

FACOLTA' DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE
DIEM - SEZIONE IMPIANTI

TESI DI LAUREA
in
Logistica Industriale LB

**METODI PER LA LOCAZIONE OTTIMALE DEL MATERIALE IN
ALIMENTAZIONE AD UNA LINEA DI MONTAGGIO.**

IL CASO FERRARI S.P.A.

CANDIDATO:

Alice Melegari

RELATORE:

Chiar.mo Prof. Alberto Regattieri

CORRELATORI:

Prof. Mauro Gamberi

Ing. Marco Martignoni

Sommario

1	Introduzione	7
2	La logistica interna ed esterna	11
2.1	La logistica	13
2.2	La razionalizzazione dei flussi logistici in una realtà aziendale .	16
2.3	Flussi logistici esterni all'impianto industriale	20
2.4	I flussi logistici interni ad un impianto industriale.....	22
2.5	L'esternalizzazione della logistica	28
2.6	La sicurezza sul lavoro: principi ed importanza	31
3	Metodi per la razionalizzazione dei flussi logistici	33
3.1	Strumenti disponibili in letteratura.....	35
3.2	La modellazione matematica.....	37
3.2.1	Generalità sulla ricerca operativa	39
3.3	La simulazione.....	54
3.3.1	La simulazione statica	62
3.3.2	La simulazione dinamica.....	70
4	L'azienda Ferrari S.p.a.	83
4.1	La storia dalla nascita ad oggi	85
4.2	Il presente	88
4.2.1	Generalità.....	88
4.2.2	La Struttura Organizzativa	90
4.2.3	I Valori.....	93

4.3	I reparti e il processo di assemblaggio	96
4.3.1	Vecchie Linee di Montaggio	99
4.3.2	Nuove Linee di Montaggio	100
4.4	I mercati e l'offerta commerciale	103
4.4.1	Formazione, Sviluppo e Tutorship.....	118
4.5	Il futuro	120
4.6	Le tematiche affrontate e i metodi utilizzati.....	121
5	La Linea otto cilindri	123
5.1	Presentazione del problema.....	125
5.2	Punti salienti di uno studio precedente.....	128
5.3	Modifica dei dati di partenza.....	130
5.4	Analisi della situazione attuale e futura mediante simulazione statica	133
5.5	Evidenziazione delle criticità	136
5.5.1	Criticità legate all'area.....	136
5.5.2	Criticità legate ai rischi per la sicurezza.....	137
5.5.3	Altre criticità.....	139
5.5.4	Valutazione quantitativa delle criticità.....	140
5.6	Proposta di una soluzione.....	142
5.6.1	Punti principali della proposta.....	143
5.6.2	Flussi all'interno e all'esterno del magazzino.....	153
5.7	Validazione della proposta mediante simulazione statica.....	157
5.8	Validazione della proposta mediante simulazione dinamica ...	160
5.8.1	Modello di simulazione semplificato	161

5.8.2	Modello di simulazione completo	196
6	La Linea dodici cilindri	209
6.1	Presentazione del problema.....	211
6.2	Raccolta dei dati di partenza	212
6.3	Dimensionamento e organizzazione dell'area di buffer	214
6.3.1	Buffer di 8 ore	214
6.3.2	Buffer di 4 ore	220
6.4	Simulazione statica.....	225
7	Conclusioni	227
8	Bibliografia.....	231

Introduzione

I sistemi logistici, con le infrastrutture, i processi, le strategie che di questi sistemi costituiscono le nervature, hanno un'importanza fondamentale nella vita economica di un Paese, inseriti come sono all'interno dei grandi flussi di merci e servizi di un'economia sempre più globalizzata. Proprio per questa loro rilevanza nel ciclo economico ed industriale, negli ultimi venti anni si è assistito ad una continua serie di innovazioni relative alle strategie industriali, alle opzioni organizzative, ai processi aziendali ed ai sistemi gestionali.

Lo scopo di tutti i cambiamenti verificatisi nei diversi processi della logistica è sempre stato quello di contribuire in misura rilevante all'abbassamento dei livelli di costo del ciclo produttivo e distributivo, nell'ambito della più generale ricerca della profittabilità in ciascun sottoprocesso aziendale, per aumentare la competitività in un mercato sempre più complesso.

La continua e costante tensione verso il raggiungimento di questi obiettivi ha portato ad un'analoga attenzione verso tutti gli elementi di costo di ciascuna fase del processo logistico, inducendo una serie di ottimizzazioni tecnico-organizzative, ben supportate da una tecnologia sempre più efficace e disponibile a basso costo.

Si tratta allora di ripensare l'azienda per renderla capace di individuare e ridurre al minimo le attività a basso valore aggiunto, di analizzare ed eliminare gli sprechi, di ottimizzare i processi interni, di soddisfare le aspettative del cliente, di perseguire il "miglioramento continuo".

L'approccio da seguire è pragmatico: i processi e le problematiche relative vanno analizzati e le soluzioni pensate ed applicate come sforzo comune, soluzioni che non devono essere altamente sofisticate, bensì profondamente semplici.

Nella Logistica il concetto di “miglioramento continuo” porta verso la produzione su ordine cliente attraverso un flusso “tirato” dal cliente stesso. Ciò richiede una puntuale e approfondita analisi per la riprogettazione dei flussi logistici interni ed esterni all'azienda. Per un'impresa manifatturiera, per esempio, significa: dalla pianificazione ordini clienti, all'approvvigionamento dei materiali verso i fornitori, alla programmazione della produzione e della distribuzione del prodotto finito verso il cliente. Grande rilevanza risiede nel concetto di partnership strategica con i fornitori di servizi logistici che, gestiti in completo outsourcing, devono rispondere a precisi canoni di ottimizzazione dei materiali in arrivo e in spedizione dall'azienda.

La presente trattazione è appunto governata dalla tematica della razionalizzazione dei flussi logistici in particolare interni ad un impianto produttivo; in particolare si procederà ad esporre nel primo capitolo le maggiori problematiche che si trovano ad affrontare le aziende moderne in riferimento ai temi sopraccitati, e nel secondo alcuni dei metodi più frequentemente utilizzati per la risoluzione degli stessi (modellazione matematica, tecniche di simulazione, ecc.).

Terminati questi due capitoli di contestualizzazione degli argomenti trattati, si procede poi con la presentazione del caso aziendale analizzato; nello specifico viene dedicato un intero capitolo alla presentazione della realtà aziendale di riferimento (Ferrari S.p.a), per poi definire il punto di partenza e di arrivo dello studio condotto passando attraverso la metodologia utilizzata e le attività svolte.

Lo studio prende avvio dall'esigenza di Ferrari S.p.a. di ricollocare il magazzino interno al fine di rendere più snelli ed efficienti i flussi del materiale in approvvigionamento alle due linee di montaggio otto e dodici cilindri.

Partendo dalla linea otto cilindri si procederà con l'illustrazione della raccolta dati condotta allo scopo di definire la situazione attuale e quella che si prospetterà nel breve periodo; successivamente si proporrà l'attenzione sulle criticità che emergono dall'analisi dello status quo e, partendo da ciò, si proseguirà sviluppando una possibile azione risolutiva che poi verrà valutata per mezzo della realizzazione di un modello di simulazione che permetterà di determinare la fattibilità e l'eventuale convenienza della soluzione proposta.

A questo punto verrà affrontato il caso della linea dodici cilindri, per cui, non essendo ancora funzionante, sarà sufficiente raccogliere i dati di partenza e proporre una disposizione per il buffer di alimentazione.

Addentriamoci quindi nella trattazione per approfondire le tematiche sopra solo introdotte e per meglio comprendere le finalità che sono alla base del progetto in questione.

CAPITOLO 2:

LA LOGISTICA INTERNA ED ESTERNA

Scopo di tale capitolo è contestualizzare il problema analizzato all'interno del panorama aziendale attuale. In particolare analizzando come la razionalizzazione dei flussi interni ed esterni possa portare efficienza e quindi ridurre i costi per le aziende.

2.1: La logistica

Esistono diverse definizioni di logistica, ognuna delle quali differisce per l'ampiezza di visione con cui viene considerata questa materia.

Secondo la definizione data dall'Associazione Italiana di Logistica (AILOG), essa è "l'insieme delle attività organizzative, gestionali e strategiche che governano nell'azienda i flussi di materiali e delle relative informazioni, dalle origini presso i fornitori fino alla consegna dei prodotti finiti ai clienti e al servizio post-vendita".

Il termine "logistica" deriva dal greco "*lógos*" (λόγος) che significa "parola" o "ordine"; per i greci infatti i due concetti erano strettamente collegati ed espressi con lo stesso grafema ovvero "segno grafico". Da *lógos* deriva anche "logica" cioè lo studio delle argomentazioni ed il modo in cui risultano corrette; tale termine come si vede, si rifà allo stesso concetto di "ordine". Altra interpretazione etimologica viene dal francese "*loger*" che significa "locare", "allocare".

La *Society of Logistics Engineers (Sole)* ha formulato una classificazione in grado di fornire un quadro chiaro ed esauriente delle aree specifiche normalmente individuate sotto la comune dizione di Logistica:

- la **Logistica industriale** (o *Business logistics*), che in un'azienda industriale ha come obiettivo la gestione fisica, informativa ed organizzativa del flusso dei prodotti, dalle fonti di approvvigionamento ai clienti finali
- la **Logistica dei grandi volumi** (o *Bulk logistics*), che riguarda la gestione e la movimentazione di grandi quantità di materiali sfusi, generalmente materie prime (quali petrolio, carbone, cereali, ecc.);

- la **Logistica di progetto** (o *Project logistics*), che riguarda la gestione ed il coordinamento delle operazioni di progettazione e realizzazione dei sistemi complessi (quali grandi opere e infrastrutture, centrali elettriche, ecc.)
- la **Logistica di supporto** (o *RAM logistics*), che riguarda la gestione di prodotti ad alta tecnologia (linee aeree con aerei ed elicotteri o altri sistemi complessi) per i quali siano essenziali affidabilità, disponibilità e manutenibilità.
- la **Logistica di ritorno** o **Logistica inversa** (o Reverse logistics), che è il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficienza delle materie prime, dei semilavorati, dei prodotti finiti e dei correlati flussi informativi dal punto di recupero (o consumo), al punto di origine, con lo scopo di riguadagnare valore da prodotti che hanno esaurito il loro ciclo di vita.

Nell'ambito della gestione d'impresa, quando si parla di Logistica si fa riferimento esclusivo alla Logistica industriale, o meglio, con una dizione più moderna e corretta, alla Logistica integrata.

Il concetto di **logistica integrata** è stato sintetizzato in modo preciso nella definizione proposta dal *Council of Logistics Management* nel 1986, secondo cui essa rappresenta il processo per mezzo del quale pianificare, attuare e controllare il flusso delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti, e dei relativi flussi di informazioni, dal luogo di origine al luogo di consumo, in modo da renderlo il più possibile efficiente e conforme alle esigenze dei clienti.

L'evoluzione del concetto di logistica integrata è l'idea del Supply chain management caratterizzata dalla presa di coscienza da parte delle aziende che il miglioramento nella gestione dei flussi all'interno della catena

logistica non può prescindere dal fattivo coinvolgimento degli attori esterni: la logistica assume un ruolo sempre più centrale ed il suo obiettivo diventa sostanzialmente quello di governare tutte le fasi del processo produttivo, anche esterne all'azienda, secondo una visione sistemica.

In quest'ottica, il concetto di Supply chain management non deve essere inteso come sinonimo di logistica integrata, ma come un nuovo approccio di management in cui la singola azienda diventa parte di una rete di entità organizzative che integrano i propri processi di business per fornire prodotti, servizi e informazioni che creano valore per il consumatore. Il passaggio della logistica da una funzione sussidiaria ad un ruolo strategico si è accompagnato in molte aziende ad una propensione a esternalizzare le attività di trasporto e di movimentazione delle merci, affidando a terzi un compito che non rientra nel core business aziendale allo scopo di minimizzare i costi ed assicurare maggiore flessibilità alla struttura produttiva.

2.2: La razionalizzazione dei flussi logistici in una realtà aziendale

La logistica integrata è il processo di pianificazione, organizzazione e controllo delle attività finalizzate all'efficiente ed efficace gestione del flusso:

- delle merci dai punti di acquisizione delle materie prime
- dei prodotti in corso di lavorazione attraverso il processo produttivo dell'azienda
- dei prodotti finiti sino al cliente finale
- delle informazioni relative

allo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti.

I flussi sono movimenti che si concentrano in determinati punti (stock) e devono essere smistati verso le destinazioni finali cercando di ottimizzare il più possibile tutte le fasi del processo, grazie a una sufficiente dotazione infrastrutturale e alla presenza di un'efficiente rete di trasporti.

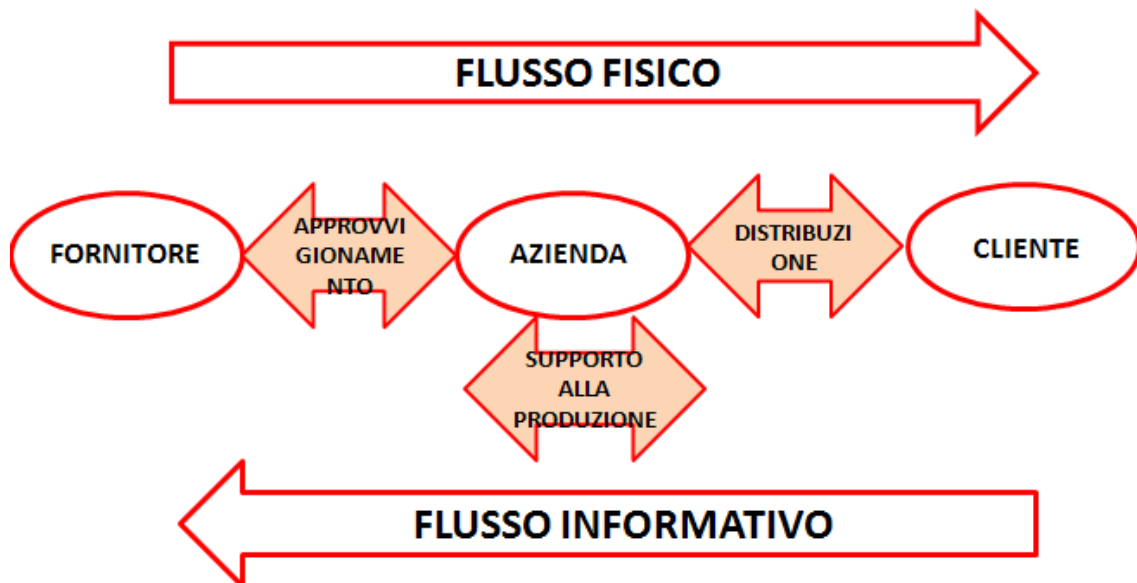


Figura 1: i flussi della logistica (da /17/)

Da quanto affermato emerge chiaramente come i flussi aziendali possano essere suddivisi in flussi fisici e flussi informativi.

Il flusso fisico è l'aspetto operativo della logistica e comprende il trasporto, la movimentazione negli impianti e lo stoccaggio di materie prime, semilavorati e prodotti finiti. Il valore aggiunto su di esso è generato dalla riduzione dei costi di trasporto, di stoccaggio (efficienza che porta a minori costi) e da maggiori opportunità di mercato sia dal punto di vista degli acquisti che delle vendite (efficacia che porta a maggiori ricavi).

Il flusso fisico comprende le funzioni di:

- approvvigionamento
- supporto alla produzione
- distribuzione
- recupero

che vengono realizzate attraverso attività di trasporto, stoccaggio e movimentazione negli impianti.

Il flusso informativo invece riguarda l'informazione sulla domanda (vendite, prodotti, mercati), la pianificazione logistica, i programmi di produzione e il piano dei fabbisogni di materiali (informazioni per l'approvvigionamento).

Ottimizzare e razionalizzare tali flussi è indispensabile nelle aziende moderne per il raggiungimento di obiettivi di efficienza, razionalità, profitto e quindi di competitività (la razionalizzazione consente infatti di ridurre i costi di trasporto, stoccaggio e movimentazione), soprattutto considerando il livello di concorrenza del mercato odierno caratterizzato da:

- Internazionalizzazione che comporta una crescita della concorrenza tra le imprese non solo a livello nazionale ma anche internazionale
- Riorganizzazione della produzione con la concentrazione in pochi luoghi produttivi destinati a servire più paesi e in cui sfruttare a pieno le economie di scala e di specializzazione delocalizzando parti/ fasi del processo produttivo, sia nel paese di origine, sia in paesi terzi dotati di vantaggi a livello di costo (in particolare costo del lavoro)
- Aumento delle specializzazioni
- Frammentazione dei cicli produttivi
- Aumento delle quantità trasportate
- Riduzione del ciclo di vita dei prodotti
- Gamma di prodotti in forte crescita
- Maggiore frequenza nel lancio di nuovi prodotti
- Compressione dei tempi di risposta alla domanda in quanto nei nuovi sistemi produttivi guidati dalla domanda il vantaggio competitivo si conquista rispondendo con rapidità alle pressioni dei clienti e mantenendo un rapporto qualità/ prezzo superiore in virtù di un attento controllo dei costi
- Incremento della frequenza delle consegne
- Crescente esigenza di puntualità

In un contesto di questo tipo la logistica assume quindi un ruolo più articolato e complesso rispetto al passato dato il suo forte impatto sul costo finale del bene, sulla qualità del servizio offerto e quindi sui ricavi ottenibili; essa risulta essere una funzione *super partes* di mediazione che ha l'obiettivo di ottimizzare l'intera impresa. Per rispondere alle nuove

esigenza le aziende si sono rivolte all'ICT e si sono affidate all'esternalizzazione che permette di “variabilizzare” i costi.

2.3: Flussi logistici esterni all'impianto industriale

Il trasporto per il prelievo e la distribuzione dei prodotti gioca un ruolo fondamentale nella logistica in quanto mediamente assorbe la più alta percentuale dei costi rispetto ad ogni altra attività; le principali decisioni riguardano la scelta della modalità di trasporto, il consolidamento dei materiali stoccati, la pianificazione del carico dei veicoli e l'individuazione dei percorsi ottimali.

Nello specifico, ottimizzare i percorsi significa ridurre i tempi di transito e di conseguenza il valore della merce presso i magazzini (di partenza e di destinazione) e lungo il tragitto, fatto questo che conduce ad una razionalizzazione dei costi.

E' fondamentale a questo punto distinguere tra due tipologie di intervento:

1. Misure di razionalizzazione dei flussi (breve periodo)
2. Azioni di innovazione strategica del modello produttivo e logistico (medio-lungo periodo)

La prima modalità di intervento si traduce nel:

- a) Favorire la razionalizzazione dei flussi di trasporto tramite la semplificazione della distribuzione, delle tratte e la ricerca di un'adeguata collocazione per il/i magazzino/i
- b) Incentivare soluzioni innovative nella logistica interna per influire positivamente sulla logistica esterna
- c) Incentivare il ruolo di aziende leader che facciano da capo-filiera nella razionalizzazione logistica dei sistemi collegati
- d) Favorire le alleanze e le cooperazioni tra imprese sul terreno logistico (distretti industriali)

- e) Esternalizzare i servizi logistici attualmente esistenti all'interno di singole imprese, favorendo in questo modo lo sviluppo di operatori logistici specializzati multiclient

La seconda modalità di intervento si traduce invece nel:

- a) Creare una domanda di servizi logistici qualificati nella regione di appartenenza, incentivando l'esternalizzazione dei servizi che sono attualmente forniti all'interno dagli utilizzatori stessi
- b) Superare l'equazione "logistica = trasporto", incentivando lo sviluppo di funzioni logistiche complesse
- c) Favorire la nascita di operatori logistici avanzati sul territorio regionale
- d) Favorire lo sviluppo delle imprese logistiche esistenti in termini di qualità del servizio e di competitività di prezzo
- e) Fare un investimento formativo sulle persone in modo da diffondere una cultura logistica nelle aziende e nelle Pubbliche Amministrazioni

2.4: I flussi logistici interni ad un impianto industriale

Quando si parla di flussi interni è possibile distinguere tra il flusso di materiali che vengono prima stoccati e poi prelevati non appena richiamati dalla linea produttiva, e il flusso di mezzi che transitano all'interno del comprensorio per la consegna delle materie prime o il ritiro del prodotto finito. Procediamo quindi trattando distintamente le due casistiche.

2.4.1.1 *Flussi di materiale*

La gestione dei flussi di materiale (tema estremamente rilevante in questa trattazione) coinvolge una molteplicità di aspetti:

1. Definizione o ridefinizione del processo produttivo
2. Disegno o ridisegno del layout aziendale
3. Progettazione o riprogettazione del magazzino interno

Analizziamo ora nel dettaglio ciascuno degli aspetti suddetti.

Un'attività strategica che deve essere svolta dalla totalità delle aziende è la definizione e la manutenzione del processo produttivo vero e proprio; al fine di creare valore per il cliente finale, infatti, è fondamentale che periodicamente vengano valutate opportunità di semplificazione e reingegnerizzazione dello stesso.

La semplificazione di un processo è volta a:

- Realizzare una produzione più flessibile e più efficace
- Ridurre le scorte
- Ridurre i tempi di attraversamento

- Ridurre il lead time

La reingegnerizzazione di un processo, invece, è volta a:

- Passare dal presidio alla risoluzione dei problemi
- Considerare le attività e le fasi dei processi
- Superare la visione funzionale
- Distinguere i processi primari da quelli secondari
- Porre al centro il cliente e la creazione di valore

La variazione dei volumi coinvolti nelle gestioni logistiche, le anagrafiche mutevoli dei prodotti e la numerosità degli articoli, comportano la necessità di effettuare modifiche dei processi logistici e di conseguenza, molto spesso, anche dei layout interni per l'approntamento dei prodotti.

Tutto ciò vale sia nel caso di definizione di un nuovo stabilimento, che per l'analisi del layout di uno stabilimento esistente.

Nel caso di un nuovo stabilimento è di estrema importanza effettuare un'analisi dei costi di ciascuna soluzione o ipotesi di layout prima di procedere con la sua realizzazione. E' dimostrato infatti che i costi di movimentazione interna dipendono, in larga parte, dalle scelte fatte in fase di prima stesura del layout di massima.

Nel caso di riorganizzazione del layout interno uno studio accurato consente di scegliere tra le varie ipotesi quella più efficiente in termini di utilizzo dei mezzi di movimentazione, di tempistica di approntamento in ingresso e uscita, e di stoccaggio.

Critico per la gestione dei flussi risulta poi il magazzino, dove la merce di continuo entra ed esce, tanto che la sua gestione è ormai attività specialistica né più né meno d'ogni altra attività commerciale ed

industriale. Il magazzino svolge la fondamentale funzione di raccordo tra gli acquisti dell'impresa e i suoi processi di trasformazione tecnico-economica, garantendo la continuità del processo produttivo e la tempestività nel soddisfare i bisogni dei clienti e permettendo la separazione dei processi dell'attività aziendale.

Al termine magazzino è possibile attribuire due significati diversi: il primo fa' riferimento alle caratteristiche specifiche e fisiche delle scorte, mentre il secondo evidenzia il problema della loro gestione.

Sotto l'aspetto fisico con il termine magazzino si individuano:

- Le scorte di materiali, merci, semilavorati e prodotti finiti presenti nell'azienda per essere utilizzati o venduti;
- Le strutture e il personale in grado di ricevere custodire e consegnare le scorte.

Sotto l'aspetto gestionale il magazzino pone all'impresa significativi problemi di gestione degli spazi e di qualifica e motivazione del personale addetto alla ricezione, allo stoccaggio e all'utilizzo delle scorte.

Nelle imprese industriali il magazzino ha la funzione di consentire lo svolgimento del processo tecnico- produttivo in modo indipendente dalla gestione degli approvvigionamenti e dalla domanda di mercato.

La gestione del magazzino si effettua ricorrendo a tecniche specifiche e facendo ampio uso del supporto informatico in rete con i fornitori. Relativamente allo stoccaggio e alla gestione delle scorte all'interno dell'impresa si possono trovare le seguenti aree o zone:

- Ricevimento merci: serve all'accettazione delle consegne da parte dei fornitori

- Magazzino collaudo, in cui il materiale è sottoposto al controllo qualità
- Magazzino centrale, destinato allo stoccaggio delle scorte
- Magazzino per i materiali di consumo
- Magazzino spedizione

Le scelte che il management deve compiere per dotare l'impresa di magazzini efficienti e funzionali si possono dividere in cinque aree di intervento:

1. L'utilizzo degli spazi fisici dell'azienda: l'impresa può decidere di destinare al magazzino un'area di sua proprietà o può ricorrere a spazi o a risorse fornite da soggetti esterni
2. Il sistema informativo: che costituisce il miglior supporto per la gestione del magazzino, infatti i software gestionali più avanzati consentono al personale di tenere sotto controllo in tempo reale le scorte di magazzino, gli ordini, gli impegni per i diversi clienti, etc.
3. La conservazione delle scorte: le scorte possono essere collocate nelle scaffalature, appoggiate su pallet o piattaforme (quest'ultima soluzione consente un prelievo e un trasporto rapido)
4. L'organizzazione degli spazi di magazzino in modo che il magazzino possa disporre di una "mappatura delle scorte"
5. La movimentazione in azienda di merci e materiali: costituisce l'insieme delle decisioni riguardanti lo spostamento fisico dei beni all'interno dell'impresa che prende il nome di Material Handling, il quale si riferisce al layout generale e del magazzino, ai mezzi di trasporto interno e all'imballaggio

Con il termine scorta si indica la quantità di materie prime, semilavorati e prodotti finiti, presente in un magazzino in un certo momento, pronta per essere utilizzata nel processo produttivo e distributivo. La gestione delle

scorte richiede una precisa classificazione degli articoli e la loro codificazione, in modo che ogni bene venga individuato in modo certo e oggettivo, sia all'interno che all'esterno dell'azienda.

