



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Miglioramento di un magazzino materie prime: la
riprogettazione del layout attraverso una
modellazione matematica***

SINTESI

RELATORI

IL CANDIDATO

Prof. Ing. Gino Dini
Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

Lorenzo Ferretti
lorenzo_ferretti1994@libero.it

Prof. Ing. Valeria Mininno
Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Ing. Enrico Fruzzetti
Gambini S.p.A.

Sessione di Laurea Magistrale del 27/11/2019

Miglioramento di un magazzino materie prime: la riprogettazione del layout attraverso una modellazione matematica

Lorenzo Ferretti

Sommario

In un contesto in cui la competitività tra le aziende è sempre più alta, un magazzino efficiente può contribuire a migliorare le prestazioni dell'intero impianto di produzione e al raggiungimento di una migliore posizione competitiva. Il seguente lavoro affronta un caso di miglioramento dell'efficienza del Magazzino Materie prime dell'azienda Gambini S.p.A., attraverso una revisione e riprogettazione del suo layout. Questa riprogettazione sarà effettuata attraverso una modellazione matematica del layout, con la quale sarà possibile ottenere una minimizzazione degli spazi occupati dal magazzino, dei tempi di movimentazione dei materiali al suo interno e un'analisi dei benefici, monetari e non monetari, portati dal miglioramento e dei costi sostenuti. Per un ulteriore miglioramento futuro dell'efficienza del magazzino, il lavoro include anche uno studio di possibili soluzioni per l'automazione delle attività di magazzino che potrebbero essere utilizzate dall'azienda, la fattibilità di tali soluzioni è valutata per il caso analizzato.

Abstract

In a context in which competitiveness between companies is increasingly high, an efficient warehouse can contribute to improve the performance of the entire production plant and the achievement of a better competitive position. The following work deals with a case of improvement of the efficiency of the raw materials warehouse of Gambini S.p.A. company, through a revision and redesign of its layout. This redesign will be carried out through a mathematical modeling of the layout, with which it will be possible to obtain a minimization of the spaces occupied by the warehouse, of the materials handling times within it and an analysis of the benefits, monetary and non-monetary, brought by the improvement and costs incurred. To a further future warehouse efficiency improvement, the work includes also a study of possible solutions for the automatization of warehouse activities that could be used by the company, the feasibility of these solutions is evaluated for the case analysed.

1. Presentazione dell'Azienda ospitante

Gambini S.p.A. è un'azienda situata nel comune di Montecarlo (LU), conta circa 150 dipendenti e il suo business consiste nell'assemblaggio, su commessa, di componenti meccanici ed elettrici al fine di realizzare linee di macchinari automatizzate per le aziende del settore Tissue. Nello *Stabilimento 2 – Ricerca & Sviluppo e Area Produzione* dell'azienda si assemblano questi componenti, esso è composto da due distinte *Aree di Montaggio* separate dal *Magazzino Materie Prime* oggetto del lavoro.

2. Introduzione

2.1 Il problema e gli obiettivi del lavoro

Da una ricerca di mercato si evince come il settore Tissue risulti essere in crescita e che tale crescita è prevista anche per il futuro. In correlazione con essa, negli ultimi anni Gambini ha affrontato una domanda sempre più alta delle proprie linee, di conseguenza si è manifestata la necessità di aumentare la capacità produttiva dello *Stabilimento 2*, in quanto essa risultava essere già satura. Per la risoluzione di questo problema l'azienda ha deciso di istituire alcuni obiettivi relativi al reparto produttivo:

1. Aumentare lo spazio a disposizione per la produzione
2. Ridurre i Lead Time di assemblaggio delle linee

Tra le varie opportunità di miglioramento, Gambini ha individuato la possibilità di migliorare l'efficienza del proprio *Magazzino Materie Prime*. Esiste, infatti, un certo legame tra l'efficienza del magazzino e il rendimento del reparto produttivo. Per il primo punto, in alternativa all'acquisto di un altro impianto produttivo, si può cercare di ridurre lo spazio di magazzino. Per il secondo punto, un magazzino con bassi tempi di stoccaggio e di prelievo dei codici permette di evitare situazioni in cui un certo materiale non risulta presente in produzione quando necessario, ma il motivo di ciò non è attribuibile al fornitore di quel materiale bensì al magazzino dell'azienda, in quanto la merce è stata consegnata, ma non è stata ancora registrata o stoccata dal magazzino. Questi ritardi causerebbero l'allungamento del Lead Time di assemblaggio. Dalla progettazione di un nuovo layout di magazzino sarebbe possibile ottenere la riduzione degli spazi occupati e una riduzione dei tempi di movimentazione dei materiali, contribuendo alla riduzione dei tempi di stoccaggio e prelievo dei codici. Perciò Gambini ha attivato il progetto di *revisione e riprogettazione del layout del Magazzino Materie prime* dello *Stabilimento 2*, di cui questo lavoro si occupa. Gli obiettivi stabiliti per esso sono:

