_j) + \sum_j f_{ji}^k * (t_{ij} + l_j + u_i)}{N^k}$$

Tempo di trasporto dovuto al prodotto k:

$$t^k = \frac{\sum_i t_i^k}{2}$$

Tempo di viaggio totale dovuto alla produzione:

$$T = \sum_k t^k * N^k$$

Distanza di trasporto relativa al prodotto k da/al FCP i:

$$d_i^k = \frac{\sum_j f_{ij}^k * d_{ij} + \sum_j f_{ji}^k * d_{ij}}{N^k}$$

Distanza percorsa relativa al prodotto k:

$$d^k = \frac{\sum_j d_i^k}{2}$$

Distanza totale percorsa relativamente a tutti i prodotti k:

$$D = \sum_k d^k * N^k$$

Flussi relativi al prodotto k da/al FCP i:

$$f_i^k = \frac{\sum_j f_{ij}^k + \sum_j f_{ji}^k}{N^k}$$

Flusso generato da un solo prodotto k:

$$f^k = \frac{\sum_i f_i^k}{2}$$

Flusso prodotto dall'intera produzione:

$$F = \sum_k f^k * N^k$$

Costo di trasporto relativo al prodotto k calcolato con il costo unitario della distanza percorsa:

$$C = d^k * \epsilon_d$$

$\epsilon_d$  = costo unitario della distanza percorsa (€/m).

Costo di trasporto relativo al prodotto k calcolato con il costo unitario del tempo trascorso:

$$C = t^k * \epsilon_t$$

$\epsilon_t$  = costo unitario del tempo richiesto per il trasporto (€/udt).

### *KPI del veicolo*

I KPI del veicolo sono relativi a tempo di trasporto, distanza costo e utilizzazione relativi a una determinata tipologia di veicoli z.

Tempo di trasporto per tipologia di veicolo z:

$$H_z = \frac{\sum_{ij} n_{ijz} * (t_{ijz} + l_{iz} + u_{jz}) + \sum_{ij} x_{ijz} * t_{ijz}}{M_z}$$

Distanza percorsa per tipologia di veicolo z:

$$D_z = \frac{\sum_{ij} n_{ijz} * d_{ij} + \sum_{ij} x_{ijz} * d_{ij}}{M_z}$$

Costo calcolato sulla base del costo unitario della distanza del sistema di trasporto:

$$C = D_z * \epsilon_d$$

Costo calcolato sulla base del costo unitario del tempo:

$$C = H_z * \epsilon_t$$

Coefficiente di utilizzo della tipologia di veicolo z:

$$u_z \% = \frac{H_z}{T_z}$$

### *KPI di stabilimento*

Un altro importante campo di analisi dell'approccio LFAS risulta la valutazione dello spazio richiesto e dei flussi delle aree di stoccaggio di ogni utenza (indicate con un FCP). La stima delle aree necessarie può essere determinata sia dal punto di vista statico che da quello dinamico. I KPI dello stabilimento sono relativi alle aree di stoccaggio e ai percorsi individuati dal ciclo di lavoro e dal layout in prova.

Area di stoccaggio per ogni prodotto k tramite approccio statico:

$$A_i^k = \frac{\sum_j (f_{ij}^k + f_{ji}^k) * a^k}{2}$$

Area totale richiesta per lo stoccaggio dei prodotti in una determinata utenza (FCP i) tramite approccio statico:

$$A_i = \sum_k A_i^k$$

I due indici riportati di seguito forniscono informazioni sullo spazio richiesto e sui flussi che interessano le aree di stoccaggio e mettono in evidenza eventuali zone di superficie troppo ampia o troppo piccola oppure interessate da un flusso eccessivo di pallet che potrebbero causare ingorghi.

Indice di saturazione delle aree:

$$SI_i = \frac{\sum_k A_i^k}{AD_i} = \frac{A_i}{AD_i}$$

In base al valore di  $SI_i$  si distinguono tre diversi casi:

- $SI_i < 1 \rightarrow$  L'area progettata potrebbe risultare sovradimensionata rispetto a quella richiesta. Si potrebbe ridurre l'area a disposizione oppure si potrebbe ridurre la rotazione.
- $SI_i = 1 \rightarrow$  L'area progettata è simile a quella richiesta.
- $SI_i > 1 \rightarrow$  L'area progettata potrebbe essere sottodimensionata rispetto a quella richiesta. In questo caso si potrebbe aumentare l'area a disposizione oppure si potrebbe aumentare la rotazione.

Indice di flusso:

$$FI_i = \frac{\sum_{kj} f_{ij}^k + \sum_j f_{ji}^k}{2 * AD_i}$$

Dove:  $AD_i$  = area disponibile per l'area di stoccaggio i.

A differenza dell'indice di saturazione non esiste un valore di riferimento (uno nel caso precedente), esistono solo due casistiche:

- $FI_i$  alto  $\rightarrow$  la densità di flusso potrebbe risultare troppo elevata. Potrebbero verificarsi ingorghi;
- $FI_i$  basso  $\rightarrow$  la densità di flusso potrebbe risultare molto bassa.

Gli indici precedenti vengono determinati attraverso l'approccio statico, si potrebbe effettuare un'analisi dinamica per verificare la dimensione delle aree e l'entità dei flussi per tenere in considerazione anche l'effetto del tempo. Attraverso la simulazione dinamica, si ottiene un altro

parametro importante ossia per ogni percorso p viene calcolato l'indice di traffico che è ricavato contando il numero di volte che un certo percorso è coperto rispetto a tutti quegli altri:

$$TI_p = \frac{\text{path}_p}{\sum_j \text{path}_j}$$

$TI_p$  è particolarmente utile quando in un sistema di lavoro il sistema di movimentazione è caotico e difficilmente misurabile o prevedibile. L'indice di traffico può essere utilizzato per localizzare le zone più critiche nel layout dal punto di vista del sistema di movimentazione in modo da poter utilizzare poi la politica di trasporto migliore. Tutti questi indici sono formulati per fornire informazioni dirette riguardanti lo spazio delle aree di stoccaggio e la congestione in sistema di trasporto.

## 4. STUDIO DEI MODELLI PER ORGANIZZARE IL REPERIMENTO DEI DATI

Nel capitolo precedente sono stati illustrati i modelli matematici da un punto di vista puramente teorico, adesso si vuole svolgere un ulteriore passo verso l'elaborazione finale. In questo capitolo sarà mostrato sempre da un punto di vista teorico come applicare i modelli matematici che possono fornire gli output richiesti e determinare i dati necessari e determinare il modo di procedere per reperire i dati necessari.

### 4.1 Dimensionamento del magazzino, degli operatori e delle attrezzature per il servizio web

Per quanto riguarda la produzione dei pezzi venduti via internet, detti anche web, bisogna determinare il numero di magazzini verticali, il numero di operatori e il numero di pallettizzatori che permettano lo stoccaggio del materiale richiesto e il soddisfacimento degli obiettivi di vendita previsti.

#### 4.1.1 Dimensionamento magazzini

Il primo elemento che deve essere creato è la curva ABC che serve per determinare i prodotti più significativi per dimensionare il magazzino. Per ogni prodotto si determina la giacenza percentuale calcolata sulla giacenza totale.

$$g_i = \frac{G_i}{G_{\text{tototale}}} * 100$$

$G_i$  = giacenza obiettivo del prodotto  $i$  – esimo

Una volta ordinate tutte le  $g_i$  in ordine decrescente si determina la curva cumulativa ossia la curva ABC e si effettua il taglio al 95% della giacenza per determinare i prodotti significativi per il dimensionamento dei quali si analizza lo storico delle giacenze per ricavare la giacenza media totale, la giacenza massima totale e la giacenza minima totale. Si risale all'istogramma delle frequenze e successivamente si determina la curva del rischio di sottodimensionamento del magazzino come illustrato nel capitolo numero 3. Dalla curva del rischio si valuta la percentuale che si vuole ottenere e la si utilizza per risalire alla giacenza totale, calcolata sugli obiettivi di vendita, necessaria per dimensionare il magazzino. La giacenza totale sulla quale si deve dimensionare il magazzino potrebbe essere valutata anche minimizzando la funzione di costo globale che tenga conto dei costi di sottodimensionamento e dei costi del magazzino stesso. Tuttavia, siccome i pezzi che devono essere stoccati sono relativamente piccoli e non si ricorrerebbe a uno stoccaggio esterno presso terzi nel caso in cui la giacenza non fosse sufficiente si creerebbero delle zone di stoccaggio a terra esterne ai magazzini che potrebbero ostacolare il flusso dei materiali. Per questa ragione si vuole evitare assolutamente lo stoccaggio al di fuori dalle risorse in esame e quindi si considera solamente il rischio del sottodimensionamento del magazzino e non la funzione di costo.

La giacenza totale utilizzata per il dimensionamento vale:

$$G_{\text{totale}} = k_r * \sum_g G_g$$

$k_r$  = percentuale di rischio di sottodimensionamento del magazzino;

$g$  = indice dei prodotti che appartengono all'insieme dei prodotti significativi;

$G_g$  = giacenza obiettivo del prodotto  $g$  – esimo.

Per determinare il numero di magazzini che è richiesto per la produzione dei pezzi web. Il numero di magazzini verticali automatizzati dimensionati sulle giacenze previste vale:

$$N_{\text{cassetti}} = \frac{G_{\text{totale}}}{G_{1\text{cassetto}}}$$

$G_{\text{totale}}$  = valore totale della giacenza composta dai prodotti ricavati dalla curva ABC;

$G_{1\text{cassetto}}$  = giacenza che è possibile collocare in un cassetto di un magazzino automatizzato.

A questo punto si può confrontare il numero di cassette che teoricamente sarebbero necessari con quelli che sono richiesti per permettere la politica di allocazione per posti dedicati.

$$Y_i = K_i * \max_T(x_i)$$

$$\max_T(x_i) = \frac{G_{\text{maxi}}}{G_{1\text{cassetto}}}$$

$$K_i = K_2 * K_3$$

$$PR = N_{\text{cassetti}} = \sum_{i=1}^n Y_i$$

$i$  = indice dei prodotti ricavati dalla curva ABC;

$G_{\text{maxi}}$  = giacenza massima del prodotto  $i$  – esimo.

Sulla base del numero dei cassette necessari per lo stoccaggio dei pezzi web, analizzando i cataloghi dei magazzini si determinano i magazzini verticali necessari sulla base della giacenza dei prodotti.

$$N_{\text{mag}} = \frac{N_{\text{cassetti}}}{N_{\text{cassetti 1 magazzino}}}$$

$N_{\text{cassetti 1 magazzino}}$  = numero dei cassette di un singolo magazzino.

I magazzini devono tuttavia garantire anche una certa frequenza di prelievo, che soddisfi gli obiettivi di prelievo annui ossia bisogna che il tempo totale di impiego dei magazzini sia inferiore al tempo disponibile totale.

$$T \text{ totale richiesto} = T_{\text{richiesto prelievo}} + T_{\text{richiesto deposito}}$$

$$T_{\text{richiesto prelievo}} = N_{\text{pezzi}} * T_{\text{prelievo}}$$

$$T_{\text{richiesto deposito}} = N_{\text{pezzi}} * T_{\text{deposito}}$$

$$T \text{ totale richiesto} \leq N_{\text{mag}} * T_{\text{disponibile 1 mag}}$$

$T_{\text{prelievo}}$  = Tempo di ciclo di prelievo del cassetto di un magazzino automatizzato più il tempo necessario alla ricerca del pezzo nel cassone.

$T_{\text{deposito}}$  = tempo di movimentazione del cassetto.

Per mantenere un livello di giacenza circa costante bisogna che il numero di pezzi che vengono depositati sia uguale al numero di pezzi che sono prelevati. Si risale quindi al tempo totale richiesto che deve essere confrontato con quello disponibile calcolato sfruttando il numero delle risorse. Attenzione, verificare su carta la frequenza di prelievo non significa necessariamente rispettarla realmente. In fase di allocazione dei materiali nei vari cassettei dei diversi magazzini bisogna fare attenzione a mantenere la frequenza di prelievo uniforme per tutte le risorse. Questo passaggio è molto importante poiché si potrebbe verificare il caso estremo in cui si potrebbe inserire tutto il materiale in un solo magazzino che però potrebbe non garantire la frequenza di prelievo necessaria. Si deve verificare inoltre che il numero di magazzini che si ottiene sia sufficiente a soddisfare la politica di allocazione della merce per posti dedicati secondo la quale in ogni cassetto ci può essere solamente un solo tipo di materiale. Da un punto di vista puramente teorico esistono delle formulazioni matematiche per determinare la capacità di movimentazione del magazzino, per semplicità della trattazione trattandosi di un dimensionamento di massima si opera una breve verifica basata sui tempi medi di prelievo del magazzino. Un'ultima verifica molto importante che deve essere svolta è la verifica della capacità massima di carico del magazzino nel complesso. Se questo valore viene superato sarà opportuno prendere provvedimenti e operare modifiche nel dimensionamento per fare sì che la portata non venga superata.

#### 4.4.2 Numero dei pallettizzatori

Il numero di pallettizzatori viene determinato nel seguente modo:

$$N_{\text{pall.}} = \frac{T_{\text{richiesto}}}{T_{\text{disponibile}}}$$

$$T_{\text{richiesto}} = N_{\text{pallet}} * T_{\text{imballaggio}}$$

Il tempo richiesto è dato dal prodotto tra il numero di pallet che devono essere imballati e il tempo medio di imballaggio del singolo pallet.

Il numero di pallet che devono essere imballati viene definito dal rapporto tra il numero di pezzi che devono essere venduti e il numero medio di pezzi caricati su di un pallet:

$$N_{\text{pallet}} = \frac{N_{\text{pezzi}}}{N_{\text{pezzi/pallet}}}$$

#### 4.4.3 Numero di operatori

Il numero degli operatori necessari è dato da:

$$N_{operatori} = \frac{T_{totale}}{T_{disponibile}}$$

Sulla base delle ipotesi precedenti si ottiene che il tempo totale di lavoro degli operatori è dato dalla somma del tempo di ricerca, prelievo, deposito, spostamento e imballaggio dei prodotti:

$$T_{totale} = N_{pezzi} * 2 * (T_{ciclo\ del\ magazzino} + T_{prelievo}) + N_{pallet} * (T_{travel} + T_{pallettizzazione})$$

Il tempo di travel lo si determina conoscendo le distanze e la velocità di spostamento degli operatori. Risulta quindi necessaria la planimetria e la velocità con la quale si spostano gli operatori ma in questo caso per semplicità verrà stimato a priori come dato di progetto.

#### 4.2 Studio del generico ciclo produttivo per l'analisi dei flussi

L'analisi dei flussi ha tra gli input fondamentali i cicli di lavoro dei vari prodotti e la numerosità dei pezzi che li compiono. Siccome l'azienda produce su commessa e taglia i pezzi sulla base delle dimensioni richieste dai clienti, i cicli di lavoro non sono noti a priori e per determinarli in modo da ottenere dei dati sfruttabili dal modello matematico illustrato nel capitolo 3 si devono analizzare i possibili movimenti dei materiali tra i vari reparti. In questo paragrafo studio si determineranno i dati che serviranno per arrivare indirettamente al ciclo di lavoro. L'analisi dei movimenti di materiale attraverso i vari reparti è iniziata dalle operazioni più a valle e poi, reparto dopo reparto, è stato risalito tutto il ciclo produttivo fino allo stoccaggio della materia prima.

Il reparto più a valle di tutti è quello delle spedizioni. I flussi di materiale generici nel reparto sono mostrati nello schema successivo.

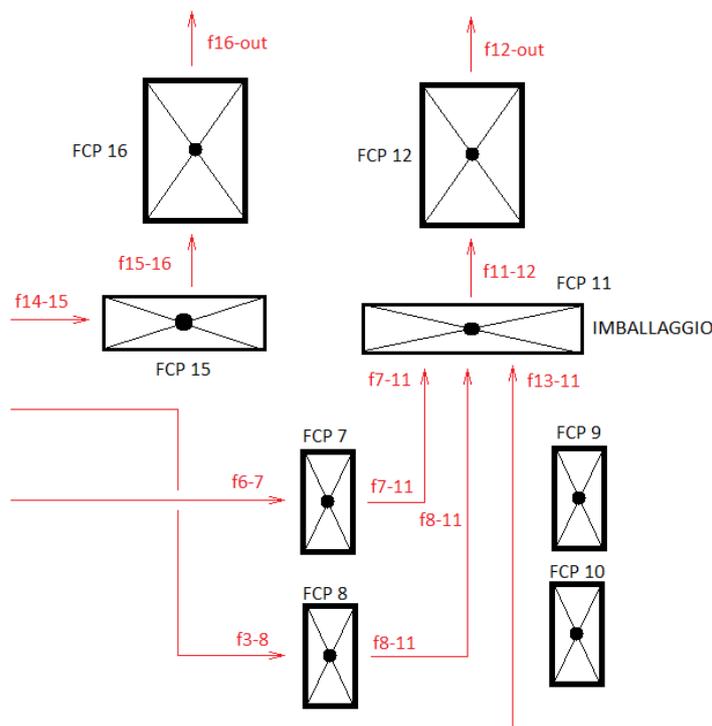


Fig. 4.1 – Analisi logica dei flussi nel reparto spedizioni.

Il FCP 7 si riferisce all'area di stoccaggio dove i prodotti uscenti dai reparti di taglio delle campate 1 o 3 sono stoccati prima della spedizione;

Il FCP 8 si riferisce all'area di stoccaggio dove i prodotti che hanno subito solo il taglio da parte della campata 2 sono stoccati prima della spedizione;

Il FCP 11 si riferisce all'area di stoccaggio per l'imballaggio dei pezzi venduti via web;

Il FCP 12 fa riferimento all'area di stoccaggio temporanea dove i materiali vengono messi in attesa che vengano i clienti a ritirare la merce;

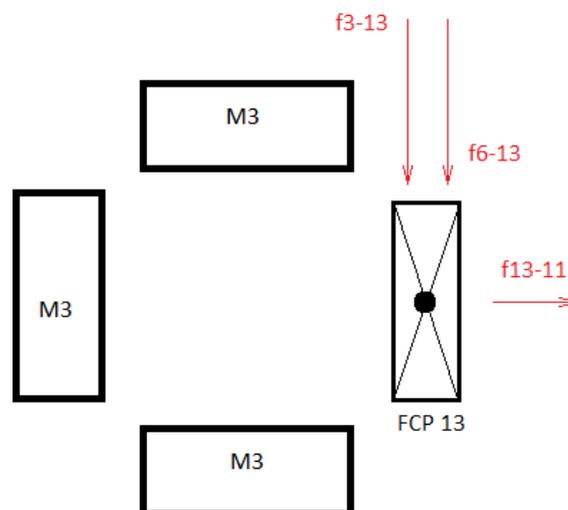
Il FCP 15 fa riferimento all'area utilizzata per l'imballaggio dei pezzi che provengono dal ciclo produttivo non derivante dai pezzi web;

Il FCP 16 fa riferimento all'area di stoccaggio temporanea dove i materiali vengono messi in attesa che vengano i clienti a ritirare la merce;

I FCP 9, FCP 10 sono gli equivalenti ai FCP 7 e 8.

I pallet con sopra i pezzi vengono prelevati dalle aree di stoccaggio indicate con FCP 7 e 8, portati nella zona indicata con FCP 11 dove sono imballati e poi movimentati nell'area relativa al FCP 12 dove sostano in attesa dei clienti. I pezzi web provenienti dal magazzino automatizzato vengono imballati nel reparto spedizione nella zona indicata con FCP 15 e poi portati nella zona di stoccaggio indicata con FCP 16 in attesa della spedizione.

Risalendo il ciclo produttivo si arriva al reparto di fresatura che può essere schematizzato nel modo seguente:



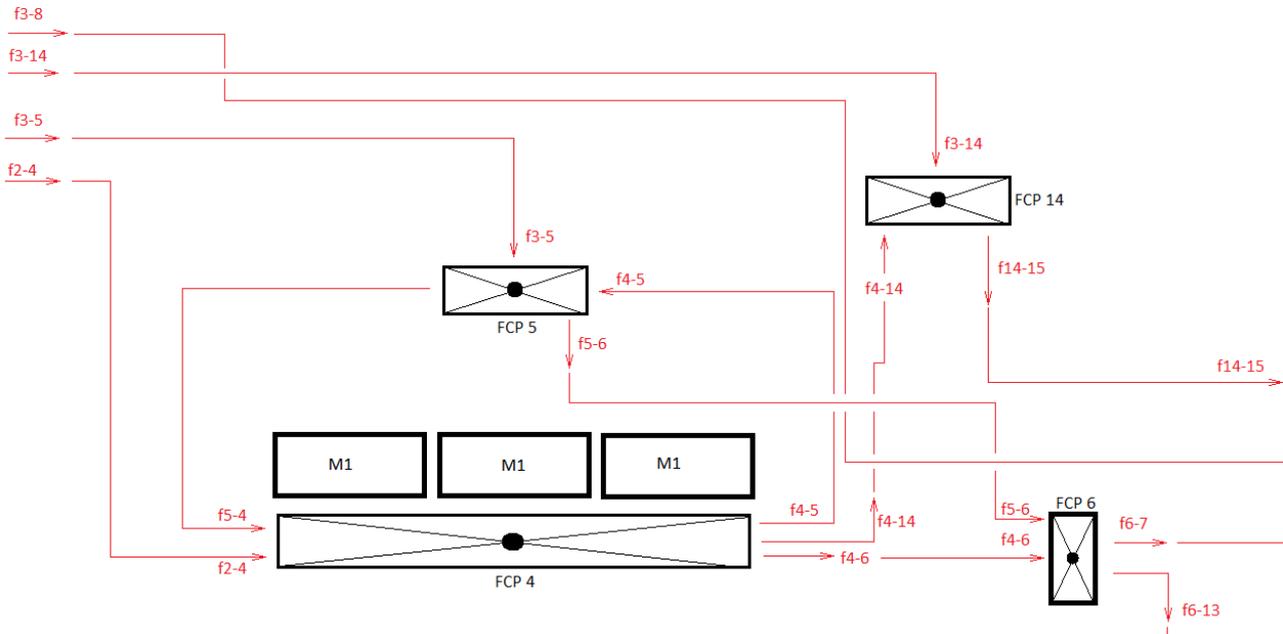
**Fig. 4.2 – Analisi logica dei flussi del centro di fresatura.**

Il FCP 13 è relativo all'area di stoccaggio dei pezzi che devono usufruire del reparto di fresatura;

M3 è uguale per tutte le macchine perché fa riferimento solamente alla tipologia di macchina.

Alcuni prodotti provengono direttamente dalla campata due (f3-13) oppure arrivano dai reparti di taglio delle campate uno e tre (f6-13). Terminata la spianatura o la squadratura i pezzi vanno al reparto spedizioni (f13-11).

Continuando a risalire il ciclo produttivo si arriva al reparto di taglio della campata uno o della campata tre dove i pezzi possono provenire sia dalla campata due che dal deposito degli spezzoni. Per comprendere meglio i flussi del materiale nel generico reparto di taglio si deve fare riferimento al seguente schema:



**Fig. 4.3 – Analisi logica dei flussi di un generico reparto di taglio delle campate uno o tre.**

Il FPC 4 fa riferimento all'area di stoccaggio delle macchine del generico reparto di taglio delle campate 1 o 3;

Il FCP 5 si riferisce all'area di stoccaggio della zona del magazzino relativa agli spezzoni;

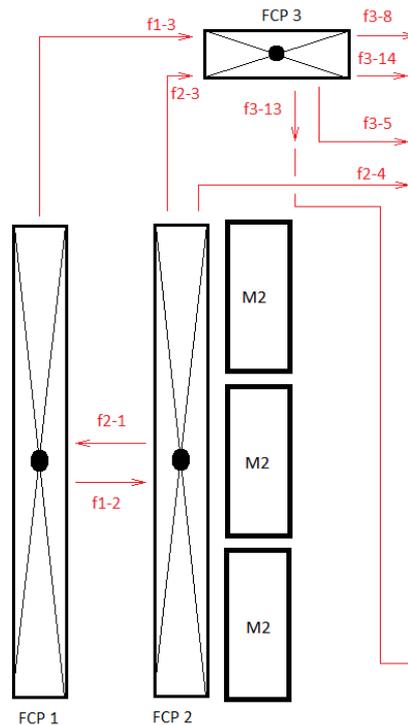
Il FCP 6 si riferisce alla zona dove viene effettuata la pesatura dei componenti che devono essere venduti;

Il FCP 14 si riferisce all'area di stoccaggio del magazzino automatizzato adibito alla produzione web;

M1 è uguale per tutte le macchine in quanto si fa riferimento solamente alla tipologia di macchina del reparto.

I prodotti possono provenire direttamente dalla campata due dopo aver subito una prima lavorazione oppure direttamente dal deposito delle barre e degli spezzoni. I pezzi che escono da questo reparto vengono pesati e poi mandati avanti lungo la catena produttiva. I prodotti di scarto possono essere messi a rottame, possono essere portati nel magazzino web oppure possono tornare nel magazzino da dove sono stati prelevati.

L'ultimo reparto che si analizza risalendo il ciclo produttivo è quello relativo alla campata due che è schematizzabile come segue:



**Fig. 4.4 – Analisi logica dei flussi in una delle due zone della campata due.**

Il FCP 1 si riferisce all'area di carico e scarico lamiera del magazzino in campata 2;

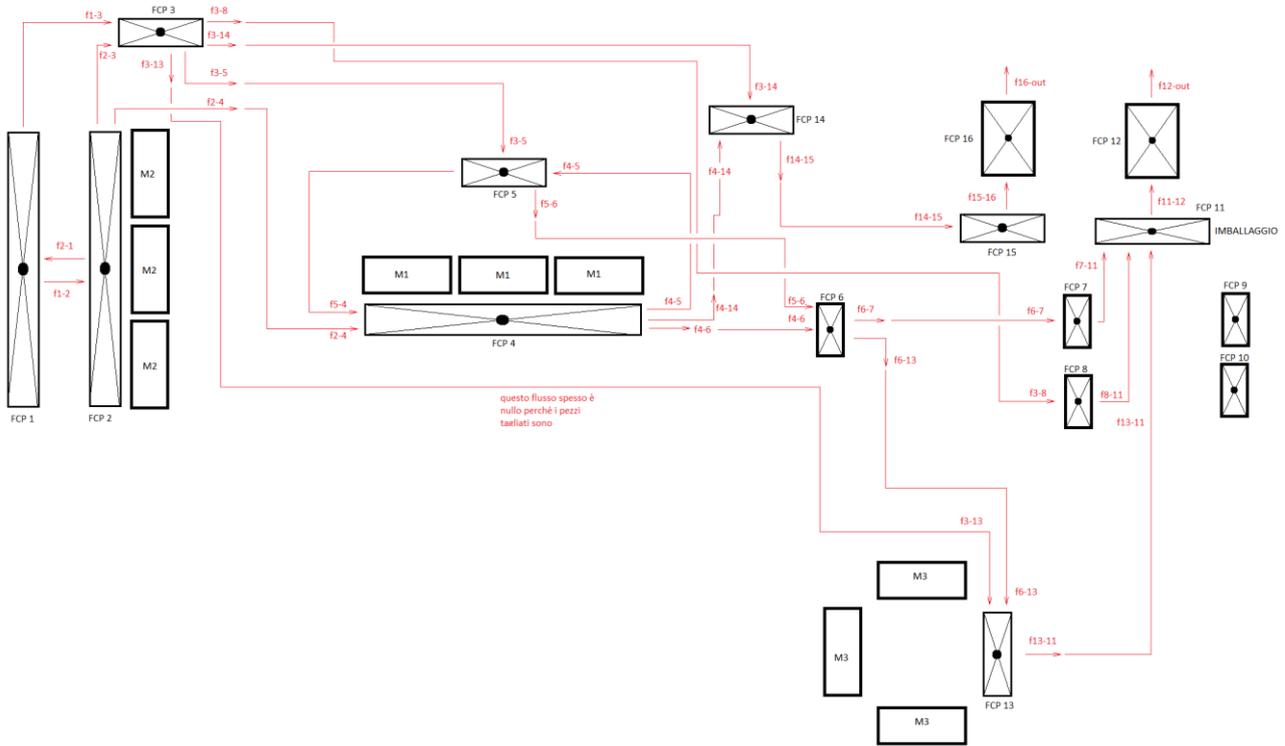
Il FCP 2 si riferisce all'area di carico e scarico delle macchine;

Il FCP 3 si riferisce all'area dove vengono pesate e stoccate le lamiere in attesa di essere spedite;

M2 è uguale per tutte le macchine del reparto perché si fa riferimento alla tipologia di macchina in esame.

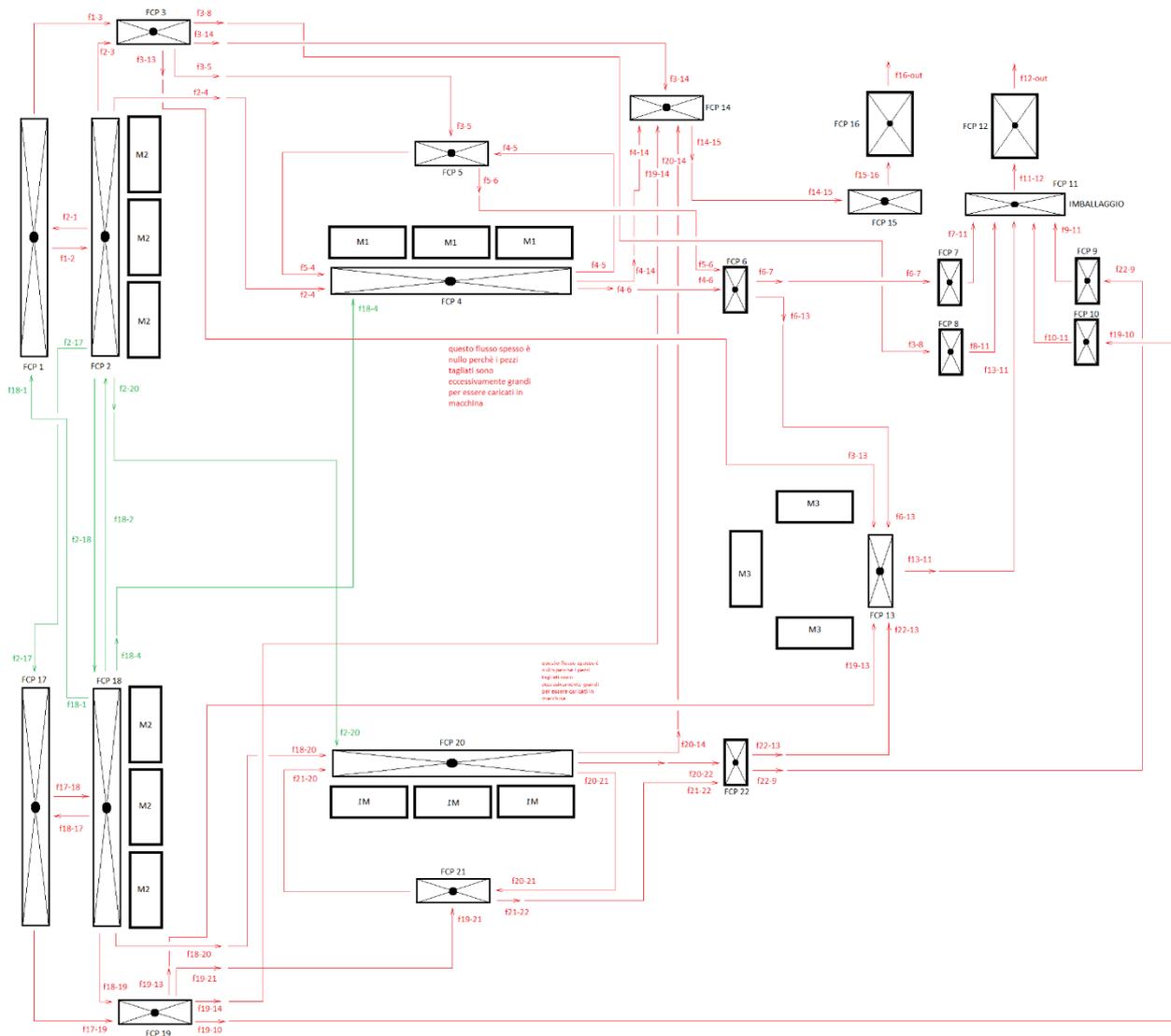
In questo reparto vengono caricate in macchina e vengono tagliate le lamiere che provengono dall'area di stoccaggio dedicata in campata due (f1-2). Ciò che rimane dalla lavorazione può essere ricollocato nella zona dalla quale è presa la materia prima (f2-1) oppure può essere pesato e essere messo a spezzone (f3-5). A volte i prodotti possono essere prelevati direttamente dall'area di stoccaggio per poi essere pesati e venduti come pezzi pronti (f1-3). Se ciò che rimane dal taglio della lamiera non è più utilizzabile (esempio un rifilo) viene messo a rottame. I pezzi tagliati possono essere portati nei reparti delle campate uno e tre per subire ulteriori tagli (f2-4) oppure possono essere venduti direttamente (f2-3 e f3-8). Potrebbe capitare che alcuni prodotti vadano a rifornire i prodotti web (f2-14) oppure possano andare alla fresatura (f3-13).

Per fornire una visione più generale sulle interconnessioni e i flussi tra vari reparti nella figura seguente viene mostrato tutto il flusso produttivo.



**Fig. 4.5 – Raffigurazione generale dell’analisi logica dei flussi.**

Quanto appena svolto è solamente uno studio logico di un generico ciclo produttivo. La zona di prelievo dei diversi materiali in ingresso al sistema varia a seconda del prodotto e può essere tagliato in reparti diversi. Il reparto di taglio lamiera che occupa interamente la campata due è considerato unico ma in realtà è diviso in due zone separate che lavorano quasi indipendentemente. I reparti di taglio delle campate uno e tre sono cinque mentre il reparto di fresatura, così come il reparto spedizioni, è unico. Di seguito si svolge l’analisi considerando solamente due reparti della campata due, e due reparti di taglio delle campate uno e tre. Dall’immagine che segue si può notare come all’aumentare dei reparti si vengano a creare alcuni flussi di materiale che prima non erano considerati. Oltre che ai flussi standard, che sono stati visti precedentemente (indicati in rosso), si generano flussi di materiale “incrociato” tra i vari reparti (indicati in verde). I flussi indicati in verde sono causati dai pezzi tagliati nella campata due possono essere diretti indistintamente a tutti i reparti di taglio delle campate uno e tre. Inoltre può verificarsi che materiale stoccato in una delle due zone della campata due possa essere tagliato nell’altra zona della stessa campata, lo stesso vale per il riposizionamento della rimanenza nell’area di stoccaggio.



**Fig. 4.6 - Raffigurazione generale dei flussi dell'intero stabilimento.**

- Il FCP 17 si riferisce all'area di carico e scarico lamiera del magazzino della campata due;
- Il FCP 18 si riferisce all'area di carico e scarico delle macchine;
- Il FCP 19 si riferisce all'area dove vengono pesate e stoccate le lamiera in attesa di essere spedite;
- Il FCP 20 fa riferimento all'area di stoccaggio delle macchine del generico reparto di taglio intermedio;
- Il FCP 21 si riferisce all'area di stoccaggio della zona del magazzino relativa agli spezzoni;
- Il FCP 22 si riferisce alla zona dove viene effettuata la pesatura dei componenti che devono essere venduti.

Una volta determinati tutti i flussi di materiale presenti nello stabilimento è possibile risalire alla lista dei dati che saranno necessari per lo studio. Il primo valore che deve essere determinato è quello relativo al il flusso in uscita (f12-out). Risulta necessario conoscere il numero di pezzi che sono stati venduti relativamente al materiale in esame e il numero di pezzi che sono mediamente caricati su ogni pallet. Si risale così al flusso f12-out che è analogo al flusso f11-12. Per semplificare la

trattazione è stata fatta un'ipotesi, verificata nella realtà, che è quella di porre il numero di flussi uguale al numero di pallet che sono movimentati. Si ipotizza quindi che per ogni viaggio si riesca a movimentare un solo pallet.

$$f_{12-out} = f_{11-12} = \frac{N_{pz\ venduti}}{N_{pz/pallet}} = \sum f_{i-11}$$

Il flusso  $f_{13-11}$  è il flusso che rappresenta i pezzi che provengono dal reparto di fresatura dove viene eseguita la squadratura. Per determinare la quantità dei flussi entranti in FCP11 che provengono direttamente dai reparti di taglio e la quantità dei flussi che provengono dal reparto di quadratura bisogna sapere in proporzione ai pezzi che sono stati venduti, quanti sono stati lavorati nel il reparto di quadratura.

$$f_{13-11} = \frac{N_{pz\ fresati}}{N_{pz/pallet}} = \sum_i f_{i-13}$$

Il flusso  $f_{3-8}$ , uguale al flusso  $f_{8-11}$ , è relativo ai pezzi che vanno direttamente dalla prima zona della campata centrale (due) a quello delle spedizioni dopo la pesatura.

$$f_{3-8} = f_{8-11} = \frac{N_{pz\ direttamente\ da\ zona\ 1\ di\ campata\ 2}}{N_{pz/pallet}}$$

La stessa cosa vale per i flussi provenienti dalla seconda zona della campata due:

$$f_{19-10} = f_{10-11} = \frac{N_{pz\ direttamente\ da\ zona\ 2\ di\ campata\ 2}}{N_{pz/pallet}}$$

Per quanto riguarda i flussi entranti nel FCP 7 che provengono dai reparti di taglio in campata uno e tre dopo la pesatura sono determinabili attraverso le seguenti relazioni:

$$f_{7-11} = f_{6-7} \frac{N_{pz\ con\ taglio\ in\ reparto\ di\ campata\ 1}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{9-11} = f_{22-9} \frac{N_{pz\ con\ taglio\ in\ reparto\ di\ campata\ 3}}{N_{pz/pallet}}$$

Per determinare i flussi del reparto spedizioni riguardanti i prodotti web è necessario conoscere il numero di pezzi web che devono essere venduti.

$$f_{16-out} = f_{15-16} = f_{14-15} = \frac{N_{pezzi\ web}}{N_{pzweb/pallet}} = \sum_i f_{i-14}$$

I flussi analizzati fino ad ora sono i flussi che dai vari reparti vanno al reparto spedizioni. Si risale ora lungo il ciclo produttivo e si analizzano i flussi di materiale tra i vari reparti di taglio e fresatura. Per quanto riguarda il numero di pezzi che raggiunge il reparto di fresatura si valutano i flussi di materiale che arrivano dai reparti di taglio delle campate uno e tre.

$$f_{6-13} = \frac{N_{pz\ totali\ che\ da\ reparto\ di\ campata\ 1\ vanno\ alla\ fresatura}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{22-13} = \frac{N_{pz\ totali\ che\ da\ reparto\ di\ campata\ 3\ vanno\ alla\ fresatura}}{N_{pz/pallet}}$$

Si determinano ora i flussi che dalle due zone della campata due raggiungono il centro di fresatura.

$$f_{3-13} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 1 della campata 2 vanno in fresatura}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{19-13} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 2 della campata 2 vanno in fresatura}}}{N_{pz/pallet}}$$

Risalendo il ciclo produttivo si arriva ai reparti di taglio delle campate uno e tre. Per determinare i flussi che interessano il reparto si determinano i flussi di materiale che dopo il taglio raggiungono le stazioni di pesatura.

$$f_{4-6} = \frac{N_{pz \text{ tagliati da reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{20-22} = \frac{N_{pz \text{ tagliati da reparto di campata 3}}}{N_{pz/pallet}}$$

Ai precedenti due flussi si aggiungono anche quelli dei pezzi pronti, ossia quei pezzi che vengono prelevati dalle aree di stoccaggio e venduti senza che ci sia bisogno di ulteriori operazioni di taglio.

$$f_{5-6} = \frac{N_{pz \text{ pronti da reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{21-22} = \frac{N_{pz \text{ pronti da reparto di campata 3}}}{N_{pz/pallet}}$$

Terminato il taglio nei reparti delle campate uno e tre alcune rimanenze possono essere ricollocate nella zona di stoccaggio del reparto stesso, questi flussi sono:

$$f_{4-5} = \frac{N_{pz \text{ che rientrano in magazzino di reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{20-21} = \frac{N_{pz \text{ che rientrano in magazzino di reparto di campata 3}}}{N_{pz/pallet}}$$

In uscita dai due reparti in analisi ci sono anche i prodotti che vanno a finire nel magazzino web.

$$f_{4-14} = \frac{N_{pz \text{ che da reparto di campata 1 vanno a web}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{20-14} = \frac{N_{pz \text{ che da reparto di campata 2 vanno a web}}}{N_{pz/pallet}}$$

Nei reparti di taglio delle campate uno e tre entrano i prodotti dalle zone di stoccaggio, queste aree possono essere interne o esterne al reparto, ma in questo caso non fa differenza visto che si studia solamente “il flusso delle operazioni”.

$$f_{5-4} = \frac{N_{pz \text{ che da magazzino vanno in reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{21-20} = \frac{N_{pz \text{ che da magazzino vanno in reparto di campata 3}}}{N_{pz/pallet}}$$

Nei reparti in analisi arriva materiale anche dalle due zone della campata due.

$$f_{2-4} = \frac{N_{pz \text{ da zona 1 di campata 2 a reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{18-20} = \frac{N_{pz \text{ da zona 2 di campata 2 a reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

Oltre che ai due flussi appena studiati ci possono essere anche i flussi “incrociati” ossia flussi che dalla zona uno della campata due vanno al reparto di taglio della campata tre e vice versa (indicati in verde)

$$f_{18-4} = \frac{N_{pz \text{ da zona 2 di campata 2 a reparto di campata 1}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{2-20} = \frac{N_{pz \text{ da zona 1 di campata 2 a reparto di campata 3}}}{N_{pz/pallet}}$$

Ora si può risalire ancora il ciclo produttivo fino alla campata due. In uscita da questo reparto per ognuna delle due zone ci possono essere dei prodotti che vengono messi nel magazzino web.

$$f_{3-14} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 1 di campata 2 vanno a web}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{19-14} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 2 di campata 2 vanno a web}}}{N_{pz/pallet}}$$

Ciò che rimane dai tagli può anche essere catalogato come spezzone e essere messo nell’area di stoccaggio degli spezzoni.

$$f_{3-5} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 1 di campata 2 vanno nel magazzino}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{19-21} = \frac{N_{pz \text{ che da zona 2 di campata 2 vanno nel magazzino}}}{N_{pz/pallet}}$$

I prodotti in uscita dalle due zone della campata due dopo che hanno subito il taglio con la segatrice si determina nel seguente modo:

$$f_{2-3} = \frac{N_{pz \text{ tagliati in zona 1 di campata 2}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{18-19} = \frac{N_{pz \text{ tagliati in zona 2 di campata 2}}}{N_{pz/pallet}}$$

Anche in questo caso possono esistere i pezzi pronti che vengono prelevati dalla zona di stoccaggio e portati direttamente a valle del processo di taglio.

$$f_{1-3} = \frac{N_{pz \text{ pronti da zona 1 di campata 2}}}{N_{pz/pallet}}$$

$$f_{17-19} = \frac{N_{pz \text{ pronti da zona 2 di campata 2}}}{N_{pz/pallet}}$$

Si determina ora il numero di lamiera che vengono caricate a in macchina.

$$f_{1-2} = \frac{N_{\text{lamiera che da zona 1 di campata 2 vengono caricate}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

$$f_{17-18} = \frac{N_{\text{lamiera che da zona 2 di campata 2 vengono caricate}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

Solitamente non tutta la lamiera viene utilizzata quando viene tagliata, la rimanenza che non viene passata a spezzone viene ricollocata nella zona di stoccaggio delle lamiera in campata due.

$$f_{2-1} = \frac{N_{\text{lamiera che dopo il taglio sono riposizionate in campata 2}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

$$f_{18-17} = \frac{N_{\text{lamiera che dopo il taglio sono riposizionate in campata 2}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

Solitamente le lamiera che vengono stoccate in una zona vengono tagliate e riposizionate nella stessa zona, tuttavia può succedere che si presentino anche dei flussi “incrociati” (indicati in verde).

$$f_{18-2} = \frac{N_{\text{lamiera che da zona 2 di campata 2 vengono caricate}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

$$f_{1-18} = \frac{N_{\text{lamiera che da zona 1 di campata 2 vengono caricate}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

$$f_{2-18} = \frac{N_{\text{lamiera che dopo il taglio sono riposizionate in campata 2}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

$$f_{18-1} = \frac{N_{\text{lamiera che dopo il taglio sono riposizionate in campata 2}}}{N_{\text{pz/pallet}}}$$

In fase di raccolta dati, una volta che si avranno dei riscontri dal campo sull’entità dei vari flussi, si potrà valutare quali sono i più rappresentativi e quali sono talmente piccoli che possono essere trascurati durante l’elaborazione. Oltre a questi dati bisogna stimare il numero di strisce che sono prodotte ogni volta che si taglia la lamiera e il numero di prodotti che si tagliano ogni volta che si taglia una striscia di lamiera. In questo modo si riesce ad ottenere un inquadramento completo del sistema produttivo e si riesce ad eseguire una modellazione che permetta di studiare il sistema di trasporto e i flussi dello stabilimento. Quanto appena mostrato è relativo a un flusso generico di un generico materiale che fluisce attraverso determinati reparti dello stabilimento. Differenti tipologie di materiali sia da un punto di vista della composizione chimica che della geometria, attraversano reparti diversi che però interagiscono e scambiano materiale secondo lo schema appena analizzato. L’esempio trattato in questo capitolo è stato fatto utilizzando solamente i due reparti di taglio della campata due e due reparti di taglio delle campate uno e tre. Da un punto di vista reale può accadere che per ragioni di spazio e di posizione dei reparti alcuni FCP, che sono considerati separati, coincidano anche se da un punto di vista logico le operazioni che devono essere eseguite le stesse mostrate precedentemente. Quanto appena spiegato è valido per una sola tipologia di materiale, per ottenere un quadro globale di quello che accade in azienda bisogna considerare tutti i flussi di tutti gli acciai di diversa composizione chimica e geometria che visitano i vari reparti dello stabilimento. La metodologia di calcolo per eseguire l’analisi dei flussi e riuscire a determinare i KPI dello stabilimento è indicata in seguito.