Sussistono diverse ragioni per cui si tiene una scorta:

- Per alimentare il flusso dei consumi dello stadio successivo del flusso logistico in caso di irregolarità degli stessi
- Per alimentare il ciclo produttivo o erogativo se i fornitori sono poco affidabili o poco flessibili
- Per ottenere flessibilità rispetto alle variazioni dei volumi di produzione/ vendita
- Per ottenere flessibilità rispetto al mix di produzione
- Per agevolare la distribuzione ed in particolare i trasporti
- Per costituire sicurezze a fronte di eventi imprevedibili
- Per effettuare manovre speculative
- Per compensare lacune dei sistemi gestionali, inattendibilità del sistema informativo sulle vendite, sistemi impiantistici inadeguati, ecc.

Luogo di collocazione temporanea dei materiali necessari alle operazioni aziendali, il magazzino deve essere pianificato in modo da ridurre al minimo possibile il periodo di giacenza di ciascun articolo (compatibilmente con le necessità economico-operative), e da generare flussi snelli ed efficienti tra lo stesso e la linea produttiva (in riferimento a quest'ultimo aspetto si tratta di: dimensionare adeguatamente l'area e il personale addetto, definirne la collocazione ed il layout interno, scegliere la tipologia di scaffalature e di mezzi più adeguata per il tipo di merce stoccata, adottare un corretto criterio di allocazione della merce, utilizzare strumenti e tecnologie che facilitino lo stoccaggio e il prelievo dei materiali).

Gli obiettivi dell'adeguata impostazione di un magazzino sono:

- Realizzazione di alti valori di flusso dei prodotti
- Possibilità di trattare alte quantità in tempi ridotti
- Flessibilità e possibilità di adattamento a nuove esigenze e nuove situazioni
- Precisione nell'operatività
- Errori zero
- Costi ridotti

2.4.1.2 *Flussi di automezzi*

Sempre maggiore è il numero di aziende che pongono attenzione alla razionalizzazione dei transiti all'interno del proprio comprensorio al fine di conseguire obiettivi specifici:

1. Incrementare la sicurezza interna
2. Fluidificare i flussi di traffico
3. Abbattere i tempi (quindi talvolta i costi) di percorrenza
4. Ridurre l'inquinamento
5. Creare un ambiente ordinato ed esteticamente gradevole

2.5: L'esternalizzazione della logistica

Sempre più spesso oggi l'impresa affida ai fornitori esterni la gestione operativa di una o più funzioni, al fine di ridurre i costi logistici, di liberare energie a favore delle propria attività, fornire servizi più rapidi e puntuali sul mercato, garantirsi maggiore flessibilità operativa contenendo i costi e ridurre gli spazi aziendali destinati ai magazzini e gli investimenti relativi al capitale.

Il rapporto con il cliente oggi chiede una logistica attiva in ogni fase del processo di servizio e riguarda tutte le categorie di fornitori dell'impresa che devono strutturarsi per soddisfare al meglio le richieste ricevute; infatti le imprese di trasporto e di spedizione agiscono sempre più spesso come gestori dell'intera logistica delle imprese clienti.

L'affidare a terzi alcune funzioni o attività differenti da quella che è l'attività principale della produzione del bene viene definita "terziarizzazione" (o anche *outsourcing*).

Conseguenza fondamentale è la trasformazione di un ramo marginale dell'attività di un'azienda nel business principale di un'altra, la quale potrà così raggiungere un livello di specializzazione superiore rispetto alla prima e, almeno in teoria, contenere il livello dei costi aziendali.

Questo processo ha dato vita a un cambiamento nella rosa dei soggetti che forniscono l'offerta: da operatori monospecializzati a operatori in grado di gestire ogni fase della produzione.

Dal lato dell'offerta, oltre agli operatori tradizionali, quali autotrasportatori, corrieri, gestori di magazzini, spedizionieri, sono comparsi nuovi attori quali i *Multimodal Transport Operator* (MTO), i *Third Party Logistics Provider* (3 PL) ed i *Fourth Party Logistics Provider* (4 PL).

I MTO si occupano dell'intera operazione di trasporto assumendosene la responsabilità di fronte al cliente, e si fanno carico di attività quali: carico, scarico, trasbordo, assicurazione merci, pratiche doganali, amministrative, fiscali e coordinano tutti i soggetti che cooperano (spedizionieri, vettori, banche, magazzini, piattaforme logistiche, infrastrutture) e organizzano trasporti intermodali.

I 3 PL sono operatori in grado di gestire tutte le fasi dell'attività logistica fino all'assistenza dei clienti: trasporti, stoccaggio, prelievo, gestione dell'ordine, assistenza clienti, gestione imballi, rifiuti. In genere affidano la gestione delle attività meramente esecutive a cooperative di facchinaggio e a società di autotrasporto.

I 4 PL invece svolgono le attività proprie dei 3 PL, a cui aggiungono attività supplementari collegate o collaterali alla logistica (attività amministrative, controllo, finanziarie); solitamente sono imprese che coordinano l'attività di uno o più 3 PL per conto del cliente, offrendo sistemi di consulenza altamente avanzati per mezzo dell'uso di tecnologie e sistemi informativi. I loro servizi sono offerti, generalmente, ad imprese che operano su scala internazionale.

I vantaggi principali ottenibili grazie alla terziarizzazione sono:

- la diminuzione dei costi relativi alle attività da terziarizzare
- la maggiore concentrazione da parte dell'industria sulla produzione del bene
- il raggiungimento di una maggiore flessibilità operativa
- l'aumento di produttività ed efficienza nell'esecuzione delle attività da terziarizzare
- la mancanza al proprio interno di conoscenze specialistiche e di tecnologie innovative

- l'aumento del livello e degli standard di servizio, sia verso l'interno sia verso l'esterno

2.6: La sicurezza sul lavoro: principi ed importanza

Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori si possono così riassumere:

- a) valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza
- b) programmazione della prevenzione, finalizzata ad un complesso che integri in modo coerente nella prevenzione le condizioni tecniche e produttive dell'azienda, nonché l'influenza dei fattori dell'ambiente e dell'organizzazione del lavoro
- c) eliminazione dei rischi alla fonte e, ove ciò non sia possibile, loro riduzione al minimo in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico
- d) rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di produzione, al fine di ridurre al minimo gli effetti del lavoro monotono e ripetitivo sulla salute del lavoratore
- e) limitazione al minimo del numero dei lavoratori che sono o possono essere esposti al rischio
- f) utilizzo limitato degli agenti chimici, fisici e biologici sui luoghi di lavoro
- g) priorità delle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale
- h) controllo sanitario dei lavoratori
- i) allontanamento del lavoratore dall'esposizione al rischio per motivi sanitari inerenti la sua persona e adibizione, ove possibile, ad altra mansione

- j) informazione e formazione adeguate per i lavoratori, i dirigenti e i rappresentanti dei lavoratori in termini di sicurezza
- k) partecipazione e consultazione dei lavoratori e dei rappresentanti dei lavoratori in termini di sicurezza
- l) programmazione delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza, anche attraverso l'adozione di codici di condotta e di buone prassi
- m) misure di emergenza da attuare in caso di primo soccorso, di lotta antincendio, di evacuazione dei lavoratori e di pericolo grave e immediato
- n) uso di segnali di avvertimento e di sicurezza
- o) regolare manutenzione di ambienti, attrezzature ed impianti, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza in conformità alle indicazioni dei fabbricanti

Di particolare interesse per la presente trattazione è il punto a: verrà affrontato infatti il problema della sicurezza all'interno di un impianto industriale in riferimento al transito dei mezzi destinati all'approvvigionamento e all'alimentazione delle linee di montaggio.

CAPITOLO 3:

METODI PER LA

RAZIONALIZZAZIONE DEI FLUSSI

LOGISTICI

Si procede ora a passare in rassegna alcune delle metodologie più note ed utilizzate per la risoluzione delle problematiche esposte nel capitolo precedente; in particolare si parlerà di modellazione matematica e di simulazione, specificando in fase finale i metodi adottati nella trattazione successiva per affrontare le criticità emerse nella realtà aziendale di Ferrari S.p.a.

3.1 : Strumenti disponibili in letteratura

Ogni giorno aziende di tutti i settori si trovano a dover affrontare problemi organizzativi di vario genere (economici, finanziari, tecnologici, produttivi e, non ultimi, logistici), per risolvere i quali devono adottare decisioni spesso molto complesse e per di più tempestive, poiché ogni minuto di ritardo potrebbe significare perdita di capitale o, più in generale, danno all'azienda.

Raramente è possibile, conveniente o lecito effettuare esperimenti sul sistema reale, anche se questo costituisce l'unico modo per avere risposte certe; al fine di compiere scelte il più possibile razionali e corrette è dunque necessario condurre l'esperimento su un modello che, in modo più o meno semplificato, rappresenti la realtà che si vuole investigare.

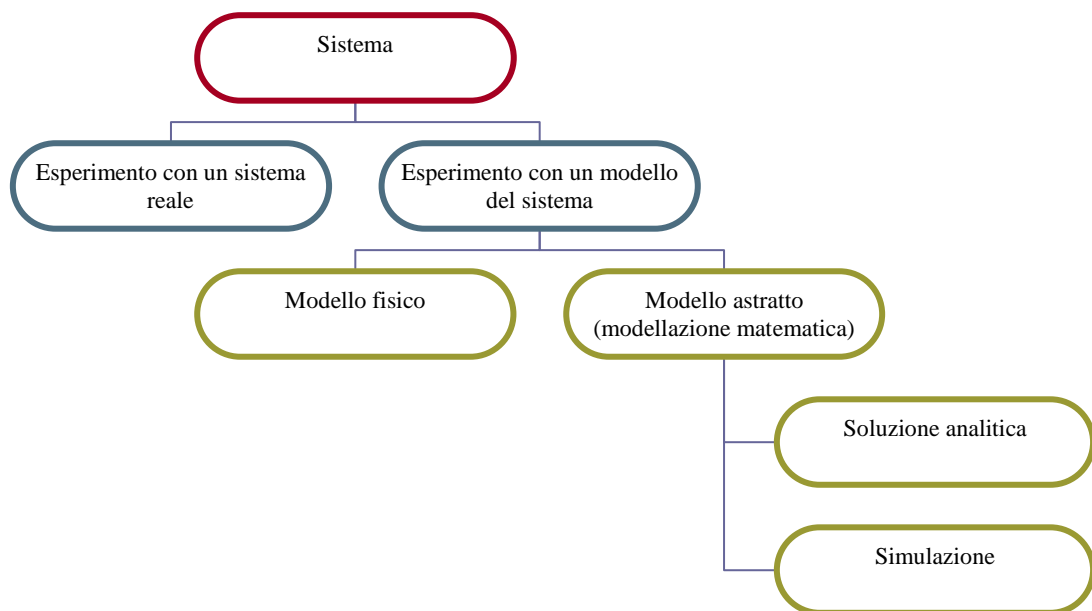


Figura 2: Classificazione dei metodi di indagine

I modelli e quindi le tecniche che è possibile utilizzare in tali circostanze possono essenzialmente essere suddivisi in due categorie,

- Soluzione analitica
- tecniche di simulazione

a ciascuna delle quali sarà dedicato nel seguito un intero paragrafo.

La prima classe di metodi prevede la formalizzazione del problema in un modello matematico dalla risoluzione del quale è possibile ricavare la soluzione al problema stesso; essi utilizzano i principi dell'analisi matematica, della teoria delle probabilità e della statistica.

La seconda classe invece prevede la creazione di un modello che riproduca il comportamento di un sistema reale, ove per sistema si intende un insieme di entità e risorse che interagiscono secondo regole prestabilite; dal modello è possibile osservare e quindi valutare lo svolgersi dinamico di una serie di eventi susseguenti all'imposizione di certe condizioni. Le tecniche di simulazione si avvalgono dei principi della logica, della matematica e delle possibilità di calcolo offerte dall'informatica.

La scelta tra le due classi di metodologie sopraccitate avviene in base alla complessità del modello; se il modello astratto creato è sufficientemente semplice, allora è possibile una risoluzione mediante approccio analitico (equazioni differenziali, programmazione lineare, teoria delle code, ecc.), alternativamente è necessario ricorrere alle tecniche simulate.

Se da un lato queste ultime sono più flessibili delle prime, dall'altro esse non forniscono indicazioni sulle scelte da operare, e devono perciò essere utilizzate in abbinamento ad altre tecniche di analisi.

Nei paragrafi successivi si procederà quindi ad approfondire le tematiche sopraccitate soffermandosi sulle tecniche più avanzate ad oggi disponibili per affrontare problemi decisionali.

3.2: La modellazione matematica

Un modello matematico è un modello costruito usando il linguaggio e gli strumenti della matematica. Come tutti gli altri modelli usati nella scienza, il suo scopo è quello di rappresentare il più possibile fedelmente un determinato oggetto o fenomeno reale.

Tutti i settori della scienza fanno largo uso di modelli matematici per descrivere determinati aspetti del mondo reale. Gli strumenti matematici usati possono essere i più disparati, dalla combinatoria al calcolo infinitesimale.

Un modello matematico è spesso costruito con lo scopo di fornire previsioni sullo “stato” futuro di un fenomeno o di un sistema fisico. Generalmente, il modello descrive la probabile evoluzione di un fenomeno o di un sistema fisico sulla base di dati iniziali (condizioni iniziali) forniti dall'utente (l'input) restituendo dei dati finali (output). L'efficacia del modello può essere quindi misurata comparando i dati finali con il risultato effettivo osservato dell'evoluzione del fenomeno o del sistema. Ad esempio, modelli matematici più o meno complessi vengono continuamente proposti e testati in meteorologia e in economia. Spesso il modello è una rappresentazione sintetica del fenomeno o del sistema in oggetto ovvero priva di dettagli e particolari superflui all'analisi desiderata.

La stesura di un modello matematico abbraccia moltissimi campi della scienza pura e applicata proprio perché consente il superamento della semplice trattazione qualitativa per ottenere invece una trattazione quantitativa del fenomeno o del sistema in oggetto adatta per un uso più accurato e specifico come la prognosi futura.

Una classe importante di modelli è data dalle equazioni o sistemi di equazioni differenziali, ordinarie o alle derivate parziali. Ad esempio, un insieme di equazioni differenziali può descrivere la struttura di un ponte e le forze che su di esso sono esercitate e sulla base di esse il progettista può anticipatamente prevedere gli sforzi o sollecitazioni a cui sarà sottoposta la struttura interna del ponte.

La soluzione delle equazioni del modello passa attraverso i metodi di risoluzione classici delle equazioni differenziali oppure equivalentemente dai metodi di analisi derivati dalla Teoria dei Sistemi.

Un aspetto cruciale, che incide notevolmente sulla capacità di previsione di un modello matematico di un sistema (nella forma di equazione differenziale) è la “dipendenza sensibile dai dati iniziali”. Se una piccola variazione dell'input produce una forte variazione dell'output, la creazione di un modello “efficiente” sul fronte della previsione risulta essere enormemente più complessa, e le previsioni a lungo termine possono risultare intrinsecamente impossibili. In un sistema di questo tipo, l'errore sulla previsione futura cresce esponenzialmente nel tempo.

Quando si parla di “modelli analitici” si fa essenzialmente riferimento alla Ricerca Operativa, tecnica o scienza che fornisce strumenti matematici di supporto alle attività decisionali in cui occorre gestire e coordinare attività e risorse limitate al fine di massimizzare o minimizzare una funzione obiettivo.

3.2.1 : Generalità sulla ricerca operativa

La ricerca operativa (nota anche come teoria delle decisioni, scienza della gestione o, in inglese, operational research, ed indicata con le sigle RO o OR) riveste un ruolo importante nelle attività decisionali perché permette di operare le scelte migliori per raggiungere un determinato obiettivo rispettando vincoli che sono imposti dall'esterno e non sono sotto il controllo di chi deve compiere le scelte stesse; essa si occupa di formalizzare un problema in un modello matematico e calcolare una soluzione ottima, quando possibile, o approssimata (detta anche sub-ottima) per esso. La Ricerca Operativa ha, in sostanza, come oggetto lo studio e la messa a punto di metodologie per la soluzione di problemi decisionali. I problemi affrontati nell'ambito della Ricerca Operativa sono tipicamente quelli in cui bisogna prendere decisioni sull'uso di risorse disponibili in quantità limitata in modo da rispettare un insieme assegnato di vincoli, massimizzando il "beneficio" ottenibile dall'uso delle risorse stesse.

Si può ricondurre all'ambito della matematica applicata ma presenta forti caratteristiche interdisciplinari relative in prevalenza a matematica, informatica, economia e finanza, ingegneria ed altre. Inoltre la ricerca operativa ha molte applicazioni commerciali soprattutto negli ambiti economico, infrastrutturale, logistico, militare, della progettazione di servizi e di sistemi di trasporto, e nelle tecnologie.

3.2.1.1 *La storia*

La nascita della ricerca operativa è dovuta ad esigenze di tipo militare durante la seconda guerra mondiale.

Immediatamente prima e durante la guerra erano sorti in alcuni Paesi alleati gruppi di ricerca orientati alla soluzione di importanti problemi di ordine strategico e tattico collegati alla difesa nazionale.

Tra il 1935 e il 1937 il Regno Unito lavorò sul progetto del radar come difesa antiaerea, ma era tuttavia importante che fosse efficiente la localizzazione e la successiva intercettazione del rientro a terra dei velivoli inglesi. Apparve quindi indispensabile anzitutto l'ottimizzazione della distribuzione delle apparecchiature radar sul territorio ed, inoltre, che fosse mandato via radio la segnalazione ad opportune località. Nacque così il “Biggin Hill Experiment”.

A.P. Rowe, soprintendente della Bawdsey Research Station, nel 1938, nel descrivere in una relazione tecnica conclusiva del progetto il tipo di attività sviluppata, utilizzò l'espressione “Operational Research”.

Nel 1939 Patrick Maynard Stuart Blackett, fisico e professore presso l'Università di Manchester, fu chiamato a costituire un gruppo di ricerca, composto da scienziati e militari, impegnato nella lotta contro i sommergibili tedeschi.

Il successo ottenuto da questo gruppo, passato alla storia, produsse il risultato di moltiplicare, nel Regno Unito e negli altri Paesi alleati, gruppi di ricerca aventi caratteristiche simili.

Si stima che nel corso della seconda guerra mondiale furono complessivamente impegnati nel Regno Unito, in Canada e negli USA, oltre 700 scienziati; il termine del conflitto dunque determinò una

"riconversione" dell'approccio fino ad allora usato per soli fini bellici, orientandolo verso problematiche di tipo civile (come la localizzazione dei depositi industriali o il mixing di carico di un servizio di autotrasporto).

Nel settore industriale la ricerca operativa si occupò di standardizzazione della produzione, di problemi connessi alla pianificazione e alla programmazione industriale. Nel Regno Unito la riconversione avvenne prevalentemente nel settore pubblico, con studi relativi ai trasporti ferroviari, stradali ed urbani.

In Italia tali tecniche giunsero con una decina di anni di ritardo. Nel 1961 un gruppo di ricercatori, tecnici e dirigenti d'azienda fondò l'AIRO (Associazione Italiana di Ricerca Operativa) avente lo scopo di promuovere studi teorici ed applicazioni pratiche della disciplina.

L'odierno largo impiego della R.O. è dovuto ai profondi cambiamenti avvenuti nella società del ventesimo secolo e alla comparsa degli elaboratori elettronici che permettono di affrontare problemi sempre più complessi, sia per la loro natura, sia per l'enorme mole di dati da elaborare.

3.2.1.2 Le fasi della creazione del modello

Un processo decisionale può, in modo schematico, essere decomposto nelle seguenti fasi:

- 1) individuazione del problema: tale fase comporta l'individuazione delle variabili controllabili (variabili di decisione che possono essere continue o discrete) e di quelle non controllabili, insieme alla scelta della funzione economica da massimizzare (es. il guadagno complessivo) o da minimizzare (es. il costo complessivo); tale funzione prende il nome di funzione obiettivo.

- 2) analisi della realtà e raccolta dei dati;
- 3) costruzione del modello: consiste nella costruzione del modello che deve essere una buona rappresentazione del problema, anche se è quasi impossibile che ne sia una rappresentazione perfetta; esso non è qualcosa di statico e definitivo, ma può essere eventualmente modificato in una successiva revisione per renderlo più aderente al problema stesso. Il modello matematico è costituito normalmente da una funzione economica da ottimizzare e da un sistema di vincoli espressi da equazioni e/o disequazioni (tali vincoli possono essere di tipo fisico, economico o normativo). Nella costruzione del modello è spesso necessario introdurre delle ipotesi semplificatrici.
- 4) determinazione di una o più soluzioni mediante un algoritmo: (un algoritmo è una successione di operazioni finalizzata alla determinazione delle variabili decisionali contenute nel modello; gli algoritmi possono essere di tipo esatto o euristico): si tratta di andare ad individuare il valore delle variabili decisionali che massimizzano/minimizzano la funzione obiettivo nel rispetto dei vincoli.
- 5) analisi dei risultati ottenuti: si controlla se la funzione teorica offre i vantaggi attesi e si verifica la rappresentatività del modello; se necessario, in base ai risultati di questa fase, si effettua una modifica del modello stesso, e si ripercorre il procedimento.

Chiaramente questi punti non vanno visti come strettamente sequenziali; in un processo decisionale reale è infatti frequente il caso che una delle fasi richieda modifiche dei risultati ottenuti in una fase precedente. Ad esempio, nella costruzione del modello può emergere l'esigenza di nuovi dati in aggiunta a quelli raccolti nella fase precedente. La stessa raccolta dei dati presuppone un'idea sul tipo di modello che sarà costruito.

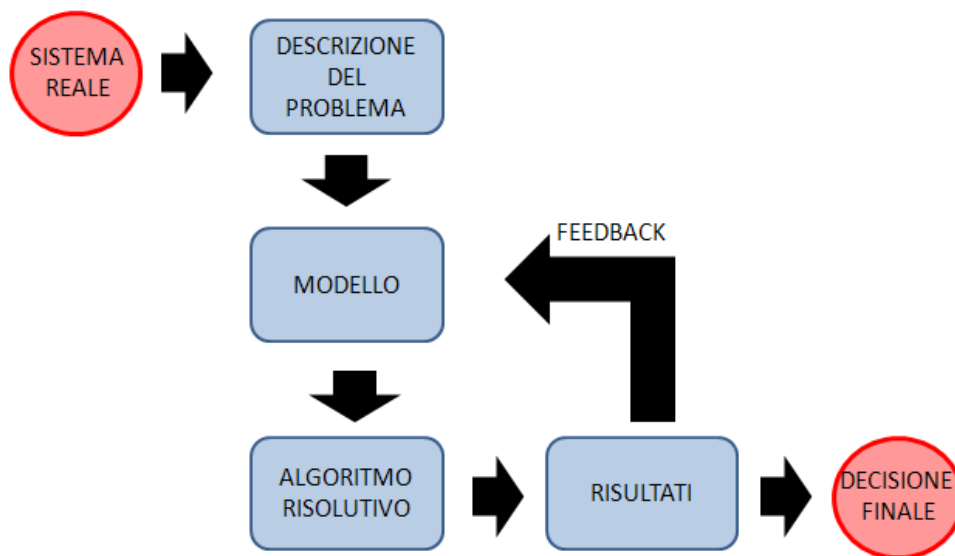


Figura 3: le fasi dell'approccio modellistico (da /5/)

Per problema si intende una domanda espressa in termini generali, la cui risposta dipende da un certo numero di parametri e variabili.

Un problema viene usualmente definito per mezzo di:

- una descrizione dei suoi parametri, in generale lasciati indeterminati;
- una descrizione delle proprietà che devono caratterizzare la risposta o soluzione desiderata.

I problemi di programmazione possono essere classificati come di seguito:

- **Problemi di Programmazione Lineare:** le variabili assumono valori reali → FACILI (tempi di soluzione nel caso peggiore polinomiali).
- **Problemi di Flusso:** le variabili possono assumere valori interi → FACILI (tempi di soluzione nel caso peggiore polinomiali) → matrici dei vincoli particolari.
- **Problemi di Programmazione Lineare Intera:** le variabili assumono valori discreti → DIFFICILI (tempi di esecuzione nel caso peggiore esponenziali).

Soffermiamoci in modo particolare sui problemi di Programmazione Lineare e di Programmazione Lineare Intera.

3.2.1.3 Programmazione Lineare

La programmazione lineare (PL oppure LP) è quella branca della ricerca operativa che si occupa di studiare algoritmi di risoluzione per problemi di ottimizzazione lineari.

Un problema è detto “lineare” se sia la funzione obiettivo sia i vincoli sono funzioni lineari.

Questo significa che la funzione obiettivo può essere scritta come:

$$F.O. = \sum_{i=1}^{NV} c_i \cdot x_i = \underline{c}^T \underline{x}$$

avendo indicato con:

- NV il numero delle variabili che descrivono il problema;
- \underline{c} il vettore dei coefficienti della funzione obiettivo;
- \underline{x} il vettore delle variabili.

e i vincoli sono:

$$\begin{array}{l} \text{m vincoli lineari} \\ \text{di uguaglianza} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \\ x_1, x_2, \dots, x_n \geq \mathbf{0} \end{array} \right.$$

In forma matriciale (forma standard):

$$\begin{aligned} \min z(\underline{x}) &= \underline{c}^T \underline{x} \\ A\underline{x} &= \underline{b} \\ \underline{x} &\geq \mathbf{0} \end{aligned}$$

dove:

$$\underline{c}, \underline{x} \in \mathbb{R}^n, \quad \underline{b} \in \mathbb{R}^m, \quad A = \text{matrice } m \times n$$

$$X = \{\underline{x} : A\underline{x} = \underline{b}, \underline{x} \geq \mathbf{0}\} \rightarrow \text{insieme delle soluzioni ammissibili}$$

Dato un problema di PL è ovviamente necessario, se il modello fatto deve essere di qualche utilità, essere capaci di risolverlo. Si dice che un algoritmo risolve un problema se esso è capace di determinare correttamente se il problema dato è vuoto oppure illimitato oppure, se nessuno di questi due casi risulta verificato, sia capace di individuarne una soluzione ottima. Il Metodo del Simplex è stato il primo algoritmo pratico per la risoluzione di problemi di PL ed è tuttora il più usato ed uno dei più efficienti (G.B. Dantzig). Esso si basa su tre passi fondamentali:

1. Trovare una soluzione ammissibile iniziale corrispondente ad un vertice;
2. Tra i vertici adiacenti a quello corrente scegliere un vertice a cui corrisponda un incremento (decremento) della funzione obiettivo;
3. Iterare il punto (2) fino a che non sia più possibile migliorare il valore della funzione obiettivo.