1. *minimizzare lo spazio occupato dal magazzino*
2. *minimizzare i tempi di movimentazione dei materiali*
3. *Fornire una stima, a livello monetario, dei benefici portati dal progetto.*

2.2 Metodologia

La metodologia studiata per perseguire gli obiettivi del progetto è costituita dall'analisi di 2 diversi stati, i quali rappresentano la situazione iniziale del magazzino (Stato AS – IS) e quella futura, in seguito all'attuazione degli interventi del progetto (Stato TO – BE). I primi due obiettivi del progetto sono tramutati in *Key Performance Indicators (KPI)* e gli scostamenti tra i valori riferiti ai due stati, riportati nel paragrafo conclusivo, quantificheranno gli eventuali miglioramenti ottenuti, raggiungendo anche il terzo obiettivo.

Entrambi gli stati saranno modellati, oltre alla rappresentazione CAD del layout, attraverso una “*Matrice/Grafo delle movimentazioni*”. Essa costituisce lo strumento utilizzato al fine di ridurre il modello reale del layout di magazzino in un modello matematico quale è un grafo, o la corrispettiva matrice delle adiacenze. I nodi del grafo rappresentano le varie *Arete di Magazzino*, tutto ciò che occupa spazio all'interno del magazzino, i lati rappresenteranno i flussi di movimentazione dei materiali esistenti tra le aree. Tale strumento consente la persecuzione di tutti gli obiettivi del progetto.