### 4.3 Creazione delle matrici dei flussi, delle distanze e dei tempi

Una volta studiati i reparti, le zone di stoccaggio e aver ricavato i cicli di lavoro dei vari prodotti si può passare alla analisi dei flussi. Per prima cosa è bene definire tutti i FCP appartenenti alle varie aree presenti in azienda interessate dal flusso produttivo. Per poter analizzare i movimenti dei materiali nello stabilimento produttivo è necessario scrivere i cicli di lavoro. Questi ultimi comprendono le macchine o le aree di stoccaggio nell'ordine con cui sono attraversate dai vari pezzi lungo il processo produttivo. Un esempio è indicato di seguito:

P1 → M1-M2-M3-M4-...-Mn

P2 → M4-M5-M2-M1-...-Mm

E così via per tutti i prodotti.

Per ogni prodotto bisogna identificare i reparti e le zone che sono visitate. Si individuano in quale reparto verrà lavorato il pezzo e quindi si risale a quale area di stoccaggio deve attraversare nell'ordine necessario per riuscire a generare il prodotto finito. In questa fase vengono creati i percorsi di materiale; in altre parole si fissano le frecce all'interno dello stabilimento che collegano le varie aree. Una volta identificati i percorsi che devono eseguire i prodotti bisogna determinare l'entità del flusso (in poche parole si tratta di definire il modulo delle frecce), per farlo è necessario conoscere il numero di pezzi che sono stati venduti e la politica di pallettizzazione. Il primo dato lo si ricava dal sistema informativo, mentre il secondo si determina stimando i pezzi che sono caricati mediamente su un pallet attraverso delle rilevazioni sul campo. Il passo successivo è costruzione della matrice dei flussi. La matrice from to chart è una matrice quadrata che contiene nelle righe e nelle colonne le macchine e le zone che vengono visitate dai prodotti. La matrice si legge in questo modo: si supponga di avere un flusso di un generico prodotto P2 che genera il generico flusso f24-6 che va da M4 a M6; nella matrice from to chart f24-6 viene collocato nella riga relativa a M4 che rappresenta i "da" e nella colonna relativa a M6 che rappresenta gli "a". Quanto appena spiegato è visualizzato nell'immagine seguente.

from to chart										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1										
M2										
M3										
M4					f24-6					
M5										
M6										
M7										
M8										
Min										
Mout										

Fig. 4.7 - Costruzione della matrice from to chart

A titolo di esempio si supponga di avere un ciclo di lavoro generico relativo a un prodotto generico Pj:

Pj → Min-M1-M4-M2-M6-M3-M8-Mout

Come già spiegato nel ciclo di lavoro sono riportate le aree e i reparti nella sequenza corretta di visita lungo tutto il ciclo produttivo. La matrice dei flussi diventa:

from to chart										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				fj1-4						
M2						fj2-6				
M3								fj3-8		
M4		fj4-2								
M5										
M6			fj6-3							
M7										
M8										fj8-out
Min	fjin-1									
Mout										

Fig. 4.8 - Costruzione matrice from to chart

Le zone indicate con Min e Mout sono relative alle aree di stoccaggio in ingresso e in uscita dallo stabilimento.

Per ricavare la matrice dei flussi completa di tutti i materiali che attraversano il sito produttivo è sufficiente scrivere, partendo dai cicli di lavoro dei singoli prodotti, i flussi degli altri prodotti come è stato appena spiegato. Quando più prodotti eseguono lo stesso percorso i loro flussi devono essere sommati. Per comprendere meglio quanto spiegato si faccia riferimento all'esempio successivo relativo a 4 prodotti generici.

Pj → Min-M1-M4-M2-M6-M3-M8-Mout

Pi → Min-M3-M5-M2-M6-Mout

Pk → Min-M1-M4-M8-M4-M7-Mout

Pm → Min-M3-M6-M8-M4-Mout

from to chart										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				fj1-4+fk1-4						
M2						fj2-6+fi2-6				
M3					fi3-5	fm3-6		fj3-8		
M4		fj4-2					fk4-7	fk4-8		fm4-out
M5		fi5-2								
M6			fj6-3					fm6-8		fi6-out
M7										fk7-out
M8				fk8-4+fm8-4						fj8-out
Min	fjin-1+fkin-1		fiiin-3+fmin-3							
Mout										

Fig. 4.9 - Costruzione della matrice from to chart.

Eseguendo questo procedimento per tutte le tipologie di prodotti si ricava la matrice dei flussi di tutto lo stabilimento. Da un punto di vista analitico, indicando con  $i$  le righe, con  $j$  le colonne e non  $k$  i prodotti si ottiene:

$$F_{Mi-Mj} = \sum_k f_{kMi-Mj}; \forall i e j$$

Eseguendo la sommatoria per ogni e per ogni j si ottiene la matrice dei flussi:

from to chart											
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout	
M1				F1-4							FdaM1
M2						F2-6					FdaM2
M3					F3-5	F3-6		F3-8			FdaM3
M4		F4-2					F4-7	F4-8		F4-out	FdaM4
M5		F5-2									FdaM5
M6			F6-3					F6-8		F6-out	FdaM6
M7										F7-out	FdaM7
M8				F8-4						F8-out	FdaM8
Min	Fin-1		Fin-3								FdaMin
Mout									FdaMin		FdaMout
	FaM1	FaM2	FaM3	FaM4	FaM5	FaM6	FaM7	FaM8	FaMin	FaMout	Ftot

Fig. 4.10 - Matrice from to chart completa.

Con Fda si indicano tutti i flussi che dalla tipologia di macchina o area M sono uscenti, Con Fa si indicano i tutti flussi che sono entranti. Si ricava allora che:

$$F_{daMi} = \sum_j F_{Mi-Mj}; \forall i$$

$$F_{aMj} = \sum_i F_{Mi-Mj}; \forall j$$

Siccome i percorsi sono bidirezionali bisogna che:

$$F_{daMi} = F_{aMj} \text{ quando } i = j$$

Si possono determinare anche i flussi totali con la seguente relazione:

$$F_{tot} = \sum_i F_{daMi} = \sum_j F_{aMj}$$

Come ultimo passo per completare la matrice dei flussi bisogna determinare i viaggi di ribilanciamento scarichi che da Mout devono tornare a Min. I flussi FdaMin sono tutti i flussi che da Min sono uscenti, bisogna allora che lo stesso numero di viaggi, in questo caso scarichi, partano da Mout e arrivino in Min. I viaggi di ribilanciamento scarichi appena analizzati sono indicati in rosso nella matrice dei flussi precedente. In questo caso il bilanciamento dei flussi risulta relativamente semplice in quanto essendo i percorsi bidirezionali e avendo le aree relative all'ingresso e all'uscita dei materiali basta far partire un determinato flusso di carrelli scarichi dalla zona di uscita fino alla zona di ingresso. Nel caso non ci siano le zone relative alle aree di ingresso e uscita, il bilanciamento lo si dovrebbe fare analizzando i flussi entranti e uscenti da ogni singolo reparto, zona o tipologia di macchina e valutare una possibile soluzione di bilanciamento come si dovrebbe fare per il bilanciamento della flotta di carrelli AGV. In questo caso la soluzione trovata è una tra le tante soluzioni possibili e non si poteva assolutamente dire nulla sul fatto che potesse essere la soluzione ottima o meno.

Un'altra matrice che è importante conoscere per le analisi è quella delle distanze dove sono indicate appunto tutte le distanze che ci sono tra i FCP che identificano le aree dei vari reparti in azienda. Teoricamente è possibile ricavare le distanze tra tutti i vari reparti ma per ragione di utilità, comprensione e risparmio di tempo, si indicano solo quelle che sono interessate da almeno un flusso

di materiale, trascurando tutte le altre. La matrice delle distanze, come la matrice dei flussi è una matrice quadrata dove sono indicate le macchine sia nelle righe che nelle colonne e per riempirla bisogna valutare se tra le macchine nella matrice ci sono dei flussi. Se è presente movimento di materiale tra due macchine bisogna misurare sulla planimetria dello stabilimento, seguendo il percorso stabilito, la distanza tra i due FCP relativi alle macchine in esame. Per riprendere l'esempio precedente una ipotetica matrice delle distanze potrebbe essere:

distanze										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				d1-4						
M2						d2-6				
M3					d3-5	d3-6		d3-8		
M4		d4-2					d4-7	d4-8		d4-out
M5		d5-2								
M6			d6-3					d6-8		d6-out
M7										d7-out
M8				d8-4						d8-out
Min	din-1		din-3							
Mout									dout-in	

**Fig. 4.11 - Matrice delle distanze.**

Dove il generico elemento  $d_{ij}$  della matrice indica le distanze che ci sono tra i vari reparti interessati dai flussi.

Per ottenere la matrice delle distanze totali è sufficiente moltiplicare la matrice delle distanze per la matrice dei flussi ottenuta precedentemente.

distanze										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				$d_{1-4} * F_{1-4}$						
M2						$d_{2-6} * F_{2-6}$				
M3					$d_{3-5} * F_{3-5}$	$d_{3-6} * F_{3-6}$		$d_{3-8} * F_{3-8}$		
M4		$d_{4-2} * F_{4-2}$					$d_{4-7} * F_{4-7}$	$d_{4-8} * F_{4-8}$		$d_{4-out} * F_{4-out}$
M5		$d_{5-2} * F_{5-2}$								
M6			$d_{6-3} * F_{6-3}$					$d_{6-8} * F_{6-8}$		$d_{6-out} * F_{6-out}$
M7										$d_{7-out} * F_{7-out}$
M8				$d_{8-4} * F_{8-4}$						$d_{8-out} * F_{8-out}$
Min	$d_{in-1} * F_{in-1}$		$d_{in-3} * F_{in-3}$							
Mout									$d_{out-in} * F_{daMin}$	

**Fig. 4.12 - Costruzione della matrice dei flussi totali.**

In questo modo si ottiene la matrice delle distanze totali.

distanze											
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout	
M1				D1-4							DdaM1
M2						D2-6					DdaM2
M3					D3-5	D3-6		D3-8			DdaM3
M4		D4-2					D4-7	D4-8		D4-out	DdaM4
M5		D5-2									DdaM5
M6			D6-3					D6-8		D6-out	DdaM6
M7										D7-out	DdaM7
M8				D8-4						D8-out	DdaM8
Min	Din-1		Din-3								DdaMin
Mout									Dout-in		DdaMout
	DaM1	DaM2	DaM3	DaM4	DaM5	DaM6	DaM7	DaM8	DaMin	DaMout	Dtot

**Fig. 4.13 - Matrice delle distanze totali.**

Dove l'elemento generico della matrice è definito come:

$$D_{Mi-Mj} = d_{ij} * F_{ij}$$

Come in precedenza si può calcolare la distanza totale percorsa in uscita e in ingresso a una singola area o tipologia di macchina:

$$D_{daMi} = \sum_j D_{Mi-Mj}; \forall i$$

$$D_{aMj} = \sum_i D_{Mi-Mj}; \forall j$$

Si può determinare anche il tempo totale con la seguente relazione:

$$D_{tot} = \sum_i D_{daMi} = \sum_j D_{aMj}$$

Per ricavare la matrice dei tempi totali, necessaria per eseguire l'elaborazione, è necessario conoscere le distanze tra i vari FCP che sono interessati dai flussi, questa informazione la si ricava dalla matrice delle distanze vista precedentemente. Nota la velocità con la quale si spostano le unità di carico tra i reparti e quindi nota la velocità di spostamento del sistema di movimentazione si ricava il tempo necessario alle operazioni di movimentazione. A questo tempo bisogna aggiungere il tempo di carico e scarico della merce. Il tempo di carico e scarico non deve essere aggiunto nei viaggi di ribilanciamento scarichi in quanto sono vuoti e quindi non è previsto il carico e lo scarico della merce.

Facendo riferimento all'esempio precedente si riporta la generica matrice dei tempi. Anche qui il tempo di travel lo si calcola solo per i percorsi che presentano almeno un flusso.

tempi										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				t1-4						
M2						t2-6				
M3					t3-5	t3-6		t3-8		
M4		t4-2					t4-7	t4-8		t4-out
M5		t5-2								
M6			t6-3					t6-8		t6-out
M7										t7-out
M8				t8-4						t8-out
Min	tin-1		tin-3							
Mout									tout-in	

Fig. 4.14 - Matrice dei tempi.

In questa matrice il generico tempo  $t_{ij}$  viene calcolato come segue:

$$t_{ij} = \frac{d_{ij}}{v} + t_{c/s}$$

Il tempo di carico e scarico e la velocità di movimentazione sono ricavabili da catalogo, manuali oppure direttamente da prove sul campo.

Per il flusso che va da Mout a Min di ribilanciamento vale:

$$t_{Mout-Min} = \frac{d_{Mout-Min}}{v}$$

Per ottenere la matrice dei tempi totali è sufficiente moltiplicare la matrice dei tempi appena ricavata per la matrice dei flussi vista precedentemente.

tempi										
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout
M1				t1-4*F1-4						
M2						t2-6*F2-6				
M3					t3-5*F3-5	t3-6*F3-6		t3-8*F3-8		
M4		t4-2*F4-2					t4-7*F4-7	t4-8*F4-8		t4-out*F4-out
M5		t5-2*F5-2								
M6			t6-3*F6-3					t6-8*F6-8		t6-out*F6-out
M7										t7-out*F7-out
M8				t8-4*F8-4						t8-out*F8-out
Min	tin-1*Fin-1		tin-3*Fin-3							
Mout									tout-in*FdaMin	

Fig. 4.15 - Costruzione della matrice dei tempi totali.

Si ricava allora la matrice dei tempi totali:

tempi											
/	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Min	Mout	
M1				T1-4							TdaM1
M2						T2-6					TdaM2
M3					T3-5	T3-6		T3-8			TdaM3
M4		T4-2					T4-7	T4-8		T4-out	TdaM4
M5		T5-2									TdaM5
M6			T6-3					T6-8		T6-out	TdaM6
M7										T7-out	TdaM7
M8				T8-4						T8-out	TdaM8
Min	Tin-1		Tin-3								TdaMin
Mout									Tout-in		TdaMout
	TaM1	TaM2	TaM3	TaM4	TaM5	TaM6	TaM7	TaM8	TaMin	TaMout	Ttot

**Fig. 4.16 - Matrice dei tempi totali.**

Dove l'elemento generico della matrice è definito come:

$$T_{Mi-Mj} = t_{ij} * F_{ij}$$

Come in precedenza si può calcolare la distanza totale percorsa in uscita e in ingresso a una singola area o tipologia di macchina:

$$T_{daMi} = \sum_j T_{Mi-Mj}; \forall i$$

$$T_{aMj} = \sum_i T_{Mi-Mj}; \forall j$$

Si può determinare anche il tempo totale con la seguente relazione:

$$T_{tot} = \sum_i T_{daMi} = \sum_j T_{aMj}$$

A questo punto è possibile calcolare le funzioni obiettivo, calcolare il numero di veicoli richiesti per il sistema di movimentazione, i KPI di prodotto, stabilimento e veicolo (questi parametri sono già stati elencati nel capitolo precedente). Al termine della analisi si ottengono importanti informazioni sullo stabilimento già presente e le sue prestazioni. Una volta studiato l'attuale sistema produttivo e aver ottenuto importanti informazioni si può passare alla fase successiva di analisi di un nuovo layout che comprenda anche il nuovo stabilimento con l'inserimento o meno di una macchina in più. Molto importante per quanto riguarda lo studio delle nuove posizioni delle macchine è la previsione dello spazio che bisogna lasciare in modo tale da consentire il passaggio dei mezzi di trasporto e lo spazio necessario per poter eseguire le opere di manutenzione. Un parametro che nella teoria dei flussi così come è stata presentata non è ricavabile è il costo del sistema di trasporto. In azienda non c'è un sistema di trasporto dedicato, la movimentazione dei prodotti viene fatta dalle stesse attrezzature e operatori che sono impiegati per il piazzamento dei prodotti in macchina, per il carico e lo scarico dei camion di prodotti finiti e materia prima. Il costo annuo imputabile al trasporto delle varie risorse viene calcolato sulla base del rapporto tra il tempo di trasporto imputabile alla risorsa e il tempo totale di utilizzo della stessa. È necessario quindi stimare il tempo totale di tutte le attività svolte dagli operatori e dalle attrezzature che fanno parte del sistema di trasporto.

## 5. RACCOLTA DATI

In questo capitolo viene affrontata tutta la tematica della raccolta dei dati necessari per eseguire le analisi che sono state spiegate nel capitolo precedente.

### 5.1 Dati per il dimensionamento del servizio web

Dall'azienda sono stati forniti i dati relativi alla produzione dei pezzi web risalenti all'anno 2017 per quanto riguarda il numero di pezzi venduti, i chilogrammi venduti, la giacenza media in chilogrammi in giacenza, la giacenza media in numero di pezzi, i chilogrammi e il numero di pezzi che dovranno essere venduti, la giacenza media prevista per il futuro magazzino.

*pezzi venduti web 2017 = 1730 pz/anno*

*chilogrammi venduti web 2017 = 16013.1kg/anno*

*chili giacenza media web 2017 = 76841kg/anno*

*pezzi venduti web = 3000 pz/anno*

*chilogrammi venduti web = 40000kg/anno*

*pezzi giacenza media web = 150000pz/anno*

Del magazzino tipo Elephant di cui è dotata l'azienda sono state rilevate le dimensioni, il numero e la massa massima con cui sono riempiti i cassetti dei due magazzini, la portata totale del magazzino e quella di un singolo cassetto.

*dimensioni cassetto = 6400 x 500 x 300*

*numero cassetti = 25 cassetti*

*massa riempimento cassetto = 2500kg/cassetto*

*portata magazzino = 70000kg*

*portata cassetto = 3000kg*

Per quanto riguarda il magazzino tipo ANT, anche questo già presente in azienda, si conoscono: le dimensioni, il numero e la massa massima con cui sono riempiti i cassetti dei due magazzini, la portata totale del magazzino e quella di un singolo cassetto.

*dimensioni cassetto = 1200 x 800 x 150*

*numero cassetti = 46 cassetti*

*massa riempimento cassetto = 600kg/cassetto*

*portata magazzino = 40000kg*

*portata cassetto = 900kg*

Sono stati ricavati inoltre i valori relativi al tempo di ciclo medio dei magazzini, il tempo di prelievo dei prodotti dal cassetto, il tempo di imballaggio di un pallet, il tempo di trasporto e il tempo di carico del pallet sul camion. Il tempo di ciclo comprende il deposito del cassetto che si trova nella baia nel

vano del magazzino e il prelievo dal magazzino del cassetto successivo fino alla sua disponibilità nella baia.

*tempo di ciclo = 2min*

*tempo di prelievo = 1.7min*

*tempo di imballaggio = 3min*

*tempo di trasporto = 1.5min/pallet*

*tempo di carico = 1.5min/pallet*

In alternativa al magazzino Elephant esiste un magazzino EMS-30 che da catalogo ha le seguenti caratteristiche:

*dimensioni cassetto = 10000 x 500 x 300*

*numero cassette = 25 cassette*

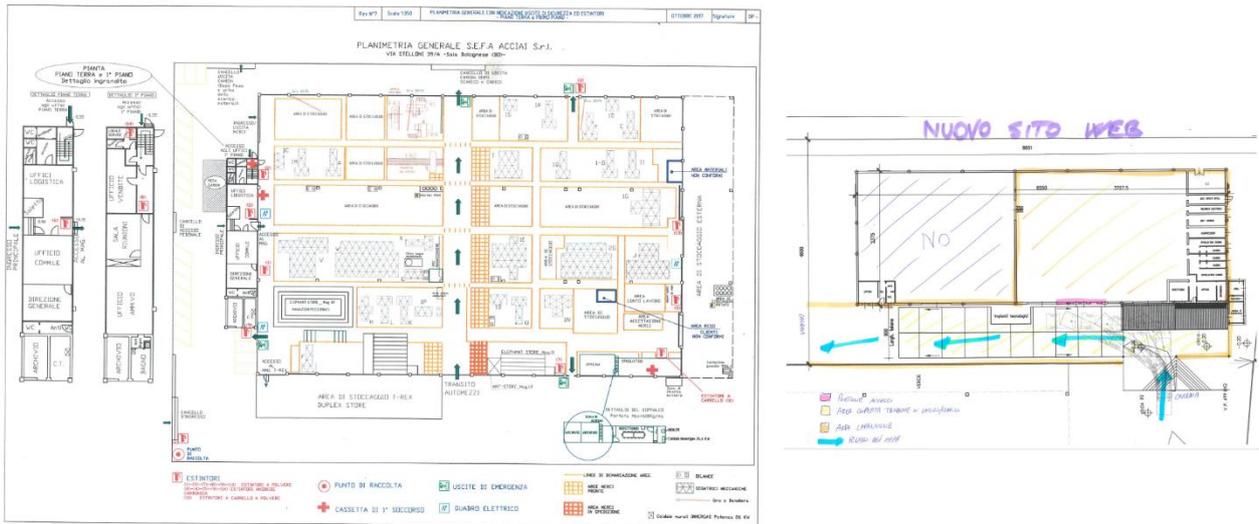
*massa riempimento cassetto = 4500kg/cassetto*

*portata magazzino = 120000kg*

*portata cassetto = 5000kg*

## **5.2 Dati per l'analisi dei flussi**

Per prima cosa è stata eseguita la raccolta dei dati relativa alla planimetria dell'azienda. Questa fase è essenziale per determinare le dimensioni del capannone, la dimensione delle macchine, determinare la posizione di pilastri e delle zone di stoccaggio. Esiste una planimetria dello stabilimento disponibile in formato cartaceo che non sarebbe di facile impiego durante la fase di studio di un nuovo layout. Per creare la pianta dello stabilimento è stato deciso di andare direttamente sul campo per rilevare le dimensioni del capannone, la posizione delle macchine e la dimensione effettiva delle aree di stoccaggio. Per quello che riguarda il nuovo sito produttivo destinato alla produzione web è stata fornita una pianta disegnata al CAD. Utilizzando i dati ricavati dal campo e sfruttando le piantine in scala fornite è stato ricreato l'immobile con il programma Paint.



**Fig. 5.1 - Nell'immagine a sinistra è raffigurata la pianta dello stabilimento odierno; nell'immagine a destra è raffigurata la pianta del nuovo sito dedicato allo stoccaggio dei prodotti web.**

Al termine del processo di misurazione sono state ricavate le dimensioni perimetrali del capannone, della tettoia, del piazzale, delle macchine e dei reparti, sono inoltre state rilevate le posizioni dei pilastri, dei portoni, delle porte di sicurezza e dei percorsi con la relativa dimensione in larghezza e lunghezza. Per avere informazioni aggiuntive che serviranno poi per la creazione dei cicli di lavoro sono stati evidenziati tutti i materiali che sono stoccati nelle aree dedicate sia internamente che esternamente al capannone. Il disegno ottenuto è il seguente:



**Fig. 5.2 - Pianta utilizzata per eseguire le analisi dei flussi comprendente vecchio e nuovo stabilimento.**

Con questo formato si possono valutare le dimensioni delle aree di stoccaggio e quindi si possono identificare i FCP internamente allo stabile, si possono spostare con facilità i macchinari all'interno del capannone, si possono identificare le nuove aree di stoccaggio, i relativi FCP e le distanze tra essi. In questo modo è possibile avere velocemente tutte le informazioni necessarie per l'analisi dei flussi precedentemente spiegata al variare dal layout produttivo.

Per poter risalire ai cicli di lavoro, e dunque ai flussi di materiale, sono stati ricavati da misurazioni sul campo: il numero di lamiere caricate mediamente ogni giorno in campata due e il tempo totale di piazzamento di una lamiera, il numero di strisce che vengono prodotte per ogni carico di lamiere in campata due, il numero di pezzi che sono tagliati da una striscia di lamiera, il numero di pezzi ricavati da una barra o spezzone, il numero di pezzi che sono caricati su di un pallet sia per la produzione standard che per la produzione web.

*lamiere movimentate al giorno = 16 lamiere/gg*

*tempo totale di piazzamento lamiera = 40 min/lamiera*

*strisce prodotte per lamiera = 3 strisce/lamiera*

*pezzi per striscia = 6 pz/striscia*

*pezzi per barra o spezzone = 6 pz/striscia*

*pezzi per pallet = 6 pz/pallet*

*pezzi per pallet web = 7 pz/pallet*

Da informazioni ottenute dal reparto della logistica è stato ottenuto il numero di pallet che vengono spediti mediamente ogni giorno, il numero di pallet che sono scaricati ogni giorno e il numero medio di camion che portano lamiere di materia prima a settimana.

*pallet spediti = 120 pallet/gg*

*pallet scaricati = 80 pallet/gg*

*camion MP = 3 camion/settimana*

Inerenti all'area spedizioni e ricevimento materia prima sono stati stimati il tempo di carico e imballo di un pallet, il tempo di scarico.

*tempo stabilizzazione e carico = 2.5min/pallet*

*tempo scarico = 2min/pallet*

Dall'azienda sono stati forniti il numero di chilogrammi che sono stati venduti divisi per tipologia di acciaio (vedi pag. 62 – fig.6.4), la percentuale di materiale che inizia il ciclo di produzione dalla campata uno, due o tre, il numero di giorni lavorativi in un anno, la stima dei pezzi che vengono tagliati in un anno, la stima per le campate uno e tre del materiale che parte da barra quadra, da barra tonda o da spezzone, il numero di pezzi che vengono fresati ogni anno e la stima della percentuale di provenienza dei pezzi che vanno in fresatura da campata uno o tre.

*inizio ciclo campata 1 = 30 %*

*inizio ciclo campata 2 = 40 %*

*inizio ciclo campata 3 = 30 %*

*giorni anno = 220 gg/anno*

*numero pz prodotti = 150000pz/anno*

*chilogrammi da barra quadra = 50%*

*chilogrammi da barra circolare = 40%*

*chilogrammi da spezzone = 10%*

*pezzi fresati = 8116 pz/anno*

*percentuale pezzi da campata 1 = 30%*

*percentuale pezzi da campata 3 = 70%*

Sempre dall'azienda sono stati forniti i dati relativi al costo di un operatore, transpallet, transpallet elettrico, carroponte e muletto:

*costo operatore = 30000€/anno*

*costo transpallet = 100€/anno*

*costo transpallet elettrico = 500€/anno*

*costo carroponte = 6000€/anno*

*costo muletto = 3500€/anno*

## 6. ELABORAZIONE DEI DATI

In primo luogo sono state determinate le risorse necessarie al servizio dei pezzi web; in secondo luogo è stata fatta l'analisi dei flussi e il re-layout dello stabilimento produttivo con valutazione dei KPI delle varie soluzioni.

### 6.1 Determinazione delle risorse per il servizio web

#### 6.1.1. Numero dei magazzini

Dai dati disponibili si ricava che l'obiettivo di vendita dei prodotti web sia di 40000kg ogni anno, con una giacenza media a magazzino di 150000kg. Per eseguire il dimensionamento del nuovo servizio web sono state valutate diverse configurazioni dei magazzini verticali i cui dati tecnici sono elencati nel capitolo precedente.

#### Verifica di volume

Il dimensionamento dei magazzini verticali è stato svolto sulla base della giacenza in chilogrammi che mediamente viene stoccata in ogni cassetto e non sul volume effettivamente disponibile per ognuno di essi. Il volume è direttamente collegato alla geometria dei prodotti e alle loro dimensioni, i pezzi trattati hanno forme differenti quindi eseguire un dimensionamento basato su questa grandezza risulterebbe poco affidabile e non sarebbe sufficientemente accurato, per questo motivo è stato deciso di operare il dimensionamento sulla base della massa dei prodotti. Il primo passo è stato verificare se effettivamente la condizione sul peso di materiale collocato in ogni cassetto risultasse quella più stringente. Nota la densità dell'acciaio si ricava il volume relativo alla portata massima di stoccaggio di un cassetto del modello Elephant che è di 3000kg.

*densità acciaio* = 7800 kg/m<sup>3</sup>

$$V_{max.acciaio} = \frac{3000}{7800} = 0.38m^3$$

Si calcola il volume disponibile di un cassetto note le dimensioni di uno di essi.

*dimensioni cassetto* = 6400 x 500 x 300

Non è possibile sfruttare tutta l'altezza del cassetto per lo stoccaggio del magazzino, se ciò accadesse si correrebbe il rischio di sovrapporre troppi prodotti e quindi aumenterebbe eccessivamente il tempo di prelievo. Posta un'altezza massima di utilizzo media pari a 150mm si ricava il volume disponibile di un cassetto della tipologia Elephant:

$$V_{cassetto} = 6400 * 500 * 150 = 480000000 = 0.48m^3$$

Lo stesso procedimento lo si esegue per il magazzino ANT.

$$V_{max.acciaio} = \frac{900}{7800} = 0.12m^3$$

*dimensioni cassetto* = 1200 \* 800 \* 150

Si pone un'altezza utile per lo stoccaggio pari a  $150mm$

$$V_{cassetto} = 1200 * 800 * 150 = 14400000 = 0.14m^3$$

Questo significa che i cassettei non vengono mai saturati con il volume ma sempre con il peso. Si vuole fare notare tuttavia che operando il dimensionamento in questo modo si può non incorrere nella saturazione volumetrica dei cassettei. Teoricamente bisognerebbe minimizzare la differenza tra volume richiesto e volume disponibile, tuttavia essendo molto difficile determinare le geometrie dei prodotti e quindi il reale volume richiesto è bene tenere sempre un po' di margine. Inoltre, qualora il cassetto non fosse saturo sarebbe possibile sfruttare lo spazio in eccedenza per limitare le sovrapposizioni dei prodotti facilitando il picking.

### *Numero magazzini soluzione 1*

Questa soluzione valuta l'impiego di tre magazzini della tipologia Elephant. Per prima cosa si esegue la determinazione del numero di magazzini verticali sulla base della giacenza. La giacenza accumulabile in un magazzino vale:

$$G_{1mag1} = 25 * 2500 = 62500kg$$

Questo valore è abbondantemente sotto alla portata totale accumulabile nel magazzino che vale  $70000kg$  e di conseguenza la verifica a carico massimo è già stata eseguita.

Il numero di magazzini automatici, calcolato in base alla giacenza, che deve essere impiegato vale:

$$n_{mag} = \frac{150000}{62500} = 2.4$$

Arrotondando per eccesso si ottiene che  $n_{mag} = 3$ .

Il coefficiente di riempimento dei magazzini calcolato sulla giacenza media viene calcolato come:

$$n = \frac{2.4}{3} * 100 = 80\%$$

Determinato il numero di magazzini si passa alla verifica della capacità di prelievo. Dal campo sono stati ricavati il tempo medio di un ciclo del magazzino che si attesta attorno ai  $2minuti$  e il tempo di prelievo del pezzo desiderato dal cassetto. Il ciclo che solitamente viene svolto dal magazzino è il seguente: il cassetto già presente nella baia viene ricollocato all'interno del magazzino e successivamente ne viene fatto uscire uno nuovo con un altro pezzo da prelevare. Sotto l'ipotesi peggiorativa che per ogni pezzo si debba chiamare un cassone differente si calcola il tempo richiesto per il prelievo:

$$t_{prelievo} = (2 + 1.7) * 3000 = 11100 \text{ min/anno}$$

Sotto l'ipotesi che se si vuole mantenere la giacenza media costante per ogni pezzo che viene prelevato bisogna inserirne un altro all'interno dei magazzini si ricava il tempo necessario per il deposito dei pezzi che in questo caso lo si suppone analogo a quello di prelievo.

$$t_{deposito} = 11100 \text{ min/anno}$$

Il tempo totale di gestione dei pezzi web vale:

$$t_{gestione} = 11100 + 11100 = 22200 \text{ min/anno}$$

Per quanto riguarda la determinazione del tempo disponibile di una risorsa si valuta che l'azienda lavori 220 giorni all'anno, su un turno al giorno per 7,5 ore al giorno. Sulla base di quanto detto si ricava che:

$$t_{1disponibile} = 220 * 1 * 7.5 * 60 = 99000 \text{ min/anno}$$

Il tempo disponibile totale vale:

$$t_{disponibile} = 99000 * 3 = 297000 \text{ min/anno}$$

Dal punto di vista del magazzino il tempo totale di gestione dei pezzi web è di gran lunga inferiore a quello disponibile della risorsa stessa. Questo vuole dire che se eventualmente si riuscisse a collocare tutta la merce in un solo magazzino si riuscirebbe a soddisfare abbondantemente la domanda annua di prelievo. È tuttavia buona norma fare attenzione a inserire i prodotti nei magazzini automatizzati in modo da garantire una frequenza di prelievo uniforme su tutte le risorse. Qualora il tempo richiesto per l'erogazione del servizio fosse molto più grande e richiedesse l'impiego di più magazzini, se non si mantenesse la frequenza di prelievo simile per tutte le risorse si potrebbe incorrere nel caso sfortunato di non riuscire a soddisfare la domanda annua nonostante sia garantito lo stoccaggio della giacenza totale e il tempo di prelievo totale. Sulla base dello storico delle vendite dell'anno precedente viene ora riportata una soluzione possibile di stoccaggio dei materiali nei vari magazzini.

MATERIALI	NUMERO DI PEZZI	MAGAZZINO 1	MAGAZZINO 2	MAGAZZINO 3
SA 2379	306	306		
UHB IMPAX SUPREME	169		169	
UHB ORVAR SUPREME	157			157
UHB RAMAX HH	157			157
UHB STAVAX ESR	140		140	
UHB SLEIPNER	123	123		
SA 2842	98		98	
UHB SVERKER 21	80			80
UHB VIDAR SUPERIOR	69			69
SA 2080	68		68	
UHB NIMAX	61	61		
UHB MIRRAX 40	49			49
UHB CORRAX	35		35	
UHB VANADIS 4E	29	29		
TOOLOX 33 BON	23		23	
CALDIE	19			19
SA 2343	16	16		
UHB IMPAX HH	16			16
TOOLOX 44 BON	14		14	
UHB ARNE	14	14		
UHB ORVAR 2M	14			14
SB 2085	13		13	
UHB SVERKER 3	10	10		
SA M2	6	6		
UHB MIRRAX ESR	6		6	
UHB RAMAX LH	6			6
SA 2083 ESR	4	4		
UHB CALMAX	4		4	
UHB VIDAR SUPREME	4			4
UHB ALVAR 14	3	3		
UHB VIDAR 1 ESR	3		3	
UHB DIEVAR	2			2
UHB ELMAX	2	2		
UHB UNIMAX	2		2	
UHB VANADIS 30	2			2
LEGA DI BRONZO	1	1		
SA 2360	1		1	
SA 2510	1			1
UHB ALUMEC	1	1		
UHB GRANE	1		1	
UHB VIDAR 1	1			1
TOTALE	1730	576	577	577

**Fig. 6.1 – possibile soluzione di ripartizione dei materiali nei vari magazzini sulla base della frequenza di prelievo avuta l'anno passato.**

Quella presentata è una soluzione che andrebbe approfondita in quanto bisogna verificare che i materiali assegnati alle risorse siano effettivamente contenibili nei magazzini. Ad esempio tutto il 2379 (DIN X155CrVMo121) potrebbe non essere contenibile in un unico magazzino.

Altro parametro che in questo caso non è stato possibile considerare ma che potrebbe portare a qualche variazione della situazione prevista riguarda la politica di allocazione. Gli operatori solitamente applicano una politica per posti dedicati che potrebbe portare a una variazione del numero richiesto di cassette che potrebbe portare a un aumento del numero dei magazzini richiesti o a un aumento del numero di cassette necessari per ogni magazzino. Le formule per determinare il numero di cassette necessari lo si trova nella sezione teorica mostrata precedentemente e in questo caso non può essere applicata.

La soluzione presentata prevede l'utilizzo di tre magazzini della tipologia Elephant: uno è già presente in azienda e gli altri due devono essere comprati. L'azienda è dotata anche di un magazzino della tipologia ANT che con questo dimensionamento non verrebbe sfruttato e potrebbe essere impiegato per lo stoccaggio di altro materiale.

#### *Numero dei magazzini soluzione 2*

Si analizza ora cosa accadrebbe se si decidesse di destinare allo stoccaggio del materiale web i tre magazzini di tipologia Elephant visti prima più il magazzino di tipologia ANT che nel caso precedente sarebbe rimasto inutilizzato.

Si determina la giacenza accumulabile nel magazzino della tipologia ANT:

$$G_{1mag2} = 46 * 600 = 27600kg$$

Anche in questo caso la giacenza accumulabile in questo magazzino risulta inferiore a quella massima sopportabile che arriva a 40000kg.

La giacenza totale accumulabile dal sistema vale:

$$G_{tot} = 3 * 62500 + 1 * 27600 = 215100kg$$

Il coefficiente di riempimento del sistema vale:

$$n = \frac{150000}{215100} * 100 = 69.7\%$$

In questo caso quindi si dovrebbero comperare due magazzini della tipologia Elephant e verrebbero sfruttati i due magazzini di tipologia Elephant e ANT già presenti, il coefficiente di riempimento dei magazzini è molto basso e dunque questa strada è percorribile solo se c'è un'alta variabilità del valore della giacenza media.

#### *Numero di magazzini soluzione 3*

Questa configurazione studia l'utilizzo di tutti e due i magazzini delle due tipologie presenti in azienda (Elephant e ANT) e l'acquisto di due magazzini ulteriori, uno di tipologia Elephant e uno di tipologia ANT.