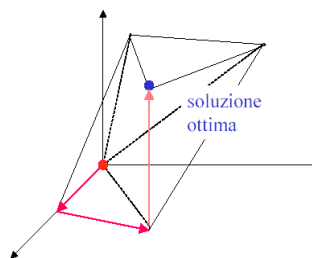


Figura 4: Ricerca della soluzione ottima in problemi di PL (da/5/)

Il Metodo del Simplex sfrutta la possibilità di poter ricondurre un qualsiasi problema di Programmazione Lineare nella forma standard. La struttura particolare dell'insieme ammissibile di un problema di PL in forma standard può essere sfruttata per identificare in maniera più semplice i vertici. Tale possibilità viene sfruttata dal metodo del simplex per determinare efficientemente, ad ogni iterazione, un nuovo vertice. Inoltre tale metodo seleziona in maniera accurata i vertici che visita, infatti nelle varie iterazioni vengono scelti solamente i vertici in cui si ottiene una significativa crescita (decrecita) della funzione obiettivo mentre vengono trascurati gli altri, generando così una successione di valori della funzione obiettivo strettamente crescente (decescente); questo implica che, una volta esaminato un vertice, il metodo non possa più tornarvi. Perciò in un numero finito di passi viene raggiunto un vertice che è ottimo oppure viene selezionato uno "spigolo" del poliedro (regione ammissibile) lungo il quale la funzione obiettivo è limitata superiormente (inferiormente).

Un concetto fondamentale da introdurre è quello di "problema duale".

Avendo come problema primale

$$\begin{aligned} \min z(\underline{x}) &= \underline{c}^T \underline{x} \\ A\underline{x} &= \underline{b} \\ \underline{x} &\geq \mathbf{0} \end{aligned}$$

se si dispone di un punto ammissibile x^* può risultare molto interessante capire se esso rappresenta una buona stima di un punto di ottimo senza risolvere il problema esattamente. Infatti se si conoscesse una buona stima del valore ottimo si potrebbe capire la "bontà" del punto x confrontando il valore $\underline{c}^T \underline{x}$ con la stima. Una buona stima della soluzione ottima la si può ottenere costruendo il problema duale come:

$$\begin{aligned} \max \quad & \underline{\lambda}^T \underline{b} \\ \underline{\lambda}^T A & \leq \underline{c}^T \\ \underline{\lambda} & \geq \mathbf{0} \end{aligned}$$

All'ottimo si ha:

$$\underline{c}^T \underline{x}^* = \underline{\lambda}^{*T} \underline{b}$$

Lo scopo principale per cui è fondamentale l'analisi del problema duale è lo studio di sensitività e prezzi ombra. Uno dei possibili usi della dualità, infatti, è quello di rendere esplicito l'effetto dei cambiamenti nei vincoli (ad esempio in quelli di disponibilità di risorse) sul valore della funzione obiettivo; questo perché le variabili duali possono essere anche interpretate come i cosiddetti prezzi ombra (shadow prices) in quanto misurano i "costi" impliciti associati ai vincoli (prezzo che si è disposti a pagare ad esempio per avere un'unità di risorsa aggiuntiva).

3.2.1.4 Programmazione lineare intera

La Programmazione Lineare Intera (PLI) tratta il problema della massimizzazione (minimizzazione) di una funzione di più variabili, soggetta a vincoli di uguaglianza e disuguaglianza ed alla restrizione che una o più variabili possano assumere soltanto valori interi. Grazie alla generalità del modello un grandissimo numero di problemi reali possono essere rappresentati da modelli di Programmazione Lineare Intera. In generale i modelli di PLI sono adatti alle applicazioni caratterizzate dall'indivisibilità delle risorse e dalla necessità di scegliere tra un numero finito di alternative. Queste applicazioni includono problemi operativi quali la distribuzione di beni ed il sequenziamento delle attività produttive, problemi di pianificazione quali la gestione ottima del portafoglio titoli e la

localizzazione degli impianti, ed infine problemi di progettazione di sistemi automatici di produzione (robotica). Le questioni teoriche poste da tali problemi e le tecniche usate per la loro soluzione hanno caratteristiche molto diverse da quelle relative ai problemi di ottimizzazione continua.

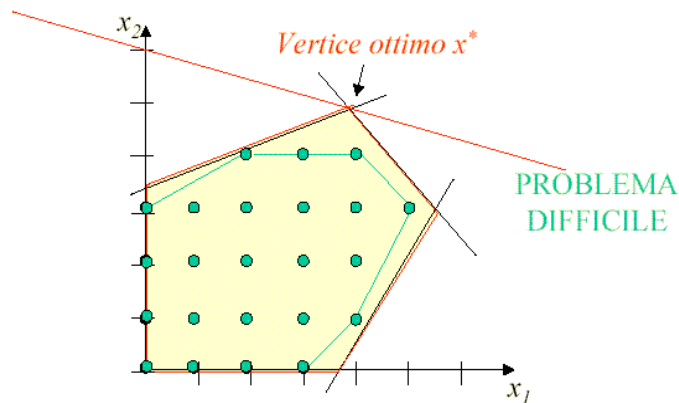


Figura 5: Ricerca della soluzione ottima in problemi di PLI (da /5/)

La regione ammissibile (figura 5) non è rappresentata come nella PL dall'area sottesa dal poliedro convesso, ma dai punti colorati in verde. Già nel semplice caso mostrato in figura il problema, per quanto di banale soluzione, risulta più complicato rispetto all'analogo problema lineare, ma comunque risolvibile. La complessità tuttavia cresce fattorialmente con il numero n di variabili.

In forma del tutto generale un problema di PLI può essere scritto come:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad c^T x \\
 & Ax \leq b \\
 & \mathbf{0} \leq x \leq U \\
 & x \quad \text{int era}
 \end{aligned}$$

dove U è un vettore a n componenti che limita superiormente i valori che possono essere assunti dalle variabili.

Un concetto molto importante da introdurre è quello di “problema rilassato”. Dato il problema di PLI si definisce suo rilassamento lineare (o problema rilassato associato) il seguente problema:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & c^T x \\ Ax & \leq b \\ 0 & \leq x \leq U \end{aligned}$$

Si tratta cioè di un problema di PL ottenuto eliminando dal problema di PLI il vincolo di interezza. La regione di un problema di PLI è ovviamente contenuta in quella del suo rilassamento e quindi ne segue che il valore ottimo di PL è sicuramente maggiore o uguale di quello di PLI. In particolare, se la soluzione ottima di PL è intera allora questa è anche la soluzione ottima di PLI.

I principali metodi risolutivi per i problemi di PLI sono:

1. Soluzione per enumerazione totale;
2. Soluzione approssimata per arrotondamento;
3. Tecnica del Branch and Bound (la più utilizzata).

I problemi di programmazione lineare intera si possono sintetizzare in sei formulazioni classiche:

1. Knapsack binario
2. Assegnamento
3. Problema del costo fisso
4. Problema del commesso viaggiatore
5. Localizzazione
6. Scheduling (Sequenziamento)

Di questi vedremo solamente il primo a titolo esemplificativo.

Si supponga di dover modellizzare il fatto che un dato evento possa verificarsi oppure no. La natura binaria del problema suggerisce immediatamente l'idea di modellizzare questa dicotomia per mezzo di una variabile x che possa assumere solo valori 0, 1. In particolare, si porrà $x = 1$ se l'evento si verifica e $x = 0$ altrimenti. Supponiamo di avere n progetti. Il j -esimo progetto, $j = 1, \dots, n$, ha un costo pari ad a_j ed un valore pari a c_j . Ciascun progetto scelto deve essere realizzato completamente e non è accettata una realizzazione parziale del progetto. Infine esiste un budget b disponibile per la realizzazione dei progetti. Il problema di scegliere un sottoinsieme dei progetti allo scopo di massimizzare la somma dei valori senza superare il limite imposto dal budget è il cosiddetto problema di Knapsack binario:

$$\text{Max} \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b$$

$$x_j = 0, 1 \quad j = 1, \dots, n$$

In questo caso l'evento è costituito dalla effettuazione (o meno) del singolo progetto. In generale, questi problemi di scelta tra progetti possono avere più vincoli (si pensi al caso in cui il budget sia mensile e si voglia pianificare per più di un mese); in tal caso il problema viene detto di Knapsack multidimensionale.

Il Risolutore Excel

Microsoft Excel dispone di una funzione tra i componenti aggiuntivi (Add-In) che è chiamata "Risolutore" (Solver) che consente di determinare la

soluzione ottima di problemi di Programmazione matematica (PL, PLI, e alcuni classi particolari di PNL). La procedura di ottimizzazione utilizzata per la PL è il metodo del simplesso.

Nelle celle del foglio excel si inseriscono i dati del problema, i vincoli e la funzione obiettivo.

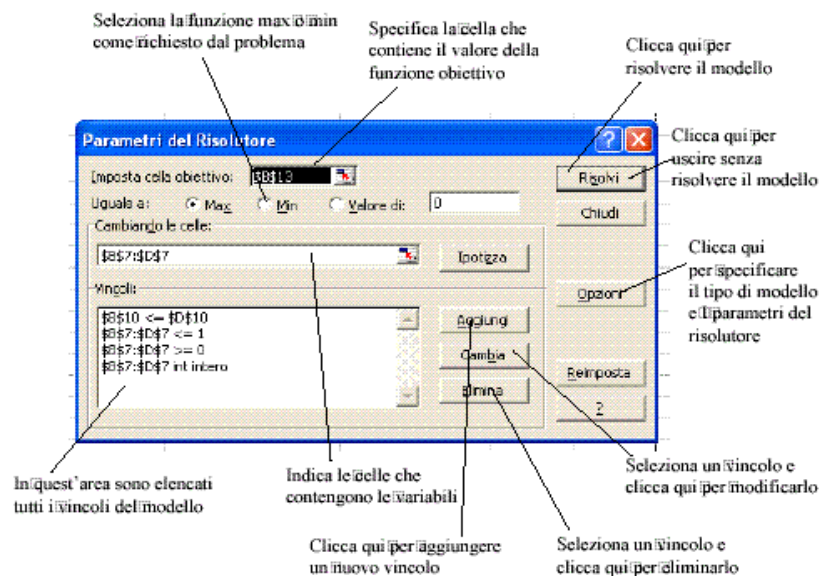


Figura 6: schermata "parametri del risolutore" (da /5/)

La tipica schermata che appare quando si lancia il risolutore è mostrata nella figura 6 in cui sono descritti i parametri da impostare per la soluzione del problema in questione.

La schermata relativa alle opzioni offerte dal risolutore è invece mostrata nella figura sottostante in cui sono descritti i valori da inserire per la soluzione del problema stesso.

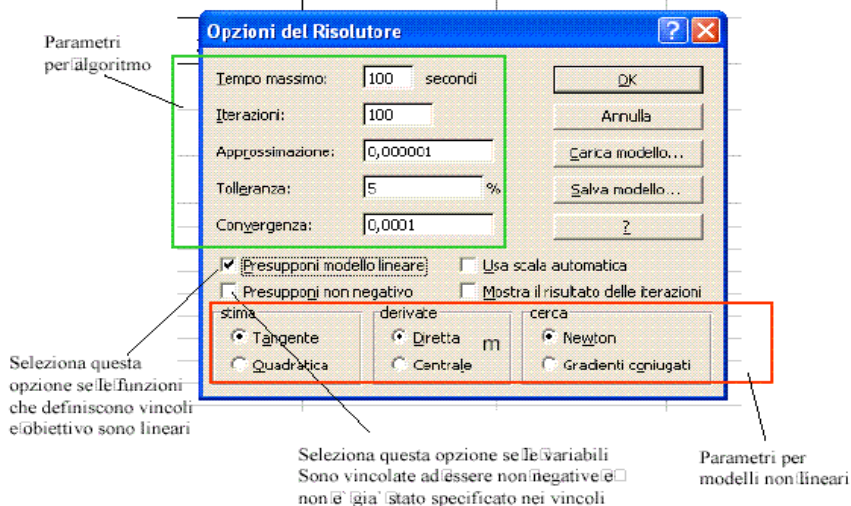


Figura 7: Schermata "opzioni del risolutore" (da /5/)

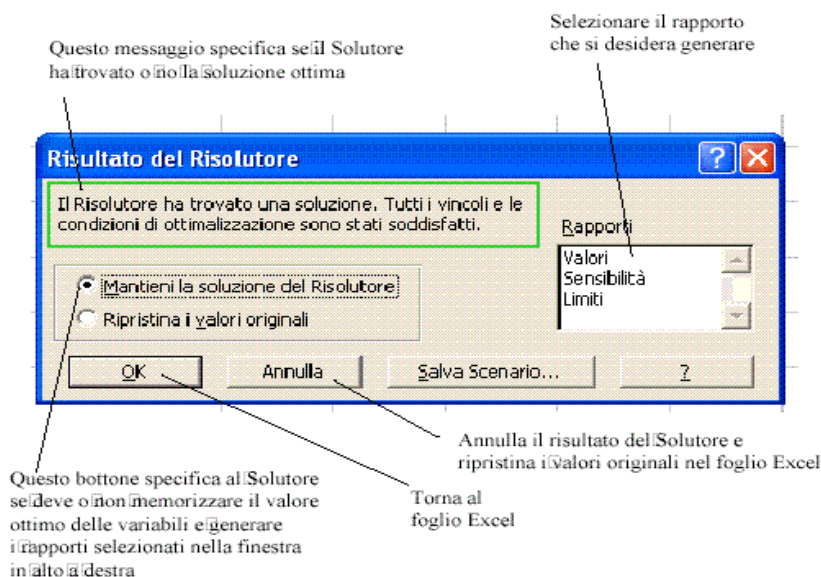


Figura 8: Schermata "Risultato del risolutore" (da /5/)

La schermata conclusiva mostrata in *figura 8* serve per fornire l'esito della computazione.

Selezionando i tre possibili rapporti vengono riassunti in tre fogli distinti le proprietà della particolare funzione ottima.

MPL

MPL è un pacchetto software che permette di implementare problemi di programmazione lineare (PL) e programmazione lineare intera (PLI) in modo chiaro, efficiente e conciso. E' un linguaggio ad alto livello che permette di descrivere sistemi anche molto complessi. E' possibile introdurre commenti e "definizioni linguistiche" che facilitano la comprensione anche ai non programmatori.

I programmi vengono scritti con un semplice editor di testo e sono indipendenti dalla piattaforma sulla quale vengono eseguiti (Windows, Unix, Macintosh). Nell'output sono indicate in modo comprensibile tutte le operazioni svolte dal risolutore. Si può interfacciare con strumenti di grafica. La struttura di un file MPL è divisa in due parti fondamentali, ognuna delle quali è a sua volta suddivisa in diverse sezioni.

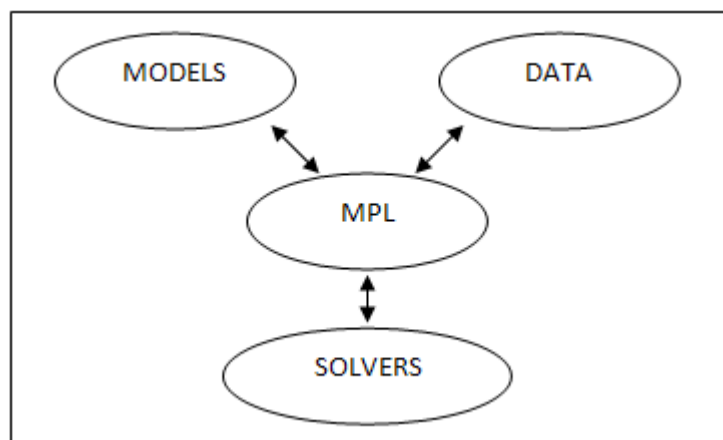


Figura 9: pacchetto software MPL (da /5/)

3.3: La simulazione

La simulazione è uno strumento sperimentale molto potente e si avvale delle possibilità di calcolo offerte dall'informatica; essa, infatti, non è altro che la trasposizione in termini logico- matematici- procedurali di un "modello concettuale" della realtà; tale modello concettuale può essere definito come l'insieme di processi che hanno luogo nel sistema valutato e il cui insieme permette di comprendere le logiche di funzionamento del sistema stesso.

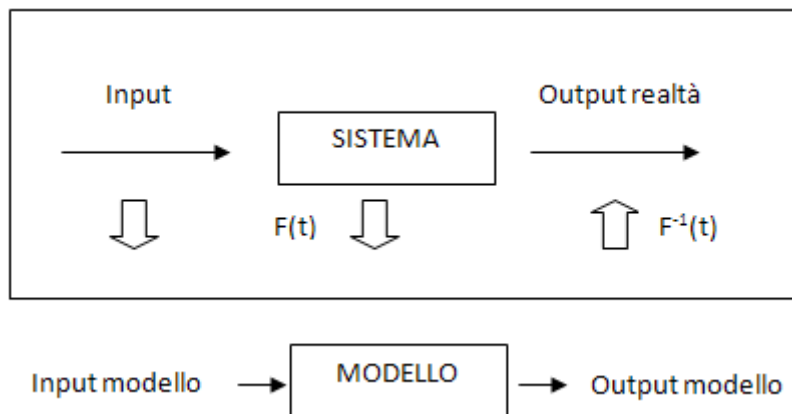


Figura 10: Modellazione di un sistema (da /1/)

La simulazione, consentendo l'analisi della realtà ad un elevato livello di dettaglio e padroneggiando facilmente la complessità del sistema, fa sì che alla fine sia possibile ottenere un gran numero di informazioni utili. Il prezzo da pagare per tale completezza è ovviamente il tempo; le operazioni di programmazione sono infatti assai lunghe, affinché si possano ottenere dei dati sufficientemente sensati e tali da dare la possibilità di ottenere un modello della realtà ad essa aderente.

Gli scopi della simulazione possono essere molteplici: rispondere alla domanda “cosa accade se...”, confrontare due o più sistemi, ottimizzare alcuni parametri, individuare i punti critici del sistema, predirne il comportamento futuro, ecc.

Al fine di ottenere un modello di simulazione utile e funzionante è opportuno procedere con una serie di step successivi:

1. Formulazione del problema e pianificazione dello studio

Viene esposto ed analizzato il problema di interesse per definirne obiettivi generali, domande specifiche a cui lo studio deve rispondere, configurazioni di sistema da modellare, software da utilizzare ecc.

2. Raccolta dati

Si raccolgono informazioni in merito al sistema, alle sue procedure operative, ai dati di input ecc.; tali dati devono essere inseriti in un opportuno database tramite il quale sia possibile analizzarli al fine di ricavare ulteriori informazioni.

3. Definizione del modello concettuale

Si tratta di costruire il modello concettuale e di rappresentarlo mediante linguaggi grafici (es. diagrammi di flusso, reti di Petri, ecc.); una volta costruito il modello, il livello di dettaglio si definisce in base alle valutazioni condotte al punto 1.

4. Implementazione del modello concettuale

Si traduce il modello concettuale in un linguaggio di programmazione (Fortran, C, Matlab, ecc.) oppure ideando il programma facendo uso di software di simulazione (Arena, AutoMod, Extend, Witness, ecc.).

5. Realizzazione di simulazioni pilota

Si effettuano alcune simulazioni di prova al fine di fornire i dati necessari per la validazione (step 6).

6. Validazione del simulatore

Se esiste il sistema reale si può procedere ad un confronto tra le misure di performance rilevate su quest'ultimo e quelle fornite in output dal modello di simulazione; se invece il sistema reale non esiste, si devono prevedere altri riferimenti per la validazione, ad esempio i risultati di modelli analitici.

7. Progettazione degli esperimenti

Si tratta di realizzare un piano sperimentale che minimizzi il numero di run simulativi necessari e massimizzi le informazioni ricavate in riferimento agli aspetti più critici del problema; è dunque necessario definire il numero e la lunghezza dei run, nonché la durata del transitorio iniziale.

8. Realizzazione degli esperimenti

Consiste nell'esecuzione dei run simulativi programmati.

9. Analisi dei dati di output

Consiste nel determinare i valori di performance di ciascuna configurazione e nell'effettuare un confronto tra le stesse; molto utile in tale fase è l'utilizzo dell'analisi di sensitività, che permette di individuare i fattori che influiscono maggiormente sui dati di output e quindi che richiedono maggior attenzione nell'essere modellati.

10. Documentazione, presentazione ed interpretazione dei risultati

I risultati ottenuti, qualora appaiano validi e credibili, possono essere utilizzati nel successivo processo di ottimizzazione del sistema reale.

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica degli step sopra descritti.

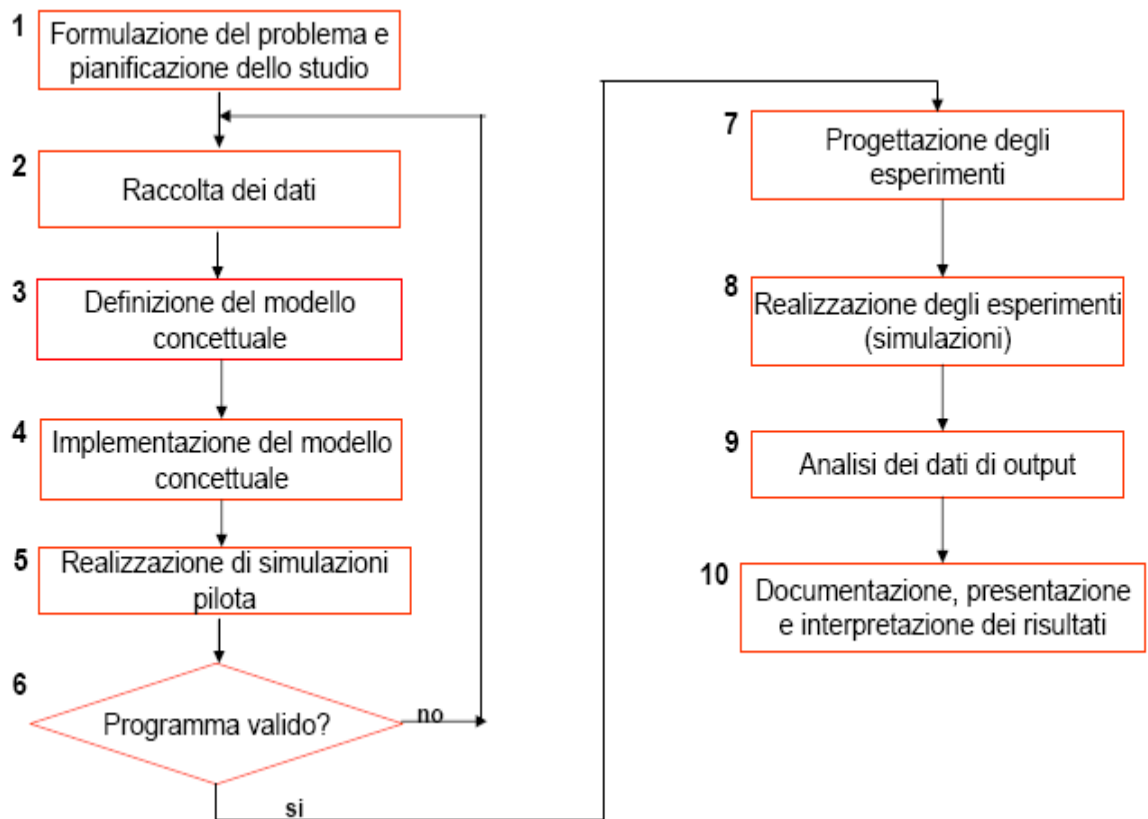


Figura 11: Iter di uno studio di simulazione (da /3/)

I modelli di simulazione possono essere:

- Statici vs dinamici
- Deterministici vs stocastici
- Discreti vs continui
- Chiusi vs interattivi
- Lineari vs non lineari
- Stabili vs instabili

Gli elementi caratteristici di un modello di simulazione sono i seguenti:

- Entità - Le entità sono gli elementi "trattati" dal processo; tali "oggetti" hanno la caratteristica di essere temporanei e di subire passivamente le trasformazioni. Ad esempio, in un'impresa di

lavorazioni meccaniche i semilavorati e le materie prime, che devono essere fresati, spianati, ecc. possono essere modellizzati come "entità". Naturalmente è possibile simulare anche processi in cui la produzione non riguardi un bene fisico, ma un servizio: in questo caso le entità rappresenteranno informazioni, documenti, clienti, a seconda delle necessità.

Le entità all'interno del modello possono essere considerate a loro volta come:

- Anonime - Nella maggior parte dei casi non interessa tenere traccia del singolo pezzo in lavorazione o in transito nel sistema; pertanto le entità non sono caratterizzate e vengono considerate come un flusso indistinto.
- Personalizzate - Caso duale del precedente, si presenta quando l'analista, spesso per il numero esiguo di pezzi in lavorazione, ha interesse a considerare i parametri di lavorazione del singolo pezzo.
- Operazione - Rappresenta una delle trasformazioni che avranno luogo sull'entità.

Possono essere individuati due cicli di operazioni:

- Il ciclo macchina - Attiene agli stati ed operazioni che la macchina attraverserà, ovvero l'insieme di tutte le possibili successioni di operazioni e attese.
- Il ciclo pezzo - Rappresenta il percorso delle entità nel sistema, le macchine visitate e le operazioni subite.
- Macchine - Rappresentano gli elementi "fissi" del sistema; i loro stati e le loro prestazioni definiscono univocamente la situazione generale dello stesso. Le macchine possono essere fisiche, ed in questo caso ci si riferisce a macchine realmente presenti nel

sistema da modellizzare, o "logiche", ed in questo caso compiono operazioni "fittizie" presenti logicamente nel sistema (ad esempio: il controllo di quantità in ingresso nell'impianto non provoca trasformazioni fisiche sul lotto ma lo "trasforma" da "lotto da controllare" a "lotto controllato").