3. Stato AS – IS

3.1 Layout AS – IS

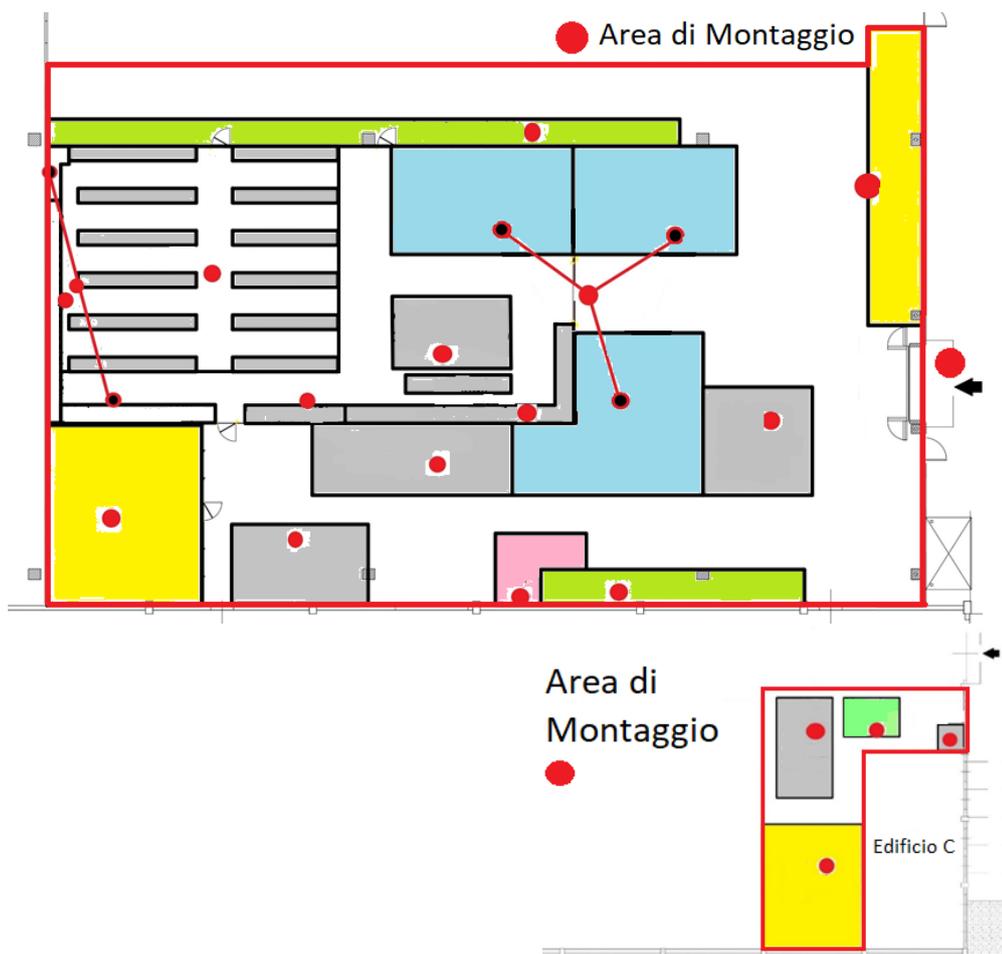


Figura 1. Layout AS – IS Magazzino Materie Prime

Per la modellazione CAD della Fig. 1 sono state individuate le varie *Aree di Magazzino*, raggruppate in base alla funzione svolta. La numerosità delle aree costituisce un importante parametro ai fini dell'analisi, in quanto un elevato numero di aree consentirebbe un'analisi migliore, il modello si avvicinerebbe maggiormente alla realtà, ma anche un aumento della complessità del grafo e del lavoro in generale. Dopo aver misurato lo spazio occupato dalle *Aree di Magazzino* e lo spazio adibito a *Magazzino Materie prime*, è stato possibile effettuare la modellazione. È possibile individuare tale spazio dall'area contornata in rosso. Lo *Spazio di Magazzino (SM) [m²]* costituisce il KPI per il primo degli obiettivi del progetto. In Fig.1 si notano i nodi del grafo, in rosso, idealmente localizzati nel punto baricentrico di ogni area, tra cui quelli riferiti alle due *Aree di Montaggio* e all'*Entrata/Uscita* dei materiali, i quali non sono *Aree di Magazzino*. Infatti, saranno modellati, oltre ai flussi di movimentazione all'interno del magazzino, anche i flussi uscenti/entranti dal contorno.

3.2 Descrizione delle Aree

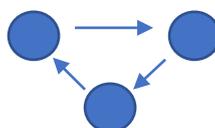
Esse sono classificabili in *Aree di stoccaggio*, dove giace la merce, e *Aree Operative*, spazi necessari per lo svolgimento delle normali attività di magazzino. Una riduzione della dimensione di queste aree agevolerebbe il compito di riduzione di *SM*. Tuttavia, queste non potranno diminuire al passaggio dalla situazione AS – IS a quella TO – BE, a meno di valide giustificazioni. Per le prime in quanto non vi sarebbe più spazio sufficiente per lo stoccaggio dei codici. Nel secondo caso, in quanto gli operatori all'interno di essi potrebbero non riuscire più a svolgere efficientemente le loro attività.

3.3 Matrice/Grafo delle movimentazioni AS – IS

È stato pensato questo modello matematico al fine di non rendere il progetto un semplice riarrangiamento delle aree che avrebbe portato ad una riduzione degli spazi, ma non necessariamente al miglioramento dei flussi di movimentazione. Questo grafo è costituito da lati in quanto la grande maggioranza degli spostamenti degli addetti sono viaggi di andata e ritorno tra una coppia di nodi. In questo modo è possibile anche catturare il caso in cui l'addetto debba visitare più nodi all'andata, ma al ritorno, per tornare al punto di partenza, visita gli stessi nodi di prima.



Tuttavia, è possibile che, prima di tornare al nodo di partenza, l'addetto si rechi in più di un nodo senza effettuare lo stesso percorso fatto all'andata, questo caso non è catturato con precisione dalla modellazione.



Dato un certo layout, sarà possibile ottenere una stima dello spazio e del tempo impiegato dagli addetti di magazzino per queste movimentazioni, ma anche degli spostamenti che non prevedono la movimentazione di materiale. In seguito, sarà possibile calcolare la *Spesa Annua per Movimentazioni di materiali e Spostamenti (SAMS)* $\left[\frac{\text{€}}{\text{anno}} \right]$ effettuati dagli addetti di magazzino per quanto riguarda gli ultimi 12 mesi, tale stima sarà rappresentativa anche per il futuro. *SAMS* costituisce il KPI per il secondo obiettivo, contribuisce alla quantificazione dei benefici monetari e la riduzione di *SM* sarà una conseguenza della riduzione di *SAMS*.