Giacenza totale accumulabile:

$$G_{tot} = 2 * 62500 + 2 * 27600 = 180200kg$$

Coefficiente di riempimento dei magazzini:

$$n = \frac{150000}{180200} * 100 = 83.2\%$$

*Numero di magazzini soluzione 4*

Si vuole infine valutare il reimpiego delle risorse Elephant e ANT già presenti in azienda e l'acquisto di un nuovo magazzino sempre tipologia Elephant ma di modello differente (indicato nei dati come EMS - 30).

$$V_{max.acciaio} = \frac{5000}{7800} = 0.64m^3$$

*dimensioni cassetto* = 10000 x 500x 300

Si pone un'altezza utile per lo stoccaggio pari a 150mm.

$$V_{cassetto} = 10000 * 500 * 150 = 750000000 = 0.75m^3$$

Anche in questo caso la condizione più stringente è il peso.

Si determina la giacenza accumulabile nel magazzino EMS – 30:

$$G_{1mag3} = 25 * 4500 = 112500kg$$

Utilizzando un magazzino Elephant, un magazzino ANT e un magazzino EMS – 30 si ottiene la giacenza totale:

$$G_{tot} = 62500 + 27600 + 112500 = 202600kg$$

Il coefficiente di riempimento dei magazzini vale:

$$n = \frac{150000}{202500} * 100 = 75\%$$

*Considerazioni sui magazzini*

La verifica sul tempo di prelievo è stata svolta solamente nella soluzione 1 in quanto da un punto di vista temporale l'utilizzo di un solo magazzino sarebbe sufficiente a soddisfare la produzione. Per tutte le soluzioni vale comunque il principio del collocare il materiale nei magazzini in modo da mantenere equamente ripartita la frequenza di prelievo compatibilmente con la giacenza collocabile nei singoli magazzini e con i criteri di allocazione della merce. La prima e la seconda soluzione portano a un fattore di riempimento delle risorse basso e dunque sono più cautelative, ma probabilmente sono quelle che portano a maggiori costi di impianto in quanto si dovrebbero acquistare due magazzini Elephant che sono probabilmente più costosi rispetto alla tipologia ANT in quanto sono più robusti e più grandi. La terza soluzione è meno cautelativa perché permette di ottenere un coefficiente di riempimento più alto e dunque i magazzini risultano più saturi, ma

consente di risparmiare sui costi di impianto siccome si dovrebbero acquistare un magazzino tipo Elephant e un magazzino tipo ANT e dunque si risparmia rispetto all'acquisto di due magazzini di tipologia Elephant. La quarta soluzione è cautelativa siccome permette di ottenere uno sfruttamento delle risorse molto basso, necessita dell'acquisto di un solo magazzino molto grande che sicuramente è più costoso di un magazzino della tipologia Elephant ma si ha il vantaggio di non doverne acquistare due. La scelta tra una delle quattro opzioni deve essere presa tenendo conto dell'esperienza, in base alla valutazione della variazione delle giacenze, in base al costo delle attrezzature e in base a eventuali aumenti previsti di giacenza. In questo studio non è possibile fornire una valutazione sulla bontà dei dimensionamenti ma solamente fornire più soluzioni che poi dovranno essere valutate. Si vuole fare notare che al variare delle soluzioni variano anche il numero di cassette disponibili per lo stoccaggio: dimensionamenti che impiegano più magazzini permettono uno stoccaggio per "cassette dedicate" (dedicare un cassetto intero a un solo materiale); soluzioni che impiegano un numero di cassette inferiori potrebbero portare a una allocazione con più materiali differenti in uno stesso contenitore.

### 6.1.2 Numero di pallettizzatori

Si vuole determinare ora il numero di pallettizzatori necessari per soddisfare la domanda annua prevista dei prodotti web. Dal campo sono stati ricavati i tempi necessari per stabilizzare un pallet che si aggira attorno ai  $3min$ , il numero di pezzi che sono mediamente caricati su di un pallet è 7.

Numero di pallet preparati in un anno:

$$n_{pallet} = \frac{3000}{7} = 428.6 \text{ pallet/anno}$$

Arrotondato per eccesso vale:  $n_{pallet} = 429 \text{ pallet/anno}$

Tempo totale per l'imballaggio:

$$t_{imballo} = 429 * 3 = 1287min/anno$$

Il numero di pallettizzatori vale:

$$n_{pall.} = \frac{2106}{99000} = 0.013$$

Arrotondando per eccesso:  $n_{pall.} = 1$ .

Il coefficiente di utilizzo del pallettizzatore vale:

$$n = \frac{0.013}{1} * 100 = 1.3\%$$

Il coefficiente di utilizzo del pallettizzatore è molto basso. Per imballare i prodotti si potrebbe sfruttare quello che è già presente in azienda oppure se si optasse per l'acquisto di uno nuovo si potrebbe sfruttare quest'ultimo per imballare anche altri prodotti. Come soluzione alternativa al pallettizzatore si potrebbero utilizzare dei sistemi di imballaggio differenti anche più semplici, un esempio potrebbe essere l'utilizzo di scatole di cartone caricate su di un pallet che verrebbero fermate con del nastro adesivo o delle fascette visto che i pezzi non sono eccessivamente grandi e pesanti.

### 6.1.3 Numero di operatori

Dal campo sono stati ricavati i dati relativi al tempo di carico pari a 1,5min/pallet e al tempo di trasporto pari a 1.5min/pallet.

Il tempo di trasporto e carico dei pallet annuale vale:

$$t_{carico\ e\ trasp.} = (1.5 + 1.5) * 429 = 1287\ min/anno$$

Il tempo totale richiesto dall'operatore per garantire la produzione dei pezzi web vale:

$$t_{tot} = 1287 + 22200 + 1287 = 24774\ min/anno$$

Il numero di operatori vale:

$$n_{op.} = \frac{24774}{99000} = 0.25$$

Arrotondando per eccesso:  $n_{op.}=1$

Il coefficiente di utilizzo degli operatori vale:

$$n = \frac{0.25}{1} * 100 = 25\%$$

Come sistema di trasporto viene utilizzato un transpallet che visti i tempi di utilizzo è sufficiente comprarne 1.

### Considerazioni sulle risorse

La scelta di optare per una soluzione alternativa dovrebbe essere valutata in quanto si avrebbe un coefficiente di utilizzo del pallettizzatore estremamente basso. Per quanto riguarda la gestione dei soli pezzi web si potrebbe provare in prima battuta a soddisfare la domanda con gli operatori che già si anno visto che tuttora l'attività viene svolta da una risorsa e solamente in successivo momento si potrebbe valutare l'assunzione di un nuovo operatore oppure si potrebbe sfruttare la capacità produttiva in esubero degli operatori presenti nelle tre campate che è risultata da un'analisi di massima della capacità produttiva.

## 6.2 Analisi dei flussi dello stabilimento e re-layout con valutazione dei KPI

### 6.2.1 Studio delle aree di stoccaggio

Come anticipato nei capitoli precedenti lo studio del nuovo layout viene eseguito tenendo sempre come riferimento i KPI dello stabilimento odierno. Per studiare quello che accade nella configurazione attuale si parte dalla pianta disegnata in precedenza dove sono riportate le aree di stoccaggio, i percorsi, le dimensioni e le posizioni delle macchine, dei pilastri, dei portoni, la posizione degli uffici e della pesa. Come informazione aggiuntiva che serve per ricondursi ai cicli di lavoro sono stati riportati i tipi di acciai presenti nelle aree di stoccaggio del materiale, in questo modo è possibile indicativamente risalire alla zona di provenienza di un determinato prodotto quando si dovrà risalire ai cicli di lavoro.



Assegnando l'area di stoccaggio del materiale ai vari reparti ogni volta che si inserisce il punto di controllo del flusso (FCP) si ottiene la pianta seguente:



**Fig. 6.3 - Pianta dello stabilimento con le aree di stoccaggio di ogni reparto o tipologia di macchina.**

Identificati i punti di controllo e le dimensioni delle aree di stoccaggio si passa alla determinazione dei flussi che attraversano l'azienda. Il primo passo è quello di risalire ai cicli di lavoro.

### 6.2.2 Creazione cicli di lavoro

Tra i dati disponibili in azienda c'è una stima dei pezzi tagliati ogni anno, indicativamente il valore si aggira attorno a 150000pz/anno. Si deve poi risalire a quantitativo di pezzi che sono tagliati nelle varie campate, per stimare questo valore è stato ricavato dal campo il numero medio di lamiera che sono lavorate nel reparto della campata due e il numero medio di strisce o pezzi che sono tagliati per ogni lamiera che viene lavorata. A questo punto è possibile determinare il numero di strisce o di pezzi che sono tagliati giornalmente e quindi all'anno. Si suppone che l'azienda lavori per 220 giorni all'anno.

*lamiera al giorno = 16 lamiera/gg*

*strisce per lamiera = 3 strisce/lamiera*

*giorni anno = 220 gg/anno*

$$\text{pezzi giorno campata 2} = 16 * 3 = 48 \text{ strisce/giorno}$$

$$\text{pezzi anno campata 2} = 48 * 220 = 10560 \text{ strisce/anno}$$

Dalla campata due possono uscire i pezzi pronti già dopo il taglio dalla lamiera oppure pezzi che necessitano di una seconda riduzione nei reparti di taglio delle campate uno e tre. Solitamente i prodotti che vengono venduti direttamente dopo il taglio in campata due sono di grandi dimensioni e sono assimilabili come dimensioni a una striscia di lamiera. Noti i chilogrammi di materiale totale che sono stati venduti l'anno precedente, e la stima dei chilogrammi che iniziano la lavorazione dalla campata due e dalle campate uno e tre si ottiene il numero di chili totali che iniziano la lavorazione nelle varie campate.

$$\text{venduto} = 3752974 \text{ kg}$$

$$\text{inizio campata 2} = 40 \%$$

$$\text{inizio campata 1} = 30 \%$$

$$\text{inizio campata 3} = 30 \%$$

Se si suppone di utilizzare le stesse percentuali su tutti i singoli materiali si ottiene:

MATERIALE	totale kg venduti	CAMPATA 1 tot. Kg lavorati	CAMPATA 2 tot. Kg lavorati	CAMPATA 3 tot. Kg lavorati
C40	1591572	477471,6	636628,8	477471,6
C67	179	53,7	71,6	53,7
C70	243	72,9	97,2	72,9
18NiCrMo5	17414	5224,2	6965,6	5224,2
16NiCrMo12	319	95,7	127,6	95,7
16CrNi4PB	89	26,7	35,6	26,7
16NiCr4BI	293	87,9	117,2	87,9
39NiCrMo3BI	492	147,6	196,8	147,6
39NiCrMo3BON	34647	10394,1	13858,8	10394,1
39NiCrMo3PB	151	45,3	60,4	45,3
TOOLOX 33 BON	29596	8878,8	11838,4	8878,8
TOOLOX 44 BON	1508	452,4	603,2	452,4
25CrMo4	817	245,1	326,8	245,1
SB 40 RIC	440499	132149,7	176199,6	132149,7
SB 40 BON	25075	7522,5	10030	7522,5
SB 2312	484408	145322,4	193763,2	145322,4
SB 2311	122044	36613,2	48817,6	36613,2
S690 QL	443	132,9	177,2	132,9
SA 2738	31930	9579	12772	9579
SA 2714	5175	1552,5	2070	1552,5
SB 2316	40	12	16	12
SB 2085	8711	2613,3	3484,4	2613,3
SA 2842	48605	14581,5	19442	14581,5
SA 2510	7	2,1	2,8	2,1
SA 2379	75273	22581,9	30109,2	22581,9
SA 2767	901	270,3	360,4	270,3
SA 2080	43801	13140,3	17520,4	13140,3
SA 2550	8337	2501,1	3334,8	2501,1
UHB ARNE	5768	1730,4	2307,2	1730,4
UHB GRANE	77	23,1	30,8	23,1
UHB CORRAX	20274	6082,2	8109,6	6082,2
UHB FERMO	240	72	96	72
UHB CALMAX	4096	1228,8	1638,4	1228,8
UHB CALDIE	2133	639,9	853,2	639,9
UHB RIGOR	11473	3441,9	4589,2	3441,9
UHB ROLTEC	55	16,5	22	16,5
UHB SVERKER 21	16229	4868,7	6491,6	4868,7
UHB VANADIS 4E	3431	1029,3	1372,4	1029,3
UHB SVERKER 3	8822	2646,6	3528,8	2646,6
UHB VANADIS 10	55	16,5	22	16,5
UHB VANADIS 8	745	223,5	298	223,5
UHB ORVAR 2M	6337	1901,1	2534,8	1901,1
UHB ORVAR SUPREME	109971	32991,3	43988,4	32991,3
UHB VIDAR SUPREME	19	5,7	7,6	5,7
UHB DIEVAR	54551	16365,3	21820,4	16365,3
UHB QRO 90	593	177,9	237,2	177,9
UHB SLEIPNER	32269	9680,7	12907,6	9680,7
UHB VIDAR 1 ESR	50	15	20	15
UHB VIDAR 1	165	49,5	66	49,5
UHB UNIMAX	4298	1289,4	1719,2	1289,4
UHB BALDER	447	134,1	178,8	134,1
UHB VIDAR SUPERIOR	94894	28468,2	37957,6	28468,2
IDUN	68	20,4	27,2	20,4
UHB MIRRAX 40	4724	1417,2	1889,6	1417,2
UHB NIMAX	24376	7312,8	9750,4	7312,8
UHB IMPAX SUPREME	81576	24472,8	32630,4	24472,8
UHB IMPAX HH	148	44,4	59,2	44,4
UHB MIRRAX ESR	4754	1426,2	1901,6	1426,2
UHB STAVAX ESR	57275	17182,5	22910	17182,5

MATERIALE	totale kg venduti	CAMPATA 1 tot. Kg lavorati	CAMPATA 2 tot. Kg lavorati	CAMPATA 3 tot. Kg lavorati
UHB ELMAX	3327	998,1	1330,8	998,1
UHB RAMAX HH	44076	13222,8	17630,4	13222,8
UHB RAMAX LH	154	46,2	61,6	46,2
UHB UDDALLOY 20	67	20,1	26,8	20,1
UHB UDDALLOY 27	27	8,1	10,8	8,1
UHB UDDALLOY 35	3	0,9	1,2	0,9
ROYALLOY	136	40,8	54,4	40,8
SA 2083 ESR	222	66,6	88,8	66,6
UHB ALVAR 14 BON	9163	2748,9	3665,2	2748,9
UHB MOLDMAX XL	588	176,4	235,2	176,4
UHB HOLDAX	659	197,7	263,6	197,7
UHB MOLDMAX HH	9531	2859,3	3812,4	2859,3
UHB PROTHERM	4	1,2	1,6	1,2
UHB ALUMEC	1480	444	592	444
PM 23	86	25,8	34,4	25,8
UHB VANADIS 23 S	688	206,4	275,2	206,4
PM 30	85	25,5	34	25,5
UHB VANCRON 40	124	37,2	49,6	37,2
UHB VANADIS 30	336	100,8	134,4	100,8
UHB VANADIS 60	34	10,2	13,6	10,2
SA M2	1144	343,2	457,6	343,2
SA 2343 ESR	4583	1374,9	1833,2	1374,9
SA 2343	56034	16810,2	22413,6	16810,2
SA 2344	9991	2997,3	3996,4	2997,3
W.1.2083 ESR	138	41,4	55,2	41,4
SA 2360	42	12,6	16,8	12,6
W.1.2083	2278	683,4	911,2	683,4
DUPLEX - W.1.4462	63	18,9	25,2	18,9
AISI 440 C	859	257,7	343,6	257,7
AISI 630	3599	1079,7	1439,6	1079,7
AISI 310	51	15,3	20,4	15,3
AISI 303	357	107,1	142,8	107,1
AISI 304 L	7462	2238,6	2984,8	2238,6
AISI 420	4866	1459,8	1946,4	1459,8
AISI 316 L	1928	578,4	771,2	578,4
LEGA DI BRONZO	26	7,8	10,4	7,8
LEGA CUNIBE ALL	110	33	44	33
WOLFRAMIO	1819	545,7	727,6	545,7
WOLFRAMIO E RET	6	1,8	2,4	1,8
FE 37	10613	3183,9	4245,2	3183,9
FE 51 05	6440	1932	2576	1932
FE E 355	68	20,4	27,2	20,4
FE 360	65	19,5	26	19,5
S.PR80	191	57,3	76,4	57,3
AVPB	1249	374,7	499,6	374,7
C40 TRAF	8062	2418,6	3224,8	2418,6
C40 RETT	3507	1052,1	1402,8	1052,1
C45 CROM	14158	4247,4	5663,2	4247,4
TITANIO	51	15,3	20,4	15,3
100Cr6	2831	849,3	1132,4	849,3
S LM052	2414	724,2	965,6	724,2
55S17	315	94,5	126	94,5
30NiCrMo12	410	123	164	123
36NiCrMo16	6035	1810,5	2414	1810,5
41CrMoAl7	4187	1256,1	1674,8	1256,1
40NiCrMo7	216	64,8	86,4	64,8
34CrNiMo6	3534	1060,2	1413,6	1060,2
TOTALE	3752974	1125892,2	1501189,6	1125892,2

Fig. 6.4 - Ripartizione del materiale in base all'inizio del processo nelle varie campate.

$$\text{tagliato campata 2} = 3752974 * \frac{40}{100} = 1501189.6 \text{ kg}$$

$$\text{tagliato campata 1} = 3752974 * \frac{30}{100} = 1125892.2 \text{ kg}$$

$$\text{tagliato campata 3} = 3752974 * \frac{30}{100} = 1125892.2 \text{ kg}$$

Attenzione, si vuole fare notare che queste non sono le quantità di materiale che sono lavorate nei vari reparti ma sono quelle che iniziano il ciclo di lavoro nelle varie campate. Non è detto che un materiale che ha iniziato il ciclo produttivo in una data campata non possa essere lavorato successivamente in un'altra.

Si risale alle dimensioni medie di una striscia di lamiera.

$$dimensioni\ scistriscia = \frac{1501189.6}{10560} = 142.2\ kg/striscia$$

Per poter effettuare un'analisi più approfondita sui materiali che sono tagliati in campata due si analizza no più nel dettaglio gli stessi distinti per tipologia e si valutano i percorsi che i differenti prodotti possono svolgere. Materiali diversi vengono pesati in reparti diversi (M7, M8 O M9) e compiono dunque percorsi diversi. Supponendo che circa il 35% dell'acciaio tagliato in campata non necessita del taglio successivo e che questa percentuale si rifletta poi in modo identico su tutti i tipi di materiale, assegnando le varie percentuali ai differenti percorsi sulla base dell'esperienza si ricava la soluzione seguente:

MATERIALE	tot. Kg lavorati	pronto dopo il taglio	MIN7 - M6 - M7	MIN7 - M6 - M8	MIN7 - M6 - M9	MATERIALE	tot. Kg lavorati	pronto dopo il taglio	MIN7 - M6 - M7	MIN7 - M6 - M8	MIN7 - M6 - M9
C40	636628,8	222820,08	0	0	222820,08	UHB ELMAX	1330,8	465,78	465,78	0	0
C67	71,6	25,06	0	0	25,06	UHB RAMAX HH	17630,4	6170,64	3085,32	3085,32	0
C70	97,2	34,02	0	0	34,02	UHB RAMAX LH	61,6	21,56	21,56	0	0
18NiCrMo5	6965,6	2437,96	0	0	2437,96	UHB UDDALLOY 20	26,8	9,38	9,38	0	0
16NiCrMo12	127,6	44,66	0	0	44,66	UHB UDDALLOY 27	10,8	3,78	3,78	0	0
16CrNi4PB	35,6	12,46	0	0	12,46	UHB UDDALLOY 35	1,2	0,42	0,42	0	0
16NiCr4BI	117,2	41,02	0	0	41,02	ROYALLOY	54,4	19,04	19,04	0	0
39NiCrMo3BI	196,8	68,88	0	0	68,88	SA 2083 ESR	88,8	31,08	31,08	0	0
39NiCrMo3BON	13858,8	4850,58	0	0	4850,58	UHB ALVAR 14 BON	3665,2	1282,82	1282,82	0	0
39NiCrMo3PB	60,4	21,14	0	0	21,14	UHB MOLDMAX XL	235,2	82,32	82,32	0	0
TOOLOX 33 BON	11838,4	4143,44	4143,44	0	0	UHB HOLDAX	263,6	92,26	92,26	0	0
TOOLOX 44 BON	603,2	211,12	211,12	0	0	UHB MOLDMAX HH	3812,4	1334,34	1334,34	0	0
25CrMo4	326,8	114,38	0	0	114,38	UHB PROTHERM	1,6	0,56	0,56	0	0
SB 40 RIC	176199,6	61669,86	20556,62	20556,62	20556,62	UHB ALUMEC	592	207,2	207,2	0	0
SB 40 BON	10030	3510,5	1170,166667	1170,166667	1170,166667	PM 23	34,4	12,04	12,04	0	0
SB 2312	193763,2	67817,12	0	67817,12	0	UHB VANADIS 23 S	275,2	96,32	0	96,32	0
SB 2311	48817,6	17086,16	0	17086,16	0	PM 30	34	11,9	11,9	0	0
S690 QL	177,2	62,02	62,02	0	0	UHB VANCRON 40	49,6	17,36	0	17,36	0
SA 2738	12772	4470,2	4470,2	0	0	UHB VANADIS 30	134,4	47,04	0	47,04	0
SA 2714	2070	724,5	724,5	0	0	UHB VANADIS 60	13,6	4,76	0	4,76	0
SB 2316	16	5,6	5,6	0	0	SA M2	457,6	160,16	160,16	0	0
SB 2085	3484,4	1219,54	1219,54	0	0	SA 2343 ESR	1833,2	641,62	0	641,62	0
SA 2842	19442	6804,7	6804,7	0	0	SA 2343	22413,6	7844,76	0	7844,76	0
SA 2510	2,8	0,98	0,98	0	0	SA 2344	3996,4	1398,74	0	1398,74	0
SA 2379	30109,2	10538,22	10538,22	0	0	W. 1.2083 ESR	55,2	19,32	19,32	0	0
SA 2767	360,4	126,14	126,14	0	0	SA 2360	16,8	5,88	5,88	0	0
SA 2080	17520,4	6132,14	6132,14	0	0	W. 1.2083	911,2	318,92	318,92	0	0
SA 2550	3334,8	1167,18	1167,18	0	0	DUPLEX - W. 1.4462	25,2	8,82	8,82	0	0
UHB ARNE	2307,2	807,52	807,52	0	0	AISI 440 C	343,6	120,26	40,0866667	40,0866667	40,0866667
UHB GRANE	30,8	10,78	10,78	0	0	AISI 630	1439,6	503,86	167,9533333	167,9533333	167,9533333
UHB CORRAX	8109,6	2838,36	2838,36	0	0	AISI 310	20,4	7,14	2,38	2,38	2,38
UHB FERMO	96	33,6	33,6	0	0	AISI 303	142,8	49,98	16,66	16,66	16,66
UHB CALMAX	1638,4	573,44	573,44	0	0	AISI 304 L	2984,8	1044,68	348,2266667	348,2266667	348,2266667
UHB CALDIE	853,2	298,62	298,62	0	0	AISI 420	1946,4	681,24	227,08	227,08	227,08
UHB RIGOR	4589,2	1606,22	1606,22	0	0	AISI 316 L	771,2	269,92	89,97333333	89,97333333	89,97333333
UHB ROLTEC	22	7,7	7,7	0	0	LEGA DI BRONZO	10,4	3,64	3,64	0	0
UHB SVERKER 21	6491,6	2272,06	2272,06	0	0	LEGA CUNIBE ALL	44	15,4	15,4	0	0
UHB VANADIS 4E	1372,4	480,34	480,34	0	0	WOLFRAMIO	727,6	254,66	0	0	254,66
UHB SVERKER 3	3528,8	1235,08	1235,08	0	0	WOLFRAMIO E RET	2,4	0,84	0	0	0,84
UHB VANADIS 10	22	7,7	7,7	0	0	FE 37	4245,2	1485,82	0	0	1485,82
UHB VANADIS 8	298	104,3	104,3	0	0	FE 51 05	2576	901,6	0	0	901,6
UHB ORVAR 2M	2534,8	887,18	0	887,18	0	FE E 355	27,2	9,52	0	0	9,52
UHB ORVAR SUPREME	43988,4	15395,94	0	15395,94	0	FE 360	26	9,1	0	0	9,1
UHB VIDAR SUPREME	7,6	2,66	0	2,66	0	S.PR80	76,4	26,74	26,74	0	0
UHB DIEVAR	21820,4	7637,14	0	7637,14	0	AVPB	499,6	174,86	174,86	0	0
UHB QRO 90	237,2	83,02	83,02	0	0	C40 TRAF	3224,8	1128,68	0	0	1128,68
UHB SLEIPNER	12907,6	4517,66	4517,66	0	0	C40 RETT	1402,8	490,98	0	0	490,98
UHB VIDAR 1 ESR	20	7	0	7	0	C45 CROM	5663,2	1982,12	0	0	1982,12
UHB VIDAR 1	66	23,1	0	23,1	0	TITANIO	20,4	7,14	7,14	0	0
UHB UNIMAX	1719,2	601,72	601,72	0	0	100C6	1132,4	396,34	0	0	396,34
UHB BALDER	178,8	62,58	62,58	0	0	S LMO52	965,6	337,96	337,96	0	0
UHB VIDAR SUPERIOR	37957,6	13285,16	0	13285,16	0	55S17	126	44,1	44,1	0	0
IDUN	27,2	9,52	9,52	0	0	30NiCrMo12	164	57,4	0	0	57,4
UHB MIRRXAX 40	1889,6	661,36	661,36	0	0	36NiCrMo16	2414	844,9	0	0	844,9
UHB NIIMAX	9750,4	3412,64	3412,64	0	0	41CrMoAl7	1674,8	586,18	0	0	586,18
UHB IMPAX SUPREME	32630,4	11420,64	5710,32	5710,32	0	40NiCrMo7	86,4	30,24	0	0	30,24
UHB IMPAX HH	59,2	20,72	10,36	10,36	0	34CrNiMo6	1413,6	494,76	0	0	494,76
UHB MIRRXAX ESR	1901,6	665,56	665,56	0	0	TOTALE	1501189,6	525416,36	100036,6267	163617,2067	261762,5267
UHB STAVAX ESR	22910	8018,5	8018,5	0	0						

Fig. 6.5 – Assegnazione dei diversi materiali alle tre stazioni di pesatura nei tre reparti appartenenti alle campate uno e tre.

Dopo l'assegnazione dei vari chilogrammi di materiale ai percorsi si ottiene:

*chilogrammi MIN7 – M6 – M7 = 100036.6kg*

*chilogrammi MIN7 – M6 – M8 = 163614.2kg*

*chilogrammi MIN7 – M6 – M9 = 261762.5kg*

Dividendo il numero di pezzi che attraversano i tre percorsi differenti per le dimensioni di una striscia di lamiera si ricava il numero di prodotti che sono stati venduti direttamente che percorrono quel dato spostamento.

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M7} = \frac{100036.6}{142.2} = 704 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M8} = \frac{100036.6}{142.2} = 1151 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M9} = \frac{100036.6}{142.2} = 1842 \text{ pz/anno}$$

I pezzi appena analizzati sono tagliati in campata due e vengono venduti dopo il primo taglio. Ora si vogliono determinare il numero di pezzi che sono tagliati sempre dalla campata due che però sono diretti verso i reparti di taglio delle campate uno e tre. Anche qui, per ogni materiale si assegna la destinazione e si ripartiscono le percentuali determinate.

MATERIALE	ai reparti successivi	MIN7 - M6 - M1 - M7	MIN7 - M6 - M3 - M8	MIN7 - M6 - M5 - M9	MATERIALE	ai reparti successivi	MIN7 - M6 - M1 - M7	MIN7 - M6 - M3 - M8	MIN7 - M6 - M5 - M9
C40	413808,72	0	0	413808,72	UHB ELMAX	865,02	865,02	0	0
C67	46,54	0	0	46,54	UHB RAMAX HH	11459,76	5729,88	5729,88	0
C70	63,18	0	0	63,18	UHB RAMAX LH	40,04	40,04	0	0
18NiCrMo5	4527,64	0	0	4527,64	UHB UDDALLOY 20	17,42	17,42	0	0
16NiCrMo12	82,94	0	0	82,94	UHB UDDALLOY 27	7,02	7,02	0	0
16CrNi4PB	23,14	0	0	23,14	UHB UDDALLOY 35	0,78	0,78	0	0
16NiCr4BI	76,18	0	0	76,18	ROYALLOY	35,36	35,36	0	0
39NiCrMo3BI	127,92	0	0	127,92	SA 2083 ESR	57,72	57,72	0	0
39NiCrMo3BON	9008,22	0	0	9008,22	UHB ALVAR 14 BON	2382,38	2382,38	0	0
39NiCrMo3PB	39,26	0	0	39,26	UHB MOLDMAX XL	152,88	152,88	0	0
TOOLOX 33 BON	7694,96	7694,96	0	0	UHB HOLDAX	171,34	171,34	0	0
TOOLOX 44 BON	392,08	392,08	0	0	UHB MOLDMAX HH	2478,06	2478,06	0	0
25CrMo4	212,42	0	0	212,42	UHB PROTHERM	1,04	1,04	0	0
SB 40 RIC	114529,74	38176,58	38176,58	38176,58	UHB ALUMEC	384,8	384,8	0	0
SB 40 BON	6519,5	2173,166667	2173,166667	2173,166667	PM 23	22,36	22,36	0	0
SB 2312	125946,08	0	125946,08	0	UHB VANADIS 23 5	178,88	0	178,88	0
SB 2311	31731,44	0	31731,44	0	PM 30	22,1	22,1	0	0
S690 QL	115,18	115,18	0	0	UHB VANCRON 40	32,24	0	32,24	0
SA 2738	8301,8	8301,8	0	0	UHB VANADIS 30	87,36	0	87,36	0
SA 2714	1345,5	1345,5	0	0	UHB VANADIS 60	8,84	0	8,84	0
SB 2316	10,4	10,4	0	0	SA M2	297,44	297,44	0	0
SB 2085	2264,86	2264,86	0	0	SA 2343 ESR	1191,58	0	1191,58	0
SA 2842	12637,3	12637,3	0	0	SA 2343	14568,84	0	14568,84	0
SA 2510	1,82	1,82	0	0	SA 2344	2597,66	0	2597,66	0
SA 2379	19570,98	19570,98	0	0	W.1.2083 ESR	35,88	35,88	0	0
SA 2767	234,26	234,26	0	0	SA 2360	10,92	10,92	0	0
SA 2080	11388,26	11388,26	0	0	W.1.2083	592,28	592,28	0	0
SA 2550	2167,62	2167,62	0	0	DUPLIX - W.1.4462	16,38	16,38	0	0
UHB ARNE	1499,68	1499,68	0	0	AISI 440 C	223,34	74,44666667	74,44666667	74,44666667
UHB GRANE	20,02	20,02	0	0	AISI 630	935,74	311,9133333	311,9133333	311,9133333
UHB CORRAX	5271,24	5271,24	0	0	AISI 310	13,26	4,42	4,42	4,42
UHB FERMO	62,4	62,4	0	0	AISI 303	92,82	30,94	30,94	30,94
UHB CALMAX	1064,96	1064,96	0	0	AISI 304 L	1940,12	646,7066667	646,7066667	646,7066667
UHB CALDIE	554,58	554,58	0	0	AISI 420	1265,16	421,72	421,72	421,72
UHB RIGOR	2982,98	2982,98	0	0	AISI 316 L	501,28	167,0933333	167,0933333	167,0933333
UHB ROLTEC	14,3	14,3	0	0	LEGA DI BRONZO	6,76	6,76	0	0
UHB SVERKER 21	4219,54	4219,54	0	0	LEGA CUNIBE ALL	28,6	28,6	0	0
UHB VANADIS 4E	892,06	892,06	0	0	WOLFRAMIO	472,94	0	0	472,94
UHB SVERKER 3	2293,72	2293,72	0	0	WOLFRAMIO E RET	1,56	0	0	1,56
UHB VANADIS 10	14,3	14,3	0	0	FE 37	2759,38	0	0	2759,38
UHB VANADIS 8	193,7	193,7	0	0	FE 51 05	1674,4	0	0	1674,4
UHB ORVAR 2M	1647,62	0	1647,62	0	FE E 355	17,68	0	0	17,68
UHB ORVAR SUPREME	28592,46	0	28592,46	0	FE 360	16,9	0	0	16,9
UHB VIDAR SUPREME	4,94	0	4,94	0	S.PRBD	49,66	49,66	0	0
UHB DIEVAR	14183,26	0	14183,26	0	AVPB	324,74	324,74	0	0
UHB QRO 90	154,18	154,18	0	0	C40 TRAF	2096,12	0	0	2096,12
UHB SLEIPNER	8389,94	8389,94	0	0	C40 RETT	911,82	0	0	911,82
UHB VIDAR 1 ESR	13	0	13	0	C45 CROM	3681,08	0	0	3681,08
UHB VIDAR 1	42,9	0	42,9	0	TITANIO	13,26	13,26	0	0
UHB UNIMAX	1117,48	1117,48	0	0	100Cr6	736,06	0	0	736,06
UHB BALDER	116,22	116,22	0	0	S.LM052	627,64	627,64	0	0
UHB VIDAR SUPERIOR	24672,44	0	24672,44	0	55517	81,9	81,9	0	0
IDUN	17,68	17,68	0	0	30NiCrMo12	106,6	0	0	106,6
UHB MIRRAX 40	1228,24	1228,24	0	0	36NiCrMo16	1569,1	0	0	1569,1
UHB NIMAX	6337,76	6337,76	0	0	41CrMoAl7	1088,62	0	0	1088,62
UHB IMPAX SUPREME	21209,76	10604,88	10604,88	0	40NiCrMo7	56,16	0	0	56,16
UHB IMPAX HH	38,48	19,24	19,24	0	34CrNiMo6	918,84	0	0	918,84
UHB MIRRAX ESR	1236,04	1236,04	0	0	TOTALE	975773,24	185782,3067	303860,5267	486130,4067
UHB STAVAX ESR	14891,5	14891,5	0	0					

Fig. 6.6 – Ripartizione dei materiali che provengono dalla campata due verso i tre reparti di taglio successivi delle campate uno e tre dove subiranno un ulteriore taglio e infine verranno pesati.

Dopo l'assegnazione dei vari chilogrammi di materiale ai percorsi si ricava che:

$$\text{chilogrammi MIN7} - M6 - M1 - M7 = 185782.3 \text{ kg/anno}$$

$$\text{chilogrammi MIN7} - M6 - M3 - M8 = 303860.5 \text{ kg/anno}$$

$$\text{chilogrammi MIN7} - M6 - M5 - M9 = 486130.4 \text{ kg/anno}$$

Dal campo è stato ricavato il numero medio di pezzi che vengono tagliati da ogni striscia di lamiera. Dividendo il peso medio di una striscia per il numero di pezzi che sono tagliati da una di esse si risale alle dimensioni medie di un pezzo che è tagliato appunto da una striscia di lamiera.

$$\text{pezzi per striscia} = 6 \text{ pz/striscia}$$

$$\text{dimensioni pz da striscia} = \frac{142.5}{6} = 23.7 \text{ kg/pz}$$

Dividendo i tre valori trovati dopo l'assegnazione per il peso medio di un pezzo che deriva dalla striscia si ricava il numero di prodotti che segue i tre percorsi differenti e che sono tagliati nei tre diversi reparti appartenenti alle campate uno e tre.

$$\text{numero pezzi MIN7} - M6 - M1 - M7 = \frac{185782.3}{23.7} = 7842 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN7} - M6 - M3 - M8 = \frac{303860.5}{23.7} = 12825 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN7} - M6 - M5 - M9 = \frac{486130.4}{23.7} = 20518 \text{ pz/anno}$$

Si determina ora il numero di pezzi totali che escono dalla campata due ogni anno.

$$\text{pz da campata 2} = 704 + 1151 + 1842 + 7842 + 12825 + 20518 = 44882 \text{ pz/anno}$$

Stimato il numero di pezzi che devono essere prodotti ogni anno (attorno ai 150000pz/anno) si ricava il numero di pezzi che devono iniziare la loro produzione dalle campate uno e tre.

$$\text{numero pz prodotti} = 150000 \text{ pz/anno}$$

$$\text{pz da campata 1 e 3} = 150000 - 44882 = 105118 \text{ pz/anno}$$

A questo punto dalla prima assegnazione (40-30-30) si ricavano i chilogrammi di materiale che sono tagliati nelle due campate uno e tre.

$$\text{tagliato campata 1} = 3752974 * \frac{30}{100} = 1125892.2 \text{ kg}$$

$$\text{tagliato campata 3} = 3752974 * \frac{30}{100} = 1125892.2 \text{ kg}$$

Si ricavano le dimensioni medie di un prodotto che viene tagliato in questa due campate.

$$\text{dimensioni pz camp. 1 e 3} = \frac{1125892.2 + 1125892.2}{105118} = 21.4 \text{ kg/pz}$$

Di tutto il materiale che viene lavorato nelle campate uno e tre si suppone che una quota parte inizi il ciclo da barra quadrata, una quota parte parta da barra circolare e una quota parte parta da spezzone.

chilogrammi da barra quadra = 50%

chilogrammi da barra circolare = 40%

chilogrammi da spezzone = 10%

Supponendo che tutti i materiali siano prodotti da barra quadra, tonda o da spezzone nelle stesse percentuali si ottiene:

MATERIALE	totale kg venduti	CAMPATA 1				CAMPATA 3			
		tot. Kg lavorati	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	tot. Kg lavorati	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.
C40	1591572	477471,6	47747,16	238735,8	190988,64	477471,6	47747,16	238735,8	190988,64
C67	179	53,7	5,37	26,85	21,48	53,7	5,37	26,85	21,48
C70	243	72,9	7,29	36,45	29,16	72,9	7,29	36,45	29,16
18NiCrMo5	17414	5224,2	522,42	2612,1	2089,68	5224,2	522,42	2612,1	2089,68
16NiCrMo12	319	95,7	9,57	47,85	38,28	95,7	9,57	47,85	38,28
16CrNi4PB	89	26,7	2,67	13,35	10,68	26,7	2,67	13,35	10,68
16NiCr4BI	293	87,9	8,79	43,95	35,16	87,9	8,79	43,95	35,16
39NiCrMo3BI	492	147,6	14,76	73,8	59,04	147,6	14,76	73,8	59,04
39NiCrMo3BON	34647	10394,1	1039,41	5197,05	4157,64	10394,1	1039,41	5197,05	4157,64
39NiCrMo3PB	151	45,3	4,53	22,65	18,12	45,3	4,53	22,65	18,12
TOOLOX 33 BON	29596	8878,8	887,88	4439,4	3551,52	8878,8	887,88	4439,4	3551,52
TOOLOX 44 BON	1508	452,4	45,24	226,2	180,96	452,4	45,24	226,2	180,96
25CrMo4	817	245,1	24,51	122,55	98,04	245,1	24,51	122,55	98,04
SB 40 RIC	440499	132149,7	13214,97	66074,85	52859,88	132149,7	13214,97	66074,85	52859,88
SB 40 BON	25075	7522,5	752,25	3761,25	3009	7522,5	752,25	3761,25	3009
SB 2312	484408	145322,4	14532,24	72661,2	58128,96	145322,4	14532,24	72661,2	58128,96
SB 2311	122044	36613,2	3661,32	18306,6	14645,28	36613,2	3661,32	18306,6	14645,28
S690 QL	443	132,9	13,29	66,45	53,16	132,9	13,29	66,45	53,16
SA 2738	31930	9579	957,9	4789,5	3831,6	9579	957,9	4789,5	3831,6
SA 2714	5175	1552,5	155,25	776,25	621	1552,5	155,25	776,25	621
SB 2316	40	12	1,2	6	4,8	12	1,2	6	4,8
SB 2085	8711	2613,3	261,33	1306,65	1045,32	2613,3	261,33	1306,65	1045,32
SA 2842	48605	14581,5	1458,15	7290,75	5832,6	14581,5	1458,15	7290,75	5832,6
SA 2510	7	2,1	0,21	1,05	0,84	2,1	0,21	1,05	0,84
SA 2379	75273	22581,9	2258,19	11290,95	9032,76	22581,9	2258,19	11290,95	9032,76
SA 2767	901	270,3	27,03	135,15	108,12	270,3	27,03	135,15	108,12
SA 2080	43801	13140,3	1314,03	6570,15	5256,12	13140,3	1314,03	6570,15	5256,12
SA 2550	8337	2501,1	250,11	1250,55	1000,44	2501,1	250,11	1250,55	1000,44
UHB ARNE	5768	1730,4	173,04	865,2	692,16	1730,4	173,04	865,2	692,16
UHB GRANE	77	23,1	2,31	11,55	9,24	23,1	2,31	11,55	9,24
UHB CORRAX	20274	6082,2	608,22	3041,1	2432,88	6082,2	608,22	3041,1	2432,88
UHB FERMO	240	72	7,2	36	28,8	72	7,2	36	28,8
UHB CALMAX	4096	1228,8	122,88	614,4	491,52	1228,8	122,88	614,4	491,52
UHB CALDIE	2133	639,9	63,99	319,95	255,96	639,9	63,99	319,95	255,96
UHB RIGOR	11473	3441,9	344,19	1720,95	1376,76	3441,9	344,19	1720,95	1376,76
UHB ROLTEC	55	16,5	1,65	8,25	6,6	16,5	1,65	8,25	6,6
UHB SVERKER 21	16229	4868,7	486,87	2434,35	1947,48	4868,7	486,87	2434,35	1947,48
UHB VANADIS 4E	3431	1029,3	102,93	514,65	411,72	1029,3	102,93	514,65	411,72
UHB SVERKER 3	8822	2646,6	264,66	1323,3	1058,64	2646,6	264,66	1323,3	1058,64
UHB VANADIS 10	55	16,5	1,65	8,25	6,6	16,5	1,65	8,25	6,6
UHB VANADIS 8	745	223,5	22,35	111,75	89,4	223,5	22,35	111,75	89,4
UHB ORVAR 2M	6337	1901,1	190,11	950,55	760,44	1901,1	190,11	950,55	760,44
UHB ORVAR SUPREME	109971	32991,3	3299,13	16495,65	13196,52	32991,3	3299,13	16495,65	13196,52
UHB VIDAR SUPREME	19	5,7	0,57	2,85	2,28	5,7	0,57	2,85	2,28
UHB DIEVAR	54551	16365,3	1636,53	8182,65	6546,12	16365,3	1636,53	8182,65	6546,12
UHB QRO 90	593	177,9	17,79	88,95	71,16	177,9	17,79	88,95	71,16
UHB SLEIPNER	32269	9680,7	968,07	4840,35	3872,28	9680,7	968,07	4840,35	3872,28
UHB VIDAR 1 ESR	50	15	1,5	7,5	6	15	1,5	7,5	6
UHB VIDAR 1	165	49,5	4,95	24,75	19,8	49,5	4,95	24,75	19,8
UHB UNIMAX	4298	1289,4	128,94	644,7	515,76	1289,4	128,94	644,7	515,76
UHB BALDER	447	134,1	13,41	67,05	53,64	134,1	13,41	67,05	53,64
UHB VIDAR SUPERIOR	94894	28468,2	2846,82	14234,1	11387,28	28468,2	2846,82	14234,1	11387,28
IDUN	68	20,4	2,04	10,2	8,16	20,4	2,04	10,2	8,16
UHB MIRRX 40	4724	1417,2	141,72	708,6	566,88	1417,2	141,72	708,6	566,88
UHB NIMAX	24376	7312,8	731,28	3656,4	2925,12	7312,8	731,28	3656,4	2925,12
UHB IMPAX SUPREME	81576	24472,8	2447,28	12236,4	9789,12	24472,8	2447,28	12236,4	9789,12
UHB IMPAX HH	148	44,4	4,44	22,2	17,76	44,4	4,44	22,2	17,76
UHB MIRRX ESR	4754	1426,2	142,62	713,1	570,48	1426,2	142,62	713,1	570,48

Fig. 6.7 – Ripartizione dei materiali nelle due campate in base alla fonte di provenienza del materiale: barra rettangolare, barra circolare e da spezzone – parte 1.