- Stati - Gli stati sono delle variabili (numeri o valori logici) che descrivono lo stato del sistema e delle sue componenti per ogni istante di tempo.
- Eventi - Fenomeni che modificano lo stato del sistema (ad esempio, la fine di una lavorazione modifica lo stato di una macchina da "occupata" a "libera").
- Code - Insiemi di entità che non possono accedere alle trasformazioni successive (ad esempio perché la macchina risulta occupata).
- Attributi - Proprietà permanenti di un insieme di entità o di una macchina.
- Orologio locale - Orologio che contiene, a livello di singola macchina, l'istante di tempo che identifica la fine della lavorazione in corso.
- Orologio generale - Orologio che regola lo scorrere generale del tempo di simulazione.

Esistono diversi tipi di simulatori; in particolare essi possono essere classificati in:

- Orientati agli eventi
- Orientati ai processi
- Orientati alle attività

Una volta costruito il modello esso va tradotto in un programma su calcolatore. È possibile usare linguaggi general purpose quali Pascal, C,

C++, per i quali esistono delle librerie di routines orientate alla simulazione, oppure linguaggi specializzati quali ad esempio SIMSCRIPT, MODSIM e GPSS. Una interessante alternativa è quella di ricorrere ad applicazioni di tipo interattivo per la simulazione, fra gli altri: AutoMod, Simul8, Arena Simulation, Witness, Extend e Micro Saint. Tali applicazioni sono di facile uso e quindi molto adatte a costruire rapidamente modelli (anche sofisticati), ma sono meno versatili e potenti dei linguaggi specializzati o di quelli general purpose. Oltre ai linguaggi di simulazione e ai pacchetti software orientati agli oggetti, poi, l'approccio simulativo può essere condotto attraverso la cosiddetta simulazione numerica ed in particolare attraverso il metodo Monte Carlo, descritto nel prossimo paragrafo.

I vantaggi della simulazione possono essere ricondotti alle possibilità di:

- effettuare test prima di intraprendere un investimento;
- espandere e comprimere il tempo simulato;
- comprendere le cause di determinati eventi;
- esplorare nuove politiche di gestione;
- diagnosticare i problemi del sistema;
- comprendere il sistema;
- determinare i requisiti del sistema.

Al contempo è possibile individuare alcuni svantaggi:

- costo per la costruzione del modello;
- interpretazione dei risultati lunga e complessa.

Gli ambiti di applicazione della simulazione sono molteplici:

- Progettazione e analisi di processi industriali;
- Progettazione e valutazione di organismi di servizi;
- Determinazione di strategie di ordine e di inventario;

- Progettazione ed implementazione operativa di sistemi di trasporto;
- Analisi di sistemi finanziari/economici;
- Valutazione di sistemi militari e dei loro requisiti logistici;
- ecc.

Notevole importanza acquisisce la simulazione del funzionamento dei processi produttivi e logistici. Tali sistemi sono infatti caratterizzati da elevata complessità, numerose inter-relazioni tra i diversi processi che li attraversano, guasti dei segmenti, indisponibilità e stocasticità dei parametri del sistema. Proprio i processi logistici saranno il fulcro di tutta la trattazione successiva.

3.3.1 : La simulazione statica

Tramite la simulazione statica è possibile rappresentare un sistema in un determinato istante di tempo, pertanto può essere usata per modellare un sistema invariante rispetto al tempo. lo scopo fondamentale delle simulazioni statiche è determinare alcune caratteristiche statistiche di una o più variabili casuali. Un esempio di simulazione statica è la simulazione Monte-Carlo in cui manca la dimensione temporale. Essa consiste nello stimare dei valori tramite un processo di generazione di numeri casuali e calcolo del valore medio.

3.3.1.1 *La simulazione Montecarlo*

Il metodo Monte Carlo (MC) fa parte della famiglia dei metodi statistici non parametrici; esso fornisce soluzioni approssimate ad una grande varietà di problemi matematici complessi (la sua efficienza infatti aumenta all'aumentare della dimensione del problema).

La procedura MC si basa sull'utilizzo di numeri generati a caso, e quindi aventi un ordinamento che, comunque scelto, è assolutamente indipendente da qualunque legge matematica (l'incorrelazione tra i numeri è assicurata da un test chi quadro).

Con i numeri casuali è possibile rappresentare un qualsiasi fenomeno aleatorio, anche quando esso non rientri in una legge statistica conosciuta. Partendo da rilevazioni sperimentali su un campione sufficientemente consistente degli oggetti generanti i valori delle variabili aleatorie, si può, con i presupposti che interessa impostare, associare i valori casuali ai valori delle variabili aleatorie e quindi studiarne l'effetto sul sistema. La generazione di questa regola di transizione fra il piano della realtà e il piano dei numeri casuali è il vero cuore del metodo.

Le sue origini risalgono alla metà degli anni '40 all'interno del Progetto Manhattan; i formalizzatori del metodo sono John von Neumann e Stanisław Marcin Ulam, ma il nome Monte Carlo fu assegnato in seguito da Nicholas Constantine Metropolis in riferimento al celebre casinò.

Il metodo MC presenta diversi vantaggi :

- il campionamento simulato può produrre dati relativi a simulazioni di eventi per tempi anche molto lunghi (mesi o anni) in pochi minuti, specialmente se si utilizza un calcolatore;
- è possibile modificare a piacimento i parametri che determinano l'andamento della simulazione;
- non richiede particolari conoscenze a livello di linguaggi di programmazione.

L'applicazione concreta del metodo si articola nei seguenti passi:

1. Rilevazioni sul campo da cui ricavare leggi di probabilità, parametri e considerazioni per il passaggio dalla realtà al modello;
2. Riproduzione del fenomeno aleatorio reale tramite simulazione (si utilizza, come già anticipato, la generazione di numeri casuali);
3. Validazione del modello (verifica che il modello creato rispecchi abbastanza fedelmente la realtà);
4. Ulteriori simulazioni con variazione dei parametri (se necessario);
5. Scelta dello scenario ottimale in base anche a valutazioni di tipo economico.

Per maggior chiarezza si riporta di seguito un esempio applicativo articolato nei passi sopraccitati.

Si deve procedere al dimensionamento degli sportelli da predisporre in un'agenzia bancaria in occasione della sua ristrutturazione.

3.3.1.2 *Prima fase*

L'analisi dell'afflusso della clientela alle casse, condotta prima dei lavori di rifacimento e realizzata mediante rilievi sperimentali condotti su un periodo di 400 minuti, ha evidenziato la seguente legge di probabilità di arrivo dei clienti:

- per 44 min su 400 sono stati rilevati 0 arrivi/minuto;
 - per 76 min su 400 sono stati rilevati 1 arrivo/minuto;
 - per 144 min su 400 sono stati rilevati 2 arrivi/minuto;
 - per 92 min su 400 sono stati rilevati 3 arrivi/minuto;
 - per 32 min su 400 sono stati rilevati 4 arrivi/minuto;
 - per 12 min su 400 sono stati rilevati 5 arrivi/minuto;
- tot. 400 minuti.

La durata del servizio sia costante pari a $T_{sp} = 2$ min/cliente. L'utile medio u per ogni cliente servito, stimato dalla banca, ammonta a 4,7 €/cliente.

Il costo orario C_{sp} di uno sportello (personale + ammortamenti) è pari a:

$$C_{sp} = 45 \text{ €/sportello*ora}$$

L'analisi del comportamento del cliente alla cassa ha dimostrato che esso si ferma allo sportello solo se è libero o al più vi è un solo cliente in fase di servizio.

Il numero medio NM di clienti al minuto è dato da:

$$\begin{aligned} NM &= (44/400 * 0 + 76/400 * 1 + 144/400 * 2 + 92/400 * 3 + 32/400 * 4 + \\ &12/400 * 5) = \\ &= 2,07 \text{ cli/min} \end{aligned}$$

La potenzialità di servizio N_{sp} di uno sportello vale:

$$N_{sp} = 1/T_{sp} = 1/2 = 0,5 \text{ clienti/min}$$

Si ricava quindi il numero medio teorico N_{sp}^* di sportelli necessari:

$$N_{sp}^* = NM / N_{sp} = 2,07/0,5 = 4,14 \text{ sportelli}$$

Con questo quadro è possibile costruire la legge di transizione fra il piano della realtà e quello dei numeri casuali, e procedere quindi con la simulazione.

3.3.1.3 Seconda fase

Utilizzando ad esempio l'insieme dei numeri casuali da 0 a 99 (scelta arbitraria) si ottiene:

- numeri da 0 a 10 (11 numeri) per rappresentare 0 arrivi/min
(infatti non sono arrivati clienti in 44 minuti dei 400 osservati quindi $44/400 = 11\%$)
- numeri da 11 a 29 (19 numeri) per rappresentare 1 arrivo/min
($76/400 = 19\%$)
- numeri da 30 a 65 (36 numeri) per rappresentare 2 arrivi/min
($144/400 = 36\%$)
- numeri da 66 a 88 (23 numeri) per rappresentare 3 arrivi/min
($92/400 = 23\%$)
- numeri da 89 a 96 (8 numeri) per rappresentare 4 arrivi/min
($32/400 = 8\%$)
- numeri da 97 a 99 (2 numeri) per rappresentare 5 arrivi/min
($12/400 = 2\%$)

Si tratta quindi di simulare il comportamento reale del sistema per determinare il numero ottimale vero di sportelli di cassa da predisporre mediamente.

Limitando la simulazione a 20 minuti con una configurazione a 5 sportelli di cassa, ed ipotizzando che un cliente in coda ad uno sportello non possa cambiare fila, si ottengono i risultati della seguente tabella:

Mi nut o	Nu mer o casu ale	Cli enti arri vati	Ser vito spo rt.1	Ser vito spo rt.2	Ser vito spo rt.3	Ser vito spo rt.4	Ser vito spo rt.5	In cod a spo rt.1	In cod a spo rt.2	In cod a spo rt.3	In cod a spo rt.4	In cod a spo rt.5
1	12	01	01									
2	45	02- 03	01	02	03							
3	89	04- 05- 06- 07	06	02	03	04	05					
4	75	08- 09- 10	06	08	09	04	05	10				
5	16	11	07	08	09	11		10				
6	94	12- 13- 14- 15	07	10	12	11	13	15				
7	62	16- 17	14	10	12	16	13	15				
8	1	-	14	15		16						
9	29	18	17	15	18							
10	22	19	17	19	18							
11	44	20- 21	20	19	21							
12	41	22- 23	20	22	21	23						
13	17	24	24	22		23						
14	99	25- 26- 27- 28- 29	24	25	26	27	28					
15	50	30- 31	29	25	26	27	28	31				
16	7	-	29	31								

17	15	32	30	31	32						
18	71	33- 34- 35	30	33	32	34	35				
19	84	36- 37- 38	36	33	37	34	35				
20	68	39- 40- 41	36	39	37	40	41				

Tabella 1: Simulazione con 5 sportelli di cassa (da /1/)

3.3.1.4 Terza fase

In questo caso sono arrivati 41 clienti in 20 minuti, con un tasso medio pari a $41/20 = 2,05$ clienti/minuto molto vicino al valore medio reale; di conseguenza si può ritenere rappresentativa la simulazione effettuata.

In questa simulazione nessun cliente è stato perso per colpa di un'attesa eccessiva; d'altro canto i 5 sportelli sono decisamente troppi dato il loro scarso utilizzo.

Per questa ragione è opportuno condurre altre simulazioni con un numero inferiore di sportelli, al fine di determinare la migliore configurazione in base a considerazioni di ottimizzazione economica.

3.3.1.5 Quarta fase

Ripetendo la simulazione per configurazioni del sistema che prevedano rispettivamente 4 sportelli di cassa e 3 sportelli di cassa, si ottengono tabelle simili a quella sopra riportata da cui è possibile osservare che:

- un simulativo che impiega 4 sportelli

sono stati richiesti 40 servizi in 20 minuti; si ha quindi un valore medio pari a $40/20 = 2$ servizi/min, pienamente in linea con il valore reale. Si perdono 3 clienti.

- run simulativo che impiega 3 sportelli

sono arrivate 39 richieste di servizio in 20 minuti, con un corrispondente tasso medio pari a $39/20 = 1,95$ leggermente inferiore rispetto a quello reale ma comunque accettabile. Vengono persi 8 clienti per eccessiva attesa.

3.3.1.6 Quinta fase

Confrontando economicamente i diversi scenari, riferendosi ad un orizzonte temporale di un ora, si ottiene il quadro seguente:

n	C _{inv} (€/h)	LS	Q (clienti/h)	U _{tot} (€/h)	D (€/h)
3	$3 \cdot 45 = 135$	0,795	$2,07 \cdot 60 \cdot 0,795 = 98,7$	$4,7 \cdot 98,7 = 464$	$464 - 135 = 329$
4	$4 \cdot 45 = 180$	0,925	$2,07 \cdot 60 \cdot 0,925 = 114,9$	$4,7 \cdot 114,9 = 540$	$540 - 180 = 360$
5	$5 \cdot 45 = 225$	1,000	$2,07 \cdot 60 \cdot 1 = 124,1$	$4,7 \cdot 124,1 = 583,7$	$583,7 - 358,7 = 358,7$

Tabella 2: Confronto economico tra i diversi scenari (da /1/)

avendo utilizzato la seguente simbologia:

n numero di sportelli di cassa

Cinv costo di investimento ($C_{inv} = n * C_{sp}$)

NP numero di clienti persi nell'intervallo di analisi

LS livello di servizio ($LS = NP/NA * 100$)

Q clienti servibili per ora ($Q = NM * 60 * LS$)

Utot utile totale

D differenziale fra utile e costo di investimento ($D = Utot - C_{inv}$)

Si può notare come la soluzione ottimale dal punto di vista economico sia quella che prevede 4 sportelli di cassa, che prevale di poco sulla soluzione con 5 sportelli di cassa.

3.3.2 : La simulazione dinamica

Nelle simulazioni dinamiche, dette anche temporali, il tempo diventa la variabile principale da legare all'evoluzione del modello. Lo scopo è la raccolta di dati statistici su processi causali osservati al variare del tempo. La simulazione unita ai linguaggi di programmazione e alla velocità dei moderni elaboratori costituisce uno strumento potente di analisi in grado di risolvere problemi anche complessi.

Il simulatore è un software, di seguito viene presentato un p utilizzato a tale scopo: Automod.

3.3.2.1 *Il software di simulazione AutoMod*

La gestione dei magazzini e della logistica delle spedizioni sta diventando un problema sempre più vivo nel mondo dell'industria per via dell'aumento dei consumi e della necessità di avere un abbondante volume di prodotti pronto alla consegna, con tempi d'attesa minori possibili.

La complessità raggiunta dai sistemi di distribuzione sparsi in tutto il mondo genera problemi e situazioni che vanno oltre le possibilità di calcolo dei vecchi metodi statici, rendendo così necessario l'intervento di un software di simulazione dinamico.

L'intento del presente paragrafo è quello di introdurre il software di simulazione AutoMod; ovviamente non si pretende di darne una descrizione esaustiva ma semplicemente di presentare le caratteristiche salienti del software, rimandando al capitolo 8 per seguire la costruzione completa di un modello ed addentrarsi nel linguaggio di programmazione utilizzato.

Il software di simulazione AutoMod soddisfa le necessità degli utenti occasionali, dei principianti, e degli utenti più esperti. Con AutoMod è possibile simulare accuratamente impianti industriali di qualsiasi livello di complessità e dettaglio, con operazioni sia manuali che automatiche; esso consente di aumentare l'efficacia e l'efficienza dei progetti di impianti e sistemi complessi grazie ad alcune sue caratteristiche:

- Animazione grafica in realtà virtuale 3-D;
- Modellazione interattiva;
- Interfaccia verso fogli di calcolo;
- Sistemi di movimentazione predefiniti;
- Linguaggio english-like ad alto livello.

Procediamo quindi specificando alcune delle caratteristiche suddette e riportandone altre.

Statistiche affidabili ed accurate

AutoMod genera automaticamente i report e le statistiche sul funzionamento e sulle prestazioni del modello. Questi dati danno informazioni su tutti gli aspetti del sistema, come il fattore di utilizzo delle macchine, i livelli di giacenza ed il tempo totale di attraversamento degli impianti. I report statistici possono essere esaminati attraverso tabelle o grafici che migliorano la comprensione del sistema e aiutano nella comunicazione.

Grafica tridimensionale

AutoMod genera animazioni in realtà virtuale che rendono i modelli di simulazione semplici da spiegare, cosa di inestimabile valore per la

presentazione di soluzioni, idee e alternative. La comunicazione tra direzione, produzione e progettazione migliora notevolmente grazie all'osservazione di un modello 3D che può essere fatta da qualsiasi punto dello spazio ed in qualsiasi scala, mentre il modello è in funzione. I modelli di AutoMod sono in ambiente CAD-3D e questo facilita l'importazione e l'esportazione del layout fisico dei sistemi di produzione e di movimentazione. AutoMod è dotato di una potente interfaccia grafica che rende accuratamente la distanza, la dimensione e lo spazio in 3D.

Sistemi di movimentazione

Molti sistemi di produzione richiedono un'ingente movimentazione di materiali. AutoMod può essere usato per simulare con ineguagliabile livello di accuratezza i sistemi di movimentazione e i flussi grazie alle sue potenti funzionalità. I principali sistemi di movimentazione in tutto il mondo sono infatti stati modellati utilizzando tale software (il terminal cargo dell'Aeroporto di Malpensa e del porto di Singapore, il sistema di assemblaggio del Boeing 777, il sistema di smistamento dei bagagli dell'aeroporto di Malpensa e O'Hare di Chicago, l'assemblaggio delle Jeep Daimler, le linee di produzione dei motori Fiat-GM, ecc.).

AutoMod fornisce all'utente dei modelli predefiniti dei sistemi di movimentazione, sviluppati basandosi sull'esperienza nell'automazione industriale; la maggior parte della logica di questi sistemi viene generata automaticamente.

I sistemi di movimentazione disponibili, che uniscono la potenza di un CAD con la semplicità di un'interfaccia utente grafica, sono:

- Conveyor (trasportatori a nastro, catena, rulli, ecc.)

- PathMover (Veicoli)
- Power & Free (Automotori)
- Kinematic (Cinematismi)
- Train Conveyor (Treni)
- AS/RS (Trasloelevatori)
- Bridge Crane (Carri ponte)
- Tank & Pipe (Cisterne e condotti, fluidi)

Vediamone alcuni nel dettaglio.

Il sistema di movimentazione *Conveyor* di AutoMod consente di modellare con estrema accuratezza sistemi di trasporto di ogni tipo e fattezza: nastro, rulli, catena, passo fisso, bilancelle, tapparella, ecc. alimentati direttamente o tramite inverter. Il disegno della rete o dei singoli trasportatori nello spazio CAD 3D è semplicissimo grazie al template di sviluppo di AutoMod. L'utente non deve far altro che scegliere il tipo di trasportatore (di cui può anche generare una libreria) e posizionarlo nel layout CAD fino a formare la rete desiderata. Sono ovviamente disponibili le facilitazioni di copia, incolla, sposta, ecc. tipiche di un sistema CAD. AutoMod provvede automaticamente a connettere tra loro i trasportatori con dei trasferitori la cui cinematica può ancora essere personalizzata (lift and transfer ed altri). I parametri di configurazione di un singolo trasportatore sono: velocità, accelerazione, decelerazione, motore, spazio fisso, moving space, stopping space, induction space, accumulo o fisso, peso della tratta, ecc.; possono addirittura essere posizionate nello spazio 3D fotocellule che intercettano il passaggio di oggetti sul trasportatore e ne pilotano i motori attraverso la logica di controllo. Il disegno della grafica del trasportatore viene realizzato automaticamente grazie alla utility di AutoMod DTrace. Per farlo, è sufficiente definire i parametri grafici dei componenti e Dtrace provvederà a generarne il disegno in CAD 3D.

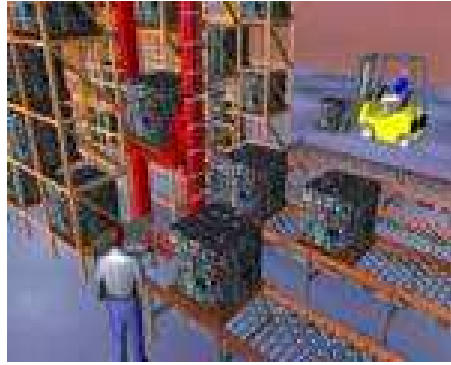


Figura 12: Conveyor (da /10/)

Il sistema di movimentazione *Path mover* di AutoMod consente di modellare con estrema accuratezza tutti i sistemi di movimentazione basati su veicoli. La modellazione di un siffatto sistema avviene in questo modo. Innanzitutto occorre disegnare con semplici pressioni del mouse nello spazio CAD 3D i percorsi disponibili indicando per ogni tratto il senso di percorrenza (consentiti anche i tratti bidirezionali), e la modalità di percorrenza (diritto, rovescio, granchio). Successivamente si indicano nel percorso i punti di controllo (Control Points) che serviranno per definire le aree di prelievo, deposito, controllo dei veicoli. I veicoli possono essere importati da una libreria o generati partendo da zero. I parametri cinematici dei veicoli sono: velocità, accelerazione e decelerazione (avanti ed indietro), tempo e regole di prelievo/deposito, regole di controllo, regole di parcheggio, capacità dei veicoli, ecc. Ogni veicolo può assumere comportamenti diversi durante la simulazione grazie alla definizione della logica di controllo. AutoMod consente l'impostazione delle regole di controllo del traffico e di gestione delle interferenze tra veicoli, e fornisce automaticamente i report statistici sul funzionamento del sistema. Il livello di dettaglio grafico, cinematico e controllistico è praticamente scelto dall'utente.

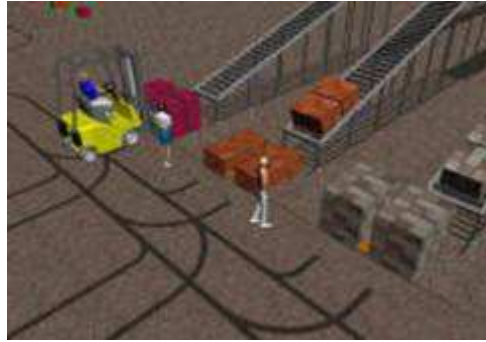


Figura 13: PathMover (da /10/)

AS/RS consente di definire accuratamente un magazzino automatico composto da scaffalature, baie di prelievo e deposito, trasloelevatori.

Il sistema di scaffalatura (Rack) viene descritto in modo molto semplice attraverso l'inserimento in una tabella di tutti i parametri di configurazione del magazzino (numero di corridoi, numero di posti pallet, numero di scaffali, dimensioni del posto pallet, ecc.).

I trasloelevatori vengono descritti attraverso le loro caratteristiche grafiche (forme ed accessori) e cinematiche. Per entrambi gli assi (orizzontale e verticale) possono essere definiti: velocità, accelerazione, velocità di avvicinamento, distanza alla quale va impostata la velocità di avvicinamento, tempo di posizionamento fine, ecc.

AS/RS consente anche la definizione estremamente dettagliata delle regole di gestione dei trasloelevatori rendendone più veloce ed accurata la modellazione.

AS/RS è utile anche per la creazione di sistemi di stoccaggio o buffer verticali con organo di presa a 2 o 3 gradi di libertà.

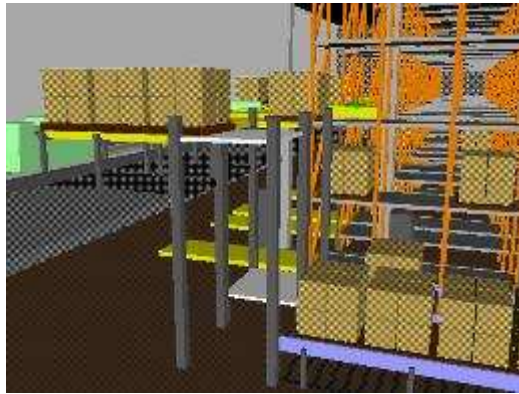


Figura 14: AS/RS (da /10/)

Il modulo *Power & Free* consente la modellazione di trasportatori a catena, che sono analoghi concettualmente ai trasportatori che si possono realizzare con il sistema Conveyor. La differenza principale tra il modulo power & free ed il sistema conveyors è che in un sistema power & free i supporti (bilancelle, vassoi, ecc.) si muovono nel sistema definito e prelevano i load, mentre in un sistema conveyor sono i load a muoversi direttamente sul conveyor.

In generale un sistema Power & Free consiste in un percorso (catena, trasporto a terra) con supporti (bilancelle, vassoi, ecc.) ad intervalli prestabiliti (fixed interval). I supporti sono “ganci” rigidamente connessi al trasporto. Il sistema di trasporto può trovarsi in aria (trasporto aereo) oppure a terra (trasporto a vassoi). I supporti in ogni sezione hanno la stessa velocità, che è la velocità della sezione.

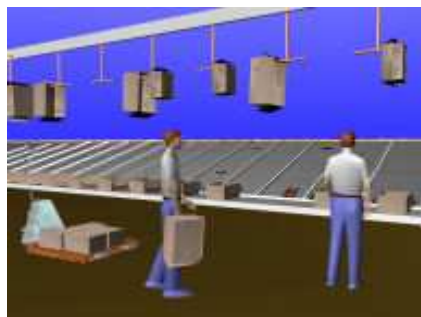


Figura 15: Power Free (da /10/)

Il modulo *Tanks & Pipes* consente di definire all'interno di un modello creato con AutoMod sistemi di movimentazione di fluidi o "continui". Una o più Tank possono essere utilizzate per lo stoccaggio o per la miscelazione di diversi componenti. Ogni Tank può essere dotata di sensori di contenenza direttamente collegati con delle procedure operative di gestione delle condotte definibili dall'utente. Questi sensori possono rilevare il livello di materiale, il superamento di una soglia di troppo pieno in salita, o quello di una soglia di livello minimo in discesa.

Il modulo consente anche la definizione e la gestione di condotte (Pipe) per consentire la movimentazione dei materiali tra i Tank. Il materiale trasferito attraverso le condotte può essere visualizzato graficamente. Ogni materiale può essere caratterizzato da un proprio colore. Il sistema gestisce tutta la reportistica su livelli e portate.