3.3.1 Calcolo di SAMS

Data la complessità del grafo, non completamente connesso, derivante dall'elevato numero di nodi, consideriamo la matrice delle adiacenze legata al grafo. In quanto il grafo è costituito da lati, tale matrice sarà quadrata, non avrà valori sulla diagonale e sarà simmetrica rispetto ad essa. Si deve trovare lo spazio totale percorso dagli addetti negli ultimi 12 mesi, e per parametrizzare i flussi di movimentazione a tal fine sono necessari i seguenti dati:

1. La distanza da percorrere per spostarsi da una certa area *i* – esima all'area *j* – esima
2. Il numero di volte in cui quella singola distanza è stata percorsa negli ultimi 12 mesi.

I prodotti tra questi valori saranno collocati nelle rispettive celle della matrice delle adiacenze, e la somma dei valori restituirà lo spazio totale percorso, inizialmente dovranno essere considerate due matrici, in quanto i flussi saranno parametrizzati con due gruppi di dati. Il primo è relativo alla *distanza tra una coppia di aree *i* – *j* (*D_{ij}*) [passi]*, questi dati sono facilmente reperibili andando a misurare la distanza tra le varie aree coinvolte dai flussi di movimentazione. Invece, il secondo gruppo di dati non è disponibile, dunque deve essere stimato. A tal proposito si introduce una variabile aleatoria: *il numero di volte in cui, in un giorno o settimana, si è percorso una certa distanza *D_{ij}* sempre negli ultimi 12 mesi*.

L'obiettivo è stimare il Valore Atteso di questa variabile aleatoria, il quale costituisce la *frequenza media giornaliera con cui una distanza *D_{ij}* è stata percorsa nell'arco degli ultimi*

*12 mesi (*F_{ij}*) $\left[\frac{1}{\text{giorni}} \right]$* . Una volta trovate le frequenze basterà moltiplicarle per il numero di giorni lavorativi per ottenere le stime dei dati al punto 2, sarà successivamente possibile ottenere lo spazio totale percorso. Sono dunque necessarie due matrici delle adiacenze, una per ogni parametro: *Matrice delle distanze e Matrice delle frequenze*.

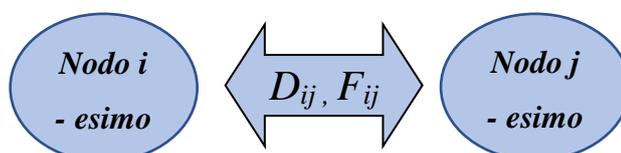


Figura 2. Parametrizzazione flussi di movimentazione / lati del grafo

3.3.2 Raccolta Dati

In Fig. 3 è riportata la *Matrice delle distanze AS – IS*. La *Matrice delle frequenze AS – IS* avrà la stessa configurazione, ma i valori riportati nelle celle rappresenteranno le stime dei vari *Fij*.

	I/O	UF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17	18	19	20
I/O																				
UF	32																			
1	12	33																		
2	38	73	40																	
3	49			14																
4		88	55	15	14															
5						24														
6	49						13													
7	32	25	34	72		62														
8					11															
9																				
10																				
11	25	57	24	12			54													
12					25															
13					25															
14				60																
17									53											
18					70															
19				138	65				70				62							
20				75	104				83				126							

Fig 3. *Matrice delle distanze AS – IS [passi]*

Al fine di stimare le frequenze e costruire la *Matrice delle frequenze AS – IS*, prendendo in considerazione un unico flusso di movimentazione che coinvolge l'area i – esima e l'area j – esima, si considera un'ipotetica serie storica dove sull'asse delle ascisse si ha i giorni/settimane e sull'asse delle ordinate i valori assunti dalla variabile aleatoria. Si vuole stimare il valore medio dei valori assunti dalla serie attraverso il suo campionamento, questo valore medio corrisponde proprio al singolo *Fij*. Inoltre, si ipotizza che tale serie sia molto correlata con quella in Fig. 4, rappresentante l'andamento del numero settimanale di *Documenti Di Trasporto (DDT)* in ingresso al magazzino negli ultimi 12 mesi.