MATERIALE	totale kg venduti	CAMPATA 1				CAMPATA 3			
		tot. Kg lavorati	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	tot. Kg lavorati	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.
UHB STAVAX ESR	57275	17182,5	1718,25	8591,25	6873	17182,5	1718,25	8591,25	6873
UHB ELMAX	3327	998,1	99,81	499,05	399,24	998,1	99,81	499,05	399,24
UHB RAMAX HH	44076	13222,8	1322,28	6611,4	5289,12	13222,8	1322,28	6611,4	5289,12
UHB RAMAX LH	154	46,2	4,62	23,1	18,48	46,2	4,62	23,1	18,48
UHB UDDALLOY 20	67	20,1	2,01	10,05	8,04	20,1	2,01	10,05	8,04
UHB UDDALLOY 27	27	8,1	0,81	4,05	3,24	8,1	0,81	4,05	3,24
UHB UDDALLOY 35	3	0,9	0,09	0,45	0,36	0,9	0,09	0,45	0,36
ROYALLOY	136	40,8	4,08	20,4	16,32	40,8	4,08	20,4	16,32
SA 2083 ESR	222	66,6	6,66	33,3	26,64	66,6	6,66	33,3	26,64
UHB ALVAR 14 BON	9163	2748,9	274,89	1374,45	1099,56	2748,9	274,89	1374,45	1099,56
UHB MOLDMAX XL	588	176,4	17,64	88,2	70,56	176,4	17,64	88,2	70,56
UHB HOLDAX	659	197,7	19,77	98,85	79,08	197,7	19,77	98,85	79,08
UHB MOLDMAX HH	9531	2859,3	285,93	1429,65	1143,72	2859,3	285,93	1429,65	1143,72
UHB PROTHERM	4	1,2	0,12	0,6	0,48	1,2	0,12	0,6	0,48
UHB ALUMEC	1480	444	44,4	222	177,6	444	44,4	222	177,6
PM 23	86	25,8	2,58	12,9	10,32	25,8	2,58	12,9	10,32
UHB VANADIS 23 S	688	206,4	20,64	103,2	82,56	206,4	20,64	103,2	82,56
PM 30	85	25,5	2,55	12,75	10,2	25,5	2,55	12,75	10,2
UHB VANCRON 40	124	37,2	3,72	18,6	14,88	37,2	3,72	18,6	14,88
UHB VANADIS 30	336	100,8	10,08	50,4	40,32	100,8	10,08	50,4	40,32
UHB VANADIS 60	34	10,2	1,02	5,1	4,08	10,2	1,02	5,1	4,08
SA M2	1144	343,2	34,32	171,6	137,28	343,2	34,32	171,6	137,28
SA 2343 ESR	4583	1374,9	137,49	687,45	549,96	1374,9	137,49	687,45	549,96
SA 2343	56034	16810,2	1681,02	8405,1	6724,08	16810,2	1681,02	8405,1	6724,08
SA 2344	9991	2997,3	299,73	1498,65	1198,92	2997,3	299,73	1498,65	1198,92
W.1.2083 ESR	138	41,4	4,14	20,7	16,56	41,4	4,14	20,7	16,56
SA 2360	42	12,6	1,26	6,3	5,04	12,6	1,26	6,3	5,04
W.1.2083	2278	683,4	68,34	341,7	273,36	683,4	68,34	341,7	273,36
DUPLEX - W.1.4462	63	18,9	1,89	9,45	7,56	18,9	1,89	9,45	7,56
AISI 440 C	859	257,7	25,77	128,85	103,08	257,7	25,77	128,85	103,08
AISI 630	3599	1079,7	107,97	539,85	431,88	1079,7	107,97	539,85	431,88
AISI 310	51	15,3	1,53	7,65	6,12	15,3	1,53	7,65	6,12
AISI 303	357	107,1	10,71	53,55	42,84	107,1	10,71	53,55	42,84
AISI 304 L	7462	2238,6	223,86	1119,3	895,44	2238,6	223,86	1119,3	895,44
AISI 420	4866	1459,8	145,98	729,9	583,92	1459,8	145,98	729,9	583,92
AISI 316 L	1928	578,4	57,84	289,2	231,36	578,4	57,84	289,2	231,36
LEGA DI BRONZO	26	7,8	0,78	3,9	3,12	7,8	0,78	3,9	3,12
LEGA CUNIBE ALL	110	33	3,3	16,5	13,2	33	3,3	16,5	13,2
WOLFRAMIO	1819	545,7	54,57	272,85	218,28	545,7	54,57	272,85	218,28
WOLFRAMIO E RET	6	1,8	0,18	0,9	0,72	1,8	0,18	0,9	0,72
FE 37	10613	3183,9	318,39	1591,95	1273,56	3183,9	318,39	1591,95	1273,56
FE 51 05	6440	1932	193,2	966	772,8	1932	193,2	966	772,8
FE E 355	68	20,4	2,04	10,2	8,16	20,4	2,04	10,2	8,16
FE 360	65	19,5	1,95	9,75	7,8	19,5	1,95	9,75	7,8
S.PR80	191	57,3	5,73	28,65	22,92	57,3	5,73	28,65	22,92
AVPB	1249	374,7	37,47	187,35	149,88	374,7	37,47	187,35	149,88
C40 TRAF	8062	2418,6	241,86	1209,3	967,44	2418,6	241,86	1209,3	967,44
C40 RETT	3507	1052,1	105,21	526,05	420,84	1052,1	105,21	526,05	420,84
C45 CROM	14158	4247,4	424,74	2123,7	1698,96	4247,4	424,74	2123,7	1698,96
TITANIO	51	15,3	1,53	7,65	6,12	15,3	1,53	7,65	6,12
100Cr6	2831	849,3	84,93	424,65	339,72	849,3	84,93	424,65	339,72
S LM0S2	2414	724,2	72,42	362,1	289,68	724,2	72,42	362,1	289,68
55S17	315	94,5	9,45	47,25	37,8	94,5	9,45	47,25	37,8
30NiCrMo12	410	123	12,3	61,5	49,2	123	12,3	61,5	49,2
36NiCrMo16	6035	1810,5	181,05	905,25	724,2	1810,5	181,05	905,25	724,2
41CrMoAl7	4187	1256,1	125,61	628,05	502,44	1256,1	125,61	628,05	502,44
40NiCrMo7	216	64,8	6,48	32,4	25,92	64,8	6,48	32,4	25,92
34CrNiMo6	3534	1060,2	106,02	530,1	424,08	1060,2	106,02	530,1	424,08

**Fig. 6.8 – Ripartizione dei materiali nelle due campate in base alla fonte di provenienza del materiale: barra rettangolare, barra circolare e da spezzone – parte 2.**

Come svolto precedentemente si assegnano i prodotti ai vari reparti sulla base dell'esperienza. ogni reparto taglia in modo preponderante certi tipi di materiali mentre altri vengono tagliati in modo preponderante in altri reparti. Partendo dalla campata uno dove ci sono i reparti 01 e 05 l'assegnazione dei materiali ai vari reparti è la seguente.

MATERIALE	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	CAMPATA 1					
				DA SPEZZONE		DA BARRA RETT.		DA BARRA CIRC.	
				REPARTO 01	REPARTO 05	REPARTO 01	REPARTO 05	REPARTO 01	REPARTO 05
C40	47747,16	238735,8	190988,64	9549,432	0	47747,16	0	38197,728	0
C67	5,37	26,85	21,48	5,37	0	26,85	0	21,48	0
C70	7,29	36,45	29,16	7,29	0	36,45	0	29,16	0
18NiCrMo5	522,42	2612,1	2089,68	261,21	261,21	0	2612,1	0	2089,68
16NiCrMo12	9,57	47,85	38,28	0	9,57	0	47,85	0	38,28
16CrNi4PB	2,67	13,35	10,68	0	2,67	0	13,35	0	10,68
16NiCr4BI	8,79	43,95	35,16	0	8,79	0	43,95	0	35,16
39NiCrMo3BI	14,76	73,8	59,04	0	14,76	0	73,8	0	59,04
39NiCrMo3BON	1039,41	5197,05	4157,64	0	1039,41	0	5197,05	0	4157,64
39NiCrMo3PB	4,53	22,65	18,12	0	4,53	0	22,65	0	18,12
TOOLOX 33 BON	887,88	4439,4	3551,52	887,88	0	0	4439,4	0	7103,04
TOOLOX 44 BON	45,24	226,2	180,96	45,24	0	0	226,2	0	361,92
25CrMo4	24,51	122,55	98,04	0	24,51	0	122,55	0	98,04
SB 40 RIC	13214,97	66074,85	52859,88	13214,97	0	33037,425	33037,425	0	52859,88
SB 40 BON	752,25	3761,25	3009	752,25	0	1880,625	1880,625	0	3009
SB 2312	14532,24	72661,2	58128,96	14532,24	0	72661,2	0	0	116257,92
SB 2311	3661,32	18306,6	14645,28	3661,32	0	18306,6	0	0	29290,56
S690 QL	13,29	66,45	53,16	0	26,58	0	132,9	0	106,32
SA 2738	957,9	4789,5	3831,6	957,9	0	4789,5	0	0	7663,2
SA 2714	155,25	776,25	621	0	155,25	0	776,25	0	1242
SB 2316	1,2	6	4,8	0	1,2	0	6	0	9,6
SB 2085	261,33	1306,65	1045,32	130,665	130,665	0	1306,65	0	2090,64
SA 2842	1458,15	7290,75	5832,6	1458,15	0	3645,375	3645,375	0	11665,2
SA 2510	0,21	1,05	0,84	0	0,21	0	1,05	0	1,68
SA 2379	2258,19	11290,95	9032,76	2258,19	0	5645,475	5645,475	0	18065,52
SA 2767	27,03	135,15	108,12	0	27,03	0	135,15	0	216,24
SA 2080	1314,03	6570,15	5256,12	1314,03	0	3285,075	3285,075	0	10512,24
SA 2550	250,11	1250,55	1000,44	0	250,11	0	1250,55	0	2000,88
UHB ARNE	173,04	865,2	692,16	0	173,04	0	865,2	0	1384,32
UHB GRANE	2,31	11,55	9,24	0	2,31	0	11,55	0	18,48
UHB CORRAX	608,22	3041,1	2432,88	0	608,22	0	3041,1	0	4865,76
UHB FERMO	7,2	36	28,8	0	7,2	0	36	0	57,6
UHB CALMAX	122,88	614,4	491,52	0	122,88	0	614,4	0	983,04
UHB CALDIE	63,99	319,95	255,96	0	63,99	0	319,95	0	511,92
UHB RIGOR	344,19	1720,95	1376,76	0	344,19	0	1720,95	0	2753,52
UHB ROLTEC	1,65	8,25	6,6	0	1,65	0	8,25	0	13,2
UHB SVERKER 21	486,87	2434,35	1947,48	243,435	243,435	1217,175	1217,175	0	3894,96
UHB VANADIS 4E	102,93	514,65	411,72	0	102,93	0	514,65	0	823,44
UHB SVERKER 3	264,66	1323,3	1058,64	132,33	132,33	661,65	661,65	0	2117,28
UHB VANADIS 10	1,65	8,25	6,6	0	1,65	0	8,25	0	13,2
UHB VANADIS 8	22,35	111,75	89,4	0	22,35	0	111,75	0	178,8
UHB ORVAR 2M	190,11	950,55	760,44	190,11	0	475,275	475,275	0	1520,88
UHB ORVAR SUPREME	3299,13	16495,65	13196,52	3299,13	0	8247,825	8247,825	0	26393,04
UHB VIDAR SUPREME	0,57	2,85	2,28	0,57	0	2,85	0	0	4,56
UHB DIEVAR	1636,53	8182,65	6546,12	1636,53	0	4091,325	4091,325	0	13092,24
UHB QRO 90	17,79	88,95	71,16	0	17,79	0	88,95	0	142,32
UHB SLEIPNER	968,07	4840,35	3872,28	968,07	0	2420,175	2420,175	0	7744,56
UHB VIDAR 1 ESR	1,5	7,5	6	1,5	0	7,5	0	0	12
UHB VIDAR 1	4,95	24,75	19,8	4,95	0	24,75	0	0	39,6
UHB UNIMAX	128,94	644,7	515,76	0	128,94	0	644,7	0	1031,52
UHB BALDER	13,41	67,05	53,64	0	13,41	0	67,05	0	107,28
UHB VIDAR SUPERIOR	2846,82	14234,1	11387,28	2846,82	0	7117,05	7117,05	0	22774,56
IDUN	2,04	10,2	8,16	0	2,04	0	10,2	0	16,32
UHB MIRRAX 40	141,72	708,6	566,88	70,86	70,86	354,3	354,3	0	1133,76
UHB NIMAX	731,28	3656,4	2925,12	511,896	219,384	1828,2	1828,2	0	5850,24
UHB IMPAX SUPREME	2447,28	12236,4	9789,12	1713,096	734,184	6118,2	6118,2	0	19578,24
UHB IMPAX HH	4,44	22,2	17,76	3,108	1,332	11,1	11,1	0	35,52
UHB MIRRAX ESR	142,62	713,1	570,48	99,834	42,786	356,55	356,55	0	1140,96

Fig. 6.9 – Assegnazione del materiale ai vari reparti della campata uno sulla base della fonte di partenza – parte 1.

MATERIALE	CAMPATA 1								
	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	DA SPEZZONE		DA BARRA RETT.		DA BARRA CIRC.	
				REPARTO 01	REPARTO 05	REPARTO 01	REPARTO 05	REPARTO 01	REPARTO 05
UHB STAVAX ESR	1718,25	8591,25	6873	0	1718,25	4295,625	4295,625	0	13746
UHB ELMAX	99,81	499,05	399,24	0	99,81	0	499,05	0	798,48
UHB RAMAX HH	1322,28	6611,4	5289,12	925,596	396,684	3305,7	3305,7	0	10578,24
UHB RAMAX LH	4,62	23,1	18,48	3,234	1,386	11,55	11,55	0	36,96
UHB UDDALLOY 20	2,01	10,05	8,04	0	2,01	0	10,05	0	16,08
UHB UDDALLOY 27	0,81	4,05	3,24	0	0,81	0	4,05	0	6,48
UHB UDDALLOY 35	0,09	0,45	0,36	0	0,09	0	0,45	0	0,72
ROYALLOY	4,08	20,4	16,32	0	4,08	0	20,4	0	32,64
SA 2083 ESR	6,66	33,3	26,64	4,662	1,998	16,65	16,65	0	53,28
UHB ALVAR 14 BON	274,89	1374,45	1099,56	192,423	82,467	687,225	687,225	0	2199,12
UHB MOLDMAX XL	17,64	88,2	70,56	0	17,64	0	88,2	0	141,12
UHB HOLDAX	19,77	98,85	79,08	0	19,77	0	98,85	0	158,16
UHB MOLDMAX HH	285,93	1429,65	1143,72	0	285,93	0	1429,65	0	2287,44
UHB PROTHERM	0,12	0,6	0,48	0	0,12	0	0,6	0	0,96
UHB ALUMEC	44,4	222	177,6	0	44,4	0	222	0	355,2
PM 23	2,58	12,9	10,32	0	2,58	0	12,9	0	20,64
UHB VANADIS 23 S	20,64	103,2	82,56	0	20,64	0	103,2	0	165,12
PM 30	2,55	12,75	10,2	0	2,55	0	12,75	0	20,4
UHB VANCRON 40	3,72	18,6	14,88	0	3,72	0	18,6	0	29,76
UHB VANADIS 30	10,08	50,4	40,32	0	10,08	0	50,4	0	80,64
UHB VANADIS 60	1,02	5,1	4,08	0	1,02	0	5,1	0	8,16
SA M2	34,32	171,6	137,28	0	34,32	0	171,6	0	274,56
SA 2343 ESR	137,49	687,45	549,96	96,243	41,247	343,725	343,725	0	1099,92
SA 2343	1681,02	8405,1	6724,08	1176,714	504,306	4202,55	4202,55	0	13448,16
SA 2344	299,73	1498,65	1198,92	209,811	89,919	749,325	749,325	0	2397,84
W.1.2083 ESR	4,14	20,7	16,56	2,898	1,242	10,35	10,35	0	33,12
SA 2360	1,26	6,3	5,04	0	1,26	0	6,3	0	10,08
W.1.2083	68,34	341,7	273,36	34,17	34,17	170,85	170,85	0	546,72
DUPLEX - W.1.4462	1,89	9,45	7,56	0	1,89	0	9,45	0	15,12
AISI 440 C	25,77	128,85	103,08	0	25,77	0	128,85	0	206,16
AISI 630	107,97	539,85	431,88	0	107,97	0	539,85	0	863,76
AISI 310	1,53	7,65	6,12	0	1,53	0	7,65	0	12,24
AISI 303	10,71	53,55	42,84	0	10,71	0	53,55	0	85,68
AISI 304 L	223,86	1119,3	895,44	0	223,86	0	1119,3	0	1790,88
AISI 420	145,98	729,9	583,92	0	145,98	0	729,9	0	1167,84
AISI 316 L	57,84	289,2	231,36	0	57,84	0	289,2	0	462,72
LEGA DI BRONZO	0,78	3,9	3,12	0	0,78	0	3,9	0	6,24
LEGA CUNIBE ALL	3,3	16,5	13,2	0	3,3	0	16,5	0	26,4
WOLFRAMIO	54,57	272,85	218,28	0	54,57	0	272,85	0	0
WOLFRAMIO E RET	0,18	0,9	0,72	0	0,18	0	0,9	0	0
FE 37	318,39	1591,95	1273,56	318,39	0	1591,95	0	0	0
FE 51 05	193,2	966	772,8	193,2	0	966	0	0	0
FE E 355	2,04	10,2	8,16	2,04	0	10,2	0	0	0
FE 360	1,95	9,75	7,8	1,95	0	9,75	0	0	0
S.PR80	5,73	28,65	22,92	0	5,73	0	28,65	0	45,84
AVPB	37,47	187,35	149,88	0	37,47	0	187,35	0	299,76
C40 TRAF	241,86	1209,3	967,44	241,86	0	1209,3	0	0	0
C40 RETT	105,21	526,05	420,84	105,21	0	526,05	0	0	0
C45 CROM	424,74	2123,7	1698,96	424,74	0	2123,7	0	0	0
TITANIO	1,53	7,65	6,12	1,53	0	7,65	0	12,24	0
100Cr6	84,93	424,65	339,72	0	84,93	0	424,65	0	679,44
S LM052	72,42	362,1	289,68	0	72,42	0	362,1	0	579,36
55S17	9,45	47,25	37,8	0	9,45	0	47,25	0	75,6
30NiCrMo12	12,3	61,5	49,2	0	12,3	0	61,5	0	49,2
36NiCrMo16	181,05	905,25	724,2	0	181,05	0	905,25	0	724,2
41CrMoAl7	125,61	628,05	502,44	0	125,61	0	628,05	0	502,44
40NiCrMo7	6,48	32,4	25,92	0	6,48	0	32,4	0	25,92
34CrNiMo6	106,02	530,1	424,08	0	106,02	0	530,1	0	424,08

Fig. 6.10 – Assegnazione del materiale ai vari reparti della campata uno sulla base della fonte di partenza – parte 1.

Ripetendo lo stesso ragionamento per i reparti della campata tre (03A, 03N, 03S) si ricava che:

MATERIALE	CAMPATA 3												
	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	DA SPEZZONE			DA BARRA RETT.			DA BARRA CIRC.			
				REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	
C40	47747,16	238735,8	190988,64	85944,888	0	0	429724,44	0	0	0	343779,552	0	0
C67	5,37	26,85	21,48	5,37	0	0	26,85	0	0	0	21,48	0	0
C70	7,29	36,45	29,16	7,29	0	0	36,45	0	0	0	29,16	0	0
18NiCrMo5	522,42	2612,1	2089,68	522,42	0	0	2612,1	0	0	0	2089,68	0	0
16NiCrMo12	9,57	47,85	38,28	9,57	0	0	47,85	0	0	0	38,28	0	0
16CrNi4PB	2,67	13,35	10,68	2,67	0	0	13,35	0	0	0	10,68	0	0
16NiCr4BI	8,79	43,95	35,16	8,79	0	0	43,95	0	0	0	35,16	0	0
39NiCrMo3BI	14,76	73,8	59,04	14,76	0	0	73,8	0	0	0	59,04	0	0
39NiCrMo3BON	1039,41	5197,05	4157,64	1039,41	0	0	5197,05	0	0	0	4157,64	0	0
39NiCrMo3PB	4,53	22,65	18,12	4,53	0	0	22,65	0	0	0	18,12	0	0
TOOLOX 33 BON	887,88	4439,4	3551,52	0	443,94	443,94	0	2219,7	2219,7	0	0	0	0
TOOLOX 44 BON	45,24	226,2	180,96	0	22,62	22,62	0	113,1	113,1	0	0	0	0
25CrMo4	24,51	122,55	98,04	24,51	0	0	122,55	0	0	0	98,04	0	0
SB 40 RIC	13214,97	66074,85	52859,88	4404,99	4404,99	4404,99	22024,95	22024,95	22024,95	52859,88	0	0	0
SB 40 BON	752,25	3761,25	3009	250,75	250,75	250,75	1253,75	1253,75	1253,75	3009	0	0	0
SB 2312	14532,24	72661,2	58128,96	0	7266,12	7266,12	0	36330,6	36330,6	0	0	0	0
SB 2311	3661,32	18306,6	14645,28	0	1464,528	2196,792	0	7322,64	10983,96	0	0	0	0
S690 QL	13,29	66,45	53,16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SA 2738	957,9	4789,5	3831,6	0	478,95	478,95	0	2394,75	2394,75	0	0	0	0
SA 2714	155,25	776,25	621	0	77,625	77,625	0	388,125	388,125	0	0	0	0
SB 2316	1,2	6	4,8	0	0,6	0,6	0	3	3	0	0	0	0
SB 2085	261,33	1306,65	1045,32	0	130,665	130,665	0	653,325	653,325	0	0	0	0
SA 2842	1458,15	7290,75	5832,6	0	729,075	729,075	0	3645,375	3645,375	0	0	0	0
SA 2510	0,21	1,05	0,84	0	0,105	0,105	0	0,525	0,525	0	0	0	0
SA 2379	2258,19	11290,95	9032,76	0	1129,095	1129,095	0	5645,475	5645,475	0	0	0	0
SA 2767	27,03	135,15	108,12	0	13,515	13,515	0	67,575	67,575	0	0	0	0
SA 2080	1314,03	6570,15	5256,12	0	657,015	657,015	0	3285,075	3285,075	0	0	0	0
SA 2550	250,11	1250,55	1000,44	0	125,055	125,055	0	625,275	625,275	0	0	0	0
UHB ARNE	173,04	865,2	692,16	0	51,912	121,128	0	259,56	605,64	0	0	0	0
UHB GRANE	2,31	11,55	9,24	0	0,693	1,617	0	3,465	8,085	0	0	0	0
UHB CORRAX	608,22	3041,1	2432,88	0	182,466	425,754	0	912,33	2128,77	0	0	0	0
UHB FERMO	7,2	36	28,8	0	0	7,2	0	0	36	0	0	0	0
UHB CALMAX	122,88	614,4	491,52	0	61,44	61,44	0	307,2	307,2	0	0	0	0
UHB CALDIE	63,99	319,95	255,96	0	31,995	31,995	0	159,975	159,975	0	0	0	0
UHB RIGOR	344,19	1720,95	1376,76	0	172,095	172,095	0	860,475	860,475	0	0	0	0
UHB ROLTEC	1,65	8,25	6,6	0	0,825	0,825	0	4,125	4,125	0	0	0	0
UHB SVERKER 21	486,87	2434,35	1947,48	0	194,748	292,122	0	730,305	1704,045	0	0	0	0
UHB VANADIS 4E	102,93	514,65	411,72	0	51,465	51,465	0	257,325	257,325	0	0	0	0
UHB SVERKER 3	264,66	1323,3	1058,64	0	105,864	158,796	0	396,99	926,31	0	0	0	0
UHB VANADIS 10	1,65	8,25	6,6	0	0	1,65	0	0	8,25	0	0	0	0
UHB VANADIS 8	22,35	111,75	89,4	0	0	22,35	0	0	111,75	0	0	0	0
UHB ORVAR 2M	190,11	950,55	760,44	0	76,044	114,066	0	285,165	665,385	0	0	0	0
UHB ORVAR SUPREME	3299,13	16495,65	13196,52	0	1319,652	1979,478	0	4948,695	11546,955	0	0	0	0
UHB VIDAR SUPREME	0,57	2,85	2,28	0	0	0,57	0	0	2,85	0	0	0	0
UHB DIEVAR	1636,53	8182,65	6546,12	0	654,612	981,918	0	2454,795	5727,855	0	0	0	0
UHB QRO 90	17,79	88,95	71,16	0	0	17,79	0	0	88,95	0	0	0	0
UHB SLEIPNER	968,07	4840,35	3872,28	0	387,228	580,842	0	1936,14	2904,21	0	0	0	0
UHB VIDAR 1 ESR	1,5	7,5	6	0	0	1,5	0	0	7,5	0	0	0	0
UHB VIDAR 1	4,95	24,75	19,8	0	0	4,95	0	0	24,75	0	0	0	0
UHB UNIMAX	128,94	644,7	515,76	0	51,576	77,364	0	193,41	451,29	0	0	0	0
UHB BALDER	13,41	67,05	53,64	0	0	13,41	0	0	67,05	0	0	0	0
UHB VIDAR SUPERIOR	2846,82	14234,1	11387,28	0	0	2846,82	0	0	14234,1	0	0	0	0
IDUN	2,04	10,2	8,16	0	0	2,04	0	0	10,2	0	0	0	0
UHB MIRRAX 40	141,72	708,6	566,88	0	56,688	85,032	0	212,58	496,02	0	0	0	0
UHB NIMAX	731,28	3656,4	2925,12	0	292,512	438,768	0	1096,92	2559,48	0	0	0	0
UHB IMPAX SUPREME	2447,28	12236,4	9789,12	0	1223,64	1223,64	0	6118,2	6118,2	0	0	0	0
UHB IMPAX HH	4,44	22,2	17,76	0	2,22	2,22	0	11,1	11,1	0	0	0	0
UHB MIRRAX ESR	142,62	713,1	570,48	0	71,31	71,31	0	356,55	356,55	0	0	0	0

Fig. 6.11 - Assegnazione del materiale ai vari reparti della campata tre sulla base della fonte di partenza – parte 1.

MATERIALE				CAMPATA 3									
	kg da spezzone	kg da barra rett.	kg da barra circ.	DA SPEZZONE			DA BARRA RETT.			DA BARRA CIRC.			
				REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	REPARTO 03A	REPARTO 03S	REPARTO 03N	
UHB STAVAX ESR	1718,25	8591,25	6873	0	687,3	1030,95	0	2577,375	6013,875	0	0	0	0
UHB ELMAX	99,81	499,05	399,24	0	29,943	69,867	0	149,715	349,335	0	0	0	0
UHB RAMAX HH	1322,28	6611,4	5289,12	0	661,14	661,14	0	3305,7	3305,7	0	0	0	0
UHB RAMAX LH	4,62	23,1	18,48	0	2,31	2,31	0	11,55	11,55	0	0	0	0
UHB UDDALLOY 20	2,01	10,05	8,04	0	0	2,01	0	0	10,05	0	0	0	0
UHB UDDALLOY 27	0,81	4,05	3,24	0	0	0,81	0	0	4,05	0	0	0	0
UHB UDDALLOY 35	0,09	0,45	0,36	0	0	0,09	0	0	0,45	0	0	0	0
ROYALLOY	4,08	20,4	16,32	0	0	4,08	0	0	20,4	0	0	0	0
SA 2083 ESR	6,66	33,3	26,64	0	3,33	3,33	0	16,65	16,65	0	0	0	0
UHB ALVAR 14 BON	274,89	1374,45	1099,56	0	137,445	137,445	0	687,225	687,225	0	0	0	0
UHB MOLDMAX XL	17,64	88,2	70,56	0	8,82	8,82	0	44,1	44,1	0	0	0	0
UHB HOLDAX	19,77	98,85	79,08	0	5,931	13,839	0	29,655	69,195	0	0	0	0
UHB MOLDMAX HH	285,93	1429,65	1143,72	0	114,372	171,558	0	428,895	1000,755	0	0	0	0
UHB PROTHERM	0,12	0,6	0,48	0	0	0,12	0	0	0,6	0	0	0	0
UHB ALUMEC	44,4	222	177,6	0	0	44,4	0	0	222	0	0	0	0
PM 23	2,58	12,9	10,32	0	0	2,58	0	0	12,9	0	0	0	0
UHB VANADIS 23 S	20,64	103,2	82,56	0	6,192	14,448	0	30,96	72,24	0	0	0	0
PM 30	2,55	12,75	10,2	0	0	2,55	0	0	12,75	0	0	0	0
UHB VANCRON 40	3,72	18,6	14,88	0	0	3,72	0	0	18,6	0	0	0	0
UHB VANADIS 30	10,08	50,4	40,32	0	0	10,08	0	0	50,4	0	0	0	0
UHB VANADIS 60	1,02	5,1	4,08	0	0	1,02	0	0	5,1	0	0	0	0
SA M2	34,32	171,6	137,28	0	0	34,32	0	0	171,6	0	0	0	0
SA 2343 ESR	137,49	687,45	549,96	0	54,996	82,494	0	274,98	412,47	0	0	0	0
SA 2343	1681,02	8405,1	6724,08	0	672,408	1008,612	0	3362,04	5043,06	0	0	0	0
SA 2344	299,73	1498,65	1198,92	0	119,892	179,838	0	449,595	1049,055	0	0	0	0
W.1.2083 ESR	4,14	20,7	16,56	0	2,07	2,07	0	10,35	10,35	0	0	0	0
SA 2360	1,26	6,3	5,04	0	0,63	0,63	0	3,15	3,15	0	0	0	0
W.1.2083	68,34	341,7	273,36	0	27,336	41,004	0	136,68	205,02	0	0	0	0
DUPLEX - W.1.4462	1,89	9,45	7,56	0	0	1,89	0	0	9,45	0	0	0	0
AISI 440 C	25,77	128,85	103,08	0	7,731	18,039	0	38,655	90,195	0	0	0	0
AISI 630	107,97	539,85	431,88	0	32,391	75,579	0	161,955	377,895	0	0	0	0
AISI 310	1,53	7,65	6,12	0	0,459	1,071	0	2,295	5,355	0	0	0	0
AISI 303	10,71	53,55	42,84	0	3,213	7,497	0	16,065	37,485	0	0	0	0
AISI 304 L	223,86	1119,3	895,44	0	67,158	156,702	0	335,79	783,51	0	0	0	0
AISI 420	145,98	729,9	583,92	0	43,794	102,186	0	218,97	510,93	0	0	0	0
AISI 316 L	57,84	289,2	231,36	0	17,352	40,488	0	86,76	202,44	0	0	0	0
LEGA DI BRONZO	0,78	3,9	3,12	0	0	0,78	0	0	3,9	0	0	0	0
LEGA CUNIBE ALL	3,3	16,5	13,2	0	0	3,3	0	0	16,5	0	0	0	0
WOLFRAMIO	54,57	272,85	218,28	54,57	0	0	272,85	0	0	436,56	0	0	0
WOLFRAMIO E RET	0,18	0,9	0,72	0,18	0	0	0,9	0	0	1,44	0	0	0
FE 37	318,39	1591,95	1273,56	318,39	0	0	1591,95	0	0	2547,12	0	0	0
FE 51 05	193,2	966	772,8	193,2	0	0	966	0	0	1545,6	0	0	0
FE E 355	2,04	10,2	8,16	2,04	0	0	10,2	0	0	16,32	0	0	0
FE 360	1,95	9,75	7,8	1,95	0	0	9,75	0	0	15,6	0	0	0
S.PR80	5,73	28,65	22,92	0	0	5,73	0	0	28,65	0	0	0	0
AVPB	37,47	187,35	149,88	0	0	37,47	0	0	187,35	0	0	0	0
C40 TRAF	241,86	1209,3	967,44	241,86	0	0	1209,3	0	0	1934,88	0	0	0
C40 RETT	105,21	526,05	420,84	105,21	0	0	526,05	0	0	841,68	0	0	0
C45 CROM	424,74	2123,7	1698,96	424,74	0	0	2123,7	0	0	3397,92	0	0	0
TITANIO	1,53	7,65	6,12	0	0	1,53	0	0	7,65	0	0	0	0
100Cr6	84,93	424,65	339,72	0	33,972	50,958	0	169,86	254,79	0	0	0	0
5LM052	72,42	362,1	289,68	0	21,726	50,694	0	144,84	217,26	0	0	0	0
55S17	9,45	47,25	37,8	0	4,725	4,725	0	23,625	23,625	0	0	0	0
30NiCrMo12	12,3	61,5	49,2	0	6,15	6,15	0	30,75	30,75	49,2	0	0	0
36NiCrMo16	181,05	905,25	724,2	0	90,525	90,525	0	452,625	452,625	724,2	0	0	0
41CrMoAl7	125,61	628,05	502,44	0	62,805	62,805	0	314,025	314,025	502,44	0	0	0
40NiCrMo7	6,48	32,4	25,92	0	3,24	3,24	0	16,2	16,2	25,92	0	0	0
34CrNiMo6	106,02	530,1	424,08	0	53,01	53,01	0	265,05	265,05	424,08	0	0	0

**Fig. 6.12 – Assegnazione del materiale ai vari reparti della campata tre sulla base della fonte di partenza – parte 2.**

A questo punto per ogni reparto si deve individuare la provenienza dei materiali dalle varie zone di stoccaggio.

Per quanto riguarda il reparto 01 (indicato con M1) si ha:

MIN1 - M1	MIN2 - M1	MIN3 - M1	MIN4 - M1	MIN5 - M1	MIN6 - M1	MIN1 - M1	MIN2 - M1	MIN3 - M1	MIN4 - M1	MIN5 - M1	MIN6 - M1	
887,88	0	190,11	13214,97	0	9549,432	6118,2	0	0	0	0	0	
45,24	0	475,275	752,25	0	47747,16	3,108	0	0	0	0	0	
33037,425	0	3299,13	0	0	38197,728	11,1	0	0	0	0	0	
1880,625	0	8247,825	0	0	5,37	99,834	0	0	0	0	0	
14532,24	0	0,57	0	0	26,85	356,55	0	0	0	0	0	
72661,2	0	2,85	0	0	21,48	4295,625	0	0	0	0	0	
3661,32	0	1636,53	0	0	7,29	925,596	0	0	0	0	0	
18306,6	0	4091,325	0	0	36,45	3305,7	0	0	0	0	0	
957,9	0	1,5	0	0	29,16	3,234	0	0	0	0	0	
4789,5	0	7,5	0	0	261,21	11,55	0	0	0	0	0	
130,665	0	4,95	0	0	318,39	4,662	0	0	0	0	0	
1458,15	0	24,75	0	0	1591,95	16,65	0	0	0	0	0	
3645,375	0	2846,82	0	0	193,2	192,423	0	0	0	0	0	
2258,19	0	7117,05	0	0	966	687,225	0	0	0	0	0	
5645,475	0	0	0	0	2,04	96,243	0	0	0	0	0	
1314,03	0	0	0	0	10,2	343,725	0	0	0	0	0	
3285,075	0	0	0	0	1,95	1176,714	0	0	0	0	0	
243,435	0	0	0	0	9,75	4202,55	0	0	0	0	0	
1217,175	0	0	0	0	241,86	209,811	0	0	0	0	0	
132,33	0	0	0	0	1209,3	749,325	0	0	0	0	0	
661,65	0	0	0	0	105,21	2,898	0	0	0	0	0	
968,07	0	0	0	0	526,05	10,35	0	0	0	0	0	
2420,175	0	0	0	0	424,74	34,17	0	0	0	0	0	
70,86	0	0	0	0	2123,7	170,85	0	0	0	0	0	
354,3	0	0	0	0	0	1,53	0	0	0	0	0	
511,896	0	0	0	0	0	7,65	0	0	0	0	0	
1828,2	0	0	0	0	0	12,24	0	0	0	0	0	
1713,096	0	0	0	0	0	TOTALE	201667,59	0	27946,185	13967,22	0	103606,47

Fig. 6.13 – Assegnazione della provenienza dalle zone di stoccaggio dei materiali del reparto 01 (M1).

Dividendo i chilogrammi totali di materiale che eseguono determinati percorsi per le dimensioni medie di un pezzo si ricavano i pezzi all'anno che attraversano quei percorsi.

$$\text{numero pezzi MIN1 - M1 - M7} = \frac{201667.6}{21.4} = 9415 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN3 - M1 - M7} = \frac{27946.2}{21.4} = 1305 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN4 - M1 - M7} = \frac{13967.2}{21.4} = 653 \text{ pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN6 - M1 - M7} = \frac{103606.5}{21.4} = 4837 \text{ pz/anno}$$

Siccome tutti i prodotti che passano dal reparto M1 sono pesati nella macchina M7 si aggiunge a ogni percorso quest'ultimo elemento.

Ripetendo lo stesso ragionamento per il reparto 05 (M2), supponendo che tutti i prodotti che sono tagliati in questo reparto vengano prelevati dal magazzino automatizzato (MIN2) si ricava che:

	MIN1 - M2	MIN2 - M2	MIN3 - M2	MIN4 - M2	MIN5 - M2	MIN6 - M2
TOTALE	0	581286,315	0	0	0	0

Fig. 6.14 – Assegnazione della provenienza dalle zone di stoccaggio dei materiali del reparto 05 (M2).

$$\text{numero pezzi MIN2 - M2 - M10} = \frac{581286.3}{21.4} = 27136 \text{ pz/anno}$$

Anche qui si aggiunge M10 siccome tutti i prodotti che escono dal reparto M2 raggiungono questa macchina per la pesatura.

Si ragiona adesso sul reparto 03A (M5) allo stesso modo.

MIN1 - M5	MIN2 - M5	MIN3 - M5	MIN4 - M5	MIN5 - M5	MIN6 - M5	MIN1 - M5	MIN2 - M5	MIN3 - M5	MIN4 - M5	MIN5 - M5	MIN6 - M5
0	0	0	22024,95	0	85944,888	0	0	0	0	0	250,75
0	0	0	1253,75	0	429724,44	0	0	0	0	0	3009
0	0	0	0	0	343779,552	0	0	0	0	0	54,57
0	0	0	0	0	5,37	0	0	0	0	0	272,85
0	0	0	0	0	26,85	0	0	0	0	0	436,56
0	0	0	0	0	21,48	0	0	0	0	0	0,18
0	0	0	0	0	7,29	0	0	0	0	0	0,9
0	0	0	0	0	36,45	0	0	0	0	0	1,44
0	0	0	0	0	29,16	0	0	0	0	0	318,39
0	0	0	0	0	522,42	0	0	0	0	0	1591,95
0	0	0	0	0	2612,1	0	0	0	0	0	2547,12
0	0	0	0	0	2089,68	0	0	0	0	0	193,2
0	0	0	0	0	9,57	0	0	0	0	0	966
0	0	0	0	0	47,85	0	0	0	0	0	1545,6
0	0	0	0	0	38,28	0	0	0	0	0	2,04
0	0	0	0	0	2,67	0	0	0	0	0	10,2
0	0	0	0	0	13,35	0	0	0	0	0	16,32
0	0	0	0	0	10,68	0	0	0	0	0	1,95
0	0	0	0	0	8,79	0	0	0	0	0	9,75
0	0	0	0	0	43,95	0	0	0	0	0	15,6
0	0	0	0	0	35,16	0	0	0	0	0	241,86
0	0	0	0	0	14,76	0	0	0	0	0	1209,3
0	0	0	0	0	73,8	0	0	0	0	0	1934,88
0	0	0	0	0	59,04	0	0	0	0	0	105,21
0	0	0	0	0	1039,41	0	0	0	0	0	526,05
0	0	0	0	0	5197,05	0	0	0	0	0	841,68
0	0	0	0	0	4157,64	0	0	0	0	0	424,74
0	0	0	0	0	4,53	0	0	0	0	0	2123,7
0	0	0	0	0	22,65	0	0	0	0	0	3397,92
0	0	0	0	0	18,12	0	0	0	0	0	49,2
0	0	0	0	0	24,51	0	0	0	0	0	724,2
0	0	0	0	0	122,55	0	0	0	0	0	502,44
0	0	0	0	0	98,04	0	0	0	0	0	25,92
0	0	0	0	0	4404,99	0	0	0	0	0	424,08
0	0	0	0	0	52859,88	TOTALE	0	0	23278,7	0	956882,5

Fig. 6.15 – Assegnazione della provenienza dalle zone di stoccaggio dei materiali del reparto 03A (M5).

$$\text{numero pezzi MIN4 - M5 - M9} = \frac{23278.7}{21.4} = 1087\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi MIN6 - M5 - M9} = \frac{956882.5}{21.4} = 44670\text{pz/anno}$$

Anche qui si aggiunge M9 perché tutti i pezzi uscenti da M5 entrano in questo tipo di macchina.