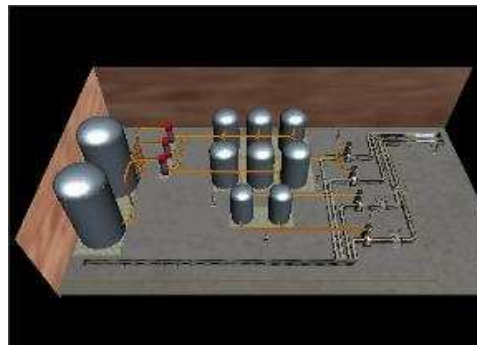


Figura 16: Tanks Pipes (da /10/)

Massima flessibilità

AutoMod è assai flessibile e quindi adatto alla simulazione di ogni dettaglio (automazioni di ogni genere, processi continui, sistemi di distribuzione, flussi documentali, celle di lavoro, layout completi, ecc.). Tale flessibilità è garantita grazie a:

- Interfaccia a tabelle per modellare facilmente i sistemi di produzione;

- Linguaggio english-like facile e accurato per ogni tipo di applicazione;
- Semplicità di definizione del movimento di persone, automobili, treni, ecc.

Moduli aggiuntivi di AutoMod

E' disponibile una gamma di moduli aggiuntivi per AutoMod che consentono di effettuare complesse analisi statistiche, di migliorare la grafica per le presentazioni, di creare filmati, di inserire complessi cinematismi di attrezzature come robot, utensili per macchinari, linee a trasferimento e macchinari speciali. E' inoltre disponibile una versione Runtime di AutoMod. Vediamoli nel dettaglio.

3.3.2.2 Kinematic: animazione di Robot ed Impianti

Il modulo Kinematic simula accuratamente robot ed altri dispositivi contenenti parti mobili (giunti di rotazione o traslazione) che possono essere integrate in un modello di AutoMod.

Esso è una estensione dell'editor grafico ACE già compreso nella versione base di AutoMod; ACE viene utilizzato ad esempio per creare i componenti di un robot, e Kinematic consente di definire la cinematica della movimentazione relativa di ciascun componente. Kinematic si presenta all'utente esattamente come gli altri sistemi di movimentazione, infatti l'obiettivo del cinematismo sarà sempre quello di prelevare, muovere nello spazio e depositare una o più unità di carico. Kinematic rende più "reale" qualsiasi simulazione.

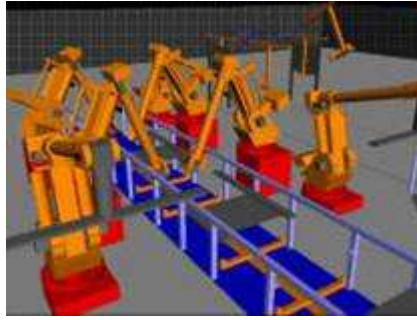


Figura 17: Kinematic (da /10/)

3.3.2.3 AutoView: presentazioni in film (realtà virtuale)

Spesso è importante poter comunicare ad un cliente che non dispone di AutoMod il funzionamento di un sistema. AutoView è uno strumento concepito per riprodurre l'animazione del modello così come è stata eseguita dall'utente con AutoMod. Le animazioni vengono ricreate utilizzando file di testo letti direttamente dalla simulazione lanciata in precedenza su AutoMod. Editando i file di testo in formato ASCII, è possibile creare dal modello un film animato, con zoomate e movimenti dell'obiettivo della telecamera che seguono le istruzioni sotto forma di codice inserite dall'utente. Il teleobiettivo di AutoView può seguire loads o veicoli durante il loro spostamenti all'interno dell'impianto, o può muoversi girando intorno alle macchine e agli impianti, offrendo una visione globale delle operazioni che vengono svolte nel sistema.

AutoView genera automaticamente filmati AVI o MPG. Questa funzionalità consente di visualizzare in modo fluido anche i modelli più complessi rendendo efficaci le presentazioni che vengono create in modo semplice e veloce, quindi a basso costo.

3.3.2.4 *AutoStat: analisi e ottimizzazioni*

Il modulo AutoStat semplifica la generazione dei report e consente la progettazione di campagne di sperimentazione. AutoStat, grazie alla semplice interfaccia utente, consente la validazione dei risultati del modello e genera tabelle per confronti o per importazioni in fogli di calcolo, fornendo inoltre statistiche descrittive e gestendo anche la replicazione delle sperimentazioni su più PC. AutoStat indaga sui tempi di warm-up, confronta gli intervalli di confidenza, ed esprime le relazioni tra risultati e sistemi attraverso il "Design of Experiments". La funzione "Ottimizzazione" è molto utile per trovare la soluzione migliore tra una moltitudine di combinazioni possibili dei parametri, utilizzando un efficiente algoritmo genetico.

- Analisi del tempo di avviamento. Il tempo di transitorio è determinato dal raggiungimento della stazionarietà da parte di diverse variabili del sistema. Le statistiche sul sistema che il modello rappresenta devono essere effettuate solamente dopo che il sistema ha raggiunto un regime stazionario. Nel passato chi faceva simulazione doveva effettuare calcoli complessi per determinare la durata del transitorio; con AutoStat una semplice selezione a menù fornisce le informazioni sul raggiungimento della stazionarietà. AutoStat è anche in grado di produrre un grafico sull'asse temporale che traccia la curva di attraversamento del transitorio e di fare prove ripetute senza alcun intervento manuale.
- Confronto degli intervalli di confidenza. AutoStat consente di cambiare automaticamente il valore di alcuni parametri del sistema durante esecuzioni successive che vengono lanciate automaticamente. AutoStat confronta gli intervalli di confidenza di tutti i parametri calcolandone i minimi ed i massimi in funzione

degli indici di performance del modello selezionati o definiti dall'utente.

- DOE. Un'altra caratteristica importante di AutoStat è il "Design of Experiments". E' immediatamente possibile rendersi conto degli straordinari benefici offerti dal DOE: è un metodo statistico per decidere quali parametri del modello sono significativi, in modo da ridurre il numero delle esecuzioni necessarie per esaminare completamente il funzionamento del sistema. Il DOE è semplice da usare: per prima cosa occorre definire una performance del modello significativa ed i parametri che si vogliono variare; poi bisogna definire il range di variazione di ciascun parametro; in ultimo non resta che lanciare le esecuzioni desiderate. AutoStat risponde con il grafico, nell'intervallo definito dell'utente, che mostra come la variazione di ciascun parametro influenza la risposta del modello. In questo modo si può stabilire quali sono i parametri con i quali è bene continuare a sperimentare e quali sono i parametri che non influenzano le performance del sistema. AutoStat fornisce al suo utilizzatore una grande potenza statistica ed una profonda capacità di analisi del modello, e risparmia tempo prezioso che può essere utilizzato nelle fasi di creatività del modello.

3.3.2.5 Model Communication Module

AutoMod utilizza normalmente ActiveX per gli interfacciamenti. Il modulo MCM aggiunge ulteriori funzionalità: trasferimento informazioni modelli-sistemi di controllo, modello-modello e modello-altri software. La comunicazione modello - sistema di controllo consente la validazione di quest'ultimo prima dell'installazione. L'utilizzo del modello in luogo del sistema reale è in questi casi assai più conveniente. MCM consente di

modellare separatamente più parti di uno stesso sistema e successivamente connetterle durante la sperimentazione, di gestire informazioni in più modelli o in un modello unico che funge da controllore, nonché di utilizzare hardware multiprocessore o diversi PC connessi con protocollo TCP/IP. Il MCM semplifica la comunicazione tra i modelli ed altri software, come fogli di calcolo o programmi in Visual Basic.

3.3.2.6 *AutoMod Runtime*

Con una licenza AutoMod Runtime è possibile effettuare analisi "what if" su modelli sviluppati con una licenza ordinaria. E' possibile cambiare i parametri ed eseguire i modelli visualizzando i risultati di ogni sperimentazione. La licenza Runtime può essere abbinata ad una licenza di AutoStat consentendo una profonda capacità di analisi statistica.

Per meglio comprendere la costruzione di un modello tramite il software di simulazione AutoMod si rimanda al capitolo 8, capitolo in cui, mediante tecniche simulative, si provvede al dimensionamento di un piazzale di sosta. Il modello costruito prevede la realizzazione della parte grafica (tramite l'utilizzo di alcuni dei sistemi di movimentazione sopra descritti), la definizione di tutte le entità citate nel paragrafo 2.3.1, la scrittura del codice con linguaggio english-like ad alto livello ed infine la deduzione e l'analisi dei risultati grazie all'estrapolazione dei report di interesse.

CAPITOLO 4:

L'AZIENDA FERRARI S.p.a.

Con il presente capitolo ci si inizia ad addentrare nel caso aziendale analizzato: un'accurata descrizione dell'azienda di riferimento è infatti fondamentale al fine di poter meglio comprenderne esigenze e dinamiche interne; si procederà dunque con una breve panoramica sulla sua storia, i suoi valori, la sua offerta commerciale e i suoi successi, ossia riportando tutto ciò che rende Ferrari S.p.a unica al mondo.

4.1: La storia dalla nascita ad oggi

La prima parte della storia dell'azienda è strettamente legata al suo fondatore, Enzo Ferrari, che ha mantenuto un peso decisivo fino alla scomparsa avvenuta il 14 Agosto 1988.

Nel 1929 Enzo Ferrari fonda la Scuderia Ferrari in viale Trento Trieste a



Figura 18: Il primo stabilimento Ferrari (da /11/)

Modena, con lo scopo di far partecipare alle competizioni automobilistiche i propri soci; l'attività agonistica, con vetture Alfa Romeo, continua fino al 1938, anno in cui diviene Direttore Sportivo dell'Alfa Corse.

Nel 1940 Enzo Ferrari decide di staccarsi dall'Alfa Romeo e fonda , presso la vecchia sede della scuderia Ferrari, l'Auto Avio Costruzioni Ferrari, con l'obiettivo di produrre macchine utensili, in particolare rettificatrici oleodinamiche.

Nonostante un impegno di non concorrenza, che al momento del distacco da Alfa Romeo gli precludeva per quattro anni la costruzione di automobili che portassero il suo nome, l'azienda avvia anche lo studio e la progettazione di una vettura sportiva, una spider 8 cilindri 1500 cc denominata 815, che verrà poi costruita in due esemplari e parteciperà alla Mille Miglia del 1940.

L'inizio della seconda guerra mondiale pone fine ad ogni attività sportiva.

Nel 1943 le officine vengono trasferite da Modena a Maranello, dove la costruzione delle rettificatrici oleodinamiche continua fino al 1944, anno in cui lo stabilimento viene bombardato.

Al termine della guerra l'azienda assume la denominazione "Ferrari" e



Figura 19: 125 Sport (da /11/)

progetta la vettura 125 Sport (8 cilindri, 1500 cc), che, affidata a Franco Cortese, debutta sul circuito di Piacenza l'11 Maggio 1947 e vince due settimane dopo il Gran Premio di Roma:

da questo momento la Casa Automobilistica, affidando la guida delle sue vetture a prestigiosi piloti, coglie sui circuiti e sulle strade di tutto il mondo oltre 5000 affermazioni, creando così la leggenda che esiste ai nostri giorni.

Nel 1969, per far fronte alle crescenti richieste del mercato, Enzo Ferrari si trova costretto a cedere a Fiat il 50% delle sue quote azionarie, percentuale salita al 90 nel 1988, anno della sua scomparsa.

Nel 1969 poi si assiste anche ad un altro evento: la carrozzeria Scaglietti, storica officina di Modena che fin dagli anni '50 realizza i telai e le scocche per le granturismo Ferrari, entra a far parte del gruppo.

Nel 1997 Fiat cede a Ferrari il 50% di un altro storico e prestigioso marchio dell'automobilismo, la Maserati, da essa rilevata nel 1993; nel 1999 Maserati passa interamente a Ferrari, che la rilancia rinnovandone totalmente modelli e stabilimenti: compiuto il rilancio, il marchio del Tridente torna sotto il diretto controllo di Fiat da Aprile 2005.

Volendo ora soffermarsi sui risultati ottenuti dalla Ferrari nel corso degli anni, ad oggi i più significativi sono i seguenti:

- 15 Titoli Mondiali Piloti di Formula 1
- 14 Campionati Mondiali Marche
- 10 Campionati Mondiali Costruttori Formula 1
- 6 Coppe Internazionali Costruttori di Formula 1

- 9 successi alla 24 ore di Le Mans
- 8 successi alla Mille Miglia
- 7 successi alla Targa Florio
- 208 vittorie in Gran Premi di Formula 1

Un'ultima curiosità legata alla storia dell'azienda è la scelta del marchio, il famoso Cavallino Rampante: esso ha un'origine eroica.

Il pilota Francesco Baracca, medaglia d'oro della prima guerra mondiale, lo aveva adottato come emblema personale, dipingendolo sulla fusoliera del suo aereo. Al termine del conflitto i genitori di Baracca affidarono l'immagine del Cavallino a Enzo Ferrari, che lo assunse, apponendolo su uno scudo giallo (colore della città di Modena), quale simbolo della Scuderia Automobilistica da lui fondata.

Il colore rosso tipico della Ferrari è invece ripreso da quello nazionale per le vetture da Gran Premio, stabilito dalla Federazione Internazionale dell'Automobile all'inizio del secolo.

4.2: Il presente

4.2.1 : Generalità

Il presente dell'azienda è caratterizzato dall'impronta data da Luca Cordero di Montezemolo, entrato nel gruppo alla fine del 1991.

La sede di Maranello ospita, oltre alla presidenza ed agli uffici, tutta

l'attività di progettazione e di produzione delle vetture Granturismo (con la sola eccezione delle attività di lastratura dei telai e delle scocche che è svolta presso lo stabilimento Scaglietti di Modena) e della monoposto di F1.

La produzione attuale è di circa 6800 vetture/anno; la gamma è, al momento, in fase di transizione; infatti, per quanto riguarda l'otto cilindri i quattro modelli dell'F430 (coupè, spider, scuderia e M16) stanno per raggiungere il fine commessa e, a breve, all'F149 California si andrà ad aggiungere la nuova 458 Italia. I modelli invece a dodici cilindri sono la 612 Scaglietti e la 599 GTB Fiorano; a queste si aggiunge il modello speciale dodici cilindri 599XX.

Dal punto di vista del bilancio il 2008 ha fatto registrare risultati che hanno battuto tutti i record precedenti, confermando in particolare il trend di crescita della redditività già rilevato negli ultimi anni, che ha raggiunto il 17,6%, contro il 15,9% ottenuto nel 2007: un valore di rilievo in assoluto per il settore automobilistico e che assume un significato particolare visto che è stato ottenuto in un anno in cui il contesto economico, soprattutto nella seconda metà, è stato caratterizzato da una forte crisi. Questo importante risultato è legato al diverso mix di prodotto venduto e a una forte riduzione dei costi, mentre sono cresciuti gli investimenti, che hanno

raggiunto il 18% del fatturato. A questi interventi strutturali vanno aggiunte importanti iniziative commerciali, quali il programma di Personalizzazione One to One dedicato ai modelli dodici cilindri e il nuovo sistema di assistenza ai clienti. Complessivamente in forte crescita (+28%) anche le attività legate al Marchio (licensing, retail e e-commerce), con in particolare l'e-commerce aumentato di oltre il 65%. La Ferrari ha chiuso il 2008 con un fatturato di 1.921 milioni di euro, in crescita del 15,2% rispetto ai 1.668 milioni di euro del 2007. L'aumento è legato principalmente alle vendite della 430 Scuderia e alle ottime performance delle dodici cilindri, sia la 612 Scaglietti che la 599 GTB Fiorano, che hanno beneficiato del lancio del programma di personalizzazione One to One. Al risultato 2008 non ha contribuito la Ferrari California. Complessivamente, le vetture consegnate al cliente finale sono state 6.587, in crescita del 2% rispetto alle 6.465 del 2007. Il mercato Nord Americano si conferma il primo per la Casa del Cavallino Rampante, con 1.700 vetture (26% del totale Mondo), in linea con le vendite del 2007, risultato particolarmente significativo alla luce del negativo contesto di questo mercato. Continua la crescita nei mercati dell'Europa dell'Est (+23%), mentre negli altri Paesi del Vecchio Continente l'andamento complessivo si è confermato sui livelli del 2007. Positivi i risultati in Medio Oriente e Sud Africa, con 366 vetture consegnate, in aumento del 12% sull'anno precedente. Nella regione Asia- Pacifico sono state 1.089 le vetture consegnate al cliente finale. Il Giappone risulta il primo mercato dell'area in termini di volumi (433 vetture), con un'importante crescita del +15%, mentre la Cina supera lo storico traguardo delle 200 vetture: 212 unità, +20% rispetto al 2007..

4.2.2 : La Struttura Organizzativa

Luca di Montezemolo è **presidente** della Ferrari S.p.a.

Nato a Bologna il 31 Agosto 1947, si è laureato in Giurisprudenza alla Università di Roma nel 1971 e si è poi specializzato in Diritto Commerciale Internazionale alla Columbia University di New York.

Dal 1973 al 1977 è assistente di Enzo Ferrari e Responsabile della Gestione Sportiva dell'Azienda: in questi anni la Casa Automobilistica ottiene due vittorie nel Campionato del Mondo Piloti di F1 con Niki Lauda, precisamente nel 1975 e nel 1977.

In seguito assume il ruolo di Direttore delle relazioni Esterne del Gruppo Fiat.

Nel 1981 diviene Amministratore della Itedi S.p.a, la Holding che riunisce tutte le attività editoriali del Gruppo Fiat, tra cui il quotidiano "La Stampa".

Nel 1984 acquisisce il ruolo di Amministratore Delegato della Cinzano International S.p.a e di responsabile dell'organizzazione di Azzurra, la prima barca italiana partecipante alla America's Cup.

Dal 1985 al 1990 si dedica ai mondiali di calcio, in qualità di Direttore Generale di Italia '90.

A conclusione dei mondiali viene nominato Amministratore Delegato della RCS Video.

Ha poi fondato Charme, fondo finanziario- imprenditoriale, con cui nel 2003 ha acquistato Poltrona Frau, una delle più note aziende italiane di arredamento, e nel 2004 Ballantyne, storico marchio internazionale di cashmere.

Dal 1998 è presidente della Fiera Internazionale di Bologna.

Nel Maggio 2004 assume l'importante ruolo di Presidente della Confindustria e, quasi simultaneamente, in Giugno, la Presidenza del Gruppo Fiat.

Piero Ferrari è il **Vicepresidente** della Ferrari S.p.a.

Nato a Castelvetro (Modena) il 22 Maggio 1945 e figlio del fondatore, è da sempre in azienda occupando ruoli significativi sia in ambito sportivo sia nell'engineering e nell'area industriale.

Al Presidente Luca di Montezemolo riporta direttamente l'**Amministratore Delegato** di Ferrari S.p.a Amedeo Felisa.

La struttura organizzativa si articola in:

- Direzione Tecnica
- Direzione Industriale
- Direzione Commerciale e Brand
- Direzione Gestione Sportiva
- Direzioni di Staff:
 - Amministrazione, Finanza e Controllo
 - Stampa
 - Risorse Umane e Segreteria generale
 - Affari Legali

Di seguito si riporta l'organigramma aziendale (*Figura 20*); in esso il focus è posto sull'area produttiva ed in particolare sui Fattori Industriali ove trova collocazione la Logistica (*Figura 21*).

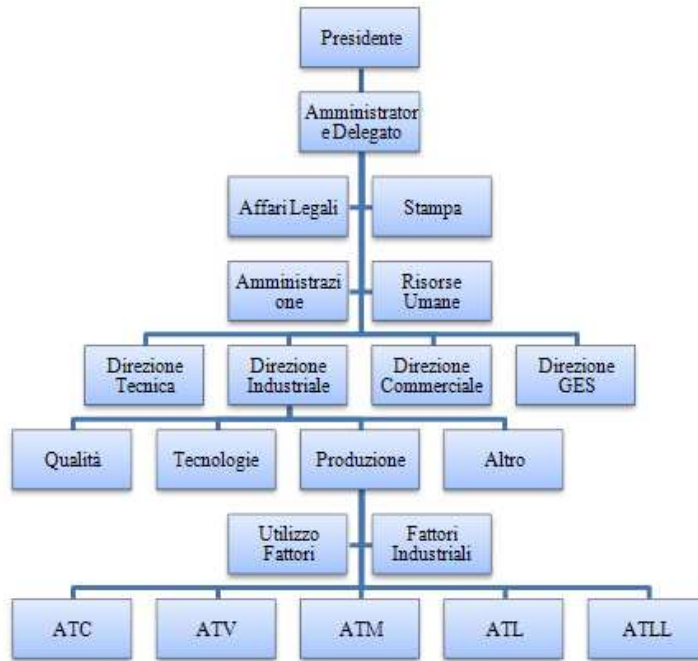


Figura 20: Organigramma aziendale (da /11/)

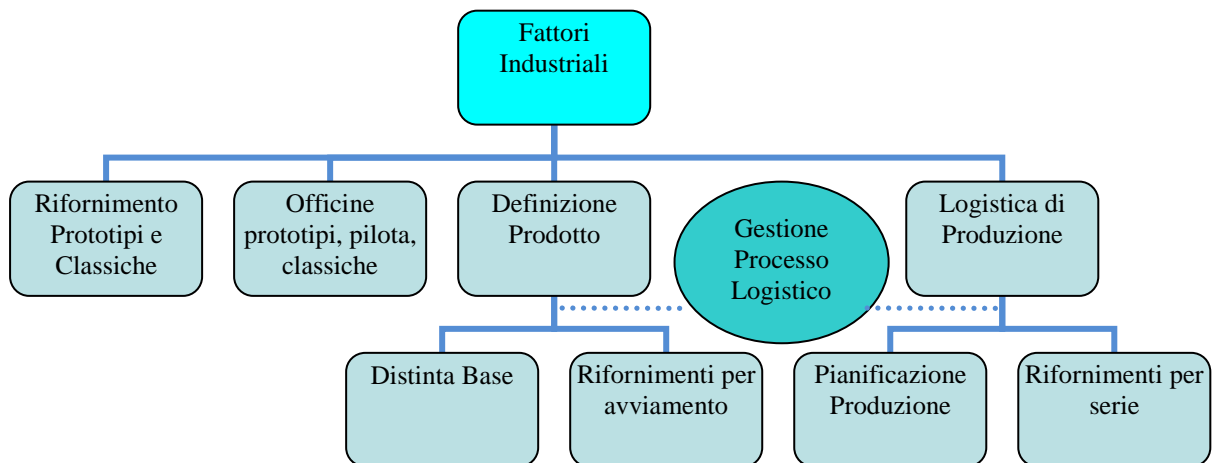


Figura 21: Organigramma Fattori Industriali (da /11/)

4.2.3 : I Valori

L'intranet aziendale riporta questa frase: “ I valori sono patrimonio di ciascuno di noi, nostro punto di riferimento quotidiano nel rapporto con i colleghi e nel nostro lavoro. Per questo lasciarli un semplice enunciato o farli divenire qualcosa di più fa la differenza e dipende tutto da noi”.

Comportamenti distintivi da ricercare:

- Porsi obiettivi ambiziosi
- Sapersi mettere in discussione
- Anticipare il futuro
- Cercare il confronto con realtà eccellenti
- Creare spirito di squadra
- Trasmettere motivazione
- Saper delegare
- Assegnare obiettivi chiari, priorità e scadenze
- Essere orientati al cliente
- Rispettare la pianificazione

Valori aziendali:

Tradizione e Innovazione

Ferrari S.p.a rappresenta una realtà ove tradizione ed innovazione si fondono per rinnovare il mito di marchi prestigiosi, conosciuti e amati in tutto il mondo; dalla storia di ciascuno dei suoi partecipanti deriva la

capacità di coniugare la ricerca di soluzioni tecnologiche sempre più avanzate con una tradizione fatta di artigianalità a "misura d'uomo".

Persona e Team

Un binomio indissolubile del Gruppo, perché qui il valore della Persona è sempre al primo posto: nell'impegno a migliorare costantemente, nelle opportunità di esprimere le proprie qualità, nell'attenzione alle relazioni e nella capacità di lavorare in Squadra per raggiungere insieme ogni giorno i piccoli e i grandi obiettivi. E' un Team dove collaborazione e creatività si stimolano reciprocamente e la capacità propositiva favorisce la nascita di nuove idee e alimenta la voglia di migliorarsi.

Passione e Spirito Sportivo

“Passione” vuol dire mettere il "cuore" nel proprio lavoro: una passione che si concretizza nell'attenzione ai particolari, nella cura dei dettagli, nella continua ricerca dell'eccellenza (qualità), e nella determinazione a raggiungere sempre gli obiettivi fissati; una passione percepita dai clienti che sentono l'esclusività e il prestigio delle automobili realizzate.

Come la passione anche lo "spirito sportivo" è fondamentale: è la determinazione a fare meglio oggi quello che si era già fatto bene ieri, il volersi mettere costantemente in gioco, il gusto di accettare ogni giorno una nuova sfida e, grande o piccola che sia, di vincerla.

Territorialità e Internazionalità

Da sempre Ferrari ha saputo coniugare la specificità delle sue radici con la vocazione di un'azienda conosciuta e riconosciuta a livello internazionale. Il forte legame con il territorio ha caratterizzato la sua storia, sviluppato la sua professionalità e consolidato importanti rapporti con i partner. Al suo interno, però, si incontrano, si confrontano e si integrano persone di diversa nazionalità, con culture, caratteristiche individuali e professionali differenti, al fine di offrire nuove esperienze, stimoli ed idee che possano arricchire e far crescere ancora di più ognuno dei suoi partecipanti.

Etica e Redditività

Ferrari è una realtà unica, conosciuta e rispettata in tutto il mondo ed ognuno dei suoi partecipanti si impegna a rappresentarla osservando un comportamento riservato, onesto, coerente e corretto. Le persone Ferrari progettano, realizzano e valorizzano gli investimenti in risorse, strutture e tecnologia nell'interesse dell'Azienda, dei partner e di tutti i collaboratori. Solo un'Azienda attiva, infatti, può progredire.