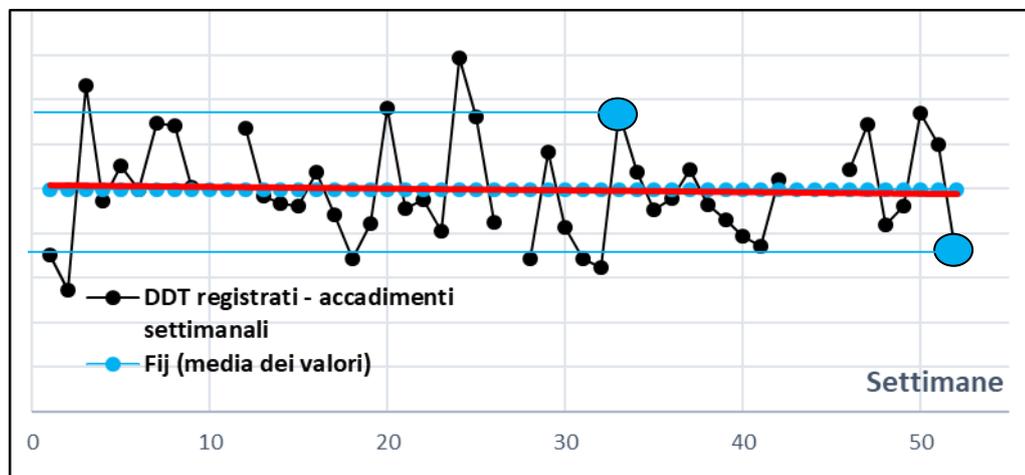


Fig. 4 *Ipotetica serie storica accadimenti settimanali di un flusso di movimentazione – serie DDT*

Come possiamo notare dalla linea di tendenza in rosso, questa non presenta un trend significativo, per l'ipotesi fatta neanche la nostra serie ipotetica non presenterà un trend significativo, dunque la stima degli *Fij* e di *SAMS* riferita agli ultimi 12 mesi sarà buona anche per i primi periodi successivi. Tale ipotesi si basa sul fatto che:

1. la registrazione di un *DDT* è la causa che scatena i processi di ricevimento e di stoccaggio della merce, questi processi causano la maggior parte dei flussi di movimentazione che vengono effettuati. Un singolo *DDT* è, dunque, più impattante rispetto agli altri 3 tipi di documenti che scatenano i processi di prelievo e la spedizione della merce ai terzisti / al reparto produttivo / al cliente.
2. Il numero di *DDT* registrati negli ultimi 12 mesi costituisce il 64% dei documenti totali. Campionare la serie storica significa che si vuole acquisire il dato relativo ad alcuni dei punti della serie. Gli n valori che risulteranno dagli n campionamenti saranno mediati, il valore risultante costituirà la stima per il singolo *Fij*. La precisione della stima è tanto più precisa quanto n è elevato. Per il caso in analisi sono stati effettuati due campionamenti settimanali, questo numero è sicuramente basso, perciò la stima di *SAMS* non sarà molto precisa. Tuttavia, sarà sufficiente per l'individuazione della migliore tra 3 diverse proposte di soluzioni di layout TO – BE che saranno progettate. Infatti, valutando le 3 soluzioni con i dati registrati dal primo campionamento e, successivamente, con i dati registrati dal secondo, si è visto come la migliore tra le soluzioni proposte, sulla base dei KPI scelti, è risultata sempre la stessa. Non risulta tanto importante la precisione della stima di *SAMS*, bensì è importante identificare la migliore soluzione. I campionamenti sono stati effettuati attraverso la compilazione di un foglio raccolta dati da parte degli addetti di magazzino, essi dovevano registrare le due aree coinvolte nelle movimentazioni di materiale o spostamenti che essi avrebbero effettuato. I due campionamenti sono stati effettuati in due intervalli di tempo ben distanti, questo al fine non catturare la medesima componente stagionale della serie, altrimenti avremmo avuto dei valori troppo simili che non avrebbero migliorato la stima degli *Fij*.

Le medie dei dati raccolti sono state collocate nella *Matrice delle frequenze AS – IS*.

L'affidamento del campionamento agli operatori costituisce la principale criticità del modello:

1. Alcuni operatori hanno registrato le movimentazioni compiute in una percentuale maggiore o minore rispetto ad altri.
 2. Nell'intervallo di tempo potrebbe esserci stato un qualsiasi tipo di problema contingente
- L'effetto di queste due problematiche è la sovrastima, o viceversa, di un flusso rispetto a quello che è in realtà, dunque un determinato flusso potrebbe risultare più impattante rispetto ad un altro quando in realtà non sarebbe così. Effettuando un numero di campionamenti più

alto possibile, questa criticità sarà attenuata e sarà possibile stimare *SAMS* con maggiore precisione. Con uno strumento informativo per il tracciamento delle movimentazioni da un'area all'altra all'interno del magazzino sarebbe possibile ottenere i dati riferiti a tutti i punti della serie. Inoltre, poiché nessuno degli addetti avrà registrato il 100% delle movimentazioni di materiale realmente effettuate, si ipotizza che il valore di *SAMS* che troveremo sarà minore rispetto a quello reale.