Per quanto riguarda il reparto 03S (M4) si ottiene:

MIN1 - M4	MIN2 - M4	MIN3 - M4	MIN4 - M4	MIN5 - M4	MIN6 - M4	MIN1 - M4	MIN2 - M4	MIN3 - M4	MIN4 - M4	MIN5 - M4	MIN6 - M4
443,94	0	77,625	4404,99	7322,64	0	0	0	137,445	0	0	0
2219,7	0	388,125	22024,95	478,95	0	0	0	687,225	0	0	0
22,62	0	0,6	250,75	2394,75	0	0	0	6,192	0	0	0
113,1	0	3	1253,75	0,693	0	0	0	30,96	0	0	0
130,665	0	0,105	7266,12	3,465	0	0	0	54,996	0	0	0
653,325	0	0,525	36330,6	182,466	0	0	0	274,98	0	0	0
729,075	0	13,515	1464,528	912,33	0	0	0	672,408	0	0	0
3645,375	0	67,575	125,055	61,44	0	0	0	3362,04	0	0	0
1129,095	0	51,912	625,275	307,2	0	0	0	119,892	0	0	0
5645,475	0	259,56	0	8,82	0	0	0	449,595	0	0	0
657,015	0	31,995	0	44,1	0	0	0	7,731	0	0	0
3285,075	0	159,975	0	5,931	0	0	0	38,655	0	0	0
194,748	0	172,095	0	29,655	0	0	0	32,391	0	0	0
730,305	0	860,475	0	114,372	0	0	0	161,955	0	0	0
105,864	0	0,825	0	428,895	0	0	0	0,459	0	0	0
396,99	0	4,125	0	2,07	0	0	0	2,295	0	0	0
387,228	0	51,465	0	10,35	0	0	0	3,213	0	0	0
1936,14	0	257,325	0	0,63	0	0	0	16,065	0	0	0
51,576	0	76,044	0	3,15	0	0	0	67,158	0	0	0
193,41	0	285,165	0	27,336	0	0	0	335,79	0	0	0
1223,64	0	1319,652	0	136,68	0	0	0	43,794	0	0	0
6118,2	0	4948,695	0	6,15	0	0	0	218,97	0	0	0
2,22	0	654,612	0	30,75	0	0	0	17,352	0	0	0
11,1	0	2454,795	0	90,525	0	0	0	86,76	0	0	0
687,3	0	56,688	0	452,625	0	0	0	33,972	0	0	0
2577,375	0	212,58	0	62,805	0	0	0	169,86	0	0	0
661,14	0	292,512	0	314,025	0	0	0	21,726	0	0	0
3305,7	0	1096,92	0	3,24	0	0	0	144,84	0	0	0
2,31	0	71,31	0	16,2	0	0	0	4,725	0	0	0
11,55	0	356,55	0	53,01	0	0	0	23,625	0	0	0
3,33	0	29,943	0	265,05	0	TOTALE	37291,236	0	21633,072	73746,018	13770,303
16,65	0	149,715	0	0	0						

Fig. 6.16 – Assegnazione della provenienza dalle zone di stoccaggio dei materiali del reparto 03S (M4).

$$\begin{aligned} \text{numero pezzi MIN1 - M4 - M8} &= \frac{37291,2}{21,4} = 1741\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN3 - M4 - M8} &= \frac{21633,1}{21,4} = 1010\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN4 - M4 - M8} &= \frac{73746,0}{21,4} = 3443\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN5 - M4 - M8} &= \frac{13770,3}{21,4} = 643\text{pz/anno} \end{aligned}$$

Anche qui si aggiunge M8 a tutti i percorsi perché tutti i prodotti che escono da questo reparto vanno pesati in questo tipo di macchina.

Infine per il reparto 03N (M3) si ottiene:

MIN1 - M3	MIN2 - M3	MIN3 - M3	MIN4 - M3	MIN5 - M3	MIN6 - M3	MIN1 - M3	MIN2 - M3	MIN3 - M3	MIN4 - M3	MIN5 - M3	MIN6 - M3
443,94	0	7266,12	4404,99	2196,792	0	0	0	2846,82	0	0,63	0
2219,7	0	36330,6	22024,95	10983,96	0	0	0	14234,1	0	3,15	0
22,62	0	0,6	250,75	478,95	0	0	0	137,445	0	1,89	0
113,1	0	3	1253,75	2394,75	0	0	0	687,225	0	9,45	0
130,665	0	0,105	0	77,625	0	0	0	8,82	0	18,039	0
653,325	0	0,525	0	388,125	0	0	0	44,1	0	90,195	0
729,075	0	1129,095	0	13,515	0	0	0	13,839	0	75,579	0
3645,375	0	5645,475	0	67,575	0	0	0	69,195	0	377,895	0
657,015	0	125,055	0	7,2	0	0	0	171,558	0	1,071	0
3285,075	0	625,275	0	36	0	0	0	1000,755	0	5,355	0
292,122	0	121,128	0	17,79	0	0	0	14,448	0	7,497	0
1704,045	0	605,64	0	88,95	0	0	0	72,24	0	37,485	0
158,796	0	1,617	0	77,364	0	0	0	10,08	0	156,702	0
926,31	0	8,085	0	451,29	0	0	0	50,4	0	783,51	0
580,842	0	425,754	0	13,41	0	0	0	1,02	0	102,186	0
2904,21	0	2128,77	0	67,05	0	0	0	5,1	0	510,93	0
85,032	0	61,44	0	2,04	0	0	0	82,494	0	40,488	0
496,02	0	307,2	0	10,2	0	0	0	412,47	0	202,44	0
438,768	0	31,995	0	69,867	0	0	0	1008,612	0	0,78	0
2559,48	0	159,975	0	349,335	0	0	0	5043,06	0	3,9	0
1223,64	0	172,095	0	2,01	0	0	0	179,838	0	3,3	0
6118,2	0	860,475	0	10,05	0	0	0	1049,055	0	16,5	0
2,22	0	0,825	0	0,81	0	0	0	1,53	0	5,73	0
11,1	0	4,125	0	4,05	0	0	0	7,65	0	28,65	0
71,31	0	51,465	0	0,09	0	0	0	50,958	0	37,47	0
356,55	0	257,325	0	0,45	0	0	0	254,79	0	187,35	0
1030,95	0	1,65	0	4,08	0	0	0	0	0	50,694	0
6013,875	0	8,25	0	20,4	0	0	0	0	0	217,26	0
661,14	0	22,35	0	3,33	0	0	0	0	0	4,725	0
3305,7	0	111,75	0	16,65	0	0	0	0	0	23,625	0
2,31	0	114,066	0	0,12	0	0	0	0	0	6,15	0
11,55	0	665,385	0	0,6	0	0	0	0	0	30,75	0
2,07	0	1979,478	0	44,4	0	0	0	0	0	90,525	0
10,35	0	11546,955	0	222	0	0	0	0	0	452,625	0
41,004	0	0,57	0	2,58	0	0	0	0	0	62,805	0
205,02	0	2,85	0	12,9	0	0	0	0	0	314,025	0
0	0	981,918	0	2,55	0	0	0	0	0	3,24	0
0	0	5727,855	0	12,75	0	0	0	0	0	16,2	0
0	0	1,5	0	3,72	0	0	0	0	0	53,01	0
0	0	7,5	0	18,6	0	0	0	0	0	265,05	0
0	0	4,95	0	34,32	0	0	0	0	0	0	0
0	0	24,75	0	171,6	0	TOTALE	41112,504	0	104983,143	27934,44	22678,704

Fig. 6.17 – Assegnazione della provenienza dalle zone di stoccaggio dei materiali del reparto 03N (M3).

$$\begin{aligned} \text{numero pezzi MIN1 - M3 - M8} &= \frac{41112.5}{21.4} = 1920\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN3 - M4 - M8} &= \frac{104983.1}{21.4} = 4901\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN4 - M4 - M8} &= \frac{27934.4}{21.4} = 1305\text{pz/anno} \\ \text{numero pezzi MIN5 - M4 - M8} &= \frac{22678.7}{21.4} = 1059\text{pz/anno} \end{aligned}$$

Riassumendo quindi i prodotti che devono eseguire i vari tratti fino a qui determinati sono i seguenti:

CICLO	QUANTITA' (kg)	NUMERO PZ.
MIN1 - M1 - M7	201667,59	9415
MIN3 - M1 - M7	27946,185	1305
MIN4 - M1 - M7	13967,22	653
MIN6 - M1 - M7	103606,47	4837
MIN2 - M2 - M10	581286,315	27136
MIN4 - M5 - M9	23278,7	1087
MIN6 - M5 - M9	956882,5	44670
MIN1 - M4 - M8	37291,236	1741
MIN3 - M4 - M8	21633,072	1010
MIN4 - M4 - M8	73746,018	3443
MIN5 - M4 - M8	13770,303	643
MIN1 - M3 - M8	41112,504	1920
MIN3 - M3 - M8	104983,143	4901
MIN4 - M3 - M8	27934,44	1305
MIN5 - M3 - M8	22678,704	1059
MIN7 - M6 - M7	100036,6267	704
MIN7 - M6 - M8	163617,2067	1151
MIN7 - M6 - M9	261762,5267	1842
MIN7 - M6 - M1 - M7	185782,3067	7842
MIN7 - M6 - M3 - M8	303860,5267	12825
MIN7 - M6 - M5 - M9	486130,4067	20518

**Fig. 6.18 – Riassunto dei percorsi fono a qui determinati che attraversano i vari reparti.**

L'ultimo passaggio prima di ottenere i cicli di lavoro è quello di determinare il numero di pezzi uscenti dai reparti di taglio che sono diretti al reparto di squadratura (indicata con M11) e quali invece vengono spediti direttamente. Siccome i prodotti che escono dalla campata due sono mediamente molto grandi e non si possono caricare sulle squadratrici è stato deciso di trascurare la quota parte di materiale che dalla campata centrale va al reparto di fresatura siccome genera flussi estremamente rari. Tutti i prodotti che sono diretti al reparto di squadratura provengono dai reparti delle campate uno e tre. Noti il numero di pezzi che sono stati squadrati e le percentuali dei pezzi che statisticamente provengono dalla campata uno e dalla campata tre si ricavano il numero di prodotti che effettivamente proviene dalle due campate.

$$\text{pezzi fresati} = 8116 \text{ pz/anno}$$

$$\text{percentuale pezzi da campata 1} = 30\%$$

$$\text{percentuale pezzi da campata 2} = 70\%$$

$$\text{pezzi da campata 1} = 8116 * \frac{30}{100} = 2435 \text{ pz/anno}$$

$$\text{pezzi da campata 3} = 8116 * \frac{70}{100} = 5682 \text{ pz/anno}$$

A questo punto si attribuiscono i prodotti ai reparti delle due campate. Siccome non si conoscono né la stima del numero né della percentuale dei prodotti che dai vari reparti vanno alla fresatura si suppone di distribuire questi sulla base della percentuale dei pezzi tagliati dai vari reparti per campata sui prodotti totali tagliati nella campata di riferimento. Si applica in questo modo il principio secondo il quale più pezzi vengono prodotti più è probabile che alcuni tra questi debbano essere squadrati. Tra questi pezzi sono ci sono anche quelli che sono stati tagliati in campata due che poi vengono lavorati nei reparti delle campate uno e tre.

$$\text{pz campata 1} = 9415 + 1305 + 653 + 4837 + 27136 + 7842 = 51188 \text{ pz/anno}$$

$$\text{percentuale reparto M1} = 100 * \frac{9415 + 1305 + 653 + 4837 + 7842}{51188} = 47\%$$

$$\text{percentuale reparto M2} = 100 * \frac{27136}{51188} = 53\%$$

$$\text{numero pezzi M1 - M7 - M11} = 2435 * \frac{47}{100} = 1145 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi M2 - M10 - M11} = 5682 * \frac{53}{100} = 1291 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{pz campata 3} = 1087 + 44670 + 1741 + 1010 + 3443 + 643 + 1920 + 4901 + 1305 + 1059 + 12825 + 20518 = 95112 \text{pz/anno}$$

$$\text{percentuale reparto M5} = 100 * \frac{1087 + 44670 + 20518}{95112} = 70\%$$

$$\text{percentuale reparto M4} = 100 * \frac{1741 + 1010 + 3443 + 643}{95112} = 7\%$$

$$\text{percentuale reparto M3} = 100 * \frac{1920 + 4901 + 1305 + 1059 + 12825}{95112} = 23\%$$

$$\text{numero pezzi M5 - M9 - M11} = 5682 * \frac{70}{100} = 3959 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi M4 - M8 - M11} = 5682 * \frac{7}{100} = 409 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi M3 - M8 - M11} = 5682 * \frac{23}{100} = 1315 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Riassumendo si ottiene:

SQUADRATURA	DA REP 01	DA REP 05	DA REP 03A	DA REP 03S	DA REP 03N
	1145	1291	3959	409	1315
	M1 - M7 - M11	M2 - M10 - M11	M5 - M9 - M11	M4 - M8 - M11	M3 - M8 - M11

**Fig. 6.19 – Reparti di provenienza dei prodotti che raggiungono il centro di fresatura.**

Si deve definire la provenienza dei pezzi che sono destinati alla squadratura: alcuni iniziano il ciclo dalla campata due e altri da barra o spezzone. Sulla base dei prodotti totali tagliati per ogni reparto si dividono i prodotti che andranno al reparto di squadratura.

Analizzando il reparto M1 si ottiene che:

$$\text{pezzi reparto M1} = 9415 + 1305 + 653 + 4837 + 7842 = 24052 \text{pz/anno}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN7 - M6 - M1 - M7} = 100 * \frac{7842}{24052} = 33\%$$

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M1 - M7 - M11} = 1145 * \frac{33}{100} = 374 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Sottraendo il numero di pezzi provenienti da una certa zona meno i pezzi che vanno alla squadratura provenienti da quella zona si ricavano i prodotti che partendo da una determinata zona MINi non necessitano della squadratura e che escono dopo il taglio nei reparti delle campate uno e tre.

$$\text{numero pezzi MIN7} - M6 - M1 - M7 = 7842 - 374 = 7468 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Ripetendo il procedimento per gli altri prodotti tagliati nel reparto M1:

$$\text{percentuale pezzi MIN1} - M1 - M7 = 100 * \frac{9415}{24052} = 39\%$$

$$\text{numero pezzi MIN1} - M1 - M7 - M11 = 1145 * \frac{39}{100} = 449 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN1} - M1 - M7 = 9415 - 449 = 8966 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN3} - M1 - M7 = 100 * \frac{1305}{24052} = 5\%$$

$$\text{numero pezzi MIN3} - M1 - M7 - M11 = 1145 * \frac{5}{100} = 63 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN3} - M1 - M7 = 1305 - 63 = 1242 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN4} - M1 - M7 = 100 * \frac{653}{24052} = 3\%$$

$$\text{numero pezzi MIN4} - M1 - M7 - M11 = 1145 * \frac{3}{100} = 32 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN4} - M1 - M7 = 653 - 32 = 621 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN6} - M1 - M7 = 100 * \frac{4837}{24052} = 20\%$$

$$\text{numero pezzi MIN6} - M1 - M7 - M11 = 1145 * \frac{20}{100} = 231 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN6} - M1 - M7 = 4837 - 231 = 4606 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Analizzando il reparto M2:

$$\begin{aligned} \text{percentuale pezzi MIN2} - M2 - M10 &= 100 * \frac{27136}{27136} = 100\% \\ \text{numero pezzi MIN2} - M2 - M10 - M11 &= 1291 * \frac{100}{100} = 1291 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \\ \text{numero pezzi MIN2} - M2 - M10 &= 27136 - 1291 = 25845 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

Analizzando il reparto M5:

$$\begin{aligned} \text{percentuale pezzi MIN7} - M6 - M5 - M9 &= 100 * \frac{20518}{66275} = 31\% \\ \text{numero pezzi MIN7} - M6 - M5 - M9 - M11 &= 3959 * \frac{31}{100} = 1226 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \\ \text{numero pezzi MIN7} - M6 - M5 - M9 &= 20518 - 1226 = 19292 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{percentuale pezzi MIN4} - M5 - M9 &= 100 * \frac{1087}{66275} = 1.5\% \\ \text{numero pezzi MIN4} - M5 - M9 - M11 &= 3959 * \frac{1.5}{100} = 65 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \\ \text{numero pezzi MIN4} - M5 - M9 &= 1087 - 65 = 1022 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{percentuale pezzi MIN6} - M5 - M9 &= 100 * \frac{44670}{66275} = 67.5\% \\ \text{numero pezzi MIN6} - M5 - M9 - M11 &= 3959 * \frac{67.5}{100} = 2669 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \\ \text{numero pezzi MIN6} - M5 - M9 &= 44670 - 2669 = 42001 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

Analizzando il reparto M5:

$$\begin{aligned} \text{percentuale pezzi MIN1} - M4 - M8 &= 100 * \frac{1741}{6837} = 25\% \\ \text{numero pezzi MIN1} - M4 - M8 - M11 &= 409 * \frac{25}{100} = 105 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \\ \text{numero pezzi MIN1} - M4 - M8 &= 1741 - 105 = 1636 \frac{\text{pz}}{\text{anno}} \end{aligned}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN3 - M4 - M8} = 100 * \frac{1010}{6837} = 15\%$$

$$\text{numero pezzi MIN3 - M4 - M8 - M11} = 409 * \frac{15}{100} = 61 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN3 - M4 - M8} = 1010 - 61 = 949 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN4 - M4 - M8} = 100 * \frac{3443}{6837} = 50\%$$

$$\text{numero pezzi MIN4 - M4 - M8 - M11} = 409 * \frac{50}{100} = 206 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN4 - M4 - M8} = 3443 - 206 = 3237 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN5 - M4 - M8} = 100 * \frac{643}{6837} = 10\%$$

$$\text{numero pezzi MIN5 - M4 - M8 - M11} = 409 * \frac{10}{100} = 39 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN5 - M4 - M8} = 643 - 39 = 604 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Analizzando il reparto M3:

$$\text{percentuale pezzi MIN7 - M6 - M3 - M8} = 100 * \frac{12825}{22010} = 58\%$$

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M3 - M8 - M11} = 1315 * \frac{58}{100} = 767 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN7 - M6 - M3 - M8} = 12825 - 767 = 12058 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN1 - M3 - M8} = 100 * \frac{1920}{22010} = 9\%$$

$$\text{numero pezzi MIN1 - M3 - M8 - M11} = 1315 * \frac{9}{100} = 115 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN1 - M3 - M8} = 1920 - 115 = 1805 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN3} - M3 - M8 = 100 * \frac{4901}{22010} = 22\%$$

$$\text{numero pezzi MIN3} - M3 - M8 - M11 = 1315 * \frac{22}{100} = 293 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN3} - M3 - M8 = 4901 - 293 = 4608 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN4} - M3 - M8 = 100 * \frac{1305}{22010} = 6\%$$

$$\text{numero pezzi MIN4} - M3 - M8 - M11 = 1315 * \frac{6}{100} = 78 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN4} - M3 - M8 = 1305 - 78 = 1227 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{percentuale pezzi MIN5} - M3 - M8 = 100 * \frac{1059}{22010} = 5\%$$

$$\text{numero pezzi MIN5} - M3 - M8 - M11 = 1315 * \frac{5}{100} = 64 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

$$\text{numero pezzi MIN5} - M3 - M8 = 1059 - 64 = 995 \frac{\text{pz}}{\text{anno}}$$

Aggiungendo la zona di stoccaggio intermedia M12 dove necessario si risale ai cicli di lavoro completi di tutti i prodotti. Dividendo il numero di pezzi totali che devono essere prodotti per ogni tipologia di prodotto per il numero di pezzi caricati mediamente su di un pallet (*6pz/pallet*) si ricavano i flussi annui di prodotto che ci sono tra i reparti. Se questi valori li si divide per i giorni lavorativi in un anno (*220gg/anno*) e li si arrotonda per eccesso all'unità superiore si ricavano i flussi giornalieri di ogni prodotto. I cicli di lavoro generali sono dunque i seguenti:

PROD.	PZ/ANNO	CICLO DI LAVORO	FLUSSI / anno	FLUSSI / ANNO
P1	704	MIN7 - M6 - M7 - MOUT	117,33333333	118
P2	1151	MIN7 - M6 - M8 - M12 - MOUT	191,83333333	192
P3	1842	MIN7 - M6 - M9 - M12 - MOUT	307	307
P4	374	MIN7 - M6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	62,33333333	63
P5	7468	MIN7 - M6 - M1 - M7 - MOUT	1244,666667	1245
P6	449	MIN1 - M1 - M7 - M11 - MOUT	74,83333333	75
P7	8966	MIN1 - M1 - M7 - MOUT	1494,333333	1495
P8	63	MIN3 - M1 - M7 - M11 - MOUT	10,5	11
P9	1242	MIN3 - M1 - M7 - MOUT	207	207
P10	32	MIN4 - M1 - M7 - M11 - MOUT	5,33333333	6
P11	621	MIN4 - M1 - M7 - MOUT	103,5	104
P12	231	MIN6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	38,5	39
P13	4606	MIN6 - M1 - M7 - MOUT	767,666667	768
P14	1291	MIN2 - M2 - M10 - M11 - MOUT	215,166667	216
P15	25845	MIN2 - M2 - M10 - MOUT	4307,5	4308
P16	1226	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	204,333333	205
P17	19292	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	3215,333333	3216
P18	65	MIN4 - M5 - M9 - M11 - MOUT	10,83333333	11
P19	1022	MIN4 - M5 - M9 - M12 - MOUT	170,333333	171
P20	2669	MIN6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	444,833333	445
P21	42001	MIN6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	7000,166667	7001
P22	105	MIN1 - M4 - M8 - M11 - MOUT	17,5	18
P23	1636	MIN1 - M4 - M8 - M12 - MOUT	272,666667	273
P24	61	MIN3 - M4 - M8 - M11 - MOUT	10,16666667	11
P25	949	MIN3 - M4 - M8 - M12 - MOUT	158,166667	159
P26	206	MIN4 - M4 - M8 - M11 - MOUT	34,33333333	35
P27	3237	MIN4 - M4 - M8 - M12 - MOUT	539,5	540
P28	39	MIN5 - M4 - M8 - M11 - MOUT	6,5	7
P29	604	MIN5 - M4 - M8 - M12 - MOUT	100,666667	101
P30	767	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M11 - MOUT	127,833333	128
P31	12058	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M12 - MOUT	2009,666667	2010
P32	115	MIN1 - M3 - M8 - M11 - MOUT	19,16666667	20
P33	1805	MIN1 - M3 - M8 - M12 - MOUT	300,833333	301
P34	293	MIN3 - M3 - M8 - M11 - MOUT	48,83333333	49
P35	4608	MIN3 - M3 - M8 - M12 - MOUT	768	768
P36	78	MIN4 - M3 - M8 - M11 - MOUT	13	13
P37	1227	MIN4 - M3 - M8 - M12 - MOUT	204,5	205
P38	64	MIN5 - M3 - M8 - M11 - MOUT	10,66666667	11
P39	995	MIN5 - M3 - M8 - M12 - MOUT	165,833333	166
P40	1730	MIN8 - MOUT	247,1428571	248

**Fig. 6.20 – Cicli di lavoro dei prodotti che attraversano lo stabilimento nella configurazione odierna.**

Prima di continuare la trattazione si potrebbero verificare tutti i pezzi che sono prodotti annualmente con questa modellazione del problema:

$$\begin{aligned}
 \text{pezzi totali prodotti} &= 704 + 1151 + 1842 + \dots + 1227 + 64 + 995 + 1730 \\
 &= 151737 \text{pz/anno}
 \end{aligned}$$

Il valore ottenuto è molto simile a quello stimato di  $150000pz/anno$ , soprattutto se si considera che tra questi ci sono anche i prodotti “web” che non sono inclusi nel numero di prodotti tagliati ogni anno. Sotto l’ipotesi di movimentare un pallet alla volta si ottiene che un flusso equivale al trasporto di una u.d.c. Il reparto spedizione statisticamente tratta  $198pallet/gg$  dei quali circa 40% di scarico e il 60% di carico dei pezzi prodotti nei veicoli dei clienti o dei corrieri. Questo significa che i pallet spediti giornalmente si aggirano attorno a  $100 - 120 pallet/gg$  che si traducono in circa  $22000 - 26400pallet/anno$ . Con questa modellazione i pallet spediti ogni anno sono:

$$pallet\ spediti = 118 + 192 + 307 + \dots + 205 + 11 + 166 + 248 = 25266pallet/anno$$

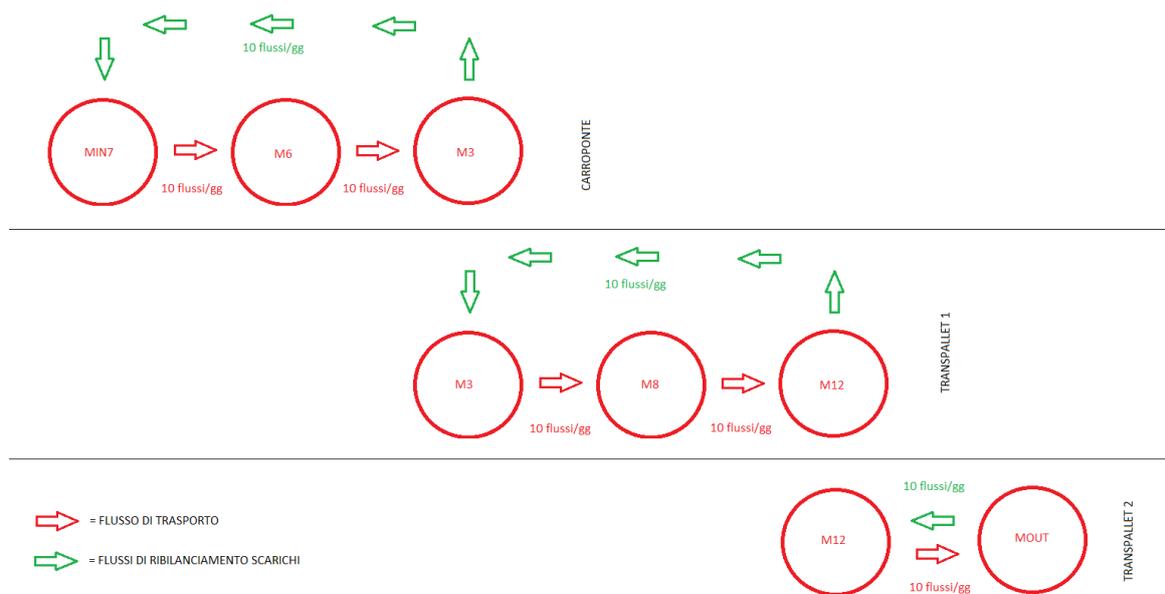
La modellazione dunque fornisce un valore molto simile al valore annuale di materiale movimentato realmente. Per completezza è stata eseguita una verifica di massima della capacità produttiva dei vari reparti che qui non è stata indicata, in quanto svolta a solo scopo indicativo, in modo da poter valutare se l’analisi poteva restituire valori vicini alla realtà o meno. Stimare la reale capacità produttiva di questo impianto è molto difficile siccome le macchine lavorano anche di notte non sorvegliate e tutti i prodotti hanno dei tempi di produzione che sono estremamente diversi tra loro.

Prima di eseguire l’analisi dei flussi vera e propria è bene analizzare il sistema di trasporto. In azienda sono presenti due tipologie di “attrezzature” che permettono la movimentazione della merce: il carroponte e il sistema transpallet più muletto. Il carroponte viene utilizzato per movimentare i prodotti della campata due in quanto sono molto grandi, spostare questi oggetti con un semplice transpallet lungo tutta la rete di percorsi risulterebbe difficoltoso se non impossibile. Il carroponte viene utilizzato anche su altri percorsi, in particolare quelli che dalle zone di stoccaggio MINi vanno alle macchine dello stesso reparto. Ad esempio da MIN1 a M1 lo spostamento dei prodotti avviene con il carroponte in quanto molto comodo sia da un punto di vista dello spazio che di trasporto (prendere un transpallet per un percorso breve si tradurrebbe in uno spreco di tempo, è più comodo usare il carroponte), mentre per gli spostamenti da MIN1 a M3 si utilizza il transpallet sempre per ragioni di velocità e comodità. Osservando semplicemente il modo di lavorare degli operatori si è visto che si possono distinguere percorsi che sono eseguiti solamente con il carroponte e percorsi che si possono eseguire solamente con transpalletto o muletto. Distinguere gli spostamenti eseguiti con il transpallet e gli spostamenti eseguiti con il muletto è impossibile, ci sono percorsi che a seconda dal carico dei pallet possono essere svolti con tutte e due le risorse, tuttavia è talmente variabile da caso a caso che a priori non è determinabile. Per questo motivo il muletto e i transpallet sono stati considerati come un unico sistema di trasporto. Osservando gli spostamenti in officina si possono definire quali di questi sono eseguiti nella quasi totalità con il carroponte e quali no. Questa informazione è stata riportata sui cicli di lavoro, nell’immagine seguente si possono notare gli spostamenti eseguiti con il carroponte evidenziati in giallo e gli spostamenti eseguiti con il muletto e transpallet rappresentati in nero.

P1	MIN7 - M6 - M7 // M7 - MOUT	P21	MIN6 - M5 // M5 - M9 - M12 // M12 - MOUT
P2	MIN7 - M6 - M8 // M8 - M12 // M12 - MOUT	P22	MIN1 - M4 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P3	MIN7 - M6 - M9 // M9 - M12 // M12 - MOUT	P23	MIN1 - M4 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P4	MIN7 - M6 - M1 // M1 - M7 - M11 // M11 - MOUT	P24	MIN3 - M4 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P5	MIN7 - M6 - M1 // M1 - M7 // M7 - MOUT	P25	MIN3 - M4 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P6	MIN1 - M1 // M1 - M7 - M11 // M11 - MOUT	P26	MIN4 - M4 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P7	MIN1 - M1 // M1 - M7 // M7 - MOUT	P27	MIN4 - M4 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P8	MIN3 - M1 - M7 - M11 // M11 - MOUT	P28	MIN5 - M4 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P9	MIN3 - M1 - M7 // M7 - MOUT	P29	MIN5 - M4 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P10	MIN4 - M1 - M7 - M11 // M11 - MOUT	P30	MIN7 - M6 - M3 // M3 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P11	MIN4 - M1 - M7 // M7 - MOUT	P31	MIN7 - M6 - M3 // M3 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P12	MIN6 - M1 - M7 - M11 // M11 - MOUT	P32	MIN1 - M3 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P13	MIN6 - M1 - M7 // M7 - MOUT	P33	MIN1 - M3 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P14	MIN2 - M2 // M2 - M10 - M11 // M11 - MOUT	P34	MIN3 - M3 // M3 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P15	MIN2 - M2 // M2 - M10 // M10 - MOUT	P35	MIN3 - M3 // M3 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P16	MIN7 - M6 - M5 // M5 - M9 - M11 // M11 - MOUT	P36	MIN4 - M3 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P17	MIN7 - M6 - M5 // M5 - M9 - M12 // M12 - MOUT	P37	MIN4 - M3 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P18	MIN4 - M5 - M9 - M11 // M11 - MOUT	P38	MIN5 - M3 - M8 - M11 // M11 - MOUT
P19	MIN4 - M5 - M9 - M12 // M12 - MOUT	P39	MIN5 - M3 - M8 - M12 // M12 - MOUT
P20	MIN6 - M5 // M5 - M9 - M11 // M11 - MOUT	P40	MIN8 - MOUT

**Fig. 6.21 – Analisi degli spostamenti svolti con i vari mezzi di trasporto e i vari operatori.**

A titolo di esempio si cita il prodotto P1 dove la lamiera viene prelevata da MIN7, portata in M6 dove viene tagliata, le strisce ricavate vengono prelevate dal carroponte e portate in M7. A questo punto il carroponte torna indietro a MIN7 oppure a M6. Gli spostamenti successivi a M6 per il trasporto dei prodotti vengono eseguiti da transpallet o muletto. I due sistemi di trasporto fanno parte di un unico sistema di movimentazione ma vengono considerati disgiunti e dunque ognuno di questi deve essere bilanciato separatamente. Altra peculiarità del quale si è tenuto conto durante lo studio del comportamento del sistema di trasporto sono gli spostamenti compiuti non solo da sistemi differenti, come appena spiegato, ma anche da operatori differenti. L'azienda in esame non possiede un sistema di trasporto dedicato, gli operatori dei vari reparti si passano il materiale attraverso le varie zone dell'officina. A titolo di esempio si analizza il prodotto P4: da MIN7 a M1 gli spostamenti sono svolti in modo analogo a quanto appena spiegato per il prodotto P1, una volta che la striscia di lamiera viene portata in M1 chi si occupa del prodotto e dei suoi futuri spostamenti non sono più gli operatori che lo hanno portato lì ma è l'operatore stesso del reparto di arrivo. terminate le lavorazioni necessarie nel reparto, l'operatore di M1 porta il materiale prima in M7 (per la pesatura) e poi in M11 (in attesa della fresatura), infine torna indietro a M1 compiendo un viaggio scarico. Da M11 il materiale viene portato in MOUT dall'operatore responsabile del reparto spedizioni. Nell'immagine precedente sono indicati con due barre le discontinuità del trasporto all'interno della rete di movimentazione, dovute a cambio di sistema di trasporto o dovute a cambio di operatore responsabile di movimentazione. I flussi tra i vari reparti di materiale compresi tra due barre sono bilanciati tra loro. Ad esempio per P4, da M1 a M11 si svolge un flusso al giorno di trasporto e da M11 a M1 si svolge un flusso di ribilanciamento. La stessa cosa avviene tra MOUT e M11. Si creano così differenti sottosistemi già bilanciati.



**Fig. 6.22 – Analisi dei flussi del sistema di trasporto generale.**

Il sistema così come appena descritto risulta bilanciato ma porta a sovrastimare l'entità di alcuni flussi di materiale, in particolare quelli relativi alle lamiera movimentate ogni giorno. Le entità di questi elementi è talmente grande che si può dire che tra MIN7 e M6 ad ogni singolo flusso di materiale corrisponde lo spostamento di una lamiera. Se non si apportassero delle modifiche al modello si otterrebbe un numero di flussi al giorno tra MIN7 e M6 eccessivo. In particolare:

$$flusso_{MIN7-M6} = 118 + 192 + 307 + 63 + 1245 + 205 + 3216 + 128 + 2010 = 7848 \frac{flussi}{gg}$$

Il numero ricavato è troppo alto e non rispecchia la realtà dato che il numero di lamiera che vien tagliato mediamente ogni giorno è sedici che vuole dire che all'anno sono movimentate mediamente 3520 lamiera. Se si considera il numero di strisce che sono ricavate ogni volta che si carica una lamiera in macchina per i prodotti della campata due si ridefiniscono i flussi di materiale che partono da MIN7 e vanno a M6 (flusso di lamiera). Dal campo si è visto che: per i prodotti da P1 a P3 si può assumere che per ogni flusso (che corrisponde a un pezzo di 142,2kg) che esce si debba caricare una lamiera; per i prodotti P4, P5, P30 e P31 si può considerare che per ogni lamiera che si carica in macchina produca due flussi in uscita, mentre per i prodotti P16 e P17 si può considerare che per ogni lamiera caricata ne escano tre. Si arriva così al seguente risultato:

$$P1 \rightarrow f_{MIN7-M6} = 118 \text{ lamiera/anno}$$

$$P2 \rightarrow f_{MIN7-M6} = 192 \text{ lamiera/anno}$$

$$P3 \rightarrow f_{MIN7-M6} = 307 \text{ lamiera/anno}$$

$$P4 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{63}{2} = 32 \text{ lamiera/anno}$$

$$P5 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{1245}{2} = 623 \text{ lamiera/anno}$$

$$P16 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{205}{3} = 69 \text{ lamiera/anno}$$

$$P17 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{3216}{3} = 1072 \text{ lamiera/anno}$$

$$P30 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{128}{2} = 64 \text{ lamiera/gg}$$

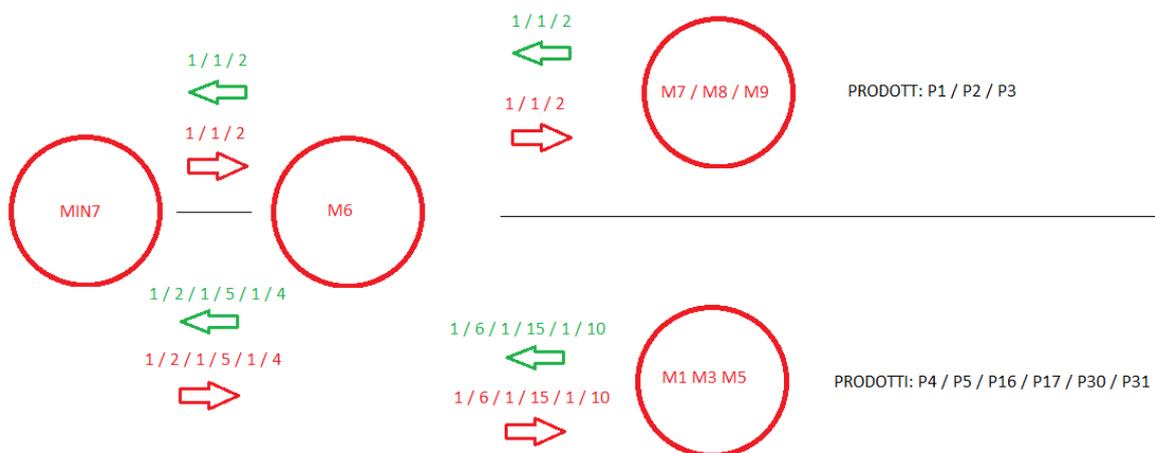
$$P31 \rightarrow f_{MIN7-M6} = \frac{2010}{2} = 1005 \text{ lamiere/gg}$$

Sommando tutti i valori fino a qui trovati si ricava il numero di lamiera movimentate in un anno:

$$f_{MIN7-M6} = 118 + 192 + 307 + 32 + 623 + 69 + 1072 + 64 + 1005 = 3842 \text{ lamiere/gg}$$

Che è un valore molto prossimo a quello teorico annuale di 3520 *lamiere/anno*.

Imponendo questa condizione si crea però uno squilibrio tra i flussi di materiale in ingresso e quelli in uscita da M6 che deve essere ribilanciato. Si suppone che per ogni lamiera che si carica in macchina si creino da uno a tre flussi di materiale in uscita a seconda del caso, si deve ribilanciare il sistema in modo accorto per evitare squilibri. Analizzando i flussi giornalieri che si avrebbero in campata due si ottiene che per il prodotto P1 ogni volta che viene caricata una lamiera si crea un flusso, al termine della lavorazione da M6 esce una striscia di lamiera che con il carro ponte viene movimentata verso M9 (si crea un flusso). A questo punto il carro ponte esegue un viaggio scarico da M7 a M6, dopodiché la lamiera viene scaricata e riportata da M6 a M7. Lo stesso ciclo viene svolto per il flusso del prodotto P2 e P3. Per i prodotti: P4, P5, P16, P17, P30, P31 si può notare che c'è una variazione dei flussi che da MIN7 entrano in M6 (carico delle lamiere) e dei flussi che da M6 vanno verso i reparti delle campate uno e tre. A titolo esemplificativo si studia il flusso del prodotto P17: ogni giorno sono caricate cinque lamiera e quindi da MIN7 a M6 sono considerati 5 flussi/gg, da M6 escono quindici flussi verso M5 dovuti alla generazione delle strisce di lamiera che dovranno essere poi ridotte. Ad ogni flusso di andata da M7 a M6 corrisponde un flusso scarico del carro ponte di ritorno a M6. Terminati gli scarichi dei flussi M6 – M5 si scarica la lamiera e la si riporta da M6 all'area MIN7, si creano così altri cinque flussi di materiale. Allo stesso modo si possono trattare gli altri prodotti.



**Fig. 6.23 – Analisi dei flussi del carro ponte in campata due.**

Per questo studio è stata fatta l'ipotesi che per ogni flusso di lamiera carico in andata ce ne sia anche uno carico al ritorno. Se si analizza la situazione anche degli altri reparti si può supporre con buona approssimazione che per ogni flusso di materiale carico che viene prelevato con il carro ponte dalle zone di stoccaggio interne ai reparti e diretto al reparto stesso (esempio da MIN1 a M1) ci sia un flusso carico di deposito del materiale da M1 a MIN1. Questa approssimazione è spesso verificata in quanto: quando una barra di lamiera viene tagliata genera sempre delle rimanenze che vengono spesso

riutilizzate successivamente. La stessa cosa non vale per i flussi che dalla zona di stoccaggio in ingresso vanno verso reparti esterni (es. da MIN1 a M5) dove il flusso viene effettuato con il transpallet. Generalmente in questo caso i prodotti sono più piccoli e con il taglio si esaurisce il prodotto e ciò che rimane al massimo viene messo a rottame. Riassumendo: gli spostamenti di ribilanciamento dove è necessario un carico e scarico sono i seguenti: M6 – MIN7, M2 – MIN2, M1 – MIN1, M5 – MIN6, M3 – MIN3.