Eccellenza e Velocità

Le persone Ferrari perseguono l'eccellenza nel pensare, nel pianificare, nell'agire e nel realizzare, senza mai sentirsi appagati per i risultati ottenuti. Esse ricercano in ogni attività gestionale e tecnica soluzioni di massimo livello qualitativo, per garantire ai clienti, interni o esterni, l'eccellenza dei servizi e dei prodotti.

4.3 : I reparti e il processo di assemblaggio

Volendo dettagliare maggiormente ciò che è stato solamente accennato nel paragrafo dedicato alla struttura organizzativa, si può affermare che le principali aree aziendali sono le seguenti:

- Produzione industriale

1. Nuova Meccanica (ATM: Area Tecnologica Carrozzeria)

2. Leghe Leggere (ATLL: Area Tecnologica Leghe Leggere)

3. Verniciatura (ATV: Area Tecnologica Verniciatura)

4. Montaggio Motori (ATM: Area Tecnologica Meccanica)

5. Magazzino

6. Vecchio Montaggio Vetture (ATC)

7. Nuovo Montaggio Vetture (ATC)

8. Sala Prova (ATM)

9. Revisione Vetture (ATC)

10. Logistica



- Direzione, Ricerca e sviluppo

11. Presidenza e Uffici Direzionali

12. Officina Ferrari Classiche (CS)
Esperienze (DT)

13. Officina Pilota (CS)



14. Centro Sviluppo Prodotto (DT)

- Gestione sportiva (GES)

15. Galleria del Vento

16. Meccanica

17. Compositi



- Stabilimento Scaglietti- Modena (*figura 22*)

40. Portineria

41. Uffici

42. Lastratura

43. Area Prototipi e Attrezzeria

44. Logistica



Figura 22: Stabilimento Scaglietti - Modena (da /11/)

Nella foto aerea (*figura 23*) è possibile visualizzare la loro collocazione all'interno del comprensorio:



Figura 23: Foto aerea dello stabilimento

Procedendo ora con una sommaria descrizione del processo di assemblaggio di una Granturismo, si provvederà a riassumere le principali attività svolte all'interno di ciascun reparto produttivo.

Mediante colate in appositi stampi la Fonderia (ATLL) realizza le parti fondamentali del motore, ossia alberi, basamenti, sottobasamenti e teste, che vengono lavorate, quindi rifinite, dalla Nuova Meccanica (ATM); sarà poi il Montaggio Motori (ATM) a provvedere all'assemblaggio del motore in più fasi sequenziali: cuore del motore nella linea "short block", motore finito nella "long block" ed infine preparazione del motopropulsore (motore + cambio) per il montaggio in linea, a seguito di opportuni test effettuati in sala prova sul motore stesso (si noti che il motopropulsore della F149 viene realizzato direttamente in linea).

Le scocche, che arrivano grezze dallo stabilimento Scaglietti di Modena, vengono verniciate (ATV) e portate sulla linea come punto di partenza per l'assemblaggio.

4.3.1 : Vecchie Linee di Montaggio

I materiali ingombranti quali portiere, baule, minigonne e cofano vengono opportunamente preparati in un'area dedicata della linea per poi essere assemblati al momento dovuto.

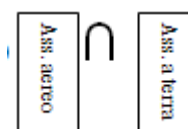
L'assemblaggio procede di stazione in stazione: ogni vettura è seguita dai propri kit trolley (5) che contengono tutti i componenti non ingombranti specifici di quella automobile, e che vengono portati in linea da un operatore dedicato; inoltre, pressoché in ogni stazione, è presente un carrello contenente i materiali ingombranti che devono essere assemblati in quel preciso momento.

In fase finale viene assemblata la tappezzeria, lavorata manualmente in una linea dedicata.

Ad assemblaggio terminato viene fatto un primo controllo per rilevare gli errori più grossolani, dopodiché la vettura viene sottoposta alla fase di revisione in cui il controllo è molto più dettagliato, e che termina con prova su strada.

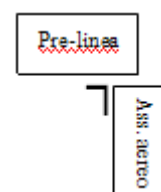
Si procede quindi con la finizione, che mira ad eliminare ogni tipo di errore e a creare una vettura “perfetta”, pronta per la concessionaria o addirittura per il cliente che la viene a ritirare direttamente in stabilimento.

Il Vecchio Montaggio Vetture è costituito essenzialmente da due linee:



8 cilindri – F430: linea più lunga, ad U e a cadenza imposta;

12 cilindri – F599 e F612: linea più breve, ad L e a cadenza imposta



4.3.2 : Nuove Linee di Montaggio

L'avveniristico impianto (20.000 mq), realizzato in 18 mesi con un investimento di 40 milioni di euro per il nuovo modello F149, è destinato ad accogliere tutta la produzione Ferrari: al piano terra si assembleranno le vetture 8 cilindri, al terzo piano le 12 cilindri.

Disegnato dall'architetto francese Lean Nouvel, esso è essenzialmente costituito da: tre tratti che il veicolo percorre in maniera sequenziale, un'area destinata alla preparazione di porte, baule e motopropulsore, ed una per le plance. Schematicamente può essere così rappresentato:

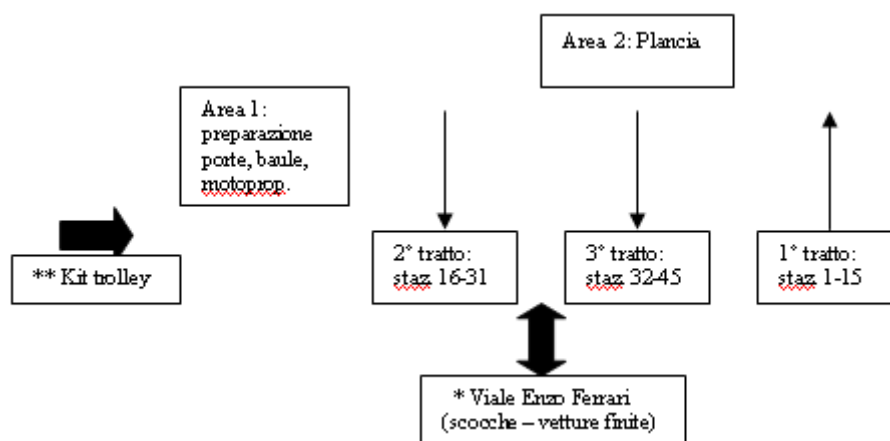


Figura 24: Layout delle nuove linee di assemblaggio 8 cilindri

L'assemblaggio della vettura avviene come segue:

- La scocca verniciata entra in linea da viale Enzo Ferrari a partire dal silo delle scocche; essa viene movimentata verso l'area 1 dove viene scomposta in porte, baule, cofano anteriore (che vengono lasciati in quest'area per la preparazione) e "scheletro" che viene movimentato verso la prima stazione;

In parallelo vengono eseguite tali attività:

- Porte (dx e sx), baule/cofano e motopropulsore (che racchiude tutta la meccanica della vettura) vengono preparati nell'area 1; ciascuno necessita di un kit trolley (per un totale di 4 carrelli), inoltre per il motopropulsore sono previsti numerosi ingombranti: radiatore, motore, cambio ecc.;
- Lungo il primo tratto vengono svolte tutte le operazioni inerenti gli "aspetti elettrici" della vettura; essa è posta su una tapparella unica che avanza ogni tempo ciclo e che movimentata con sé i due kit trolley relativi;
- Nell'area 2 viene preparata la plancia: questa necessita di un kit trolley.

All'inizio del secondo tratto gli output di queste tre attività vengono assemblati.

- Il secondo tratto prevede la movimentazione aerea della vettura, che può anche essere reclinata in modo tale da lavorare "sotto" al veicolo; i due kit trolley relativi vengono quindi movimentati su due tapparelle distinte, ciascuna delle quali copre metà tratto; qui vengono eseguite tutte le attività meccaniche ed elettriche atte a rendere il veicolo finito, ad eccezione degli interni; al termine del tratto 2 un robot dedicato si occupa del montaggio dei cristalli;
- Da qui la vettura viene movimentata via aerea verso l'inizio del terzo tratto, dove viene ultimata grazie al montaggio degli interni; anche qui sono previsti due kit trolley specifici della vettura;
- Raggiunta l'ultima stazione la vettura viene fatta uscire da viale Enzo Ferrari e direttamente movimentata verso la Nuova Revisione.

I kit trolley specifici della vettura sono in tutto 11.

Essi vengono preparati da Saima (operatore logistico) a Formigine, scaricati in baia e portati in linea (dopo alcune modifiche apportate ai componenti) attraverso un corridoio (***) dedicato che collega la baia di scarico alle Nuove Linee attraversando le vecchie.

Il numero totale di ingombranti è 17; questi vengono portati in linea su appositi carrelli sfruttando il medesimo passaggio sopra descritto.



Figura 25: Nuove linee di assemblaggio (da /12/)

L'obiettivo aziendale in riferimento a queste nuove linee è di effettuare il montaggio delle vetture in un ambiente il più possibile pulito, ordinato ed efficiente, al fine di garantire la realizzazione di un prodotto "perfetto".

A testimonianza di questo intento si riporta la fotografia in *figura 25*.

La linea del dodici cilindri ha un funzionamento simile anche se è più corta, infatti si compone di due tratti a cui si sommano l'area per la preparazione della plancia e quella per le porte ed il baule.

Al momento non è utilizzata la linea per il motopropulsore perché i modelli attualmente prodotti non prevedono questo tipo di assemblaggio ma è già stata predisposta per i modelli futuri.

Infine infondo ai due tratti della linea è predisposta una piccola linea di assemblaggio in cui verranno prodotte le vetture "one to one" ossia quelle completamente personalizzate.

4.4: I mercati e l'offerta commerciale

La Ferrari S.p.a esporta circa il 90% delle vetture prodotte ed opera in 52 mercati, tra cui i principali sono: Usa, Germania, Gran Bretagna, Italia, Giappone, Francia e Svizzera.

Ha filiali dirette in Nord America, Germania, Svizzera, Gran Bretagna, Francia (con la responsabilità di Spagna, Portogallo, Belgio, Olanda e Lussemburgo) e Asia-Pacifico, con una presenza diretta anche in Cina. Nel mondo, Ferrari conta 212 punti vendita.

I modelli realizzati sono i seguenti:

F430

Con la F430 nasce una nuova generazione di Ferrari a 8 cilindri; questo modello, che sviluppa la straordinaria esperienza della tecnologia dell'alluminio iniziata con la 360 Modena, presenta una serie di innovazioni



Figura 26: F430 (da /13/)

di grandissimo contenuto direttamente derivate dalle monoposto di F1.

Due di queste innovazioni sono proposte in anteprima mondiale su una vettura

stradale: il differenziale a controllo elettronico (E-Diff) e il comando sul volante che gestisce in maniera integrata i sistemi che governano la dinamica della vettura (“manettino”).

Gli altri elementi che caratterizzano la F430 sono il motore V8 di 90°, con una cilindrata di 4300 cm³ e 490 CV, compatto e leggero ma capace di raggiungere una potenza specifica di 114 CV/litro e di assicurare alla nuova berlinetta Ferrari un rapporto peso/potenza di 2,8 kg/CV a secco; l'impianto frenante, disponibile anche con dischi carbo-ceramici che garantiscono la massima efficacia anche dopo un utilizzo massiccio e prolungato dei freni; il cambio di derivazione F1, che riduce i tempi di inserimento delle marce fino a 150 millesimi di secondo, consentendo al guidatore di sfruttare al meglio le prestazioni della vettura (accelerazione 0-100 km/h in 4 secondi netti, velocità massima oltre 315 km/h); infine l'aerodinamica, che sfrutta le più recenti esperienze nelle competizioni, con fondo piatto e grande scivolo estrattore posteriore per accrescere il carico verticale.

F430 Spider

La F430 spider è un'evoluzione a cielo aperto della F430.

Disegnata da Pininfarina, sfrutta le più recenti metodologie di calcolo aerodinamico messe a punto in collaborazione con la Gestione Sportiva della Casa di Maranello, oltre ad applicare tutte le innovazioni della F430. Il nuovo design è caratterizzato dal nolder pronunciato ed integrato nel cofano motore, dal disegno più muscoloso delle prese aria motore e dall'estrattore inferiore di generose dimensioni, derivato dalle competizioni.

Nella F430 Spider il sistema elettrico di apertura e chiusura del tetto è completamente automatico ed il ripiegamento della capote, a completa

scomparsa, avviene in spazi estremamente ridotti, tali da preservare l'unicità del motore a vista.

430 Scuderia

E' la nuova berlina sportiva Ferrari a motore 8 cilindri centrale-posteriore.

Questo nuovo modello, derivato dall'attuale F430, ha caratteristiche straordinarie che lo rendono diverso rispetto agli altri modelli Ferrari ed unico rispetto a tutte le vetture sportive presenti sul mercato.

Essa è la massima espressione in del DNA Ferrari termini di sportività senza compromessi. E' leggera ed essenziale in tutti i suoi aspetti, ha un'estetica ed una sonorità di grande impatto e, più di tutto, è la vettura che maggiormente trae vantaggio in termini di contenuti di prodotto ed esperienza dal mondo delle corse.

La 430 Scuderia combina al meglio massime doti di handling, controllo vettura e prestazioni velocistiche. Questo si traduce nella capacità di soddisfare le più alte aspettative dei clienti per divertimento ed emozione di guida. A conferma e maggior enfasi del puro carattere sportivo di questa vettura basti pensare che sul circuito di Fiorano essa ha fatto registrare tempi sul giro paragonabili a quelli della Enzo, la più prestazionale delle Supercar mai prodotte nella storia della Marca.

La 430 Scuderia non è la versione alleggerita della F430. E' un modello derivato fortemente distintivo per contenuti di innovazione e caratterizzazione del concept di prodotto. E' la vettura del cliente più appassionato e sportivo, del cliente che utilizza spesso la vettura in pista e

su circuiti chiusi alla ricerca del limite prestazionale (per oltre il 10% della percorrenza media annua).

F430 Scuderia Spider M16

Questa versione scoperta della F430 Spider deriva direttamente dalla coupé e oltre a perdere il tetto ha subito una cura dimagrante di 80 chilogrammi che porta il peso a 1.340 totali. Il cuore pulsante dell'auto, visibile dall'esterno grazie al cielo del cofano motore trasparente, è il V8 da 4.3 litri già visto sulla coupé, capace di sviluppare 510 cavalli di potenza pura.

Grazie alla riduzione del peso il rapporto peso/potenza raggiunge i 2.6 Kg/Cv che in termini di prestazioni si traduce in 3.7 secondi per l'accelerazione da 0 a 100 km/h e una velocità massima di 315 km/h.



Figura 27: F430 Scuderia Spider M16 (da /13/)

Tra le tante chicche da segnalare sulla F430 Scuderia Spider 16M il rollbar con guscio in fibra di carbonio e un sofisticato impianto audio a cui è collegato, con apposito supporto in plancia, un Ipod Touch in versione Ferrari che viene dato in dotazione con ogni esemplare dell'auto.

La F430 Scuderia Spider 16M verrà prodotta in soli 499 esemplari, tutti contrassegnati da una placca riportante il numero progressivo.

F430 Challenge

Assoluta novità del 2006 è la F430 Challenge (*figura 28*), che in quell'anno ha affiancato negli eventi la 360 Challenge, schierata dal 2002 nei tre campionati Italia, Stati Uniti ed Europa.

La F430 Challenge interpreta perfettamente il connubio delle due anime dell'Azienda, quella granturismo e quella sportiva, distinguendosi dal modello precedente per una filosofia ancor più orientata al GT in termini di allestimenti e di prestazioni, assecondando i desideri degli amanti delle



Figura 28:F430 challenge (da /13/)

corse. Essa, infatti, mantiene l'aspetto e il motore da 490 CV della versione stradale, ma

incorpora un elevato numero di modifiche mirate all'uso nelle competizioni e molte novità rispetto alla 360 Challenge.

La F430 Challenge a partire dal 2007 è diventata l'unica protagonista della serie.

612 Scaglietti

E' il risultato di un progetto d'avanguardia che prosegue la tradizione Ferrari nel settore delle 2+2. Il nuovo modello, disegnato da Pininfarina, porta il nome di Sergio Scaglietti, carrozziere modenese che realizzò negli anni '50 e '60 alcune fra le più belle Ferrari.



Figura 29: 612 Scaglietti (da /13/)

La 612 Scaglietti (figura 29) sintetizza le capacità di innovazione e di progettazione della Ferrari: il

bilanciamento da berlinetta sportiva a motore anteriore e a trazione posteriore, l'esaltante comportamento dinamico, un abitacolo in grado di accogliere quattro persone; dotazioni e comfort per una qualità di vita a bordo senza precedenti.

La 612 Scaglietti non è solo una 2+2, ma una quattro posti a due porte, spaziosa e piacevole in ogni condizione di guida.

599 GTB

Le berlinette a 2 posti 12 cilindri sono il modello simbolo della produzione Ferrari, dalle celebri 250 GT alle 275 GTB e 365 GTB4, sino alla 575M

Maranello, ma è con la Ferrari 599 GTB che la casa del Cavallino Rampante ha realizzato la berlina 12 cilindri dalle prestazioni più elevate mai concepita a Maranello.

Questo nuovo modello racchiude in sé i contenuti più innovativi e tecnologicamente evoluti applicati dalla Ferrari ad una vettura a 2 posti a motore anteriore- centrale, rappresentando un nuovo traguardo in termini di sportività, emozioni di guida e design. La Ferrari 599 GTB è caratterizzata infatti da performance di assoluto rilievo, che la pongono al vertice della categoria: il propulsore V12 di 5999 cm³ deriva direttamente da quello della supercar "Enzo Ferrari" ed è in grado di erogare una potenza di 620 CV a 7600 giri/min, assicurando alla nuova berlina un rapporto peso/potenza di 2,6 kg/CV.



Figura 30: 599 GTB (da /14/)

Il telaio e la scocca sono interamente in alluminio e costituiscono l'ultima evoluzione della consolidata esperienza della Ferrari in questa tecnologia. Inoltre, grazie all'inconfondibile design Pininfarina, la Ferrari 599 GTB si contraddistingue per uno stile al contempo elegante ed aggressivo, che si

armonizza perfettamente con l'accurato studio aerodinamico necessario al raggiungimento di prestazioni tanto elevate.

La Ferrari 599 ha sostituito la 575M Maranello che, insieme alla 550 Maranello presentata nel 1996, ha raggiunto le 5700 unità prodotte, un record nel loro segmento per il Cavallino Rampante.

F149

La California è una Ferrari completamente diversa ed innovativa rispetto agli altri modelli in produzione: grintosa grazie al lunotto molto reclinato,



Figura 31: F149 (da /13/)

dotata di nuovo cambio a doppia frizione, tempo di 14 secondi per l'apertura del tetto e bagagliaio molto ampio (360 litri a tetto chiuso e 260 quando è

ripiegato nel vano) comunicante con l'abitacolo per stivare oggetti di grandi dimensioni.

Volendo entrare nel dettaglio delle caratteristiche tecniche si può affermare che la vettura è lunga 4,56 m e larga 1,90 m (dimensioni simili alla F430), la sua aerodinamica garantisce una spinta di 70 kg a 200 km/h e che, nonostante i 460Cv, dichiara un consumo medio di 13,2 l/100 km ed

emissioni di 310 g/km di CO₂, evidenziando così le proprie qualità ecologiche.

F458 Italia

Il 28 luglio 2009 è stata presentata a Maranello l'attesissima erede della Ferrari F430 si chiamerà Ferrari 458 Italia.



Figura 32: 458 Italia (da /15/)

Se è vero che ogni Ferrari è innovativa per definizione è altrettanto vero che alcune vetture nel corso della storia del Cavallino Rampante hanno rappresentato una vera e propria discontinuità rispetto alla gamma precedente; è questo il caso della nuova Ferrari 458 Italia, che fa

compiere un salto generazionale alle 8 cilindri a motore posteriore-centrale con forte vocazione sportiva della Casa di Maranello. La nuova vettura è una sintesi di innovazione tecnologica, creatività, stile, passione. Una sintesi che rappresenta anche il nostro Paese, al quale Ferrari ha voluto rendere omaggio aggiungendo, accanto alle tradizionali cifre di cilindrata e numero cilindri, il nome Italia. La Ferrari 458 Italia è completamente nuova da ogni punto di vista: gruppo moto-propulsore, design, aerodinamica, handling, strumentazione e interfaccia uomo- macchina; solo per elencare alcuni aspetti. Berlinetta due posti, la 458 Italia, come ormai tradizione sulle vetture Ferrari per uso stradale, beneficia dell'esperienza maturata in Formula 1, come si evince ad esempio dalla precisione e immediatezza di risposta ai comandi del pilota e dalla particolare attenzione che è stata

riservata alla riduzione degli attriti interni al propulsore per ottenere valori di consumo inferiori alla F430, nonostante l'incremento di cilindrata e di potenza.

L'esperienza derivata dalle competizioni è presente sulla 458 Italia non solo in virtù di un trasferimento puramente tecnologico, ma anche "emozionale" grazie al forte accento posto sul connubio quasi simbiotico pilota- vettura. La 458 Italia, infatti, si caratterizza per una nuova impostazione di guida con volante e cruscotto di nuova concezione, frutto dell'esperienza proveniente dalle corse. Anche in questa area di sviluppo è stato di fondamentale importanza l'apporto ormai consolidato di Michael Schumacher che anche questa volta è stato coinvolto fin dall'inizio del



Figura 33: 458 Italia (da /15/)

progetto. Il design, realizzato da Pininfarina, è un'ulteriore conferma della rottura che questa nuova vettura crea rispetto al passato. Lo stile si basa su una forma compatta e filante, espressione dei concetti di essenzialità, efficienza e leggerezza cui il progetto è ispirato. Come per

tutte le Ferrari, l'estetica è strettamente dipendente dall'efficienza aerodinamica che su questo nuovo modello genera, tra l'altro, un carico verticale di 140 kg a 200 km/h.

Il nuovo motore da 4499 cm³ è il primo V8 a iniezione diretta della Casa di Maranello montato in posizione posteriore-centrale. Dotato del tradizionale albero piatto, il propulsore eroga 570 CV a 9.000 giri/minuto e con una potenza specifica di 127 CV/litro raggiunge un valore da primato assoluto

non solo per la gamma e la storia Ferrari ma per tutto il segmento di riferimento. La coppia massima è di 540 Nm a 6000 giri/minuto, di cui più dell'80% è disponibile fin dai 3250 giri/minuto. La coppia specifica è da record: 120 Nm/litro. Chiara, potente e coinvolgente è la sonorità del motore, convogliata nella fase di scarico verso i tre codini posteriori. La 458 Italia adotta il cambio F1 a doppia frizione 7 marce che affianca a un forte incremento prestazionale un eccezionale comfort di marcia. Questa nuova Ferrari rappresenta poi un ulteriore importante passo verso l'obiettivo di riduzione delle emissioni. Nonostante il sensibile aumento di potenza del nuovo motore rispetto ai V8 precedenti, la 458 Italia è omologata con un consumo nel ciclo ECE+ EUDC di 13,7 l/100 km e un valore di emissione di CO2 pari a 320 g/km, il migliore valore nel mercato di riferimento. Il risultato di questo lavoro è sintetizzato da due semplici dati capaci di esprimere l'attitudine spiccatamente prestazionale della 458 Italia: accelerazione 0-100 km/h in meno di 3,4 secondi mentre la velocità massima è superiore ai 325 km/h. Per il telaio di nuova concezione, sempre in alluminio, i tecnici di Maranello hanno fatto ricorso a diversi tipi di leghe e a tecniche di giunzione e lavorazione di derivazione aerospaziale.



Figura 34: dettagli della 458 Italia (da /15/)

Fortemente caratterizzanti gli interni che presentano una nuova impostazione di guida e una rivoluzionaria interfaccia uomo-macchina con i comandi principali tutti sul volante. Con la nuova Ferrari 458 Italia la Casa di Maranello completa la gamma degli 8 cilindri con una vettura dal puro DNA Ferrari che si rivolge a Ferraristi diversi rispetto a quelli per cui

è pensata la Ferrari California. Quest'ultima è dedicata a chi cerca una grande versatilità abbinata alla Gran Turismo più prestazionale presente oggi sul mercato. La 458 Italia è concepita per chi ha la pura prestazione come requisito principale, e che vuole ritrovare sportività e comfort anche nell'utilizzo quotidiano, così come è ormai tradizione per i modelli Ferrari più recenti.

599XX

Pur basandosi sulla 599 GTB Fiorano con la quale condivide design e tipo di motore, il nuovo prototipo 599XX rappresenta davvero un concetto estremo di auto.

Gli ingegneri Ferrari hanno infatti effettuato lavori sul motore in particolare per quanto riguarda combustione e aspirazione e lo scarico.

Queste modifiche, unitamente al fatto che i giri sono stati potenziati a 9000 giri / min, hanno contribuito a raggiungere l'obiettivo potenza di

700 cv a 9000 giri / min.



Figura 35: F599XX (da /14/)

Particolare attenzione è stata rivolta alla riduzione del peso del motore e di diversi componenti, modificati nelle forme e con l'adozione di materiali esclusivi, come la fibra di carbonio.

La Ferrari 599XX è caratterizzata da un innovativo concetto elettronico chiamato “High Performance Dynamic Concept”, progettato per ottenere il massimo delle prestazioni dalla macchina e per gestire i limiti della meccanica con i controlli elettronici.

La meccanica e sistemi elettronici lavorano quindi insieme per ottenere il massimo rendimento dall'auto rendendola un bolide ad alte prestazioni per una guida estrema.

Inoltre la gestione e il controllo di guida è facilitato da un nuovo schermo che rappresenta una sorta di "ingegnere virtuale" in quanto fornisce indicazioni in tempo reale dell'efficienza del veicolo.

L'aerodinamica della Ferrari 599XX è stata affinata grazie a numerosi test nella galleria del vento con ottimi risultati.

Riguardo la carrozzeria, sono stati ampiamente utilizzati elementi in fibra di carbonio e alluminio per raggiungere il peso ideale, carbonio usato anche nel sistema frenante insieme alla ceramica.

La Ferrari 599XX è dotata di pneumatici slick (anteriore 29/67 R19 e posteriore 31/71 R19), sviluppati specificamente per ottimizzare la stabilità in curva e aumentare l'accelerazione mantenendo la stabilità.