3.3.3 Elaborazione matematica

La somma di tutti i prodotti tra i vari parametri e un certo *fattore correttivo* (*Kcorr*) restituisce la distanza totale percorsa dagli addetti negli ultimi 12 mesi.

$$\sum_{i,j=1}^n D_{ij} * F_{ij} * K_{corr} \left[\frac{km}{anno} \right]$$

Il *fattore correttivo* consente la conversione dei passi in chilometri, l'estensione temporale sino ai 12 mesi e, inoltre, l'allineamento al carico di lavoro medio che l'azienda ha avuto negli ultimi 12 mesi, infatti, nei due periodi di campionamento il carico di lavoro poteva essere sovradimensionato, o viceversa, rispetto al carico di lavoro medio. Tale allineamento è stato effettuato sfruttando sempre i *DDT*. In particolare, sono stati messi a confronto i *DDT* emessi nelle due settimane in cui si sono svolti i campionamenti e il numero settimanale medio di *DDT* registrati negli ultimi 12 mesi. Trovato lo spazio totale percorso dagli addetti di magazzino negli ultimi 12 mesi per le movimentazioni di materiale, con il layout AS – IS, la stima della velocità media con cui gli addetti di magazzino si spostano all'interno di esso e con il dato del costo orario della manodopera, è stato possibile determinare il valore di *SAMS AS – IS*.

4. Stato TO – BE

4.1 Classificazione ABC dei Flussi

Si espone come sfruttare lo strumento della *Matrice/Grafo delle movimentazioni* per individuare una nuova soluzione di layout di magazzino che minimizzi i due KPI *SM* e *SAMS*. L'idea è la riduzione di *SAMS*, attraverso la diminuzione dei parametri *Dij* e *Fij*, e di *SM*, attraverso la diminuzione del solo parametro *Dij*. Intuitivamente, per ridurre *Dij*, si dovrebbe avvicinare le varie aree, al contrario non si può agire su $\sum_{i,j=1}^n F_{ij}$, in quanto tale valore dipende dal carico di lavoro degli addetti a magazzino. Avvicinando una coppia di aree il cui flusso presenta alti valori di *Dij* e di *Fij* si otterrebbe un maggiore risparmio di tempo e denaro. Attraverso un diagramma di Pareto eseguito sui flussi di movimentazione AS – IS, è

stato possibile effettuare una classificazione ABC. Le aree coinvolte nei flussi A/B sono quelle che, nel TO – BE, dovranno essere il più possibile vicini. Un allontanamento delle aree collegate da flussi di tipo C non provocherà significativi aumenti di *SAMS*. Tale classificazione guiderà la progettazione CAD del layout TO – BE.

4.2 Soluzioni di Layout

Conoscendo i flussi più impattanti è stato possibile progettare le 3 diverse proposte / alternative di layout. Con la modifica della Fig. 3 in *Matrici delle distanze TO – BE attese* e la conseguente creazione di “*Matrici/Grafi delle movimentazioni TO – BE*”, ognuna corrispondente ad ogni disposizione tentata, è stato possibile stimare facilmente il *SAMS TO – BE* atteso eseguendo gli stessi calcoli al *paragrafo 3.3.3*. Con i KPI scelti è stato possibile individuare il migliore tra i layout progettati, in particolare attraverso *SAMS* poiché, si anticipa dalle conclusioni, per tutte le 3 soluzioni proposte il valore *SM TO – BE* è risultato uguale. Questo a causa della decisione di vincolare la posizione di alcune *Aree di Magazzino* nella stessa posizione assunta nello stato AS – IS, al fine di ridurre i costi relativamente all’implementazione del nuovo layout. Infatti, lo spostamento di un’area porta un certo beneficio ma ha anche un certo costo e tale costo può essere molto elevato.