Fatte tutte queste premesse si può iniziare l'analisi dei flussi dello stabilimento vera e propria. Attraverso la valutazione dei KPI dello stabilimento odierno si ottengono informazioni attraverso la veridicità del modello oppure no. I dati ottenuti verranno presi come riferimento per confrontare la situazione attuale con una variazione di parte del layout aziendale.

### 6.2.3. Analisi flussi attuali

Per prima cosa si identificano i “flow-control-points” e le aree di stoccaggio sulla pianta dello stabilimento.



Fig. 6.24 – Pianta dello stabilimento attuale.

Attraverso i cicli di lavoro ottenuti nel paragrafo precedente si risale alla matrice dei flussi totali.

PROD.	PZ/ANNO	CICLO DI LAVORO	FLUSSI/ANNO	FLUSSI / ANNO MIN7-M6
P1	704	MIN7 - M6 - M7 - MOUT	118	118
P2	1151	MIN7 - M6 - M8 - M12 - MOUT	192	192
P3	1842	MIN7 - M6 - M9 - M12 - MOUT	307	307
P4	374	MIN7 - M6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	63	32
P5	7468	MIN7 - M6 - M1 - M7 - MOUT	1245	623
P6	449	MIN1 - M1 - M7 - M11 - MOUT	75	0
P7	8966	MIN1 - M1 - M7 - MOUT	1495	0
P8	63	MIN3 - M1 - M7 - M11 - MOUT	11	0
P9	1242	MIN3 - M1 - M7 - MOUT	207	0
P10	32	MIN4 - M1 - M7 - M11 - MOUT	6	0
P11	621	MIN4 - M1 - M7 - MOUT	104	0
P12	231	MIN6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	39	0
P13	4606	MIN6 - M1 - M7 - MOUT	768	0
P14	1291	MIN2 - M2 - M10 - M11 - MOUT	216	0
P15	25845	MIN2 - M2 - M10 - MOUT	4308	0
P16	1226	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	205	69
P17	19292	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	3216	1072
P18	65	MIN4 - M5 - M9 - M11 - MOUT	11	0
P19	1022	MIN4 - M5 - M9 - M12 - MOUT	171	0
P20	2669	MIN6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	445	0
P21	42001	MIN6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	7001	0
P22	105	MIN1 - M4 - M8 - M11 - MOUT	18	0
P23	1636	MIN1 - M4 - M8 - M12 - MOUT	273	0
P24	61	MIN3 - M4 - M8 - M11 - MOUT	11	0
P25	949	MIN3 - M4 - M8 - M12 - MOUT	159	0
P26	206	MIN4 - M4 - M8 - M11 - MOUT	35	0
P27	3237	MIN4 - M4 - M8 - M12 - MOUT	540	0
P28	39	MIN5 - M4 - M8 - M11 - MOUT	7	0
P29	604	MIN5 - M4 - M8 - M12 - MOUT	101	0
P30	767	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M11 - MOUT	128	64
P31	12058	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M12 - MOUT	2010	1005
P32	115	MIN1 - M3 - M8 - M11 - MOUT	20	0
P33	1805	MIN1 - M3 - M8 - M12 - MOUT	301	0
P34	293	MIN3 - M3 - M8 - M11 - MOUT	49	0
P35	4608	MIN3 - M3 - M8 - M12 - MOUT	768	0
P36	78	MIN4 - M3 - M8 - M11 - MOUT	13	0
P37	1227	MIN4 - M3 - M8 - M12 - MOUT	205	0
P38	64	MIN5 - M3 - M8 - M11 - MOUT	11	0
P39	995	MIN5 - M3 - M8 - M12 - MOUT	166	0
P40	1730	MIN8 - MOUT	248	0

Fig. 6.25 – Cicli di lavoro dello stabilimento attuale.

MATRICE FROM TO CHART (viaggi/anno)																				TRASP.			BILANC.		TOT.
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT				
M1						1308	4013						1578									4013	2878	6891	
M2						2138		3671		4524			4524	817								4524	4524	9048	
M3								1144														3671	2955	6626	
M4																						1144		1144	
M5										11049									7446			11049	10867	21916	
M6	1308		2138		3421	3421	118	192	307										3482			7484	3482	10966	
M7	2740					118					194				207	104		768			3937		8068		
M8						192					292	4715										5007	192	5199	
M9						307					661	10695										11356	307	11663	
M10		4308									216										4308	4524	4308	8832	
M11	138	216	177		650								38		22	65	18	39			1363	1363	2726		
M12			2778		10217			192	307				574		159	916	267				15410	15410	30820		
MIN1	1570		321	291																		2182	2182	2182	
MIN2		4524																				4524		4524	
MIN3	218		817	170																		1205		1205	
MIN4	110		218	575	182																	1085		1085	
MIN5			177	108																		285		285	
MIN6	807			7446																		8253		8253	
MIN7						3482																3482		3482	
MIN8																						248		248	
MOUT							3937			4308	1363	15410									248	248	0	25266	
TRASP.	4013	4524	3671	1144	11049	3482	4131	5007	11356	4524	1363	15410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25266			
BILANC.	2878	4524	2955		10867	7484	3937	192	307	4308	1363	15410	2182	4524	1205	1085	285	8253	3482	248				170429	
TOT.	6891	9048	6626	1144	21916	10966	8068	5199	11663	8832	2726	30820	2182	4524	1205	1085	285	8253	3482	248	25266			170429	

Fig. 6.26 – Matrice dei flussi totali.

All'interno della matrice: con le caselle gialle e le scritte nere sono indicati gli spostamenti eseguiti con il carroponete per il trasporto dei prodotti, con le caselle gialle e le scritte rosse sono indicati i viaggi di ribilanciamento del carroponete, con le caselle bianche e le scritte in nero sono indicati i viaggi del transpallet per il trasporto dei prodotti mentre con le caselle bianche e le scritte in rosse sono indicati i viaggi di ribilanciamento del transpallet. Ai lati della matrice sono indicati i viaggi di

trasporto dovuti ai flussi di materiale (indicati con TRASP), i viaggi di ribilanciamento (indicati con BILANC.) e i flussi totali entranti e uscenti da ogni reparto (indicati con TOT.).

Dalla pianta dello stabilimento, seguendo la rete di percorsi si ricava la matrice delle distanze.

MATRICE DELLE DISTANZE (m)																			TRASP.	BILANC.	TOT.					
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT					
M1						30	20				15		12										20	42	62	
M2						40		6					6,5										15	6,5	21,5	
M3								10						12									6	57	63	
M4						57				14,5													10		10	
M5						50,5	50,5	33	41,5										2,5				14,5	59,5	74	
M6	30			40		57									73,5	71					63	2,5	252	2,5	254,5	
M7	20					33					46												60,5	278	338,5	
M8						41,5					30	28											58	33	91	
M9											16	30											46	41,5	87,5	
M10		15									44												60	15	75	
M11	65	57,5	36		21								74		49,5	113	16,5	20,5					56,5	453	509,5	
M12			31,5		35			26	29,5				57,5		43,5	100	12						44		379	
MIN1	12		89	94																					195	
MIN2		6,5																							6,5	
MIN3	94		17	23																					134	
MIN4	82		83,5	88	130,5																				384	
MIN5			19,5	23,5																					43	
MIN6	82				2,5																				84,5	
MIN7						2,5																			2,5	
MIN8																									24,5	
MOUT																										24,5
TRASP	300	6,5	249	228,5	190	2,5	70,5	49	56	15	136	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155,5		
BILANC.	85	72,5	67,5		56	252	14,5	26	29,5	16	56,5	44	143,5	6,5	183,5	284	28,5	86	2,5	24,5						
TOT.	385	79	316,5	228,5	246	254,5	85	75	85,5	31	192,5	102	143,5	6,5	183,5	284	28,5	86	2,5	24,5	155,5		2995		2995	

Fig. 6.27 – Matrice delle distanze.

Avendo posto le velocità di movimentazione e i tempi di carico e scarico dei sistemi di trasporto si ricava la matrice dei tempi.

$$velocità\ carro\ ponte = 0.5\ m/s$$

$$velocità\ transpallet = 1.5m/s$$

$$tempo\ carico\ e\ scarico\ carro\ ponte = 60s$$

$$tempo\ carico\ e\ scarico\ transpallet = 30s$$

MATRICE DEI TEMPI (s)																			TRASP.	BILANC.	TOT.				
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT				
M1		0	0	0	0	60	43,3333	0	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43,333333	144	187,333333
M2	0		0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	73	113
M3	0	0		0	0	80	0	34	0	0	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	34	174	208
M4	0	0	0		0	0	0	36,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,666667		36,666667
M5	0	0	0	0		118	0	0	39,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179		39,666667
M6	120	0	140	0	174	161	126	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	864	65	929	
M7	13,3333	0	10	0	0	101	0	0	60,6667	0	0	0	49	47,3333	0	42	0	0	0	0	0	39,6667	100,333333	252,6667	353
M8	0	0	0	0	0	66	0	0	50	48,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,666667	66	164,666667	
M9	0	0	0	0	0	83	0	0	40,6667	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,666667	83	173,666667	
M10	0	0	0	0	0	0	0	0	59,3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,6667	100	10	110	
M11	43,3333	38,3333	24	0	14	0	0	0	0	0	0	49,3333	33	75,3333	11	13,6667	0	0	0	0	0	67,6667	67,666667	302	369,666667
M12	0	0	21	23,3333	0	17,3333	19,6667	0	0	38,3333	29	66,6667	8	0	0	0	0	0	0	0	59,3333	59,333333	223,3333	282,666667	
MIN1	84	0	89,3333	92,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	266		266
MIN2	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73		73
MIN3	92,6667	0	94	45,3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232		232
MIN4	84,6667	0	85,6667	88,6667	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	376		376
MIN5	0	0	43	45,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,666667		88,666667	
MIN6	84,6667	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149,666667		149,666667	
MIN7	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65		65	
MIN8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,3333		46,3333	
MOUT	0	0	0	0	0	0	0	0	10,6667	37,6667	29,3333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,3333	0	103,6667	103,666667
TRASP	466	73	452	272,3333	356	65	204,3333	196,6667	182,6667	40	210,6667	98,6667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253,6667			4546,666667
BILANC.	56,6667	48,3333	45		37,3333	504	9,666667	17,3333	19,66667	10,66667	37,66667	29,3333	171,6667	73	205	189,3333	19	120,6667	65	16,3333					
TOT.	522,6667	121,3333	497	272,3333	393,3333	509	214	214	202,3333	50,66667	248,3333	128	171,6667	73	205	189,3333	19	120,6667	65	16,3333	253,6667		4546,666667		

Fig. 6.28 – Matrice dei tempi.

Moltiplicando la matrice dei flussi per la matrice delle distanze si ricava la matrice delle distanze totali.

MATRICE DELLE DISTANZE TOTALI (m/anno)																				TRASP.	BILANC.	TOT.	
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT			
M1	0	0	0	0	29240	80260	0	0	0	0	0	188940	0	0	0	0	0	0	0	0	80260	58080	138340
M2	0	0	0	0	0	0	0	0	67860	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67860	29406	97266
M3	0	0	0	0	0	0	0	22026	0	0	0	0	0	0	13880	0	0	0	0	0	22026	99409	121435
M4	0	0	0	0	0	0	11440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11440		11440
M5	0	0	0	0	0	194997	0	160210,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18615	0	0	160210,5	213612	373822,5
M6	39240	0	85520	0	194997	5959	6336	12740,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8705	0	0	344792,5	8705	353497,5
M7	54800	0	0	0	0	5959	0	0	8924	0	0	0	0	0	15214,5	7384	0	48384	0	0	66010,5	131741,5	197752
M8	0	0	0	0	0	6336	0	0	8760	132020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140780	6336	147116
M9	0	0	0	0	0	12740,5	0	0	10576	320850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331426	12740,5	344166,5
M10	0	64620	0	0	0	0	0	0	0	9504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68928	78432	143052
M11	8970	12420	6372	0	13650	0	0	0	0	0	0	2812	0	1089	7345	297	799,5	0	0	0	77009,5	53754,5	130764
M12	0	0	87507	0	357395	0	0	4992	9056,5	0	0	0	33904	6916,5	91600	3204	0	0	0	0	678040	678040	1271916
MIN1	18840	0	28569	27354	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74763		74763
MIN2	0	29406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29406		29406
MIN3	20492	0	13889	3910	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38291		38291
MIN4	9020	0	18203	50600	23751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101574		101574
MIN5	0	0	3451,5	2538	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5989,5		5989,5
MIN6	66174	0	0	0	18615	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84789		84789
MIN7	0	0	0	0	0	8705	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8705		8705
MIN8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6076		6076
MOUT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6076	6076
TRASP.	153766	29406	149632,5	84402	237363	8705	86219	39802	172951	67860	37764	452870	0	0	0	0	0	0	0	0	887140		887140
BILANC.	63770	77040	93879	371245	344792,5	57086,5	4992	9056,5	68928	77009,5	678040	54657	29406	37109	106329	3501	67798,5	8705	6076	0	887140		887140
TOT.	217536	106446	243511,5	84402	608608	353497,5	143305,5	44794	182007,5	136788	114773,5	1130910	54657	29406	37109	106329	3501	67798,5	8705	6076	887140	4567301	

Fig. 6.29 – Matrice delle distanze totali.

Allo stesso modo moltiplicando la matrice dei flussi per la matrice dei tempi si ricava la matrice dei tempi totali.

MATRICE DEI TEMPI TOTALI (s/anno)																				TRASP.	BILANC.	TOT.	
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT			
M1	0	0	0	0	78480	173896,7	0	0	0	0	0	131880	0	0	0	0	0	0	0	0	173896,6667	210360	384256,6667
M2	0	0	0	0	0	0	0	0	180960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180960	330252	511212
M3	0	0	0	0	171048	0	124814	0	0	0	0	0	0	0	76798	0	0	0	0	0	124814	247838	372652
M4	0	0	0	0	0	0	41946,667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41946,66667		41946,66667
M5	0	0	0	0	0	399994	0	438277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	438277	873984	1312261
M6	156960	0	299320	0	595254	18996	24192	43901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1138625	226330	1364955
M7	36533,33	0	0	0	11911	0	0	0	11769,33	0	0	0	0	10143	4922,667	0	32256	0	0	0	167937	95773	263710
M8	0	0	0	0	12672	0	0	0	14600	229463,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	244063,3333	12672	256735,3333
M9	0	0	0	0	25481	0	0	0	26880,67	534750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	561630,6667	25481	587111,6667
M10	0	43080	0	0	0	0	0	0	0	12816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175192	188008	363200
M11	5980	8280	4248	0	9100	0	0	0	0	0	1874,667	0	226	4896,667	398	533	0	0	0	0	92229,6667	35836,33	128066
M12	0	0	58338	0	238390,7	0	3328	6037,667	0	0	0	29003,33	0	4611	61066,667	2136	0	0	0	0	914326,7	399917,3	1310244
MIN1	131880	0	28676	26966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187522		187522
MIN2	0	330252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330252		330252
MIN3	20201,33	0	76798	7706,667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104706		104706
MIN4	9313,333	0	18675,333	50983,33	21294	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100266		100266
MIN5	0	0	7611	4932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12543		12543
MIN6	68326	0	0	0	483990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	552316		552316
MIN7	0	0	0	0	0	228330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226330		226330
MIN8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11490,6667		11490,6667
MOUT	0	0	0	0	0	0	0	38057,67	0	0	45952	51339,67	452026,7	0	0	0	0	0	0	0	4050,667		4050,667
TRASP.	386680,7	330252	431080,33	90588	1100538	226330	192894,7	190952,7	482178	180960	66066	764213,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1349407		1349407
BILANC.	42513,33	51360	62586	247496,7	689585	38057,67	3328	6037,667	45952	51339,67	452026,7	155758	330252	92278	70886	2334	516779	226330	4050,667	0	8881090,667		8881090,667
TOT.	429194	381612	493666,33	90588	1348035	915915	230952,3	194280,7	488215,7	226912	117405,7	1216240	155758	330252	92278	70886	2334	516779	226330	4050,667	1349407	8881090,667	

Fig. 6.30 – Matrice dei tempi totali.

A questo punto si ricavano le funzioni obiettivo relative a tempo totale e distanze totali del sistema di trasporto relative a tempo e distanza totale del sistema di trasporto e tempo e distanza totale dovuta al puro trasporto dei prodotti senza considerare i ribilanciamenti.

*Funzioni obiettivo*

*tempo totale sistema di trasporto = 148018min/anno*

*distanza totale sistema di trasporto = 4567.3km/anno*

*tempo puro trasporto prodotti = 95636min/anno*

*distanza totale sistema di trasporto = 2407.9km/anno*

*KPI di veicolo*

*tempo totale carroponete = 72112min/anno*

*distanza totale carroponete = 868.5km/anno*

*tempo totale transpallet + muletto = 75906min/anno*

*distanza totale transpallet + muletto = 3698.8km/anno*

Noti il numero di carriponte il numero di transpallet si ricavano i KPI del singolo veicolo.

*numero carro ponte = 9*

*numero transpallet = 4*

*numero transpallet elettrici = 1*

*numero muletto = 1*

*tempo 1 carro ponte = 8012.4min/anno*

*distanza 1 carro ponte = 96.5km/anno*

*tempo 1 transpallet + muletto = 12651min/anno*

*distanza 1 transpallet + muletto = 616.5km/anno*

### *KPI di stabilimento*

Dalla pianta dello stabilimento sono note le dimensioni delle aree di stoccaggio. Inoltre dalla politica di trasporto sono note le dimensioni di un pallet di tipo EPAL. Da sinistra a destra sono indicate le dimensioni delle aree di stoccaggio, gli indici di flusso delle varie aree, l'area richiesta e gli indici di saturazione.

	l1 (m)	l2 (m)	A (m²)	INDICI DI FLUSSO		AREA RICHIESTA		INDICI DI SAT.	
					pal.t/m²		m²		
M1	10,5	2	21	FI1	0,868615	A1	17,51127	SI1	0,83387
M2	16	1,5	24	FI2	0,856818	A2	19,74109	SI2	0,822545
M3	24	1,5	36	FI3	0,46351	A3	16,01891	SI3	0,44497
M4	3,5	1,5	5,25	FI4	0,990476	A4	4,992	SI4	0,950857
M5	13,5	2	27	FI5	1,860101	A5	48,21382	SI5	1,785697
M6	68	2	136	FI6	0,183255	A6	23,92582	SI6	0,175925
M7	7	2	14	FI7	1,341234	A7	18,02618	SI7	1,287584
M8	5	1	5	FI8	4,551818	A8	21,84873	SI8	4,369745
M9	7	2,5	17,5	FI9	2,94961	A9	49,55345	SI9	2,831626
M10	7	1,5	10,5	FI10	1,958442	A10	19,74109	SI10	1,880104
M11	11	2,5	27,5	FI11	0,225289	A11	5,947636	SI11	0,216278
M12	7	2	14	FI12	5,003247	A12	67,24364	SI12	4,803117
MIN1	7,5	1	7,5	FIIN1	1,322424	AIN1	9,521455	SIIN1	1,269527
MIN2	10	2	20	FIIN2	1,028182	AIN2	19,74109	SIIN2	0,987055
MIN3	10	1	10	FIIN3	0,547727	AIN3	5,258182	SIIN3	0,525818
MIN4	14,5	6,5	94,25	FIIN4	0,052327	AIN4	4,734545	SIIN4	0,050234
MIN5	8	1	8	FIIN5	0,161932	AIN5	1,243636	SIIN5	0,155455
MIN6	23	1	23	FIIN6	1,631028	AIN6	36,01309	SIIN6	1,565787
MIN7	73	1	73	FIIN7	0,216812	AIN7	15,19418	SIIN7	0,208139
MIN8	13	2	26	FIIN8	0,043357	AIN8	1,082182	SIIN8	0,041622
MOUT	6	6	36	FIOUT	3,190152	AOUT	110,2516	AOUT	3,062545
EPAL	1,2	0,8	0,96						

**Fig. 6.31 – Area disponibile, indici di flusso, aree richieste, indici di saturazione.**

### *KPI di prodotto*

Si determinano i KPI di prodotto. Da sinistra a destra sono elencati: i KPI relativi alla distanza percorsa da un prodotto e la distanza totale percorsa dai prodotti; i KPI relativi ai tempi di trasporto per un prodotto e il tempo totale percorso dai prodotti; i KPI relativi ai flussi percorsi da un prodotto e i flussi totali percorsa dai prodotti;

DIST 1 PROD.		DIST. TOTALE		TEMPO 1 PROD.		TEMPO TOTALE		FLUSSI 1 PROD.		FLUSSI TOTALI	
m/pz		m		s/pz		s		flussi/pz		flussi	
Dp1	11,31392	DP1	7965	TP1	44,52936	TP1	31348,67	Fp1	0,502841	FP1	354
Dp2	17,93223	DP2	20640	TP2	49,87663	TP2	57408	Fp2	0,667246	FP2	768
Dp3	19,66667	DP3	36226	TP3	52,88889	TP3	97421,33	Fp3	0,666667	FP3	1228
Dp4	25,90241	DP4	9687,5	TP4	54,69251	TP4	20455	Fp4	0,759358	FP4	284
Dp5	10,96144	DP5	81860	TP5	39,26486	TP5	293230	Fp5	0,583557	FP5	4358
Dp6	22,46659	DP6	10087,5	TP6	42,70601	TP6	19175	Fp6	0,668151	FP6	300
Dp7	7,753458	DP7	69517,5	TP7	27,84575	TP7	249665	Fp7	0,500223	FP7	4485
Dp8	37,80159	DP8	2381,5	TP8	46,15344	TP8	2907,667	Fp8	0,698413	FP8	44
Dp9	21,41667	DP9	26599,5	TP9	29,27778	TP9	36363	Fp9	0,5	FP9	621
Dp10	38,34375	DP10	1227	TP10	48,0625	TP10	1538	Fp10	0,75	FP10	24
Dp11	19,51047	DP11	12116	TP11	28,07944	TP11	17437,33	Fp11	0,502415	FP11	312
Dp12	34,52597	DP12	7975,5	TP12	43,27706	TP12	9997	Fp12	0,675325	FP12	156
Dp13	19,4251	DP13	89472	TP13	27,95658	TP13	128768	Fp13	0,500217	FP13	2304
Dp14	20,41208	DP14	26352	TP14	40,15492	TP14	51840	Fp14	0,669249	FP14	864
Dp15	6,250725	DP15	161550	TP15	25,61408	TP15	661996	Fp15	0,500058	FP15	12924
Dp16	24,219	DP16	29692,5	TP16	57,5	TP16	70495	Fp16	0,725122	FP16	889
Dp17	24,39395	DP17	470608	TP17	57,45635	TP17	1108448	Fp17	0,722372	FP17	13936
Dp18	36,80769	DP18	2392,5	TP18	44,84615	TP18	2915	Fp18	0,676923	FP18	44
Dp19	36,64286	DP19	37449	TP19	44,50685	TP19	45486	Fp19	0,669276	FP19	684
Dp20	14,92226	DP20	39827,5	TP20	35,5133	TP20	94785	Fp20	0,666916	FP20	1780
Dp21	15,16847	DP21	637091	TP21	35,67091	TP21	1498214	Fp21	0,666746	FP21	28004
Dp22	32,65714	DP22	3429	TP22	42,34286	TP22	4446	Fp22	0,685714	FP22	72
Dp23	29,36919	DP23	48048	TP23	39,60391	TP23	64792	Fp23	0,667482	FP23	1092
Dp24	21,54918	DP24	1314,5	TP24	36,00546	TP24	2196,333	Fp24	0,721311	FP24	44
Dp25	17,5922	DP25	16695	TP25	31,83351	TP25	30210	Fp25	0,670179	FP25	636
Dp26	31,34709	DP26	6457,5	TP26	41,28641	TP26	8505	Fp26	0,679612	FP26	140
Dp27	28,35959	DP27	91800	TP27	38,92493	TP27	126000	Fp27	0,667285	FP27	2160
Dp28	21,53846	DP28	840	TP28	35,89744	TP28	1400	Fp28	0,717949	FP28	28
Dp29	17,64156	DP29	10655,5	TP29	31,82726	TP29	19223,67	Fp29	0,668874	FP29	404
Dp30	22,32073	DP30	17120	TP30	54,09822	TP30	41493,33	Fp30	0,750978	FP30	576
Dp31	19,8783	DP31	239692,5	TP31	52,42536	TP31	632145	Fp31	0,750124	FP31	9045
Dp32	31,56522	DP32	3630	TP32	41,91304	TP32	4820	Fp32	0,695652	FP32	80
Dp33	27,84875	DP33	50267	TP33	38,57692	TP33	69631,33	Fp33	0,667036	FP33	1204
Dp34	18,31229	DP34	5365,5	TP34	41,08419	TP34	12037,67	Fp34	0,668942	FP34	196
Dp35	15,83333	DP35	72960	TP35	39,33333	TP35	181248	Fp35	0,666667	FP35	3072
Dp36	29,33333	DP36	2288	TP36	39,55556	TP36	3085,333	Fp36	0,666667	FP36	52
Dp37	26,98248	DP37	33107,5	TP37	38,03722	TP37	46671,67	Fp37	0,668297	FP37	820
Dp38	19,25	DP38	1232	TP38	33,45833	TP38	2141,333	Fp38	0,6875	FP38	44
Dp39	16,26633	DP39	16185	TP39	30,86432	TP39	30710	Fp39	0,667337	FP39	664
Dp40	3,512139	DP40	6076	TP40	6,642004	TP40	11490,67	Fp40	0,143353	FP40	248

**Fig. 6.32 – Distanza per ogni prodotto, distanza totale, tempo per ogni prodotto, tempo totale, flusso per ogni prodotto, flusso totale.**

### Costo diretto del sistema di trasporto

Come ultima fase si determina il costo imputabile direttamente alla politica di trasporto. Eseguendo l’assegnazione dei costi sulla base del tempo di utilizzo.

### Costo del carroponete imputabile al trasporto

Il carroponete viene utilizzato per le operazioni di trasporto ma anche per le operazioni di piazzamento e pesatura. Nei reparti di taglio delle campate uno e tre arrivano le strisce di lamiera, le barre oppure gli spezzoni che vengono piazzati sulla segatrice, da queste poi si ricavano i pezzi che successivamente vengono pesati. Dal campo si stimano i tempi medi di piazzamento e pesatura.

$$\text{tempo 1 piazzamento} = 3\text{min}/\text{striscia}$$

$$\text{tempo 1 pesatura} = 1\text{min}/\text{pz}$$

Per i prodotti da P4 a P39 per ogni striscia corrisponde un flusso, si suppone che per ogni striscia ci sia un piazzamento.

$$\text{striscie anno} = 24401 \text{ strisce} / \text{anno}$$

Sempre per i prodotti da P4 a P39 si ricava il numero di pezzi che devono essere tagliati ogni anno.

$$\text{pezzi anno} = 146310\text{pz}/\text{anno}$$

Il tempo totale di piazzamento annuo e il tempo totale di pesatura vale:

$$\text{tempo piazzamento} = 24401 * 3 = 75900\text{min}/\text{anno}$$

$$\text{tempo di pesatura} = 146310 * 1 = 146310\text{min/anno}$$

La stessa cosa avviene per i prodotti della campata due ossia per i prodotti da P1 a P3. Sapendo che per ogni flusso corrisponde una lamiera da MIN7 a M6 e che per ogni flusso in uscita si ha un pezzo che deve essere pesato si ricava il tempo di piazzamento totale. Dal campo si stimano il tempo di pesatura del pezzo pronto e il tempo di piazzamento della lamiera.

$$\text{lamiere caricate annue} = 3482\text{lamiere/anno}$$

$$\text{strisce pesate annualmente} = 617\text{strisce/anno}$$

$$\text{tempo 1 piazzamento} = 40\text{min/lamiera}$$

$$\text{tempo 1 pesatura} = 5\text{min/pz}$$

$$\text{tempo piazzamento} = 3482 * 40 = 139280\text{min/anno}$$

$$\text{tempo di pesatura} = 617 * 5 = 3085\text{min/anno}$$

Il carroponte viene utilizzato anche per le operazioni di scarico lamiera. Dal reparto spedizioni è stato ricavato che mediamente arrivano dai due ai tre camion a settimana per il rifornimento di materia prima. Stimato il tempo di scarico di un camion si ricava il tempo annuo per le operazioni di scarico lamiera.

$$\text{numero di camion settimana} = 3\text{camion/settimana}$$

$$\text{numero di camion anno} = 132\text{camion/anno}$$

Dal campo si stima che il tempo medio di scarico di un camion.

$$\text{tempo di scarico camion} = 60\text{min/camion}$$

Si ricava ora il tempo totale di scarico.

$$\text{tempo totale di scarico} = 60 * 132 = 7920\text{min/anno}$$

Infine si ricava il tempo totale di trasporto della risorsa carroponte.

$$\text{tempo trasporto carroponte} = 72112\text{min/anno}$$

Infine si calcola il tempo totale di utilizzo del carroponte.

$$T_{tot.} = 73203 + 146310 + 139280 + 3085 + 7920 + 72112 = 441910\text{min/anno}$$

Si calcola ora la quota parte di costo del carroponte attribuibile direttamente al trasporto.

$$\text{numero carroponte} = 9$$

$$\text{costo annuo carroponte} = 6000\text{€/anno}$$

$$\text{costo carroponte trasporto} = 6000 * 9 * \frac{72112}{441910} = 8811.8\text{€/anno}$$

*Costo dei transpallet e del muletto imputabili al trasporto*

Mentre i transpallet si suppone che vengano utilizzati esclusivamente per il trasporto del materiale tra le varie macchine e le aree di stoccaggio. Il muletto viene utilizzato sia per le operazioni di carico che

per le operazioni di scarico, definire la quota di operazioni eseguite con il muletto e quelle eseguite con il transpallet è molto difficile per questo si suppone che siano un unico sistema di trasporto. Anche per quanto riguarda il muletto stimare la quota del tempo di utilizzo muletto attribuibile al trasporto e la parte del tempo che è attribuibile allo scarico di materia prima o altre operazioni è molto difficile. Da informazioni fornite dal reparto logistica si suppone che il 60% del tempo del muletto sia utilizzato per operazioni di carico. Si vuole fare notare che il numero di transpallet elettrici in azienda è due, tuttavia uno di essi è fisso al reparto di fresatura e non viene utilizzato per operazioni di trasporto, mentre l'altro è utilizzato dal reparto spedizioni e viene impiegato per trasportare il materiale nello stabilimento.

$$\text{costo transpallet elettrico} = 500\text{€/anno}$$

$$\text{costo transpallet} = 100\text{€/anno}$$

$$\text{numero transpallet elettrici} = 1$$

$$\text{numero transpallet} = 4$$

$$\text{costo totale transpallet} = 1 * 500 + 4 * 100 = 900\text{€/anno}$$

Come per i transpallet elettrici anche il numero dei muletti in azienda è due ma sono di taglie differenti. Quello più grande viene utilizzato raramente e prevalentemente per le operazioni di scarico e quindi non incide sul trasporto vero e proprio impostato nel modello; quello più piccolo è utilizzato sia per le operazioni di carico che per le operazioni di scarico dei pallet e quindi anche per il trasporto dei prodotti nello stabilimento.

$$\text{costo muletto} = 3500\text{€/anno}$$

$$\text{numero muletto} = 1$$

$$\text{costo muletto per trasporto} = 3500 * \frac{60}{100} = 2100\text{€/anno}$$

#### *Costo degli operatori attribuibile al trasporto*

Gli operatori trasportano il materiale, piazzano i pezzi, pesano i prodotti, scaricano le lamiere, dalla precedente paragrafo si ricava il tempo totale di utilizzo degli operatori dei reparti di taglio.

$$\text{tempo piazzamento} = 73203\text{min/anno}$$

$$\text{tempo di pesatura} = 146310\text{min/anno}$$

$$\text{tempo piazzamento} = 139280\text{min/anno}$$

$$\text{tempo di pesatura} = 3085\text{min/anno}$$

$$\text{tempo totale di sarico lamiera} = 60 * 132 = 7920\text{min/anno}$$

A questi si aggiunge il tempo di utilizzo del reparto spedizioni. Per determinare il tempo dedicato dal reparto spedizioni MOUT si considerano tutte le operazioni di stabilizzazione di scarico dei pallet e di carico.

$$\text{pallet spediti all'anno} = 25266 \text{ pallet/anno}$$

$$\text{pallet scaricati al giorno} = 80 \text{ pallet/giorno}$$

Dal campo si ricava il tempo di stabilizzazione e il tempo di scarico di un pallet.

$$\text{tempo stabilizzazione e carico} = 2.5 \text{ min/pallet}$$

$$\text{tempo scarico} = 2 \text{ min/pallet}$$

$$\text{tempo di stabilizzazione e carico totale} = 25266 * 2.5 = 63165 \text{ min/anno}$$

$$\text{tempo totale di scarico} = 80 * 2 * 220 = 35200 \text{ min/anno}$$

Dalla analisi si ricava il tempo totale del sistema di trasporto:

$$\text{tempo totale di trasporto} = 148018 \text{ min/anno}$$

Il tempo totale degli operatori si determina sommando tutti i tempi precedenti.

$$\begin{aligned} \text{tempo operatori totale} &= 73203 + 146310 + 139280 + 3085 + 7920 + 63165 + 35200 + 148018 \\ &= 616181 \text{ min/anno} \end{aligned}$$

si determina ora la quota parte del costo di trasporto relativa agli operatori:

$$\text{numero operatori} = 12$$

Gli operatori in produzione sono 14 ma uno è del reparto di fresatura, l'altro è addetto solamente alla preparazione dei pallet dei pezzi web e nessuno dei due trasporta materiale quindi non sono considerati nel costo globale del sistema di trasporto.

$$\text{costo operatore} = 30000 \text{ €/anno}$$

$$\text{costo operatore per sistema di trasporto} = 12 * 30000 * \frac{148018}{616181} = 86479 \text{ €/anno}$$

Si determina il costo totale annuo del sistema di trasporto e dividendo per il numero di chilogrammi di materiale venduto si ricavano i costi di trasporto al chilo, dividendo per i pezzi si ricavano i costi di trasporto al pezzo.

$$\text{costo totale} = 8811.8 + 900 + 2100 + 86479 = 98291 \text{ €/anno}$$

$$\text{costo al chilo} = \frac{98482}{3752974 + 13000} = 0.026 \text{ €/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = \frac{119065}{150000 + 1730} = 0.65 \text{ €/pezzo}$$

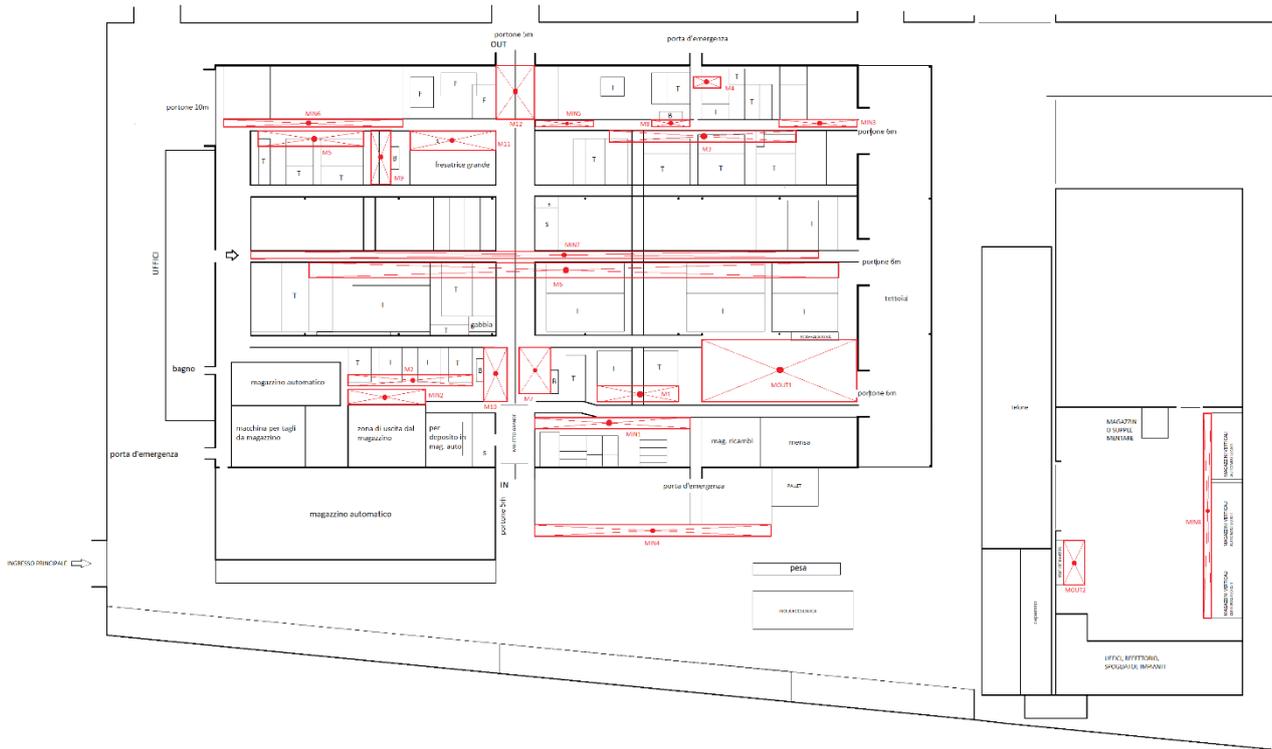
### *Considerazioni analisi dei flussi*

Un dato fondamentale per verificare la bontà della modellazione (oltre che il numero di pallet movimentati, il numero di lamiera caricate e il numero di pezzi prodotti uscenti) è la valutazione degli indici di saturazione di alcune aree. Come si può vedere esistono aree che sono fortemente sottodimensionate il che costringe spesso gli operatori a sistemare i pallet al di fuori di queste in quanto sature. Le aree dove a priori ci si aspettava degli alti livelli di saturazione erano quelle relative a MOUT, M12, M10, M7, e così è stato. In questo caso particolare le aree di stoccaggio delle macchine che sono sature (che hanno un indice di saturazione superiore a uno) sono quelle di M1, M4, M5, M7, M8, M9, M10, M12; mentre le aree sature delle zone di stoccaggio del magazzino sono: MIN1, MIN6 e MOUT. Non tutte le aree sature elencate sono significative in quanto non sempre tutto il materiale movimentato passa su queste superfici, spesso accade che il materiale proveniente dal magazzino venga caricato direttamente in macchina e dopo lo scarico torni direttamente in magazzino senza passare dalle aree di stoccaggio. Ci sono superfici che risultano molto sature che però hanno una rotazione molto alta, come quelle di M8 e M9 che in realtà non sono sature come mostra il modello. Si ricorda che lo studio deve valutare lo spostamento solamente di alcuni reparti perciò su determinate aree di stoccaggio non si potrà agire anche se sono state rilevate criticità. Per quanto riguarda l'analisi degli indici di saturazione ha senso dunque valutare solamente quelle sulle quali si potrà andare ad agire ossia: M1, M7, M9, M10, M12. Il ridimensionamento di queste aree sarà eseguito nelle simulazioni successive.

#### *6.2.4. Re-layout 1*

In questo caso si studia la variazione dei flussi dello stabilimento qualora si operasse lo spostamento del reparto spedizioni al di sotto della tettoia e i prodotti venduti via internet venissero stoccati nel nuovo stabilimento. Lo spazio che si libererebbe spostando MOUT e MIN8 verrebbe occupato da MIN1 (in questo modo non si sacrifica spazio per lo stoccaggio del materiale). Una macchina che richiede uno spostamento è la macchina M7, se la si lasciasse nella posizione precedente produrrebbe un incremento delle distanze percorse dai materiali ingiustificato in quanto tutti i prodotti da M1 vanno verso M7 e poi verso MOUT. Spostando il reparto spedizioni sotto alla tettoia si crea la necessità di riposizionare il muletto di grandi dimensioni (che viene utilizzato per lo scarico delle lamiera dai camion) che verrebbe collocato a ridosso del portone dove ora c'è l'ingresso per i veicoli che devono entrare nel capannone. Il progetto di riassetto logistico prevede la completa riasfaltatura del piazzale dove verrebbe spostata la pesa per i camion, accanto a essa verrebbe posizionata l'isola ecologica. Si verrebbero a creare due passaggi: uno per l'accesso ai camion nel nuovo stabilimento (per lo stoccaggio e la vendita dei pezzi web), l'altro per l'accesso ai camion diretti sotto alla tettoia nel vecchio stabile. Questo comporta l'obbligo di spostare l'area di stoccaggio MIN4 che verrebbe collocata a ridosso dello stabilimento in posizione esterna. Durante il riposizionamento è stato mantenuto uno spazio di circa 5,5m tra le aree di stoccaggio del materiale e la pesa per permettere un agile passaggio sia ai camion che al muletto grande qualora si richiedesse il suo intervento ma ci fosse già un camion sulla pesa. Attualmente sotto alla tettoia sono stoccati molti materiali, con lo spostamento della zona spedizione in quest'area si perderebbe parte di questa superficie utile servita dal carroponete per poter permettere il carico e lo scarico del materiale. La superficie per lo stoccaggio lamiera dovrebbe rimanere inalterata o quasi perché per movimentare questi oggetti c'è la necessità di utilizzare un carroponete che sia in grado di sollevare il materiale mentre l'area di stoccaggio frontale alla MOUT1 dovrebbe essere dismessa per facilitare le operazioni di carico e scarico con il

muletto. Le operazioni di carico e scarico delle lamiere invece avverrebbero di fronte al portone della campata due in quanto dotare delle attrezzature necessarie per la loro movimentazione.