F60

La Ferrari F60 (numero di progetto 660) è la cinquantacinquesima monoposto, costruita dalla casa automobilistica Ferrari, per partecipare al Campionato del Mondo di Formula Uno, stagione 2009.

Questo modello sostituisce la Ferrari F2008, la quale ha disputato il mondiale 2008, vincendo il titolo costruttori. La Scuderia Ferrari ha scelto la sigla F60 per celebrare il numero delle proprie partecipazioni alle edizioni dei Campionati del Mondo di Formula Uno.

Presentata alla stampa, tramite il sito internet ufficiale, il 12 gennaio 2009, la Ferrari F60 risponde alle esigenze imposte dai nuovi regolamenti FIA per la stagione 2009.

Tutti gli aspetti aerodinamici sono frutto del lavoro effettuato dal OWG (Overtaking Working Group), il team creato dalla FIA in collaborazione con le scuderie per permettere l'introduzione di novità aerodinamiche in grado di garantire maggiori sorpassi durante le gare.

Rispetto alla F2008, l'ala anteriore ha una larghezza maggiore (passa dai 140 cm ai 180 cm attuali) ed il



Figura 36: F60 (da /16/)

flap potrà essere regolato dal pilota. Mancano le feritoie di sfogo sulla carrozzeria e l'ala posteriore è notevolmente più stretta (passa da 100 cm a 75 cm) ed alta (passa da 80 cm a 95 cm).

La F60 è stata progettata per sfruttare il KERS (= Kinetic Energy Recovering System: ovvero il sistema di recupero dell'energia cinetica) il quale è posizionato sul motore, proprio al di sotto della zona posteriore della scocca. Il KERS della Ferrari è stato progettato dalla Magneti Marelli; il suo principio di funzionamento consiste nell'immagazzinare in una centralina il calore liberato in frenata con un apposito sistema installato nella parte bassa del disco e poi convertirlo in energia potenziale che il pilota può sfruttare grazie ad un pulsante presente sul volante. Attivando il kers il motore può ricevere fino ad 80 cavalli in più (per 6.67 sec. a giro). Tutta questa energia potrà essere utile nei lunghi rettilinei, alla partenza, e soprattutto in fase di sorpasso.

La scatola del cambio non ha subito modifiche, rimanendo in carbonio e di forma longitudinale. Il sistema dei freni è di nuova realizzazione, ed è stato realizzato dalla Brembo.

Anche lo schema delle sospensioni è stato totalmente riprogettato, poiché dal 2009 sarà ridotta la possibilità di inserire gli elementi sospensivi all'interno della carenatura.

Il motore ha una cilindrata totale di 2.398 cm³ e un regime di rotazione massima di 18.000 giri/minuto; l'obiettivo di durata del motore è di circa 2.500 chilometri.

4.4.1 : Formazione, Sviluppo e Tutorship

4.4.1.1 *Formazione*

La Ferrari è da sempre impegnata nell'accrescere le competenze delle sue persone perché è consapevole che l'eccellenza delle persone genera l'eccellenza dei risultati. Sulla base di questo impegno sono stati ideati e organizzati specifici percorsi formativi: corsi gestionali, linguistici, informatici, tecnico professionali, e iniziative uniche mirate a stimolare la crescita personale e professionale in Azienda.

4.4.1.2 *Sviluppo*

L'obiettivo primario dell'attività di sviluppo è quello di fornire e supportare i Capi con strumenti e processi efficaci, atti a garantire lo sviluppo dei propri Collaboratori.

Gli strumenti e i processi vengono calati nel Gruppo Ferrari con particolare attenzione agli elementi distintivi e alle specificità che caratterizzano le diverse Aree di Business.

I due processi principali, che invitano i Capi a guidare e a sviluppare i loro Collaboratori, sono la Gestione delle Performance e la Valutazione del Potenziale: entrambi i processi hanno una cadenza annuale e le persone interessate sono Capi e Professional.

4.4.1.3 *Tutorship*

Per Ferrari l'innovazione di prodotto è di fondamentale importanza; per questo motivo i neo-laureati che lavorano nell'ambito dello Sviluppo Prodotto hanno la possibilità di accedere al progetto "Tutorship" che

permette loro di sviluppare un importante progetto di ricerca durante i primi due anni di lavoro in azienda. Questa iniziativa prevede diverse fasi:

il neo-laureato viene formalmente affiancato ad un tutor che ha la responsabilità di seguirlo direttamente nella fase di inserimento in azienda;

viene affidato loro un innovativo tema di ricerca, specifico della funzione di appartenenza;

con l'assistenza del tutor e dedicando al progetto di ricerca una quota significativa della propria attività lavorativa, il neo-laureato ha a disposizione un anno per completare il proprio progetto;

al termine dell'attività l'interessato presenta il proprio progetto di ricerca ad una Commissione presieduta dal Direttore Generale.

Per diverse ragioni tra cui l'offerta di incarichi stimolanti, le opportunità di carriera internazionale, l'apertura al dialogo con il dipendente, il maggiore equilibrio tra sfera professionale e privata e i livelli retributivi, Ferrari S.p.a si conferma ogni anno come l'Azienda più ambita dai neo-laureati delle migliori Università italiane.

4.5: Il futuro

Il Nuovo Centro Sviluppo Prodotto rappresenta il cuore del futuro dell'Azienda; esso è stato concepito per riunire ed integrare in un unico ambiente i progettisti, i responsabili delle Tecnologie, degli Acquisti, del Marketing e della Qualità, favorendo così la collaborazione tra le persone e le sinergie del lavoro in team al fine di ottenere risultati eccellenti.

Diversi sono i modelli già ideati che inizieranno a breve la fase prototipale per poi essere ufficialmente presentati nei prossimi due anni.

Altro aspetto fondamentale per la Ferrari di oggi, e ancor di più per quella del futuro, è la cosiddetta “Formula Uomo”: un’attenzione sempre maggiore sarà infatti rivolta a tutti quegli aspetti che potranno garantire un miglioramento delle condizioni di lavoro, maggior sicurezza e comfort.

Duecento, ad oggi, i milioni spesi per un unico obiettivo, “fabbricare le vetture in ambienti confortevoli e firmati”: la galleria del vento di Renzo Piano, il centro sviluppo e ricerca di Massimiliano Fuksas, la nuova logistica della gestione sportiva di Luigi Sturchio, la nuova verniciatura e la nuova officina meccanica di Marco Visconti; a breve (l'architetto non è stato ancora scelto) sarà la volta della nuova gestione sportiva, cuore pulsante delle macchine di F1.

Nonostante la crisi economica che si sta avvertendo a livello internazionale, il futuro che si prospetta per l'Azienda è sicuramente brillante, ricco di miglioramenti, novità e successi.

4.6: Le tematiche affrontate e i metodi utilizzati

Nel presente progetto di tesi verranno trattate alcune delle tematiche introdotte nel primo capitolo; nello specifico si farà riferimento al problema della ricollocazione e al dimensionamento del buffer di alimentazione delle linee sopra descritte. Ci si occuperà infatti dell'ottimizzazione dei flussi dei materiali all'interno dello stabilimento, il loro stoccaggio e la loro movimentazione, il tutto finalizzato all'incremento della sicurezza, al miglioramento dell'ordine e dell'immagine aziendale, nonché al perseguimento di maggior efficienza in termini di tempi e costi.

Avendo ben chiaro tale obiettivo si è ritenuto che tra i metodi descritti nel secondo capitolo i più adeguati fossero le tecniche di simulazione, statica e dinamica; in riferimento a quest'ultima, poi, si è deciso di utilizzare il software di simulazione per la logistica AutoMod (la scelta tra le metodologie proposte è stata effettuata considerando il problema specifico, nonché i tempi e i costi conseguenti).

A seguito del presente capitolo interamente dedicato alla presentazione dell'azienda Ferrari S.p.a., i successivi permetteranno di ripercorrere le attività svolte e i metodi di analisi utilizzati per affrontare le problematiche emerse, nonché di mettere in evidenza i risultati finali ottenuti e le proposte presentate ai vertici aziendali.

CAPITOLO 5:

LA LINEA OTTO CILINDRI

Nel presente capitolo viene analizzato come attualmente avviene l'alimentazione della linea otto cilindri evidenziando le criticità e proponendo una soluzione ai problemi che queste generano.

5.1 : Presentazione del problema

Nell'area tecnologica della Carrozzeria, la produzione è attualmente ripartita su 3 linee di montaggio:

La **linea del dodici cilindri** in cui vengono prodotte le 612 Scaglietti, le 599 GTB Fiorano e le 599XX

La **linea dell'otto cilindri** in cui vengono prodotti i vari modelli dell'F430 (Coupé, Spider, Scuderia Spider e Scuderia Coupé)

La **nuova linea di montaggio** dell'otto cilindri in cui viene prodotta la F149 California e a breve la nuova 458 Italia.

Per l'alimentazione di queste linee viene mantenuto un Buffer con il materiale necessario per 4 ore di produzione all'interno di un magazzino situato in uno stabilimento adiacente alle linee. (*vedi Figura 37*)

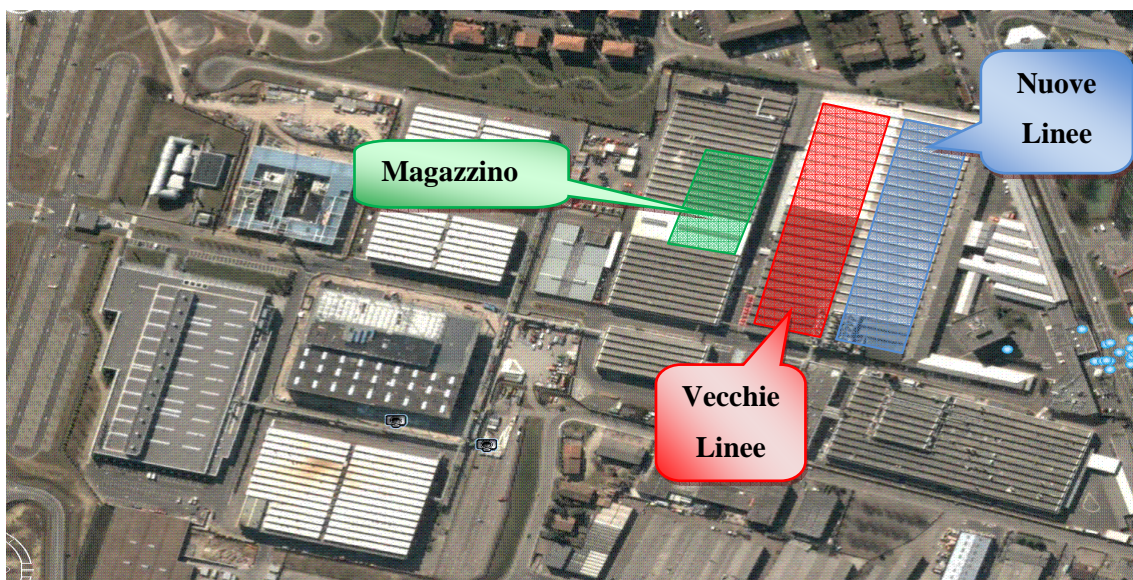


Figura 37: Foto aerea dello stabilimento

A partire da Settembre questa configurazione sarà modificata in quanto tutta la produzione di vetture a dodici cilindri verrà trasferita in una ulteriore nuova linea di montaggio, posizionata al terzo piano dello stesso

stabilimento in cui viene prodotta la F149 California. Inoltre ad Ottobre l'F430 arriverà al fine commessa in tutte le sue versioni e pertanto la linea in cui questa veniva assemblata non sarà più utilizzata. La nuova configurazione presuppone una strutturazione diversa del magazzino e dei flussi.

L'alimentazione delle nuove linee di montaggio è organizzata in modo tale che i materiali vengano portati in linea secondo tre diverse modalità:

Attraverso l'utilizzo di contenitori chiamati **kit trolley** (Figura 38) in cui vengono sistemati i materiali necessari per una specifica commessa, ossia per una specifica vettura; i kit vengono posizionati a bordo linea ed ognuno contiene i pezzi utilizzati in un certo numero di stazioni consecutive (generalmente da 2 a 4).



Figura 38: Kit Trolley

Attraverso l'utilizzo di contenitori specifici per quei materiali che necessitano di una gestione separata perché **voluminosi** e pertanto non inseribili all'interno dei kit.



Figura 39: Esempi di alcuni voluminosi: paraurti, cristalli e ruote

Attraverso le **Barchette**, ossia vaschette posizionate in ogni stazione contenenti le minuterie (viti, bulloni, guarnizioni...) e gestiti con alimentazione di tipo kanban: per ogni tipologia di materiale esistono due contenitori identici, quando il primo è vuoto viene prelevato dall'operatore logistico e rifornito mentre in linea si inizia ad utilizzare il secondo.



Figura 40: Dolly Kart

Tutti questi contenitori vengono portati in linea mediante l'utilizzo di trattorini elettrici denominati Dolly Kart (*Figura 41*) che trasportano 2/3 contenitori a viaggio grazie alla possibilità di collegare i vari contenitori (ovviamente della stessa tipologia) tramite l'utilizzo di appositi ganci.

5.2: Punti salienti di uno studio precedente

Al fine di andare a determinare l'area di stoccaggio necessaria, analizzare i flussi, le congestioni e il metodo di alimentazione più efficiente per le nuove linee di montaggio Ferrari ha chiesto uno studio.

Nel fare la sua analisi si è partiti da dati che attualmente sono cambiati. Di seguito vengono riportati i dati di partenza originari:

N° Kit trolley	10
Kit trolley trasportati a viaggio	2
N° voluminosi	15
Voluminosi trasportati a viaggio	2
Velocità Dolly Kart	2 m/s
N° vie di passaggio per le linee	2
N° barchette per stazione	20
Barchette trasportate a viaggio	40
Intervallo di refilling barchette	5 gg
Tempo ciclo	20 min
Tempo carico/scarico kit-trolley e voluminosi	30 sec

Tabella 3: Dati di partenza dell'Università di Bologna



Figura 41: Dettaglio Magazzino

In base a questi dati, realizzando una simulazione di tipo dinamico, risultava che l'area necessaria per il buffer di alimentazione delle linee di montaggio era di circa 2765 mq con 2000 mq di stoccaggio utile. Quest'area era stata

posizionata in parte sotto la tettoia, in cui dovevano essere scaricati i camion e da cui il materiale veniva portato in una zona di stoccaggio al

coperto, e in parte nel magazzino vero e proprio (*Figura 42*). Nell'area della tettoia era prevista anche una zona in cui posizionare i contenitori pieni appena scaricati e quelli vuoti pronti per essere caricati sulle navette dirette al magazzino di Formigine. Dalla simulazione risultavano necessari 5 trattorini per l'alimentazione della linea utilizzati con una saturazione del 78%.

Area necessaria	2765 mq (2000 di stoccaggio)
Dolly Kart necessari	5
Saturazione Dolly kart	78 %
Tempo di interarrivo all'ingresso della baia	52 sec
Tempo di missione	8 min e 46 sec

Tabella 4: Riassunto risultati ottenuti da uno studio precedente

5.3: Modifica dei dati di partenza

Oggi questi dati sono cambiati, a partire dal numero di kit trolley utilizzati, attualmente 11, così suddivisi:

- **Meccanizzata:** kit utilizzato nella zona di preparazione del motopropulsore;
- **Porta DX, Porta SX, Baule:** utilizzati nelle zona in cui vengono preparate le porte, il cofano e il baule;
- **Plancia:** kit utilizzato nella zona di preparazione della plancia;
- **1° kit 1° tratto, 2° kit 1° tratto, 1° kit 2° tratto, 2° kit 2° tratto, 1° kit 3° tratto, 2° kit 3° tratto:** kit utilizzati nei vari tratti della linea di assemblaggio vera e propria.

Anche il numero di ingombranti è stato modificato, attualmente i contenitori voluminosi sono 17 (*Tabella 5*) e non tutti vengono consegnati a Formigine, dove Ferrari ha il magazzino di stoccaggio vero e proprio gestito in outsourcing da Saima Avandero; infatti alcuni materiali vengono ricevuti direttamente a Maranello e necessitano di un buffer maggiore in quanto la frequenza di consegna è minore (in alcuni casi arriva anche ad essere settimanale).

	Descrizione	Pezzi x Contenitore	Pezzi x vettura	Luogo consegna
1	Paraurti anteriore/posteriore + Copribrancardi (minigonne)	4	4	Maranello
2	Tubazioni freno sottopianale dx/ sx	16	2	Formigine
3	Isolante vano motore	11	1	Formigine
4	Cristalli	9	1	Formigine
5	Modulo sospensioni dx/sx	4	4	Formigine
6	Gruppo radiante acqua/olio cpl	3	1	Formigine

7	Convogliatore aria anteriore	4	1	Formigine
8	Separatore bagagli	4	1	Formigine
9	Contenitore interni baule	7	1	Formigine
10	Contenitore per gruppo A.C.	4	1	Formigine
11	Gruppo RHT (capote)	1	1	Maranello
12	Gruppo Tonneau cover	1	1	Maranello
13	Sedili	2	2	Maranello
14	Roll-bar	20	1	Maranello
15	Serbatoio benzina	4	1	Formigine
16	Ruote	8	4	Maranello
17	Scatola guida	8	1	Formigine

Tabella 5: Dettaglio ingombranti

Inoltre lo studio precedente partiva dall'ipotesi che il tratto esterno tra il Magazzino e le Linee di montaggio sarebbe stato riasfaltato, cosa che in realtà non si è verificata causando una riduzione della velocità dei trattorini rispetto a quella iniziale in quel tratto.

	Studio precedente	Nuovi dati
N° Kit trolley	10	11
Kit trolley trasportati a viaggio	2	3
N° voluminosi	15	17
Voluminosi trasportati a viaggio	2	2
Velocità Dolly Kart	2 m/s	1,4 m/s (esterno) 2 m/s (interno)
N° vie di passaggio per le linee	2	1
N° barchette per stazione	20	20
Barchette trasportate a viaggio	40	40
Intervallo di refilling	5 gg	5 gg

Tempo ciclo	20 min	20 min
Tempo carico/scarico kit-trolley e voluminosi	30 sec	30 sec

Tabella 6: confronto nuovi dati di partenza

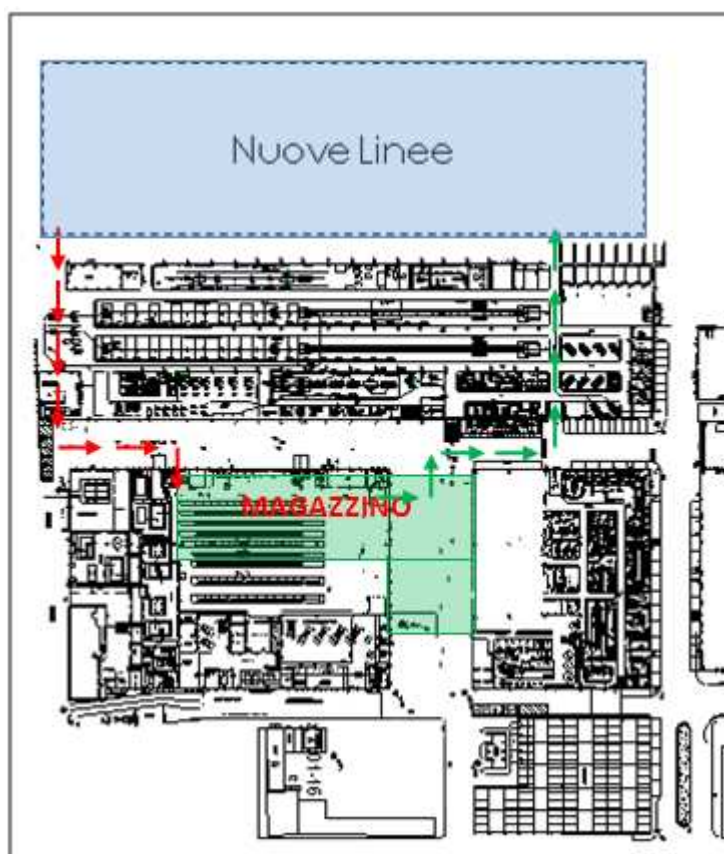


Figura 42: ciclo ad anello

Lo studio aveva inoltre dimostrato, tramite simulazione dinamica, la necessità di istituire un flusso ad anello con due differenti vie di passaggio per l'ingresso e l'uscita dal magazzino per evitare le congestioni che si sarebbero venute a creare con un unico accesso.

Oggi la via rossa riportata in figura è stata

chiusa, pertanto tutti i trattorini passano da un'unica via (Figura 43) con conseguente congestione del tratto verde amplificata dal passaggio in quella zona delle navette Saima, dei carrelli a forche, dei mezzi mandati direttamente dai fornitori...

5.4: Analisi della situazione attuale e futura mediante simulazione statica

A partire dai nuovi dati è stata realizzata una simulazione di tipo statico.

Per prima cosa si è stimato il tempo di missione di un trattorino dal momento in cui questo viene caricato con i contenitori pieni, al momento in cui viene scaricato dei contenitori vuoti. Per fare ciò si è calcolato il tempo necessario per percorrere il tratto esterno e il tratto interno considerando le due diverse velocità del Dolly Kart e un tempo di carico e scarico pari a 30 secondi per ogni contenitore.

In seguito si sono quantificate le missioni necessarie per trasportare i contenitori utilizzati in un giorno di produzione. In particolare per i kit trolley si è stimata la necessità di portare in linea 264 contenitori (11 kit x 24 vetture) che corrispondono a 88 viaggi al giorno (3 contenitori trasportati a viaggio), per quanto riguarda i voluminosi invece i contenitori necessari per un giorno di produzione sono 182 (calcolati a partire dai pezzi presenti all'interno di ogni contenitore e da quanti pezzi di quel tipo erano montati su ogni vettura) pari a 91 viaggi al giorno (2 contenitori trasportati a viaggio) infine si sono analizzati i viaggi necessari per le barchette, dal momento che in ogni missione è possibile trasportarne 40 e che ogni 5 giorni tutte e 1000 vengono sostituite sono necessari 5 viaggi al giorno. Di conseguenza ogni giorno devono essere effettuate 184 missioni.

A questo punto si è determinato il tempo necessario per compiere una missione; per missione si intende il tempo necessario ad un trattorino per caricare i kit o i voluminosi dal magazzino, trasportarli e scaricarli sulle

linee (considerando la diversa velocità tra percorso interno ed esterno), caricare i vuoti, ritornare nel magazzino dove stoccare i contenitori trasportati in attesa che vengano prelevati. In funzione dei metri percorsi e della velocità del trattorino è risultato che il tempo necessario per compiere una missione è di circa 9 minuti e 18 secondi.

Pertanto il tempo necessario per compiere le 184 missioni è dato dal prodotto tra il numero di missioni e il tempo di missione maggiorato di un 15% utilizzato come margine di sicurezza e risulta pertanto pari a 118.193 minuti. A questo punto per determinare il numero di carrellini (e carrellisti) necessari è sufficiente andare a dividere questo valore per le ore disponibili di lavoro di un carrellino (28.800 minuti) e arrotondare per eccesso mantenendo una saturazione accettabile (intorno al 75%). Facendo ciò si è evidenziata la necessità di 6 carrellini con una saturazione del 68%.

Il differente risultato rispetto allo studio precedente è giustificato dal fatto che il numero dei kit trolley e dei voluminosi è aumentato e che la velocità nel tratto esterno è diminuita comportando un aumento del tempo di missione.

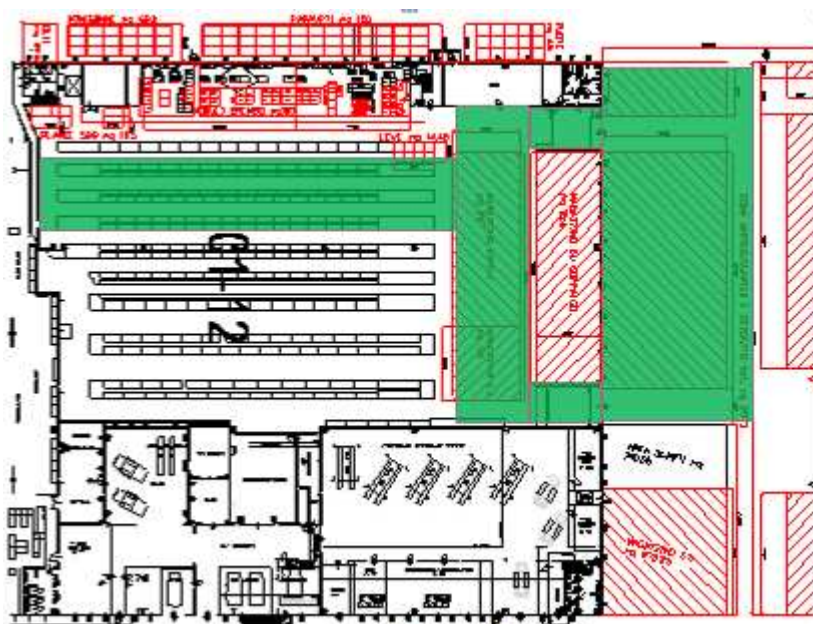


Figura 43: Dettaglio area occupata dal magazzino

Successivamente è stata analizzata anche l'area attualmente occupata dal magazzino (vedi Figura 44).

Questa è disposta diversamente rispetto a quanto lo

studio precedente aveva suggerito in quanto porzioni di spazio inizialmente occupate al magazzino sono state destinate ad altro.

Pertanto l'area occupata dal magazzino risulta attualmente di circa 3.150 mq di cui solo 2.000 mq destinati a stoccaggio in quanto lo spazio è mal distribuito e quindi poco sfruttabile.

5.5: Evidenziazione delle criticità

Le criticità nella situazione attuali possono essere raggruppate in tre categorie:

- **area:** criticità legate agli spazi
- **rischi per la sicurezza:** criticità legate al traffico, alle code e alle situazioni di pericolo che la situazione attuale crea
- altro

andiamo ad analizzarle una per una.

5.5.1 : Criticità legate all'area

La situazione per quanto riguarda lo spazio a disposizione in futuro peggiorerà in quanto il magazzino perderà un'altra porzione in favore della

costruzione del Centro Stile.