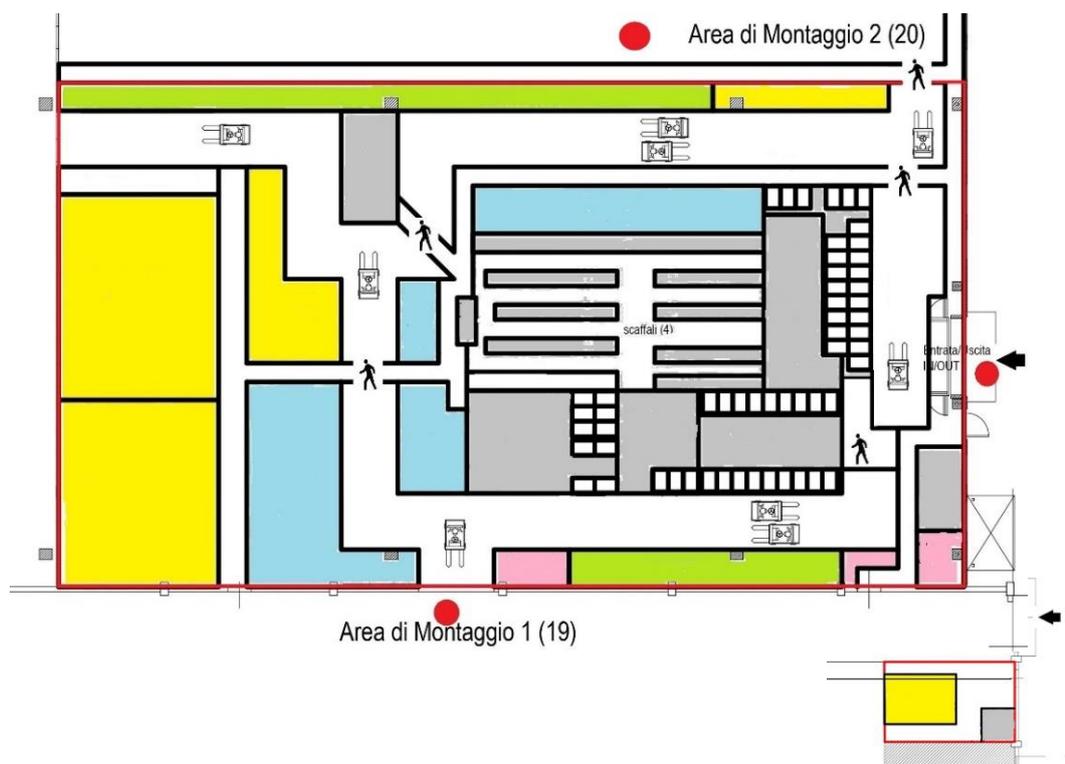


Figura 5. Layout TO – BE Magazzino Materie Prime, Soluzione approvata

Confrontando la Fig. 5 con la Fig. 1 è possibile apprezzare la diminuzione di *SM*.

4.3 Flussi anomali

Tra i flussi di movimentazione registrati vi è un particolare sotto – gruppo di flussi non previsti dall’azienda, la loro esistenza non è causata dalle normali procedure per lo

svolgimento dei *Processi di Magazzino*. Una loro riduzione, o preferibilmente una loro eliminazione, costituisce un'opportunità di miglioramento per *SAMS*, infatti le *Fij* di questi flussi anomali potranno essere ridotte/eliminate agendo sulle cause che li generano attraverso delle azioni correttive (*Dij* non diminuiranno, le azioni correttive non avranno effetto su *SM*). Ogni possibile causa che possa generare un certo flusso anomalo è stata individuata dopo un colloquio con gli addetti di magazzino. Per individuare le cause più impattanti, e perciò quelle su cui urge intervenire con azioni correttive, sono stati creati dei fogli raccolta dati dove, per ogni movimentazione, uno degli addetti doveva registrare la causa per cui essa era avvenuta. Con l'aiuto della "*Matrice/Grafo delle movimentazioni TO – BE*" è stato possibile stimare i massimi benefici monetari portati dall'attuazione di ognuna delle azioni correttive, ipotizzando una totale eliminazione delle cause. Con la determinazione dei costi da sostenere per ogni azione correttiva è stato possibile valutare la fattibilità di ogni investimento relativo all'attuazione di ogni singola azione correttiva.

5. Possibili sviluppi futuri

È stata valutata la possibile adozione di alcune soluzioni per l'automazione di alcune attività di magazzino, cercando sempre di perseguire gli obiettivi del progetto al paragrafo 2.1

5.1 Movimentazione automatizzata dei materiali

Per la riduzione di *SAMS* è stata valutata la possibilità di un investimento in una soluzione che in letteratura viene identificata con *Automated Guided Vehicle (AGV)*, "*...veicoli senza conducente programmabili utilizzati per trasportare carichi in diversi punti della struttura al fine di svolgere un determinato compito entro un determinato periodo di tempo...*".