**Fig. 6.33 – Pianta del nuovo stabilimento.**

Come si vede sono state separate le zone di stoccaggio relative alle due zone spedizione in quanto facenti parte di due stabilimenti diversi, inoltre è stato considerato l'incremento dei flussi dovuto al nuovo servizio web. Questa nuova situazione è stata considerata nella fase di definizione dei cicli di lavoro e nella trattazione delle matrici fino al calcolo dei KPI e dei costi del sistema di trasporto.

MATRICE FROM TO CHART (viaggi/anno)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2	TRASP.	BILANC.	TOT.		
M1							1308	4013						1570										4013	2878	6891		
M2											4524				4524										4524	4524	9048	
M3							2138		3671							817									3671	2955	6626	
M4									1144																1144	1144	1144	
M5							3421	1421		11049															11049	10867	21916	
M6	1308		2138					118	192	307															7484	3482	10966	
M7	2740						112					194				207	104						3937		4131	3937	8068	
M8								192			292	4715													5007	192	5199	
M9								302				661	10695												11356	307	11663	
M10			4308									216													4524	4308	8832	
M11	138	216	177		650										38	22	65	18		39				1363	1363	2726		
M12			2778		10217				192	307															15410	15410	30820	
MIN1		1570		321	291																					2182	2182	
MIN2			4524																							4524	4524	
MIN3		218		817	170																					1205	1205	
MIN4		110		218	575	182																				1085	1085	
MIN5			807		177	108																				285	285	
MIN6						7446																				8253	8253	
MIN7							3482																			3482	3482	
MIN8																										429	429	
MOUT1											4308	1363	15410													0	25018	25018
MOUT2																										0	429	429
TRASP.																												170791
BILANC.		4013	4524	3671	1144	11049	3482	4131	5007	11356	4524	1363	15410	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25018	429	
TOT.		6891	9048	6626	1144	21916	10966	8068	5199	11663	8832	2726	30820	2182	4524	1205	1085	285	8253	3482	429				0	429	429	

**Fig. 6.34 – Matrice dei flussi.**



MATRICE DEI TEMPI TOTALI (h/anno)																				TRASP.	BILANC.	TOT.			
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2				
M1	0	0	0	0	28488	157844,7	0	0	0	0	0	119320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157844,7	197800	355644,7	
M2	0	0	0	0	0	0	0	0	188500	0	0	0	330252	0	0	0	0	0	0	0	0	188500	330252	518752	
M3	0	0	0	0	171048	0	124814	0	0	0	0	0	0	0	76798	0	0	0	0	0	0	124814	247838	372652	
M4	0	0	0	0	0	0	41946,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41946,67	41946,67	41946,67	
M5	0	0	0	0	389994	0	0	438277	0	0	0	0	0	0	0	0	483990	0	0	0	0	438277	873984	1312261	
M6	156960	0	299320	0	595254	17582	24192	43901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226330	0	0	0	1137209	226330	1363539	
M7	25573,33	0	0	0	0	129507	0	0	0	15132	0	0	0	14214	5373,333	0	47872	0	0	149606	0	164738	103534,7	268272,7	
M8	0	0	0	0	12672	0	0	0	14600	218461,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233061,7	12672	245733,7	
M9	0	0	0	0	25481	0	0	0	26880,67	509795	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	536675,7	25481	562156,7	
M10	0	50260	0	0	0	0	0	0	12816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267096	0	279912	50260	330112	
M11	6072	8856	4248	0	9100	0	0	0	0	0	1532,667	0	0	726	6153,333	196	533	0	0	121307	0	121307	121307	158726	
M12	0	0	58338	0	238396,7	0	3328	6037,667	0	0	0	21238	0	4664	82440	1869	0	0	0	1320123	0	1320123	416311,3	1736435	
MIN1	119320	0	26322	24638	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170280	0	170280	
MIN2	0	330252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330252	0	330252	
MIN3	20492	0	76798	7706,667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104996,7	0	104996,7	
MIN4	9166,667	0	22308,67	61141,67	24934	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117551	0	117551	
MIN5	0	0	7611	4932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12543	0	12543	
MIN6	68595	0	0	0	483990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	552585	0	552585	
MIN7	0	0	0	0	226330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226330	0	226330	
MIN8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19877	0	19877	
MOUT1	0	0	0	0	0	0	31496	0	0	137856	80417	857823,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1107592	1107592
MOUT2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7007	0	7007	0	7007	
TRASP	374533,7	330252	432357,9	98418,33	1104178	226330	175426,7	190952,7	482178	188500	69428,67	728256,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1858132	19877	9915305	
BILANC.	31645,33	59116	62586	247496,7	688169	31496	3328	6037,667	137856	80417	857823,3	142090,7	330252	96402	93966,67	2067	532395	226330	7007	0	0	0	0	0	
TOT.	406179	389368	494945,7	98418,33	1351675	914499	206922,7	194280,7	488215,7	326356	149845,7	1586080	142090,7	330252	96402	93966,67	2067	532395	226330	7007	1858132	19877	9915305	0	0

Fig. 6.38 – Matrice dei tempi totali.

A questo punto si rideterminano tutte le funzioni obiettivi e i KPI fino ad arrivare al costo annuo, al costo per chilogrammo e al costo al pezzo.

*Funzioni obiettivo*

*tempo totale sistema di trasporto = 165255min/anno*

*distanza totale sistema di trasporto = 6138.4km/anno*

*tempo puro trasporto prodotti = 104647min/anno*

*distanza pura trasporto prodotti = 3143.7km/anno*

*KPI di veicolo*

*tempo totale carroponete = 71646min/anno*

*distanza totale carroponete = 854.5km/anno*

*tempo totale transpallet + muletto = 93609min/anno*

*distanza totale transpallet + muletto = 5283.9km/anno*

*tempo 1 carroponete = 7960.7min/anno*

*distanza 1 carroponete = 94.9km/anno*

*tempo 1 transpallet + muletto = 13373min/anno*

*distanza 1 transpallet + muletto = 754.8km/anno*

In questo caso il numero di transpallet elettrici passa da uno a due perché è necessario un'attrezzatura in più nel nuovo stabilimento.

## KPI di stabilimento

				INDICI DI FLUSSO		AREA RICHIESTA		INDICI DI SAT.					
	l1 (m)	l2 (m)	A (m²)	VAR. %	pallet/m²	VAR. %	m²	VAR. %		VAR. %			
M1	10,5	2	21	0	F11	0,868615	0	A1	17,51127	0	SI1	0,83387	0
M2	16	1,5	24	0	F12	0,856818	0	A2	19,74109	0	SI2	0,822545	0
M3	24	1,5	36	0	F13	0,46351	0	A3	16,01891	0	SI3	0,44497	0
M4	3,5	1,5	5,25	0	F14	0,990476	0	A4	4,992	0	SI4	0,950857	0
M5	13,5	2	27	0	F15	1,860101	0	A5	48,21382	0	SI5	1,785697	0
M6	68	2	136	0	F16	0,183255	0	A6	23,92582	0	SI6	0,175925	0
M7	7,5	3,5	26,25	87,5	F17	0,715325	-46,6667	A7	18,02618	0	SI7	0,686712	-46,6667
M8	5	1	5	0	F18	4,551818	0	A8	21,84873	0	SI8	4,369745	0
M9	7	2,5	17,5	0	F19	2,94961	0	A9	49,55345	0	SI9	2,831626	0
M10	7	3	21	100	F10	0,979221	-50	A10	19,74109	0	SI10	0,940052	-50
M11	11	2,5	27,5	0	F111	0,225289	0	A11	5,947636	0	SI11	0,216278	0
M12	7	5,5	38,5	175	F112	1,819362	-63,6364	A12	67,24364	2,11E-14	SI12	1,746588	-63,6364
MIN1	20	1,5	30	300	FIIN1	0,330606	-75	AIN1	9,521455	0	SIIN1	0,317382	-75
MIN2	10	2	20	0	FIIN2	1,028182	0	AIN2	19,74109	0	SIIN2	0,987055	0
MIN3	10	1	10	0	FIIN3	0,547727	0	AIN3	5,258182	0	SIIN3	0,525818	0
MIN4	31	1,5	46,5	-50,6631	FIIN4	0,106061	102,6882	AIN4	4,734545	0	SIIN4	0,101818	102,6882
MIN5	8	1	8	0	FIIN5	0,161932	0	AIN5	1,243636	0	SIIN5	0,155455	0
MIN6	23	1	23	0	FIIN6	1,631028	0	AIN6	36,01309	0	SIIN6	1,565787	0
MIN7	73	1	73	0	FIIN7	0,216812	0	AIN7	15,19418	0	SIIN7	0,208139	0
MIN8	27	1	27	3,846154	FIIN8	0,072222	66,57706	AIN8	1,872	72,98387	SIIN8	0,069333	66,57706
MOUT1	18	8	144	300	FIOUT1	0,78971	-75,2454	AOUT1	109,1695	-0,98156	SIOUT1	0,758121	-75,2454
MOUT2	6	3	18	/	FIOUT2	23,83333	/	AOUT2	411,84	/	SIOUT2	22,88	/
EPAL	1,2	0,8	0,96										

Fig. 6.39 – Area disponibile, indici di flusso, aree richieste, indici di saturazione.

## KPI di prodotto

DISTANZA 1 PRODOTTO			DISTANZA TOTALE			TEMPO 1 PRODOTTO			TEMPO TOTALE			FLUSSI 1 PRODOTTO			FLUSSI TOTALI		
	m/pt	VAR. %	m	VAR. %	s/pt	VAR. %	s	VAR. %	flussi/pt	VAR. %	flussi	VAR. %	flussi/pt	VAR. %	flussi	VAR. %	
Dp1	9,889205	-12,5926	DP1	6962	-12,5926	TP1	42,23864	-5,14429	TP1	29736	-5,14429	Fp1	0,502841	0	FP1	354	0
Dp2	23,93745	33,48837	DP2	27552	33,48837	TP2	53,8801	8,026756	TP2	62016	8,026756	Fp2	0,667246	0	FP2	768	0
Dp3	25,66667	30,50847	DP3	47278	30,50847	TP3	56,88889	7,563025	TP3	104789,3	7,563025	Fp3	0,666667	0	FP3	1228	0
Dp4	34,66176	33,81677	DP4	12963,5	33,81677	TP4	60,55209	10,6771	TP4	22639	10,6771	Fp4	0,759358	0	FP4	284	0
Dp5	9,544389	-12,9276	DP5	38,22017	-12,9276	TP5	38,22017	-2,40596	TP5	286175	-2,40596	Fp5	0,583557	0	FP5	4358	0
Dp6	30,48441	35,68773	DP6	13687,5	35,68773	TP6	47,16036	10,43025	TP6	21175	10,43025	Fp6	0,668151	0	FP6	300	0
Dp7	5,669195	-26,8817	DP7	50830	-26,8817	TP7	25,56696	-8,18363	TP7	229233,3	-8,18363	Fp7	0,500223	0	FP7	4485	0
Dp8	47,23016	24,94226	DP8	2975,5	24,94226	TP8	52,43915	13,61917	TP8	3303,667	13,61917	Fp8	0,698413	0	FP8	44	0
Dp9	20,33333	-5,05837	DP9	25254	-5,05837	TP9	28,55556	-2,46679	TP9	35466	-2,46679	Fp9	0,5	0	FP9	621	0
Dp10	47,71875	24,44988	DP10	1527	24,44988	TP10	54,3125	13,0039	TP10	1738	13,0039	Fp10	0,75	0	FP10	24	0
Dp11	17,75201	-9,01288	DP11	11024	-9,01288	TP11	26,90714	-4,17495	TP11	16709,33	-4,17495	Fp11	0,502415	0	FP11	312	0
Dp12	43,38961	25,67237	DP12	10023	25,67237	TP12	49,18615	13,6541	TP12	11362	13,6541	Fp12	0,675325	0	FP12	156	0
Dp13	18,09119	-6,86695	DP13	83328	-6,86695	TP13	27,0673	-3,18091	TP13	124672	-3,18091	Fp13	0,500217	0	FP13	2304	0
Dp14	26,18435	28,27869	DP14	33804	28,27869	TP14	44,0031	9,583333	TP14	56808	9,583333	Fp14	0,669249	0	FP14	864	0
Dp15	12,00139	92	DP15	310176	92	TP15	29,44786	14,96746	TP15	761080	14,96746	Fp15	0,500058	0	FP15	12924	0
Dp16	29,56974	22,09312	DP16	36252,5	22,09312	TP16	61,06716	6,20375	TP16	74868,33	6,20375	Fp16	0,725122	0	FP16	889	0
Dp17	30,39519	24,60137	DP17	586384	24,60137	TP17	40,45718	6,96325	TP17	1186632	6,96325	Fp17	0,722372	0	FP17	13936	0
Dp18	47,3	28,50575	DP18	3074,5	28,50575	TP18	51,84103	15,59748	TP18	3369,667	15,59748	Fp18	0,676923	0	FP18	44	0
Dp19	47,68591	30,13699	DP19	48735	30,13699	TP19	51,86888	16,54135	TP19	53016	16,54135	Fp19	0,669276	0	FP19	684	0
Dp20	20,25759	35,75419	DP20	54067,5	35,75419	TP20	39,07019	10,01565	TP20	104278,3	10,01565	Fp20	0,666916	0	FP20	1780	0
Dp21	21,16919	39,56044	DP21	889127	39,56044	TP21	39,67139	11,21495	TP21	1666238	11,21495	Fp21	0,666746	0	FP21	28004	0
Dp22	36,08571	10,49869	DP22	3789	10,49869	TP22	44,62857	5,398111	TP22	4686	5,398111	Fp22	0,685714	0	FP22	72	0
Dp23	33,37408	13,63636	DP23	54600	13,63636	TP23	42,27384	6,741573	TP23	69160	6,741573	Fp23	0,667482	0	FP23	1092	0
Dp24	27,31967	26,77824	DP24	16665	26,77824	TP24	39,85246	10,68447	TP24	2431	10,68447	Fp24	0,721311	0	FP24	44	0
Dp25	23,62381	34,28571	DP25	22419	34,28571	TP25	35,85458	12,63158	TP25	34026	12,63158	Fp25	0,670179	0	FP25	636	0
Dp26	41,28641	31,70732	DP26	8505	31,70732	TP26	47,91262	16,04938	TP26	9870	16,04938	Fp26	0,679612	0	FP26	140	0
Dp27	38,78591	36,76471	DP27	125550	36,76471	TP27	45,87581	17,85714	TP27	148500	17,85714	Fp27	0,667285	0	FP27	2160	0
Dp28	27,28205	26,66667	DP28	1064	26,66667	TP28	39,7265	10,66667	TP28	1549,333	10,66667	Fp28	0,717949	0	FP28	28	0
Dp29	23,66142	34,12322	DP29	14291,5	34,12322	TP29	35,84051	12,60946	TP29	21647,33	12,60946	Fp29	0,668874	0	FP29	404	0
Dp30	27,66102	23,92523	DP30	21216	23,92523	TP30	57,65841	6,580977	TP30	44224	6,580977	Fp30	0,750978	0	FP30	576	0
Dp31	25,87929	30,18868	DP31	312052,5	30,18868	TP31	56,42602	7,631161	TP31	680385	7,631161	Fp31	0,750124	0	FP31	9045	0
Dp32	35,21739	11,57025	DP32	4050	11,57025	TP32	44,34783	5,809129	TP32	5100	5,809129	Fp32	0,695652	0	FP32	80	0
Dp33	32,01773	14,97006	DP33	57792	14,97006	TP33	41,35623	7,204611	TP33	74648	7,204611	Fp33	0,667036	0	FP33	1204	0
Dp34	23,66382	29,22374	DP34	6933,5	29,22374	TP34	44,65188	6,683853	TP34	13081	6,683853	Fp34	0,668942	0	FP34	196	0
Dp35	21,83333	37,89474	DP35	100608	37,89474	TP35	43,33333	10,16949	TP35	199680	10,16949	Fp35	0,666667	0	FP35	3072	0
Dp36	38,83333	32,38636	DP36	3029	32,38636	TP36	45,88889	16,01124	TP36	3579,333	16,01124	Fp36	0,666667	0	FP36	52	0
Dp37	37,174	37,7709	DP37	45612,5	37,7709	TP37	44,83157	17,86237	TP37	55008,33	17,86237	Fp37	0,668297	0	FP37	820	0
Dp38	24,75	28,57143	DP38	1584	28,57143	TP38	37,125	10,9589	TP38	2376	10,9589	Fp38	0,6875	0	FP38	44	0
Dp39	22,27236	36,92308	DP39	22161	36,92308	TP39	34,86834	12,97297	TP39	34694	12,97297	Fp39	0,667337	0	FP39	664	0
Dp40	3,5035	-0,24597	DP40	10510,5	-0,24597	TP40	6,625667	-0,24597	TP40	19877	-0,24597	Fp40	0,143	-0,24597	FP40	429	72,98387

Fig.6.40 - Distanza per ogni prodotto, distanza totale, tempo per ogni prodotto, tempo totale, flusso per ogni prodotto, flusso totale.

## Costo diretto del sistema di trasporto

Procedendo esattamente come nel caso precedente si ricavano i tempi di tutte le operazioni per risalire ai costi imputabili direttamente al trasporto delle varie risorse. Al costo del transpallet precedenti si aggiunge il costo di un transpallet elettrico di 500euro/anno per la produzione web.

$$\text{costo totale} = 8764.2 + 1400 + 2100 + 104325 = 106345\text{€}/\text{anno}$$

$$\text{costo al chilo} = \frac{122154}{3752974 + 40000} = 0.028\text{€}/\text{kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = \frac{122154}{150000 + 3000} = 0.69\text{€}/\text{pezzo}$$

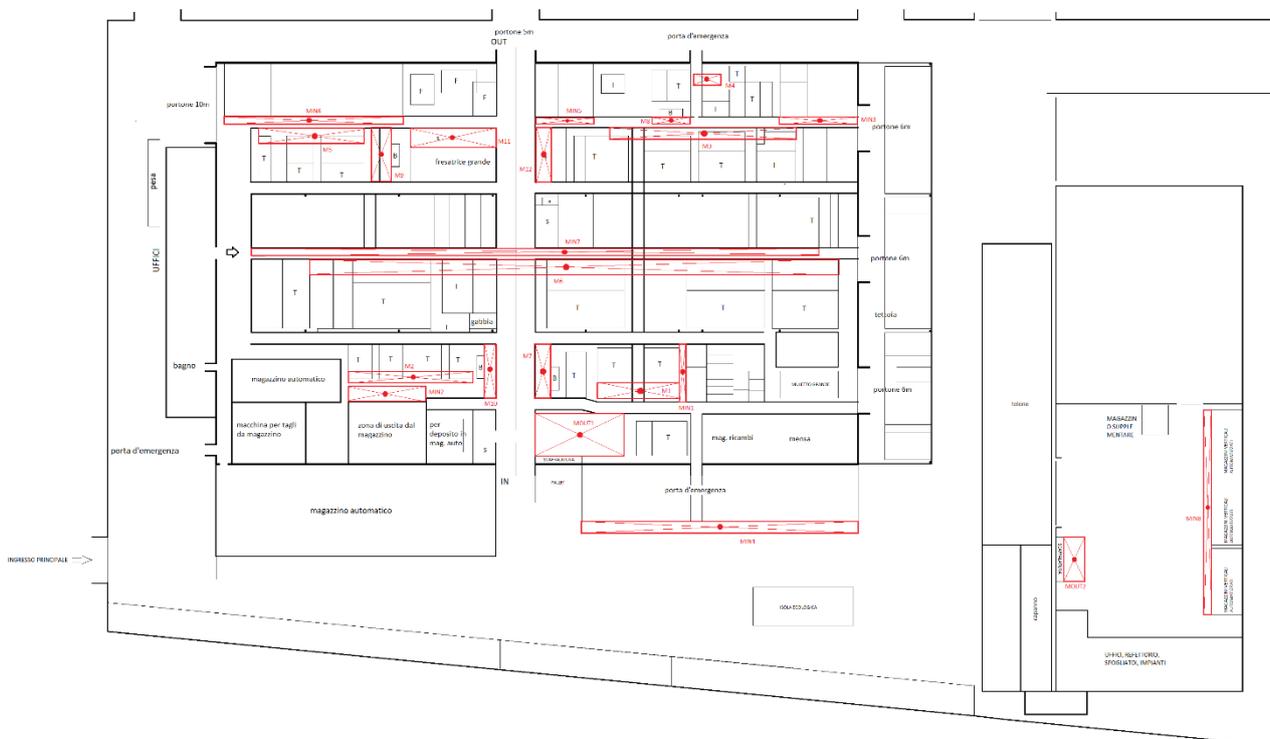
## Considerazioni analisi dei flussi

Come si vede in questo caso il costo globale della politica di trasporto aumenta. Tuttavia a un aumento del costo globale del sistema di trasporto corrisponde un aumento relativo dei flussi di materiale dovuto a un incremento dei pezzi venduti. Per questa ragione a livello globale i costi unitari per chilogrammo di materiale e per pezzo rimarrebbero invariati (o quasi).

Oltre a fare considerazioni sui costi si devono svolgere delle considerazioni anche sulle aree di stoccaggio. Con questo nuovo assetto la saturazione delle aree è calata drasticamente, in particolare la saturazione di M12, di M7 e di MOUT1. L'area M12 è stata spostata rispetto alla posizione occupata precedentemente, con il nuovo riassetto si libera dello spazio internamente allo stabilimento dove adesso c'è il passaggio dei camion, questo spazio potrebbe essere utilizzato per stoccare materiale oppure per inserire nuove macchine.

### 6.2.5. Re-layout 2

In questo caso si valutano i flussi nel caso in cui venisse aggiunta una macchina nel reparto M1. L'inserimento di una nuova segatrice nel reparto 01 (M1) è risultata possibile da uno studio precedente della produttività. Visto che la configurazione attuale è risultata essere quella migliore dal punto di vista del costo di trasporto si esegue una valutazione dei flussi dello stabilimento con la configurazione più simile al layout odierno aggiungendo semplicemente una macchina. I risultati di questa valutazione dovrebbero essere i risultati migliori e verranno presi come riferimento per valutare lo spostamento dell'area spedizioni sotto la tettoia.



**Fig. 6.41 – Pianta del nuovo stabilimento.**

Rispetto alla prima configurazione la nuova macchina verrebbe spostata al posto del reparto precedentemente destinato allo stoccaggio dei prodotti web, l'area rimanente verrebbe utilizzata per ingrandire la superficie del reparto spedizioni (MOUT) che attualmente risulta saturata. Visto che lo

studio deve essere eseguito con il nuovo stabilimento l'area MIN4 deve essere riposizionata: in questo caso è stato deciso di collocarla a ridosso della parete. Come per il re-layout 1 tutto il piazzale verrebbe riasfaltato ma la pesa non verrebbe spostata in quanto si manterrebbe il flusso dei camion che devono entrare nello stabile "vecchio" analogo a quello odierno. L'isola ecologica invece verrebbe riposizionata e indirizzerebbe il flusso di veicoli che devono entrare nel nuovo sito per i pezzi web. Anche in questo caso sarebbe necessario lo spostamento dell'area di stoccaggio esterna MIN4 a ridosso del muro dello stabilimento.

Sotto l'ipotesi che i reparti di taglio della campata due e il reparto di fresatura riescano a soddisfare l'incremento dei flussi che attraversano il reparto M1 si ricavano i nuovi cicli di lavoro aggiornati. Nel reparto M1 attualmente ci sono 3 macchine, si suppone che ognuna di queste produca 1/3 di tutto il materiale passante per il reparto M1, di conseguenza aggiungendo una macchina si aumenterebbe la produzione della stessa quantità. Si suppone dunque la produzione del reparto M1 incrementata di 1/3. Bisogna precisare che prima di eseguire l'aumento dei flussi è stata eseguita una verifica di massima della capacità produttiva con valenza solamente indicativa in quanto risulta estremamente difficile stimare la reale capacità produttiva del sistema. I macchinari della campata centrale e il reparto di fresatura riuscirebbero a soddisfare l'incremento di produzione sia da un punto di vista di disponibilità dei macchinari che degli operatori. Il reparto spedizioni probabilmente necessiterebbe di un operatore in più. Dalla verifica è emerso che l'operatore già solamente con i flussi odierni riesce a soddisfare la domanda annua di pallet che devono essere gestiti ma deve eseguire dello straordinario. Tuttavia potrebbe non essere necessario assumere un nuovo operatore in quanto in alcuni reparti della campata tre e due alcuni operatori hanno della produttività in esubero, alcuni operatori potrebbero essere impiegati per la pallettizzazione dei pallet qualora ce ne fosse bisogno.

Sotto l'ipotesi che si riescano a incrementare i flussi in maniera proporzionale si ricavano i nuovi flussi produttivi:

PROD.	PZ/ANNO	KG/ANNO	CICLO DI LAVORO	FLUSSI/ANNO	FLUSSI / ANNO MIN7-M6
P1	704	100079,3067	MIN7 - M6 - M7 - MOUT	118	118
P2	1151	163623,9801	MIN7 - M6 - M8 - M12 - MOUT	192	192
P3	1842	261855,2314	MIN7 - M6 - M9 - M12 - MOUT	307	307
P4	499	11822,81582	MIN7 - M6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	84	42
P5	9958	235935,07	MIN7 - M6 - M1 - M7 - MOUT	1660	830
P6	599	12831,47373	MIN1 - M1 - M7 - M11 - MOUT	100	
P7	11955	256093,9373	MIN1 - M1 - M7 - MOUT	1993	
P8	84	1799,405331	MIN3 - M1 - M7 - M11 - MOUT	14	
P9	1656	35473,99081	MIN3 - M1 - M7 - MOUT	276	
P10	43	921,1241576	MIN4 - M1 - M7 - M11 - MOUT	8	
P11	828	17736,99541	MIN4 - M1 - M7 - MOUT	138	
P12	308	6597,819548	MIN6 - M1 - M7 - M11 - MOUT	52	
P13	6142	131570,8041	MIN6 - M1 - M7 - MOUT	1024	
P14	1291	27655,14622	MIN2 - M2 - M10 - M11 - MOUT	216	
P15	25845	553638,4617	MIN2 - M2 - M10 - MOUT	4308	
P16	1226	29047,63967	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	205	69
P17	19292	457085,697	MIN7 - M6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	3216	1072
P18	65	1392,396982	MIN4 - M5 - M9 - M11 - MOUT	11	
P19	1022	21892,76486	MIN4 - M5 - M9 - M12 - MOUT	171	
P20	2669	57173,96225	MIN6 - M5 - M9 - M11 - MOUT	445	
P21	42001	899724,0871	MIN6 - M5 - M9 - M12 - MOUT	7001	
P22	105	2249,256664	MIN1 - M4 - M8 - M11 - MOUT	18	
P23	1636	35045,56097	MIN1 - M4 - M8 - M12 - MOUT	273	
P24	61	1306,711014	MIN3 - M4 - M8 - M11 - MOUT	11	
P25	949	20328,99594	MIN3 - M4 - M8 - M12 - MOUT	159	
P26	206	4412,82736	MIN4 - M4 - M8 - M11 - MOUT	35	
P27	3237	69341,36973	MIN4 - M4 - M8 - M12 - MOUT	540	
P28	39	835,4381895	MIN5 - M4 - M8 - M11 - MOUT	7	
P29	604	12938,58119	MIN5 - M4 - M8 - M12 - MOUT	101	
P30	767	18172,54456	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M11 - MOUT	128	64
P31	12058	285690,4071	MIN7 - M6 - M3 - M8 - M12 - MOUT	2010	1005
P32	115	2463,471584	MIN1 - M3 - M8 - M11 - MOUT	20	
P33	1805	38665,79313	MIN1 - M3 - M8 - M12 - MOUT	301	
P34	293	6276,497167	MIN3 - M3 - M8 - M11 - MOUT	49	
P35	4608	98710,23531	MIN3 - M3 - M8 - M12 - MOUT	768	
P36	78	1670,876379	MIN4 - M3 - M8 - M11 - MOUT	13	
P37	1227	26284,17073	MIN4 - M3 - M8 - M12 - MOUT	205	
P38	64	1370,97549	MIN5 - M3 - M8 - M11 - MOUT	11	
P39	995	21314,38458	MIN5 - M3 - M8 - M12 - MOUT	166	
P40	3000	40000	MIN8 - MOUT	429	
TOT.	161027	3971030,207			

Fig. 6.42 – Nuovi cicli di lavoro in caso di inserimento di una macchina nel reparto M1.

Incrementando i pezzi venduti verrebbero incrementati oltre che i flussi anche i chilogrammi di acciaio che uscirebbero dallo stabilimento. I prodotti oggetto dell'incremento sono quelli che vanno da P4 a P13 ossia i reparti del reparto 01 (dove verrebbe inserita la nuova macchina). Incrementando i flussi annui di 1/3 e moltiplicando questo valore per il numero di prodotti caricati mediamente su di un pallet si ottiene il nuovo numero di pezzi annui. Per evitare di sovrastimare eccessivamente la produzione i flussi incrementati sono quelli non arrotondati per eccesso che si trovano nei cicli di lavoro. Per i prodotti da P4 a P13 si ricava arrotondando per eccesso che:

$$\text{numero pezzi } P4 = 83.11 * 6 = 499\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi } P5 = 1659.6 * 6 = 9958\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi } P6 = 99.8 * 6 = 599\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi } P7 = 1992.4 * 6 = 11955\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi } P8 = 14 * 6 = 84\text{pz/anno}$$

$$\text{numero pezzi } P9 = 276 * 6 = 1656\text{pz/anno}$$

$numero\ pezzi\ P10 = 7.1 * 6 = 43pz/anno$

$numero\ pezzi\ P11 = 138 * 6 = 828pz/anno$

$numero\ pezzi\ P12 = 51.3 * 6 = 308pz/anno$

$numero\ pezzi\ P13 = 1023.6 * 6 = 6142pz/anno$

I prodotti P3 e P4 iniziano la loro lavorazione dalla campata centrale, mentre gli altri da barra o spezzone. Moltiplicando il numero di prodotti di P3 e P4 per il peso medio dei pezzi tagliati da striscia di lamiera e gli altri per il peso medio di un prodotto tagliato da barra si ottiene il nuovo numero di chilogrammi che dovrebbero uscire dal reparto.

$chilogrammi\ P4 = 499 * 23.7 = 11823kg/anno$

$chilogrammi\ P5 = 9958 * 23.7 = 235935kg/anno$

$chilogrammi\ P6 = 599 * 21.4 = 12831kg/anno$

$chilogrammi\ P7 = 11955 * 21.4 = 256094kg/anno$

$chilogrammi\ P8 = 84 * 21.4 = 1799.4kg/anno$

$chilogrammi\ P9 = 1656 * 21.4 = 35474kg/anno$

$chilogrammi\ P10 = 43 * 21.4 = 921.1pz/anno$

$chilogrammi\ P11 = 828 * 21.4 = 17737pz/anno$

$chilogrammi\ P12 = 308 * 21.4 = 6597.8pz/anno$

$chilogrammi\ P13 = 6142 * 21.4 = 131571pz/anno$

Sommando tutti questi termini con i chilogrammi dei prodotti che non hanno subito un incremento si ottiene il nuovo numero di chilogrammi che dovrebbero essere venduti:

$totale\ chili = 3971030kg/anno$

Lo stesso vale per il numero di pezzi:

$numero\ pezzi\ totali: 161027pz/anno$

Si determinano nuovamente tutte le matrici:

MATRICE FROM TO CHART (viaggi/anno)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2	TRASP.	BILANC.	TOT.					
M1							1744	5349				4524		2093		4524									5349	3837	9186				
M2																										4524	4524	9048			
M3							2138		3671								811									3671	2955	6626			
M4									1144																		1144	1144			
M5											11049																11049	10867	21916		
M6							1744	2138		3421										7446							7920	3082	11002		
M7								111					258				276	138		1024				5209		5467	5209	10676			
M8								192				292	4715													5007	192	5199			
M9									309				661	10695													11356	307	11663		
M10												216												4308		4524	4308	8832			
M11																38		25	67	18	52					1427	1427	2854			
M12																										15410	15410	30820			
MIN1																												2705	2705		
MIN2																													4524	4524	
MIN3																													1277	1277	
MIN4																													1121	1121	
MIN5																													285	285	
MIN6																													8522	8522	
MIN7																													3699	3699	
MIN8																													429	429	
MOUT1																													26354	26354	
MOUT2																													429	429	
TRASP.																															
BILANC.																															
TOT.																															

Fig. 6.43 – Matrice dei flussi.



### Funzioni obiettivo

tempo totale sistema di trasporto = 152983min/anno  
 distanza totale sistema di trasporto = 4876.1km/anno  
 tempo puro trasporto prodotti = 99542min/anno  
 distanza pura di trasporto prodotti = 2855.2km/anno

### KPI di veicolo

tempo totale carroponete = 74685min/anno  
 distanza totale carroponete = 906.8km/anno  
 tempo totale transpallet + muletto = 78297min/anno  
 distanza totale transpallet + muletto = 3969.3km/anno  
 tempo 1 carroponete = 8298.4min/anno  
 distanza 1 carroponete = 100.8km/anno  
 tempo 1 transpallet + muletto = 11185min/anno  
 distanza 1 transpallet + muletto = 567.1km/anno

### KPI di stabilimento

	l1 (m)	l2 (m)	A (m²)	VAR. %	INDICI DI FLUSSO		AREA RICHIESTA		INDICI DI SAT.				
					pallet/m²	VAR. %	m²	VAR. %		VAR. %			
M1	10,5	2	21	0	FI1	1,157792	33,2918	A1	23,34109	33,2918	SI1	1,111481	33,2918
M2	16	1,5	24	0	FI2	0,856818	0	A2	19,74109	0	SI2	0,822545	0
M3	24	1,5	36	0	FI3	0,46351	0	A3	16,01891	0	SI3	0,44497	0
M4	3,5	1,5	5,25	0	FI4	0,990476	0	A4	4,992	0	SI4	0,950857	0
M5	13,5	2	27	0	FI5	1,860101	0	A5	48,21382	0	SI5	1,785697	0
M6	68	2	136	0	FI6	0,194168	5,954769	A6	25,35055	5,954769	SI6	0,186401	5,954769
M7	7	2	14	0	FI7	1,775	32,34084	A7	23,856	32,34084	SI7	1,704	32,34084
M8	5	1	5	0	FI8	4,551818	0	A8	21,84873	0	SI8	4,369745	0
M9	7	2,5	17,5	0	FI9	2,94961	0	A9	49,55345	0	SI9	2,831626	0
M10	7	1,5	10,5	0	FI10	1,958442	0	A10	19,74109	0	SI10	1,880104	0
M11	11	2,5	27,5	0	FI11	0,235868	4,695525	A11	6,226909	4,695525	SI11	0,226433	4,695525
M12	7	2	14	0	FI12	5,003247	0	A12	67,24364	0	SI12	4,803117	0
MIN1	7,5	1	7,5	0	FIIN1	1,639394	23,96884	AIN1	11,80364	23,96884	SIIN1	1,573818	23,96884
MIN2	10	2	20	0	FIIN2	1,028182	0	AIN2	19,74109	0	SIIN2	0,987055	0
MIN3	10	1	10	0	FIIN3	0,580455	5,975104	AIN3	5,572364	5,975104	SIIN3	0,557236	5,975104
MIN4	35,5	1,5	53,25	-43,5013	FIIN4	0,095689	82,86796	AIN4	4,891636	3,317972	SIIN4	0,091862	82,86796
MIN5	8	1	8	0	FIIN5	0,161932	0	AIN5	1,243636	0	SIIN5	0,155455	0
MIN6	23	1	23	0	FIIN6	1,68419	3,259421	AIN6	37,18691	3,259421	SIIN6	1,616822	3,259421
MIN7	73	1	73	0	FIIN7	0,230324	6,232051	AIN7	16,14109	6,232051	SIIN7	0,221111	6,232051
MIN8	27	1	27	3,846154	FIIN8	0,072222	66,57706	AIN8	1,872	72,98387	SIIN8	0,069333	66,57706
MOUT1	11,5	5,5	63,25	75,69444	FIOUT1	1,893927	-40,6321	AOUT1	114,9993	4,306182	SIOUT1	1,81817	-40,6321
MOUT2	6	3	18	/	FIOUT2	0,108333	/	AOUT2	1,872	/	SIOUT2	0,104	/
EPAL	1,2	0,8	0,96										

Fig. 6.48 – Area disponibile, indici di flusso, aree richieste, indici di saturazione.

## KPI di prodotto

DISTANZA 1 PRODOTTO		DISTANZA TOTALE		TEMPO 1 PRODOTTO		TEMPO TOTALE		FLUSSI 1 PRODOTTO		FLUSSI TOTALI	
m/pt	VAR. %	m	VAR. %	s/pt	VAR. %	s	VAR. %	flussi/pt	VAR. %	flussi	VAR. %
Dp1	11,64915	2,96296296	DP1	8201	2,96296296	TP1	44,75284	0,501882	FP1	31506	0,501882
Dp2	18,26586	1,86046512	DP2	21024	1,86046512	TP2	50,09904	0,445931	FP2	57664	0,445931
Dp3	20	1,69491525	DP3	36840	1,69491525	TP3	53,11111	0,420168	FP3	97830,67	0,420168
Dp4	26,38677	1,86996962	DP4	13167	35,91742	TP4	54,90581	0,389995	FP4	27398	33,9428
Dp5	11,29393	3,03335333	DP5	112465	37,387	TP5	39,48015	0,548293	FP5	393143,3	34,07337
Dp6	22,95492	2,17359374	DP6	13750	36,30731	TP6	43,01614	0,726185	FP6	25766,67	34,37636
Dp7	8,085362	4,28072595	DP7	96660,5	39,04484	TP7	28,0826	0,77837	FP7	335488,3	34,3754
Dp8	36,58333	-3,2275877	DP8	3073	29,03632	TP8	44,38889	-3,82323	FP8	3728,667	28,2357
Dp9	21,75	1,55642023	DP9	36018	35,40856	TP9	29,5	0,759013	FP9	48852	34,34535
Dp10	34,60465	-9,75152101	DP10	1488	21,27139	TP10	45,39535	-5,54934	FP10	1952	26,91808
Dp11	16,16667	-17,1384946	DP11	13386	10,48201	TP11	25,77778	-8,19697	FP11	21344	22,40404
Dp12	35,03247	1,46699267	DP12	10790	35,28932	TP12	43,61472	0,780234	FP12	13433,33	34,37365
Dp13	19,75643	1,70569763	DP13	121344	35,62232	TP13	28,17584	0,784288	FP13	173056	34,39364
Dp14	20,91402	2,45901639	DP14	27000	2,45901639	TP14	35,47018	-11,6667	FP14	45792	-11,6667
Dp15	6,834127	9,33333333	DP15	17628	9,33333333	TP15	21,00244	-18,0043	FP15	542808	-18,0043
Dp16	24,72064	2,07123011	DP16	30307,5	2,07123	TP16	57,83442	0,581602	FP16	70905	0,581602
Dp17	24,72735	1,3667426	DP17	477040	1,3667426	TP17	57,67862	0,388647	FP17	1112736	0,388647
Dp18	33,76154	-8,27586207	DP18	21945	-8,27586	TP18	42,81538	-4,5283	FP18	2783	-4,5283
Dp19	33,4638	-8,67579909	DP19	34200	-8,6758	TP19	42,87848	-4,7619	FP19	43320	-4,7619
Dp20	15,42244	3,35195531	DP20	411625	3,351955	TP20	35,84676	0,938967	FP20	95675	0,938967
Dp21	15,50185	2,1978022	DP21	651093	2,1978022	TP21	35,89316	0,623053	FP21	1507549	0,623053
Dp22	33,17143	1,57480315	DP22	3483	1,57480315	TP22	42,68571	0,809717	FP22	4482	0,809717
Dp23	29,70293	1,13636364	DP23	48594	1,136364	TP23	39,82641	0,561798	FP23	65156	0,561798
Dp24	22,08016	2,51046025	DP24	13475	2,51046	TP24	36,36612	1,001669	FP24	2218,333	1,001669
Dp25	17,92729	1,9047619	DP25	17013	1,904762	TP25	32,05669	0,701754	FP25	30422	0,701754
Dp26	36,35922	15,9891599	DP26	7490	15,98916	TP26	44,62783	8,093278	FP26	9193,333	8,093278
Dp27	33,11399	16,7647059	DP27	107190	16,76471	TP27	42,09453	8,142857	FP27	136260	8,142857
Dp28	22,07692	2,5	DP28	861	2,5	TP28	36,25641	1	FP28	1414	1
Dp29	17,97599	1,8957346	DP29	108575	1,895735	TP29	32,05022	0,700525	FP29	19358,33	0,700525
Dp30	22,82138	2,24299065	DP30	17504	2,242991	TP30	54,43199	0,616967	FP30	41749,33	0,616967
Dp31	20,21169	1,67714885	DP31	2437125	1,677149	TP31	52,64762	0,423953	FP31	634825	0,423953
Dp32	32,08696	1,65289256	DP32	3690	1,652893	TP32	42,26087	0,298676	FP32	4860	0,298676
Dp33	28,18227	1,19760479	DP33	50889	1,197605	TP33	38,79926	0,576369	FP33	70032,67	0,576369
Dp34	18,81399	2,73972603	DP34	55125	2,739726	TP34	41,41866	0,814111	FP34	12135,67	0,814111
Dp35	16,16667	2,10526316	DP35	74496	2,105263	TP35	39,55556	0,564972	FP35	182272	0,564972
Dp36	32,58333	11,0795455	DP36	25415	11,07955	TP36	41,72222	5,477528	FP36	3254,333	5,477528
Dp37	30,07335	11,4551084	DP37	36900	11,45511	TP37	40,0978	5,417277	FP37	49200	5,417277
Dp38	19,76563	2,67857143	DP38	1265	2,678571	TP38	33,80208	1,027397	FP38	2163,333	1,027397
Dp39	16,6	2,05128205	DP39	16517	2,051282	TP39	31,08677	0,720721	FP39	30931,33	0,720721
Dp40	3,5035	-0,24596774	DP40	105105	72,98387	TP40	6,625667	-0,24597	FP40	19877	72,98387
									FP41	0,143	-0,24597
									FP42	354	0
									FP2	768	0
									FP3	1228	0
									FP4	378	33,09859
									FP5	5810	33,31804
									FP6	400	33,33333
									FP7	5979	33,31104
									FP8	56	27,27273
									FP9	828	33,33333
									FP10	32	33,33333
									FP11	414	32,69231
									FP12	208	33,33333
									FP13	3072	33,33333
									FP14	864	0
									FP15	12924	0
									FP16	889	0
									FP17	19396	0
									FP18	44	0
									FP19	684	0
									FP20	1780	0
									FP21	28004	0
									FP22	72	0
									FP23	1092	0
									FP24	44	0
									FP25	636	0
									FP26	140	0
									FP27	2160	0
									FP28	28	0
									FP29	404	0
									FP30	576	0
									FP31	9045	0
									FP32	80	0
									FP33	1204	0
									FP34	196	0
									FP35	3072	0
									FP36	52	0
									FP37	820	0
									FP38	44	0
									FP39	664	0
									FP40	429	72,98387

Fig. 6.49 - Distanza per ogni prodotto, distanza totale, tempo per ogni prodotto, tempo totale, flusso per ogni prodotto, flusso totale.

### Costo diretto del sistema di trasporto

Ipotizzando un aumento proporzionale die chilogrammi tagliati in base ai valori medi di provenienza sono stati estrapolati i costi.

$$\text{costo totale} = 8669.6 + 1400 + 2100 + 85300 = 97470\text{€}/\text{anno}$$

$$\text{costo al chilo} = \frac{97470}{3971030} = 0.025\text{€}/\text{kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = \frac{97470}{161027} = 0.61\text{€}/\text{pezzo}$$

In questo caso al denominatore sono già compresi i chilogrammi e il numero di pezzi venduti via web

### Considerazioni finali

Da un punto di vista del sistema di trasporto questa configurazione è quella che fornisce il costo minimo. Si ha un impiego migliore delle risorse in azienda e l'incremento di dei costi dovuti al sistema di trasporto viene mitigato dall'incremento del materiale venduto ogni anno. Da un punto di vista dello sfruttamento delle aree rimarrebbero le criticità relative alle aree di stoccaggio di M12, M10, M7 e MOUT.

### 6.2.6. Re-layout 3

Si analizza cosa accadrebbe al sistema appena analizzato se si spostasse il reparto spedizioni verso la tettoia. Per quanto riguarda tutti i reparti e le aree riposizionate i ragionamenti sono stati gli stessi visti in precedenza per il re-layout 1 con la differenza che in questo caso se si vuole spostare la macchina M7 verso la zona MOUT, inserendo la macchina in più, bisogna traslare i macchinari del

reparto M1 altrimenti si inciderebbe troppo negativamente sulla dimensione dell'area di stoccaggio MOUT1. Tutto il reparto verrebbe traslato di qualche metro verso l'interno dello stabilimento dove oggi c'è il corridoio per i camion.

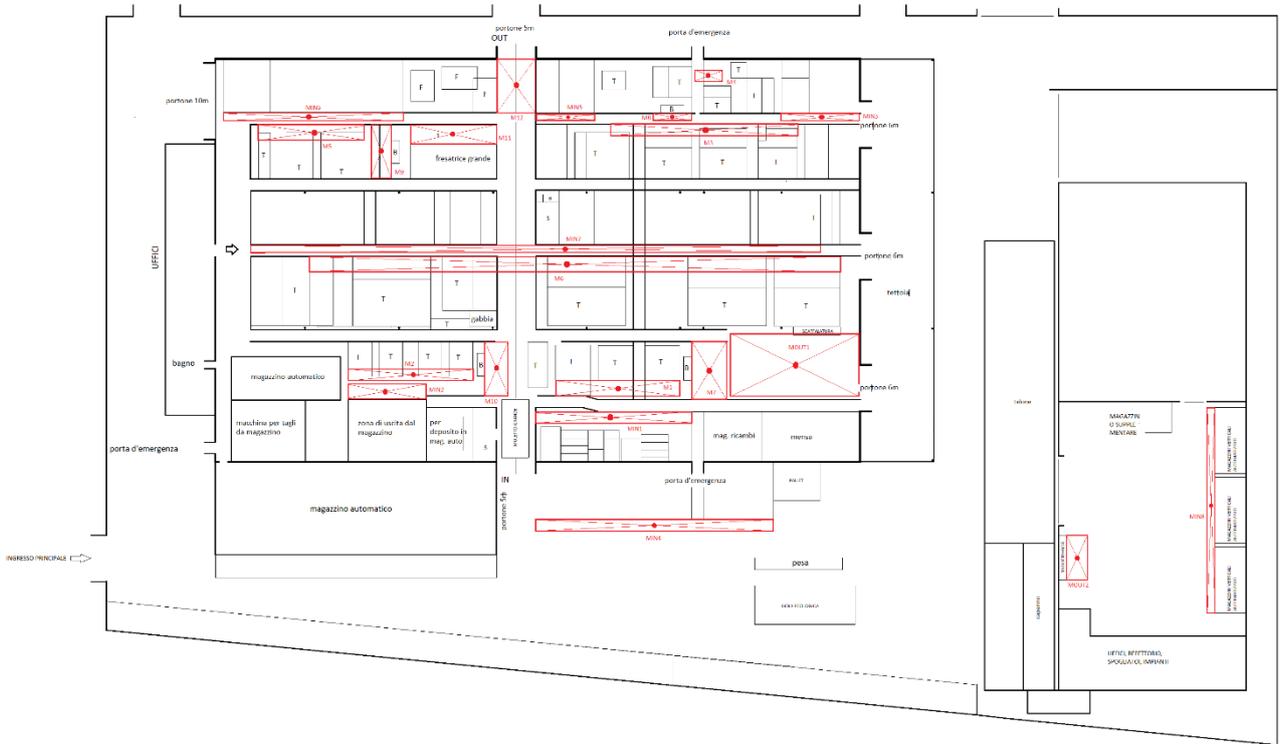


Fig. 6.50 – Pianta del nuovo stabilimento.

Ricalcolo delle matrici:

MATRICE FROM TO CHART (viaggi/anno)		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2	TRASP.	BILANC.	TOT.
M1							1744	5349						2093	4524									5349	3837	9186
M2							2138		3671		4524				4524									4524	4524	9048
M3									1144							817								3671	2955	6626
M4										11049														11049	10867	21916
M5																								7920	3082	11002
M6																								5467	5209	10676
M7													258			276	138						5209	5007	192	5199
M8													292	4715										11356	307	11663
M9													661	10695										4524	4308	8832
M10													216										4308	1427	1427	2854
M11																								15410	15410	30820
M12																								2705	2705	5410
MIN1																										
MIN2																										
MIN3																										
MIN4																										
MIN5																										
MIN6																										
MIN7																										
MIN8																										
MOUT1																										
MOUT2																										
TRASP.																										
BILANC.																										
TOT.																										

Fig. 6.51 – Matrice dei flussi.

MATRICE DELLE DISTANZE (m)																				TRASP.	BILANC.	TOT.				
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2				
M1						36,5	18																18	42,5	60,5	
M2						40				16				6,5									16	6,5	22,5	
M3						40		6							12								6	5,7	6,3	
M4						5,7		10															10		10	
M5						5,7			14,5										2,5				14,5	59,5	74	
M6	36,5			40		5,7	45	33	41,5														253	2,5	255,5	
M7	18,5					4,7					78				108	72			2,5				90	337,5	427,5	
M8						3,1					30	24,5											54,5	3,1	87,5	
M9						41,5					16	26,5											42,5	41,5	84	
M10			16								44												94	16	110	
M11	63,5	60,5	36		21									60,5	49,5	142	16,5	20,5				88,5	88,5	470	558,5	
M12			31,5		35			26	29,5					55,5	44	135	10,5					83,5	83,5	367	450,5	
MIN1	6		78	82																			166		166	
MIN2		6,5																					6,5		6,5	
MIN3	93,5		17	23																			133,5		133,5	
MIN4	82		108,5	114,5	160,5																		465,5		465,5	
MIN5			19,5	23,5																			43		43	
MIN6	85				2,5																		87,5		87,5	
MIN7						2,5																	2,5		2,5	
MIN8																							24,5		24,5	
MOUT1								12			50	88,5	83,5											0	234	234
MOUT2																						24,5		0	24,5	24,5
TRASP.	303	6,5	263	243	220	2,5	63	49	56	16	168	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234	24,5	3391
BILANC.	82	76,5	67,5		56	253	12	26	29,5	50	88,5	83,5	122	6,5	218,5	349	27	117	2,5	24,5						
TOT.	385	83	330,5	243	276	255,5	75	75	85,5	66	256,5	134,5	122	6,5	218,5	349	27	117	2,5	24,5	234	24,5	3391			

Fig. 6.52 – Matrice delle distanze.

MATRICE DEI TEMPI (s)																				TRASP.	BILANC.	TOT.				
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2				
M1			0	0	0	73	42	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	145	187
M2	0		0	0	0	0	0	0	0	10,66667	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	10,66667	73	83,66667
M3	0	0		0	0	0	80	0	34	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	0	0	34	174	208
M4	0	0	0		0	0	0	0	36,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36,66667	36,66667	36,66667
M5	0	0	0	0		0	114	0	0	39,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,66667	179	218,6667
M6	133	140	174	143	150	126	143	143	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	866	65	931
M7	12,33333	0	0	0	0	90	0	0	0	82	0	0	0	0	72	48	0	62,66667	0	0	38	0	120	285	405	
M8	0	0	0	0	0	64	0	0	0	50	46,33333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,33333	66	162,3333	
M9	0	0	0	0	0	83	0	0	0	40,66667	47,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,33333	83	171,3333	
M10	10,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	59,33333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63,33333	122,6667	10,66667	133,3333
M11	42,33333	40,33333	24	0	14	0	0	0	0	0	40,33333	0	0	0	33	94,66667	11	13,66667	0	0	89	0	89	313,3333	402,3333	
M12	0	0	21	0	23,33333	0	0	17,33333	19,66667	0	0	0	0	37	0	29,33333	90	7	0	0	0	0	85,66667	85,66667	244,6667	330,3333
MIN1	72	82	84,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238,6667		
MIN2	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	73	
MIN3	92,33333	94	45,33333	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231,6667	231,6667	
MIN4	84,66667	102,3333	106,3333	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430,3333	430,3333	
MIN5	0	43	45,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88,66667	88,66667	
MIN6	86,66667	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151,6667	151,6667	
MIN7	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	65	
MIN8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,33333	46,33333	92,66667
MOUT1	0	0	0	0	0	0	8	0	0	33,33333	59	55,66667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	156
MOUT2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,33333	46,33333	16,33333	
TRASP.	408,6667	73	461,3333	282	376	65	192	196,6667	182,6667	10,66667	232	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	322,3333	46,33333	481,6667
BILANC.	54,66667	51	45	37,33333	506	8	17,33333	19,66667	33,33333	59	55,66667	149,3333	73	228,3333	232,6667	18	141,3333	65	16,33333							
TOT.	523,3333	124	506,3333	282	413,3333	571	200	214	202,3333	44	291	149,6667	149,3333	73	228,3333	232,6667	18	141,3333	65	16,33333	322,3333	46,33333	481,6667			

Fig. 6.53 – Matrice dei tempi.

MATRICE DELLE DISTANZE TOTALI (m/anno)																				TRASP.	BILANC.	TOT.				
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	MIN1	MIN2	MIN3	MIN4	MIN5	MIN6	MIN7	MIN8	MOUT1	MOUT2				
M1						63656	96282	0	0	0	0	0	12558	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96282	76214	172496
M2	0					0	0	0	0	72384	0	0	0	29406	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72384	29406	101790
M3	0	0				85228	22026	11440	0	0	0	0	0	13988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22026	99409	121435
M4	0	0	0			0	0	0	160210,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11440	11440	
M5	0	0	0	0		194997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160210,5	213617	373822,5
M6	63656	85520	194997	5310	6336	12740,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368559,5	7705	376264,5
M7	6780,5	0	0	0	0	5311	0	0	0	20124	0	0	0	0	29808	9936	96256	0	0	0	0	62508	0	82		

### Funzioni obiettivo

tempo totale sistema di trasporto = 169614min/anno  
 distanza totale sistema di trasporto = 6380.3km/anno  
 tempo puro trasporto prodotti = 107099min/anno  
 distanza pura di trasporto prodotti = 3272km/anno

### KPI di veicolo

tempo totale carroponete = 74561min/anno  
 distanza totale carroponete = 903.0km/anno  
 tempo totale transpallet + muletto = 95053min/anno  
 distanza totale transpallet + muletto = 5477.3km/anno  
 tempo 1 carroponete = 8298.6min/anno  
 distanza 1 carroponete = 100.3km/anno  
 tempo 1 transpallet + muletto = 13579min/anno  
 distanza 1 transpallet + muletto = 782.5km/anno

### KPI di stabilimento

	l1 (m)	l2 (m)	A (m^2)	VAR. %	INDICI DI FLUSSO		AREA RICHIESTA		INDICI DI SAT.				
					pallet/m^2	VAR. %	m^2	VAR. %		VAR. %			
M1	10,5	2	21	0	FI1	1,157792	0	A1	23,34109	0	SI1	1,111481	0
M2	16	1,5	24	0	FI2	0,856818	0	A2	19,74109	0	SI2	0,822545	0
M3	24	1,5	36	0	FI3	0,46351	0	A3	16,01891	0	SI3	0,44497	0
M4	3,5	1,5	5,25	0	FI4	0,990476	0	A4	4,992	0	SI4	0,950857	0
M5	13,5	2	27	0	FI5	1,860101	0	A5	48,21382	0	SI5	1,785697	0
M6	68	2	136	0	FI6	0,194168	0	A6	25,35055	0	SI6	0,186401	0
M7	6	4	24	71,42857	FI7	1,035417	-41,6667	A7	23,856	1,49E-14	SI7	0,994	-41,6667
M8	5	1	5	0	FI8	4,551818	0	A8	21,84873	0	SI8	4,369745	0
M9	7	2,5	17,5	0	FI9	2,94961	0	A9	49,55345	0	SI9	2,831626	0
M10	7	3	21	100	FI10	0,979221	-50	A10	19,74109	0	SI10	0,940052	-50
M11	11	2,5	27,5	0	FI11	0,235868	0	A11	6,226909	0	SI11	0,226433	0
M12	7	5,5	38,5	175	FI12	1,819362	-63,6364	A12	67,24364	2,11E-14	SI12	1,746588	-63,6364
MIN1	20	1,5	30	300	FIIN1	0,409848	-75	AIN1	11,80364	0	SIIN1	0,393455	-75
MIN2	10	2	20	0	FIIN2	1,028182	0	AIN2	19,74109	0	SIIN2	0,987055	0
MIN3	10	1	10	0	FIIN3	0,580455	0	AIN3	5,572364	0	SIIN3	0,557236	0
MIN4	31	1,5	46,5	-12,6761	FIIN4	0,10958	14,51613	AIN4	4,891636	-1,8E-14	SIIN4	0,105196	14,51613
MIN5	8	1	8	0	FIIN5	0,161932	0	AIN5	1,243636	0	SIIN5	0,155455	0
MIN6	23	1	23	0	FIIN6	1,68419	0	AIN6	37,18691	0	SIIN6	1,616822	0
MIN7	73	1	73	0	FIIN7	0,230324	0	AIN7	16,14109	0	SIIN7	0,221111	0
MIN8	27	1	27	0	FIIN8	0,072222	0	AIN8	1,872	0	SIIN8	0,069333	0
MOUT1	16,5	8	132	108,6957	FIOUT1	0,907507	-52,0833	AOUT1	114,9993	0	SIOUT1	0,871207	-52,0833
MOUT2	6	3	18	/	FIOUT2	0,108333	/	AOUT2	1,872	/	SIOUT2	0,104	/
EPAL	1,2	0,8	0,96										

Fig. 6.57 – Area disponibile, indici di flusso, aree richieste, indici di saturazione.

## KPI di prodotto

DISTANZA 1 PRODOTTO			DISTANZA TOTALE			TEMPO 1 PRODOTTO			TEMPO TOTALE			FLUSSI 1 PRODOTTO			FLUSSI TOTALI		
id/prod	VAR. %		m	VAR. %		s/pez	VAR. %		s/pez	VAR. %		flussi/pez	VAR. %		flussi	VAR. %	
Dp1	9,973011	-14,3885	DP1	7021	-14,3885	TP1	42,40625	-5,24345	TP1	29854	-5,24345	FP1	0,502841	0	FP1	354	0
Dp2	23,93745	31,05023	DP2	27552	31,05023	TP2	53,8801	7,54717	TP2	62016	7,54717	FP2	0,667246	0	FP2	768	0
Dp3	25,66667	28,33333	DP3	47278	28,33333	TP3	56,88889	7,112971	TP3	104789,3	7,112971	FP3	0,666667	0	FP3	1228	0
Dp4	37,41283	41,78628	DP4	18669	41,78628	TP4	63,71543	16,04497	TP4	31794	16,04497	FP4	0,757515	0	FP4	378	0
Dp5	11,29393	0	DP5	112465	0	TP5	40,92488	3,659395	TP5	407530	3,659395	FP5	0,58345	0	FP5	5810	0
Dp6	31,80301	38,54545	DP6	19050	38,54545	TP6	47,5793	10,60802	TP6	28500	10,60802	FP6	0,66778	0	FP6	400	0
Dp7	6,001506	-25,7732	DP7	71748	-25,7732	TP7	25,3969	-9,70297	TP7	302936	-9,70297	FP7	0,500125	0	FP7	5979	0
Dp8	46,33333	26,65148	DP8	3892	26,65148	TP8	50,88889	14,6433	TP8	4274,667	14,6433	FP8	0,666667	0	FP8	56	0
Dp9	20,58333	-5,26398	DP9	34086	-5,26398	TP9	28,72222	-2,63653	TP9	47564	-2,63653	FP9	0,5	0	FP9	828	0
Dp10	49,5814	43,27957	DP10	2132	43,27957	TP10	55,37984	21,99454	TP10	2381,333	21,99454	FP10	0,744186	0	FP10	32	0
Dp11	18,66667	15,46392	DP11	15456	15,46392	TP11	27,44444	6,465517	TP11	22724	6,465517	FP11	0,5	0	FP11	414	0
Dp12	45,5	29,87952	DP12	14014	29,87952	TP12	50,59307	16	TP12	15582,67	16	FP12	0,673325	0	FP12	208	0
Dp13	19,17291	-2,95359	DP13	117760	-2,95359	TP13	27,78682	-1,38067	TP13	170666,7	-1,38067	FP13	0,500163	0	FP13	3072	0
Dp14	25,93338	24	DP14	33480	24	TP14	38,81642	9,433962	TP14	50112	9,433962	FP14	0,669249	0	FP14	864	0
Dp15	12,08474	76,82927	DP15	312330	76,82927	TP15	24,50284	16,66667	TP15	633276	16,66667	FP15	0,500058	0	FP15	12924	0
Dp16	29,56974	19,61561	DP16	36252,5	19,61561	TP16	61,06716	5,589639	TP16	74868,33	5,589639	FP16	0,725122	0	FP16	889	0
Dp17	30,39519	22,92135	DP17	586384	22,92135	TP17	61,45718	6,55106	TP17	1185632	6,55106	FP17	0,722372	0	FP17	13936	0
Dp18	47,2	40,10025	DP18	3074,5	40,10025	TP18	51,84103	21,08037	TP18	3369,667	21,08037	FP18	0,676923	0	FP18	44	0
Dp19	47,68591	42,5	DP19	48735	42,5	TP19	51,86888	22,36842	TP19	53010	22,36842	FP19	0,669276	0	FP19	684	0
Dp20	20,25759	31,35135	DP20	54067,5	31,35135	TP20	39,07019	8,992248	TP20	104278,3	8,992248	FP20	0,666916	0	FP20	1780	0
Dp21	21,16919	36,55914	DP21	889127	36,55914	TP21	39,67139	10,2632	TP21	166238	10,2632	FP21	0,669164	0	FP21	28004	0
Dp22	36,08571	8,78553	DP22	3789	8,78553	TP22	44,62857	4,551539	TP22	4686	4,551539	FP22	0,685714	0	FP22	72	0
Dp23	33,37408	12,35955	DP23	54600	12,35955	TP23	42,27384	6,145251	TP23	69160	6,145251	FP23	0,667482	0	FP23	1092	0
Dp24	27,31967	23,67347	DP24	16665	23,67347	TP24	39,85246	9,586777	TP24	2431	9,586777	FP24	0,721311	0	FP24	44	0
Dp25	23,62381	31,7757	DP25	22419	31,7757	TP25	35,85458	11,84669	TP25	34026	11,84669	FP25	0,670179	0	FP25	636	0
Dp26	41,28641	13,5514	DP26	8505	13,5514	TP26	47,91262	7,360406	TP26	9870	7,360406	FP26	0,679612	0	FP26	140	0
Dp27	38,78591	17,12846	DP27	125550	17,12846	TP27	45,87581	8,982827	TP27	148500	8,982827	FP27	0,667285	0	FP27	2160	0
Dp28	22,28205	23,57724	DP28	1064	23,57724	TP28	39,7265	9,570957	TP28	1549,333	9,570957	FP28	0,717949	0	FP28	28	0
Dp29	23,66142	31,62791	DP29	14291,5	31,62791	TP29	35,84051	11,82609	TP29	21647,67	11,82609	FP29	0,668874	0	FP29	404	0
Dp30	27,66102	21,20658	DP30	21216	21,20658	TP30	57,65841	5,92744	TP30	44224	5,92744	FP30	0,750978	0	FP30	576	0
Dp31	25,87929	28,04124	DP31	312052,5	28,04124	TP31	56,42602	7,176781	TP31	680385	7,176781	FP31	0,750124	0	FP31	9045	0
Dp32	35,21739	9,756098	DP32	4050	9,756098	TP32	44,34783	4,938272	TP32	5100	4,938272	FP32	0,695652	0	FP32	80	0
Dp33	32,01773	13,60947	DP33	57792	13,60947	TP33	41,35623	6,590258	TP33	74648	6,590258	FP33	0,667036	0	FP33	1204	0
Dp34	23,66382	25,77778	DP34	6933,5	25,77778	TP34	44,65188	7,806191	TP34	13083	7,806191	FP34	0,668942	0	FP34	196	0
Dp35	21,83333	35,05155	DP35	100608	35,05155	TP35	43,33333	9,550562	TP35	199680	9,550562	FP35	0,666667	0	FP35	3072	0
Dp36	38,83333	19,18159	DP36	3029	19,18159	TP36	45,88889	9,986684	TP36	3579,333	9,986684	FP36	0,666667	0	FP36	52	0
Dp37	37,174	23,61111	DP37	45612,5	23,61111	TP37	44,83157	11,80556	TP37	55008,33	11,80556	FP37	0,668297	0	FP37	820	0
Dp38	24,75	25,21739	DP38	1584	25,21739	TP38	37,125	9,830508	TP38	2376	9,830508	FP38	0,68875	0	FP38	44	0
Dp39	22,27236	34,17085	DP39	22161	34,17085	TP39	34,86834	12,16458	TP39	34694	12,16458	FP39	0,667337	0	FP39	664	0
Dp40	3,5035	0	DP40	10510,5	0	TP40	6,625667	0	TP40	19877	0	FP40	0,143	0	FP40	429	0

Fig. 6.58 - Distanza per ogni prodotto, distanza totale, tempo per ogni prodotto, tempo totale, flusso per ogni prodotto, flusso totale.

$$\text{costo totale} = 8657.5 + 1400 + 2100 + 92199 = 104356\text{€/anno}$$

$$\text{costo al chilo} = 0.026\text{€/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = 0.65\text{€/pezzo}$$

### Considerazioni stabilimento

Si vede che, come avveniva per lo stabilimento relativo al Re-layout 1 rispetto alla sua configurazione di riferimento, anche in questo caso confrontando il Re-layout 3 con il Re-layout 2 si ottiene uno sfruttamento migliore delle aree accompagnato da un aumento del costo totale di trasporto. Se però si compara quest'ultima soluzione con la prima si vede che a parità del costo di trasporto unitario per chilogrammo di materiale si ottiene un miglior sfruttamento delle aree dello stabilimento. Un fattore di cui non si è tenuto conto è l'eventuale incremento dei costi di trasporto dovuti alla saturazione delle aree. Qualora la zona risultasse piena i pallet verrebbero stoccati in zone diverse da quelle stabilite, ciò potrebbe portare a un aumento importante del tempo perso per cercali oppure potrebbe peggiorare la viabilità siccome ci potrebbero essere materiali lungo i percorsi che potrebbero ostacolare il flusso delle attrezzature e degli operatori.

## 7. CONCLUSIONI

### 7.1 Conclusioni dimensionamento servizio web

Per quanto riguarda il dimensionamento del servizio web sono state studiate diverse configurazioni. La prima impiega tre magazzini tipo Elephant di cui uno già presente in azienda e gli altri due da acquistare che porta ad avere un coefficiente di riempimento calcolato rispetto alla giacenza media dell'80%. La seconda valuta l'utilizzo oltre che dei tre magazzini precedenti anche della tipologia ANT (anch'esso già presente), in questo caso si ottiene un coefficiente di riempimento del 69.9%. La terza soluzione prevede l'utilizzo del magazzino tipo Elephant e tipo ANT già disponibili e l'acquisto di un ulteriore magazzino per ognuna delle due tipologie che porta a un coefficiente di riempimento dell'83.2%. La quarta soluzione prevede l'utilizzo dei due magazzini tipologia Elephant e ANT già disponibili e l'acquisto di un magazzino più solido sempre tipologia Elephant ma con caratteristiche differenti che porta a un coefficiente di riempimento di quest'ultima soluzione è del 75%.

Per eseguire il dimensionamento è stata considerata la massa di materiale che viene collocata mediamente in un cassetto. La scelta è dovuta al fatto che una progettazione del sistema basata non sulla portata massima del cassetto garantisce del margine operativo su ognuno di essi. Gli operatori tendono ad associare un determinato materiale ad ogni contenitore, siccome non è noto lo storico dello stock il sistema è stato pensato per avere del margine operativo su eventuali picchi di giacenza senza che si necessiti di andare ad occupare un nuovo cassetto. Se si dimensionasse il sistema sulla portata di tutti i cassette si eccederebbe il carico massimo accumulabile nel magazzino, si ottiene quindi che lo sfioramento del peso medio di carico fino alla di portata limite è disponibile solo su alcuni cassette e non su tutti.

Per precauzione e verificare che non vengano comprati dei magazzini con dei cassette eccessivamente grandi, specie in lunghezza e larghezza che porterebbe via troppo spazio in pianta per niente, è stata svolta una verifica sul volume effettivamente stoccabile nei contenitori. In ognuno dei casi analizzati, qualora si raggiungesse la portata massima, il volume di materiale effettivo è risultato leggermente inferiore al volume stoccabile. Questa condizione entro certi limiti è favorevole visto che i prodotti a stock hanno tutti forme e geometrie estremamente diverse e dunque risulta estremamente difficoltoso sistemarli in modo compatto. Il fatto di avere del margine sul volume del cassetto è favorevole anche perché l'altezza disponibile effettiva di 150mm prevede molto probabilmente uno stoccaggio su due strati di prodotti. Ovviamente all'aumentare del numero di strati aumenta la difficoltà del picking dei pezzi da parte dell'operatore, per questa ragione bisogna limitare la sovrapposizione dei materiali stoccati non andando oltre i due strati. Per quanto riguarda l'altezza effettiva dei cassette il fatto che questi siano più alti dell'altezza limite di stoccaggio non è del tutto svantaggiosa in quanto non avendo delle geometrie standard i prodotti potrebbero avere in qualche raro caso dimensioni anche superiori a 150mm. Per questo motivo avere un contenitore con altezza effettiva disponibile di stoccaggio superiore a quella limite per evitare la sovrapposizione può considerarsi accettabile.

In commercio esistono cassette con profondità che arrivano fino anche a 1000 – 1500mm. Per come avverrebbero le condizioni di picking andare su spessori di cassette superiori a 500mm renderebbe il prelievo estremamente più difficile in quanto i prodotti più lontani dalla baia sarebbero raggiungibili più difficilmente. Esistono magazzini con portate superiori a parità di dimensioni del cassetto dell'Elephant. Tuttavia anche se si potessero stoccare più materiali ad esempio fino a 4500kg (e oltre) si farebbero più strati che, come detto prima, complicherebbero il picking. Per non superare l'altezza limite per evitare la sovrapposizione dei prodotti, per non eccedere nello spessore del cassetto ma per garantire lo stoccaggio della portata massima con un certo margine per non incorrere

in problemi geometrici è stata valutata la tipologia con cassette lunghe fino a 10m. L'altezza del cassetto è la stessa della tipologia Elephant che garantisce lo stoccaggio di materiali alti oltre i 150mm che anche se rari potrebbero comunque presentarsi.

Tutte le soluzioni vagliate garantiscono il tempo di prelievo richiesto in quanto sarebbe sufficiente un solo magazzino per poter soddisfare il tempo di prelievo annuo richiesto. Tuttavia per garantire uno sfruttamento equo delle risorse sarebbe buona norma mantenere i prelievi livellati per garantire uno sfruttamento delle risorse omogeneo e non avere magazzini più sfruttati di altri.

All'aumentare del numero di magazzini aumenta anche il numero di cassette disponibili per lo stoccaggio e quindi risulta più semplice eseguire l'allocazione per "cassette dedicati". Soluzioni con un numero di magazzini inferiore ossia con numero di cassette più basso ma più grandi fanno sì che risulti più difficile allocare la merce per posti dedicati e quindi molto probabilmente si ricorrerebbe alla soluzione per posti condivisi.

I magazzini verticali hanno altezze che possono arrivare fino anche a 15m tuttavia il nuovo stabilimento dedicato solamente alla produzione web rimarrebbe in larga parte vuoto. Lo spazio disponibile potrebbe essere sfruttato per inserire dei nuovi macchinari. Ciò significa che potrebbe essere necessaria l'installazione di un carroponte per la movimentazione dei materiali, essendo i piloni già dotati degli appoggi per l'installazione dei binari non si vuole negare la possibilità di installazione dell'apparecchio con strutture troppo alte che potrebbero interferire con il moto della gru a ponte.

La soluzione ottimale che dovrà essere scelta deve valutare i costi di impianto dei magazzini, il livello di giacenza che permetterebbero di stoccare in condizioni ottimali e il rischio di comperare un magazzino che non garantisca il livello di stoccaggio richiesto in particolari momenti dell'anno. Il dimensionamento è stato svolto sulla giacenza media ciò vuole dire che bisogna tenere in considerazione anche la variabilità eventuale della giacenza nel tempo. Al diminuire del coefficiente di riempimento del magazzino si ha sempre meno margine per cautelarsi da eventuali variazioni di giacenza in certi periodi dell'anno che porterebbero a soluzioni di stoccaggio esterne. Sulla base dell'esperienza oppure svolgendo uno studio più completo sulla variabilità della giacenza si potrà scegliere la soluzione ottimale che minimizzi i costi di stoccaggio e non richieda eccessivo stoccaggio esterno che porterebbe a un incremento di pallet esterni a pavimento.

Per quanto riguarda il numero di pallettizzatori avendo ottenuto un coefficiente di utilizzo molto basso si può valutare lo sfruttamento di quello già presente nel reparto spedizioni oppure si potrebbe cambiare il sistema di imballaggio, si potrebbe ricorrere all'utilizzo di scatoloni o addirittura pezzi carichi su di un pallet eventualmente fermati con nastro adesivo o reggette.

Lo stesso discorso lo si può fare per gli operatori. Dai calcoli effettuati risulta che il coefficiente di utilizzo risulta molto basso. Attualmente la produzione dei pezzi web è già affidata a un operatore. Avendo ottenuto un coefficiente di circa il 25% con i nuovi dati di produzione si potrebbe provare in prima battuta a fare compiere lo stesso lavoro all'operatore che già lo sta facendo, se poi ci si troverà in difficoltà solamente in un secondo momento si potrà valutare l'impiego di un operatore in più dai reparti di taglio delle tre campate siccome c'è capacità produttiva in esubero e solo come estrema soluzione si potrebbe assumere una persona in più.

Per quanto riguarda il numero di transpallet si rende necessario l'acquisto di uno di essi per la movimentazione e il carico dei pallet. I prodotti web singolarmente sarebbero movimentabili mediamente anche a mano tuttavia essendoci un limite minimo fatturabile per un ordine ogni pallet

contiene mediamente sette pezzi. Statisticamente un prodotto web è circa sui 10kg e quindi i pallet di questi prodotti mediamente possono arrivare a pesare fino a 70kg. Questo carico, pur non essendo elevatissimo non è movimentabile da un operatore e quindi si rende necessario l'utilizzo di un transpallet elettrico. Dai calcoli svolti si ricava che il coefficiente di utilizzo dell'operatore risulta molto basso e quindi visto che in azienda in generale sugli operatori c'è del margine di utilizzo si può provare a svolgere questa attività con le risorse già a disposizione. Per quanto riguarda il transpallet elettrico avrebbe un coefficiente di utilizzo più basso di quello dell'operatore e quindi risulterebbe poco sfruttato. Tuttavia essendo il nuovo stabilimento distante da quello odierno e essendo il transpallet elettrico già utilizzato per numerose operazioni nel reparto spedizioni, ogni volta che si avrebbe la necessità di movimentare un pallet web si renderebbe necessario spostare il transpallet elettrico. Questo causerebbe una grande scomodità da un punto di vista degli spostamenti per questo motivo siccome il costo è relativamente basso si potrebbe comperare direttamente un transpallet elettrico da sfruttare per movimentare i prodotti web anche se utilizzato solamente in minima parte. Si ricorda inoltre che essendo questo stabilimento utilizzato in minima parte se si decidesse di inserire un reparto nuovo all'interno del sito il transpallet elettrico in più risulterebbe sicuramente utile per movimentare i futuri materiali.

## *7.2 Conclusioni analisi dei flussi*

Dopo avere svolto numerosi tentativi di riassetto aziendale si riportano ora le configurazioni che hanno dato i migliori risultati da un punto di vista del costo globale di trasporto e di sfruttamento delle aree.

### *Analisi dei flussi attuali*

La prima analisi ha fatto emergere il costo di trasporto odierno che risulta pari a:

$$\text{costo al chilo} = 0.026\text{€/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = 0.65\text{€/pezzo}$$

Per quanto riguarda la saturazione di alcune aree sulle quali è possibile agire risulta che alcune presentano una saturazione più o meno forte delle aree relative a M7, M10, M12, MOUT.

$$SI7 = 1.3$$

$$SI10 = 1.9$$

$$SI12 = 4.8$$

$$SOUT = 3.1$$

L'area M12 e l'area MOUT sono le più sature infatti sono quelle che creano più problemi da un punto di vista della collocazione dei pallet nella pianta. Le aree relative a M10 e M7 sono sature ma non in maniera eccessivamente importante.

### *Re-layout 1*

Con questa nuova configurazione, dove vengono operati tutti gli spostamenti relativi al piazzale e all'area spedizioni, utilizzo del nuovo stabilimento, riallocazione delle aree: M12, M7, MIN1 ma non viene inserita una macchina in più. Si ottiene un costo per chilogrammo di materiale pari a:

$$\text{costo al chilo} = 0.028\text{€/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = 0.69\text{€/pezzo}$$

Per quanto riguarda la saturazione delle aree in cui è possibile agire.

$$SI7 = 0.69 \rightarrow -46.7\%$$

$$SI10 = 0.94 \rightarrow -50\%$$

$$SI12 = 1.7 \rightarrow -63.6\%$$

$$SIOUT1 = 0.76 \rightarrow -75.3\%$$

Il confronto viene svolto rispetto alla configurazione "analisi dei flussi attuali"

Il costo del sistema di trasporto tende ad aumentare leggermente, l'aumento del tempo globale di movimentazione fa aumentare la quota parte di costo imputabile al sistema di trasporto ma grazie all'aumento di prodotti venduti tramite la produzione web l'incremento del costo per chilogrammo di materiale viene mitigato. Per quanto riguarda lo sfruttamento delle aree si può notare che la superficie destinata allo stoccaggio sia notevolmente aumentata per quello che riguarda M12 e MOUT1 che ha portato a un significativo calo dell'indice di saturazione. Questa soluzione dunque propone un leggerissimo incremento dei costi di trasporto ma un migliore sfruttamento della superficie aziendale che dovrebbe evitare fenomeni caotici dovuti a una dimensione insufficiente delle aree di stoccaggio.

### *Re-layout 2*

La terza soluzione valuta una configurazione simile alla prima analizzata, ma prevede l'inserimento del nuovo capannone e l'inserimento della nuova macchina senza però spostare l'area spedizioni che verrebbe solamente ingrandita di poco per cercare di limitare l'incremento dell'indice di saturazione. Per valutare l'inserimento della nuova segatrice nel reparto M1 è stato supposto un incremento di materiale che attraversa il reparto stesso e di conseguenza sono stati incrementati i flussi. Questa soluzione è molto interessante perché porta al costo di trasporto minimo.

$$\text{costo al chilo} = 0.025\text{€/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = 0.61\text{€/pezzo}$$

Da un punto di vista della saturazione delle aree invece questa soluzione non propone nessun grosso miglioramento sostanziale anzi, l'incremento dei flussi porta a un generale incremento degli indici di saturazione, a parte quello dell'area spedizioni che si abbassa siccome s'è stato un incremento della superficie disponibile rispetto alla configurazione odierna.

$$SI7 = 1.7 \rightarrow +32.3\%$$

$$SI10 = 1.9 \rightarrow 0\%$$

$$SI12 = 4.8 \rightarrow 0\%$$

$$SIOUT1 = 1.8 \rightarrow -40.6\%$$

Una soluzione alternativa potrebbe essere quella di spostare la segatrice aggiunta accanto alle macchine del reparto M1, in questo modo si potrebbe aumentare l'area spedizioni in modo considerevole per far calare l'indice di saturazione, ma si dovrebbe spostare MIN1 verso il parcheggio del muletto grande andando a sacrificare molto la dimensione di quest'area di stoccaggio.

### *Re-layout 3*

La terza soluzione valuta una configurazione simile alla seconda, prevede l'acquisto del nuovo capannone e l'inserimento della nuova macchina con lo spostamento dell'area spedizioni sotto alla tettoia.

Con questa soluzione il costo del sistema di trasporto vale:

$$\text{costo al chilo} = 0.026\text{€/kg}$$

$$\text{costo al pezzo} = 0.65\text{€/pezzo}$$

E la saturazione delle aree risulta:

$$SI7 = 0.99 \rightarrow -41.7\%$$

$$SI10 = 0.94 \rightarrow -50\%$$

$$SI12 = 1.7 \rightarrow -63.64\%$$

$$SIOUT1 = 0.87 \rightarrow -52.1\%$$

Questi indici di saturazione sono confrontati con la soluzione precedente (e non con la prima) in quanto si considera una macchina in più.

Sotto l'ipotesi che tutti i flussi che passano dal reparto M1 siano aumentabili di 1/3 con, conseguente incremento del materiale venduto, questa soluzione fornisca un costo per chilogrammo di materiale pari alla configurazione attuale. Inoltre riorganizzare lo stabilimento in questo modo porterebbe a un migliore sfruttamento della superficie in quanto si avrebbe un abbassamento dell'indice di saturazione notevole. Potrebbero rimanere delle criticità in M12 ma questo fenomeno potrebbe essere mitigato, inoltre per le altre aree invece la situazione non dovrebbe essere critica in quanto l'indice risulta inferiore a uno. In questo caso quindi l'incremento di costo globale del sistema di trasporto dovuto a un incremento dei flussi non porta a sostanziali peggioramenti del costo totale di trasporto.

Per quanto riguarda l'incremento dei flussi si suppone che sia la campata centrale che per il reparto di fresatura non ci siano problemi legati a un difetto di capacità produttiva. Per quanto riguarda questi reparti è stata eseguita una verifica di massima e potrebbe esserci il margine per incrementare la produzione. Diversa situazione invece risulta per il reparto spedizioni, Anche se di massima, dalla verifica è risultato che l'operatore per poter portare a termine il lavoro deve svolgere dello straordinario, come realmente sta già accadendo. Per questo reparto quindi potrebbe essere necessario l'aiuto di uno dei dodici operatori dei reparti di taglio in certi momenti dell'anno o della giornata. Sicuramente la capacità produttiva di tutti gli operatori è sufficiente per coprire i bisogni quindi non sarebbe necessario assumere una seconda persona nel reparto spedizioni ma solamente dirottare un operatore al reparto spedizioni per quando risulta necessario. Un fattore di cui non si è tenuto conto è l'eventuale incremento dei costi di trasporto dovuti alla saturazione delle aree. Qualora la zona

risultasse piena i pallet verrebbero stoccati in zone diverse da quelle stabilite, ciò potrebbe portare a un aumento importante del tempo perso per cercarli oppure potrebbe peggiorare la viabilità siccome ci potrebbero essere materiali lungo i percorsi che potrebbero ostacolare il flusso delle attrezzature e degli operatori. Per questo motivo durante la valutazione del layout ottimale risulta importante valutare non solo il costo unitario di trasporto ma anche la saturazione delle aree che potrebbero portare a situazioni caotiche incontrollate e imprevedibili che farebbero lievitare i costi di trasporto.

## **BIBLIOGRAFIA**

Logistica integrata e flessibile per i sistemi produttivi dell'industria e del terziario, ESCULAPIO EDITORE, Arrigo Pareschi, Emilio Ferrari, Alessandro Persona, Alberto Regattieri.

Sviluppo completo di un sistema produttivo: dallo studio di fattibilità al progetto esecutivo parte 1, Mora Cristina.

Progettazione di sistemi di produzione avanzati, analisi dei flussi di materiale e ottimizzazione dei parametri di trasporto, il software LFAS (logstic flow analysis software).

Manuale di meccanica, HOEPLI, Luigi Caligaris, Stefano fava, Carlo Tomasello.