5.2 Sfruttamento ottimo della verticalità per la riduzione degli spazi occupati

Per la riduzione di *SM* è stata valutata la possibile implementazione di una soluzione "*Automated Storage & Retrieval Systems (AS / RS)*". Essa "*...è una combinazione di apparecchiature e controlli che gestiscono, immagazzinano e recuperano materiali secondo necessità, con precisione, accuratezza e velocità con un determinato grado di automazione*". La specifica soluzione *AS / RS* valutata prende il nome di "*Vertical Lift Modules (VLM)*". "*...una soluzione di stoccaggio "parts – to – picker" per piccoli oggetti composta da più vassoi posti in verticale, in cui gli articoli sono immagazzinati e da un sistema di stoccaggio e recupero automatizzato...*". Per i piccoli codici stoccabili su scaffali, la soluzione *VLM* è stata precedentemente implementata da Gambini, l'effetto è stato una riduzione del numero di scaffali, su cui erano precedentemente stoccati i piccoli codici, che ha contribuito alla riduzione di *SM*. È stata valutata la possibile implementazione di una soluzione *VLM*, analoga alla precedente, per lo stoccaggio compatto e verticale dei pallet in giacenza nel magazzino.

Ciò consentirebbe la riduzione delle *Aree di Magazzino* che presentano pallet a terra agevolando l'ulteriore riduzione di *SM*.

6. Risultati e Conclusioni

Di seguito sono riportati gli scostamenti tra i KPI riferiti ai due stati e i benefici monetari stimati relativamente ai due interventi principali effettuati dal progetto:

	SM [m ²]	SAMS [€/anno]	
AS - IS	1710	7.022,41 €	
	SM [m ²]	SAMS [€/anno] pre - A.C.	SAMS [€/anno] post - A.C.
Alternativa TO - BE 1	1349	6.343 €	3.942 €
Alternativa TO - BE 2	1349	5.262 €	3.306 €
Alternativa TO - BE 3	1349	5.953 €	3.807 €
	Δ SM [m ²]	Δ SAMS [€/anno] pre - A.C.	Δ SAMS [€/anno] post - A.C.
Soluzione TO - BE	361	1.760 €	3.717 €

Tab. 1 benefici monetari attesi da implementazione del layout e dall'attuazione delle azioni correttive

Per tramutare Δ SM in un beneficio monetario si ipotizza il verificarsi di un aumento della domanda di mercato che causerebbe la necessità di acquisto di un impianto di 361 m². Il risparmio monetario coincide con il canone annuo risultante da un mutuo da sostenere per l'acquisto di tale impianto. Si è stimato un canone annuo di circa 36.000 € per un mutuo decennale. Trovati i benefici sono stati stimati i costi da sostenere per l'implementazione del layout TO – BE e per l'attuazione delle azioni correttive. Risulta possibile verificare la fattibilità economica dell'investimento relativo all'implementazione del layout TO – BE in Fig. 5.

	implementazione layout TO - BE	azioni correttive su flussi anomali
Massimi Benefici Annui	37.760 €	1.957 €
da Δ SM [m²]	36.000 €	0 €
da Δ SAMS	1.760 €	1.957 €
Costo Iniziale	6.000 €	500 €
Benefici (Anno 1) / Costi	6,29	3,91

Tab. 2 Analisi Costi / Benefici attesi da implementazione di Fig. 5 e da azioni correttive

Altri benefici non monetari portati dall'implementazione del layout TO – BE sono:

- Maggiore sicurezza per gli operatori, dall'istituzione di corsie muletti e pedoni
- Riduzione dei ritardi delle attività produttive a seguito della diminuzione dei tempi di stoccaggio e prelievo
- Flusso di materiale più ordinato

A seguito dei preventivi effettuati e dei benefici monetari stimati, risulta che i possibili investimenti futuri per le due soluzioni automatizzate non sono risultati economicamente fattibili, a causa della scarsa mole di flussi automatizzabili e della scarsa quantità di pallet in giacenza. A meno di un sensibile aumento di questi ultimi, si conclude che il *Magazzino Materie prime* della *Gambini S.p.A.* non è ulteriormente migliorabile.