L'area del magazzino

diventerà dunque

di 2.350 mq con soli 1550 mq di

stoccaggio utile

(vedi Fig. 45). In queste circostanze

sarà necessario trasferire una parte (450 mq) del Magazzino a Formigine con conseguente innalzamento dei costi dovuti allo stoccaggio, all'handling e al navettamento tra Formigine e Maranello.

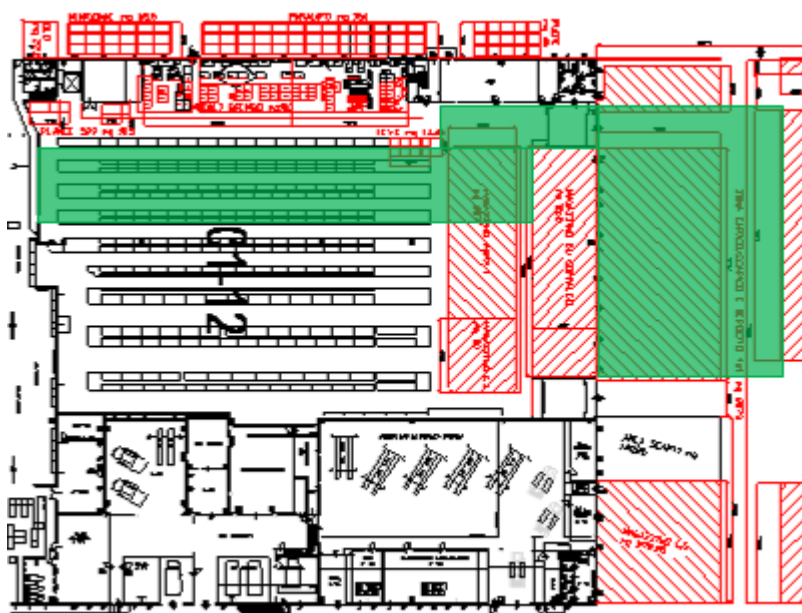


Figura 44: dettaglio area occupata dal magazzino in futuro

5.5.2 : Criticità legate ai rischi per la sicurezza

Per quantificare i rischi per la sicurezza si è cercato di stimare la congestione nei nodi critici del percorso di alimentazione delle linee a partire dalla Baia. Per fare ciò si è partiti dai risultati dell'analisi statica e, successivamente, li si è andati a raffrontare con quelli a cui era giunta l'Università di Bologna attraverso il modello di simulazione dinamico.

Per prima cosa sono stati identificati i nodi critici (*Vedi Figura 46*):

il punto di accesso e uscita dalla Baia in cui si sommano i flussi generati dalla linea 8 cilindri, quelli della linea del 12 e quelli di tutti mezzi esterni come navette, motrici, trans pallet, carrelli

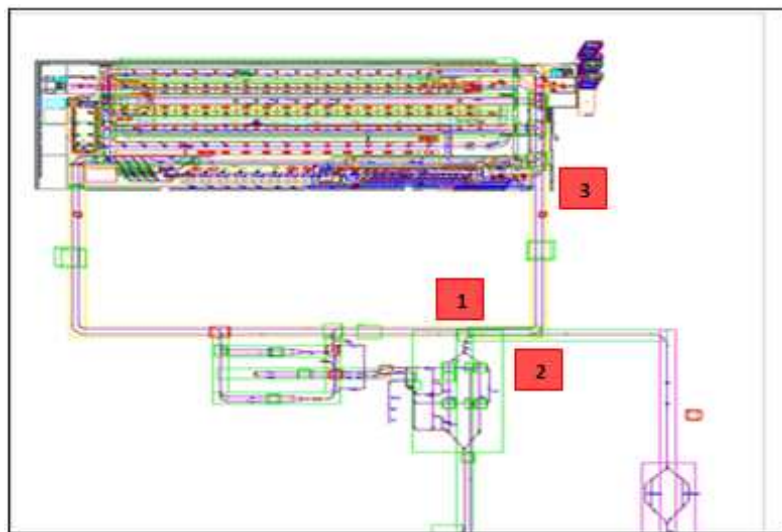


Figura 45:punti di congestionamento

il punto di accesso e uscita dallo stabilimento produttivo in cui si sommano i flussi generati dalla linea 8 cilindri e quelli dei mezzi esterni

il punto di accesso alle nuove linee 8 cilindri in cui transitano solo i mezzi per la loro alimentazione.

Una volta identificati i nodi si è andati a stimare il numero di transiti al giorno in quel punto a partire dal numero di missioni moltiplicate per 2 in quanto occorre considerare sia l'andata che il ritorno.

I risultati ottenuti dimostrano che, nella condizione attuale tutti i nodi critici risultano altamente congestionati; in particolar modo l'ingresso della baia (punto 1) in cui c'è un transito ogni 30 secondi.

Questa situazione risulta estremamente critica per di più tenendo conto che nella simulazione statica non si è tenuto conto del tempo in cui i vari mezzi (ad esclusione dei trattorini) rimangono fermi nella baia per il carico e lo scarico dei materiali e delle congestioni che non è possibile stimare se non attraverso la simulazione dinamica che permette di andare a valutare tutte le situazioni possibili come ad esempio l'arrivo simultaneo di due mezzi all'ingresso della baia.

I tempi di interarrivo nei punti critici risultano:

- un passaggio ogni 30 sec
- un passaggio ogni 32 sec
- un passaggio ogni 45 sec

I bassi tempi di interarrivo nei nodi critici associati alle code che si vengono a creare in tettoia comportano grossi problemi per la sicurezza del personale. Infatti spesso più mezzi sono presenti contemporaneamente nella baia e l'arrivo di nuovi mezzi risulta continuo come si può vedere dalle foto sotto riportate effettuate a pochi secondi di distanza l'una dall'altra (vedi *Figura 47*).



Figura 46: foto in sequenza temporale all'ingresso della Baia

5.5.3 Altre criticità

Occorre poi considerare altre criticità della situazione attuale, infatti poiché la configurazione attuale risulta diversa da quella progettata dall'Università di Bologna si presentano nuove problematiche che generano ulteriori costi. La prima fra queste è data dal fatto che il tragitto all'esterno degli stabilimenti non è stato riasfaltato e pertanto risulta sconnesso (*Figura 48*), ciò comporta due conseguenze rilevanti: da una parte dilata i tempi di missione dal momento che all'esterno la velocità del trattorino risulta ridotta, dall'altra genera costi per la manutenzione dei Dolly Kart e dei Kit Trolley dal momento che entrambi sono stati progettati per una movimentazione all'interno.



Figura 47: dettagli della pavimentazione esterna

Un altro problema è dato dal fatto che lo stoccaggio all'aperto e la movimentazione sulla pavimentazione esterna può causare un danneggiamento del materiale quantificabile con il 5% del valore complessivo degli scarti prodotti.

Inoltre attualmente sono necessari due operatori in Baia dedicati esclusivamente al sequenziamento dei kit, infatti dal momento che lo spazio e i tempi a disposizione sono ridotti, risulta assolutamente determinante il corretto ordinamento dei kit in modo che il carrellista possa caricarli e scaricarli il più rapidamente possibile.

5.5.4 : Valutazione quantitativa delle criticità

Di seguito viene riportata la tabella contenente il raffronto tra la situazione da cui era partito lo studio precedente e la situazione che si verrà a delineare in futuro mantenendo la configurazione attuale (*vedi Tabella 7*). Per fare ciò si sono considerati i seguenti costi ottenuti tramite interviste ai diretti interessati sia lato Ferrari che lato Saima Avandero:

- trattorino: 4.725 euro/ anno (0,75 euro a vettura),
- personale: 30.000 euro/anno a persona
- stoccaggio presso Saima a Formigine: 60 euro /mq
- navettaggio e handling in Saima: 240.000 euro/ anno
- extra manutenzioni: 70.000 euro/anno
- extra scarti prodotti: 15.000 euro/ anno.

	Situazione di partenza	Situazione futura	Delta
Costo personale addetto al sequenziamento	30.000 €/ anno	60.000 €/ anno	30.000 €/ anno
Costo stoccaggio a	0	27.000 €/ anno	27.000 €/ anno

Formigine presso Saima			
Costo navettaggio e handling in Saima	0	240.000 €/ anno	240.000 €/ anno
Costo manutenzione kit trolley e contenitori	20.000 €/ anno	90.000 €/ anno	70.000 €/ anno
Costo scarti	10.000 €/ anno	25.000 €/ anno	15.000 €/ anno
Costo addetti trattorini	150.000 €/ anno	180.000 €/ anno	30.000 €/ anno
Costo trattorini	23.625 €/ anno	28.350 €/ anno	4.725 €/ anno
TOTALE	233.625 €/ anno	610.350 €/ anno	416.725 €/ anno

Tabella 7: Valutazione economica criticità

5.6:Proposta di una soluzione

Per ovviare alle criticità, evidenziate nel capitolo precedente, che si delinerebbero mantenendo la situazione attuale si è ricercata una proposta che permettesse di ridurre i costi di gestione del magazzino.

Una volta identificata una proposta ritenuta valida si è passati alla sua validazione prima mediante una simulazione di tipo statico e successivamente di tipo dinamico.

L'idea di base della proposta è stata di portare all'interno dello stabilimento produttivo tutta l'area di immagazzinaggio in modo da rendere più efficienti, sicuri e veloci i flussi; questa necessità si sposava perfettamente con la dismissione delle vecchie linee di montaggio che andavano a creare un ampio spazio libero ancora non assegnato a nessuno scopo.

Pertanto la soluzione naturale a cui si è giunti era di combinare le due esigenze/ opportunità e trasferire il magazzino al posto delle vecchie linee di montaggio, o meglio di una parte di esse.

5.6.1 : Punti principali della proposta

Si prevede che l'area del nuovo magazzino occuperà circa 3.000 mq, ossia approssimativamente la metà dell'area occupata attualmente dalle vecchie linee di montaggio e tale proposta si articola nei seguenti punti:

L'area del magazzino verrà suddivisa in 5 zone:

L'area per lo stoccaggio dei **kit trolley** pieni con un Buffer di 4 ore di produzione;

L'area per lo stoccaggio dei contenitori dei **voluminosi** pieni con un buffer di 4 ore nel caso in cui questi siano consegnati dai fornitori a Formigine; mentre, nel caso in cui questi vengano portati direttamente a Maranello, la copertura mantenuta sarà tra i 3 e i 5 giorni (a seconda della frequenza di arrivo delle navette dai fornitori);

Area di stoccaggio dei contenitori **vuoti** pronti per essere caricati nelle navette Saima dirette a Formigine con una dimensione tale per cui sia possibile stoccare 3 navette di kit e 3 di voluminosi;

Area di stoccaggio dei contenitori **vuoti** dei voluminosi consegnati direttamente a Maranello con una dimensione pari a 8 ore di produzione,

Area di **accettazione** utilizzata per lo stoccaggio temporaneo del materiale appena scaricato dalle navette avete una dimensione pari a 3 navette di kit e 3 di voluminosi

La movimentazione del materiale dal magazzino alle linee avviene percorrendo solo tratti interni

Possibilità di una nuova modalità di scarico delle navette e delle motrici.

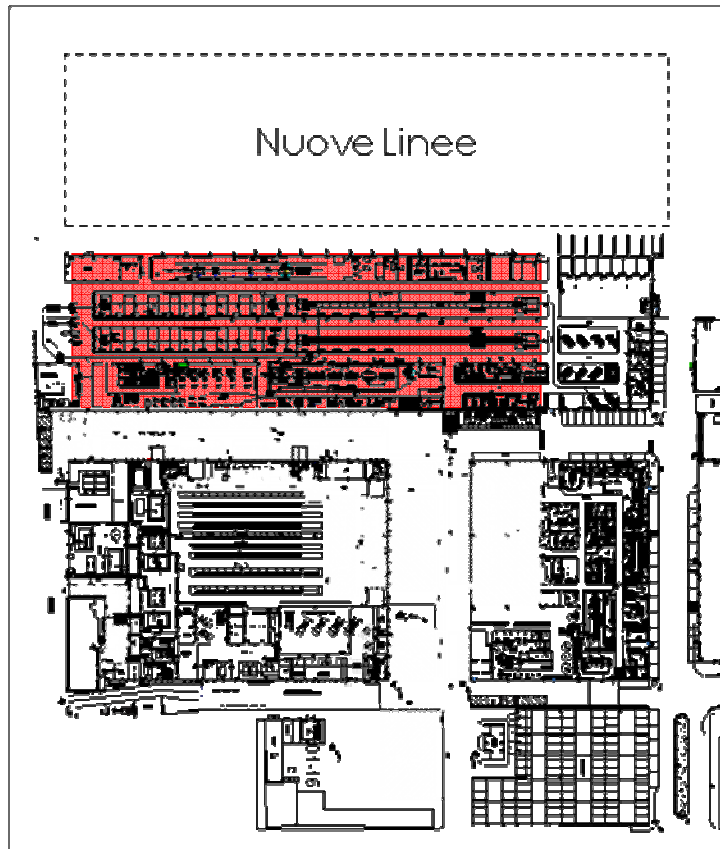


Figura 48: piantina degli stabilimenti

Di tutto lo spazio che si andrà a rendere disponibile con la dismissione delle vecchie linee (vedi zona evidenziata in rosso nelle Figura 49) si andrà ad occupare solo una parte suddividendo gli spazi come riportato nella figura seguente (Figura 50).

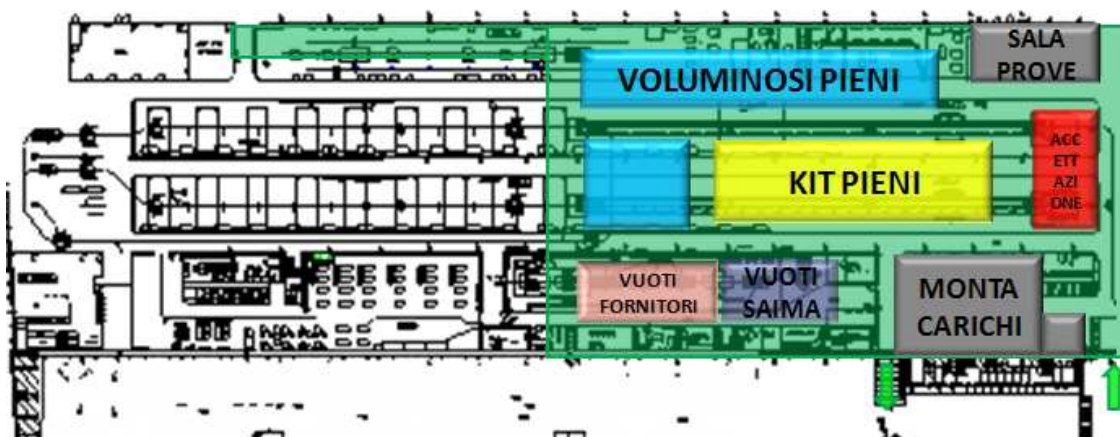


Figura 49: Disposizione delle aree nel nuovo magazzino

Come si vede in Figura 50, il nuovo magazzino conterrà le aree sopra descritte distanziate tra loro da corridoi di 3 o 4 metri a seconda della disponibilità di spazio e delle necessità.

Le due zone grigie rappresentano porzioni di spazio già occupate da montacarichi e dalla sala prove e pertanto non utilizzabili ai nostri scopi.

È opportuno ora andare a determinare la disposizione dei contenitori all'interno delle aree, la loro dimensione e come tutto ciò sia stato ricavato.

Nel fare ciò si è ipotizzato che tutti i contenitori dei voluminosi fossero di uguale dimensione ossia con una base di 1m x 2m.

Le dimensioni utilizzate per un kit trolley sono state invece 0,8m x 2m.

5.6.1.1 Area dei voluminosi

L'area destinata a contenere i voluminosi, evidenziata in *Figura 50* in azzurro, è stata divisa in due per rendere più efficiente l'utilizzo dello spazio.

Nella parte più piccola vengono stoccati esclusivamente i paraurti e i copribrancardi (minigonne) che, venendo consegnati ogni tre giorni richiedono uno spazio maggiore in quanto deve esserci posto per 71 contenitori che è possibile impilare a due a due.

Nella parte più grande vengono invece stoccati tutti gli altri voluminosi utilizzati sulla nuova linea dell'8 cilindri e i fondi che vengono montati in finizione dopo che la macchina è passata in revisione ed è stata collaudata.

Nella *Tabella 8* è riportato il dettaglio dei voluminosi presenti nel magazzino con le relative quantità. In particolare nella prima colonna si legge il numero di contenitori necessari per un giorno di produzione (24

vetture) che corrisponde ad un tempo ciclo di 20 minuti, nella seconda colonna invece si trova il numero di contenitori che devono essere stoccati nel buffer, valore calcolato andando a moltiplicare la frequenza di arrivo dell'ingombrante a Maranello (colonna 3) per il numero di contenitori utilizzati al giorno a cui va sottratto il numero di contenitori che è possibile mantenere a bordo linea (in questo caso c'è una sola postazione per ogni contenitore). Infine per determinare quante postazioni sono necessarie per ogni ingombrante (colonna 5) occorre considerare la sovrapposibilità (colonna 4) e arrotondare per eccesso. L'ultima colonna della tabella indica se il voluminoso è personalizzato, quindi specifico della vettura, o standard, ossia uguale per tutte le commesse; questa informazione è utile in quanto mentre per i personalizzati è necessario che al momento del prelievo siano tutti raggiungibili, per gli standard il prelievo di uno o dell'altro è indifferente.

	Descrizione	Cont/ gg	Cont. nel buffer	Frequen za arrivo	Sovrap ponibil ità	Posti nel buffer	Pers.
1	Paraurti anteriore/posteriore + Copribrancardi	24	71	3	2	36	Sì
2	Tubazioni freno sottopianale dx/ sx	3	1	0,5	1	1	No
3	Isolante vano motore	3	1	0,5	1	1	No
4	Cristalli	3	1	0,5	1	1	No
5	Modulo sospensioni dx/sx	24	11	0,5	3	4	Sì
6	Gruppo radiante acqua/olio cpl	8	3	0,5	1	3	No
7	Convogliatore aria anteriore	6	2	0,5	1	2	No
8	Separatore bagagli	6	2	0,5	1	2	No
9	Contenitore interni baule	4	1	0,5	1	1	Sì

10	Contenitore per gruppo A.C.	6	2	0,5	1	2	No
11	Gruppo RHT (capote)	24	71	3	3	24	Sì
12	Gruppo Tonneau cover	24	71	3	3	24	Sì
13	Sedili	24	71	3	3	24	Sì
14	Roll-bar	2	9	5	1	9	Sì
15	Serbatoio benzina	6	2	0,5	2	1	No
16	Ruote	12	5	0,5	2	3	Sì
17	Scatola guida	3	1	0,5	1	1	No

Tabella 8: Dettaglio ingombranti stoccati nel buffer

A seguito di vari tentativi si è giunti alla disposizione mostrata in *figura 51* e *52*, che contiene tutti i voluminosi utilizzati in linea più i fondi (rettangoli grigi) montati nel reparto di finizione.

Tra i vari contenitori sono stati inseriti dei corridoi di una lunghezza di circa 3 metri in modo che trattorini e operatori possano muoversi comodamente tra una fila e l'altra. Il corridoio più largo è stato previsto come prolungamento di uno dei corridoi principali del magazzino previsto tra la zona più piccola dei voluminosi e la zona destinata ai kit.

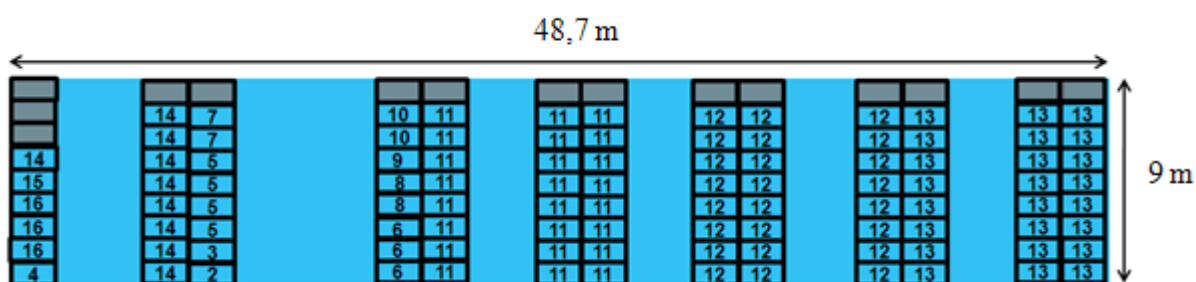


Figura 50: disposizione ingombranti (zona 1)

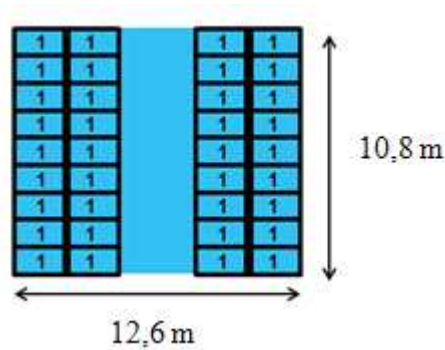


Figura 51: disposizione ingombranti (zona 2)

Pertanto l'area totale occupata dai voluminosi risulta essere di 574,38 mq di cui 337,68 mq realmente occupato da contenitori e 236,70 mq utilizzati per i corridoi e la movimentazione.

5.6.1.2 Area dei kit trolley

L'area occupata dai kit trolley, evidenziata in giallo in *Figura 2*, contiene i kit necessari per 4 ore di produzione ossia per l'assemblaggio di 12 vetture.

In essa sono stoccati 12 kit per ogni tipologia (1° e 2° kit del 1°, 2° e 3° tratto, kit per la meccanizzata, kit per la plancia, kit per la porta destra e sinistra, kit per il baule).

Essendo i kit specifici di ogni macchina ognuno deve essere raggiungibile e prelevabile in modo da soddisfare le frequenti variazioni di planning, pertanto ogni fila è separata da un corridoio di 3 metri.

Per la disposizione, si è scelto di creare una fila di kit per ogni tipologia per rendere più rapido lo stoccaggio e il prelievo (*vedi Figura 53*).

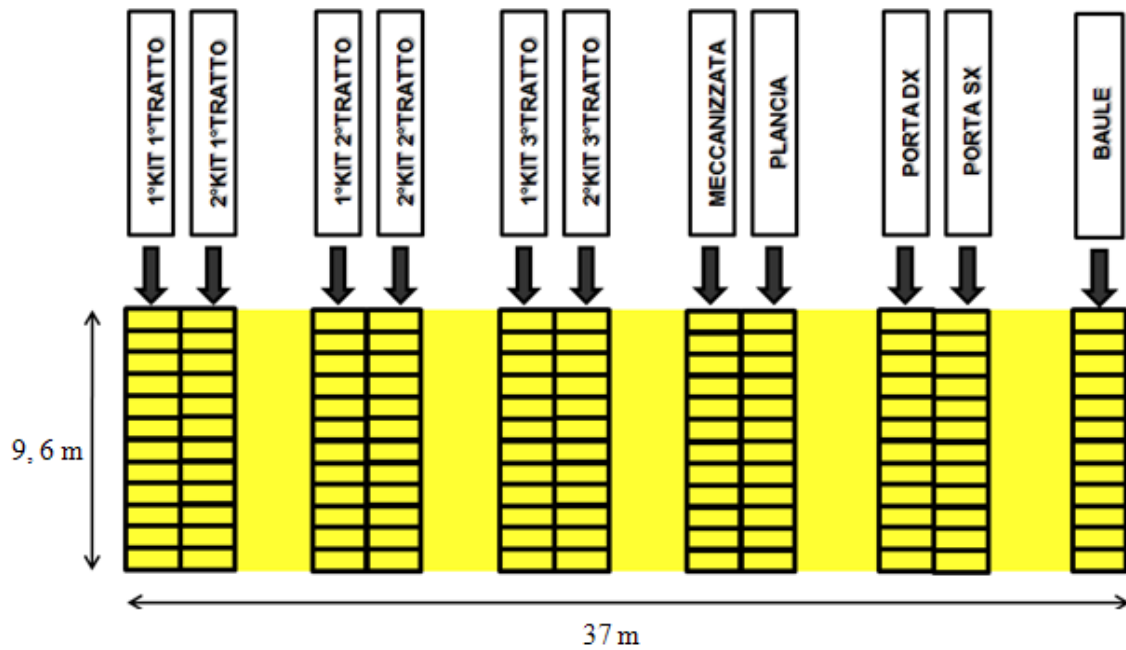


Figura 52: Disposizione kit Trolley

Pertanto per lo stoccaggio dei kit pieni si ha a disposizione 355,2 mq di cui 211,2 mq per lo stoccaggio dei contenitori e 144 mq dedicati a corridoi e zone di transito.

5.6.1.3 Area di accettazione

Nel progetto si è deciso di dedicare un'area all'accettazione dei contenitori dove sia possibile “parcheggiare” la merce scaricata dai camion prima di portarla nel luogo dove verrà stoccata in attesa di essere portata in linea; ciò consente di ridurre i tempi di consegna e pertanto di liberare prima le navette avendo però a disposizione più tempo per la corretta sistemazione di kit e voluminosi. Ciò diventa indispensabile a causa della nuova modalità di carico/ scarico dei camion (che verrà illustrata in seguito) in quanto questa rende necessaria una minimizzazione del tempo dedicato a questa operazione al fine di non intasare i viali tra gli stabilimenti.

Per il dimensionamento della zona di accettazione della merce si è stabilito di garantirsi la possibilità di stoccare il materiale contenuto in tre navette di kit (ognuna contenente 7 contenitori) e tre di voluminosi (ognuna contenente 10 contenitori).

Inoltre si è scelto di non inserire corridoi fatta eccezione per uno nella zona centrale in quanto non si è ritenuto necessario che ogni contenitore fosse accessibile ma si è considerata prioritaria la minimizzazione dello spazio dedicato a questa zona (vedi Figura 54).

L'area complessiva occupata dall'accettazione è di 120 mq di cui ben 96 mq dedicati allo stoccaggio vero e proprio in quanto sol 24 mq servono per i corridoi e il transito.

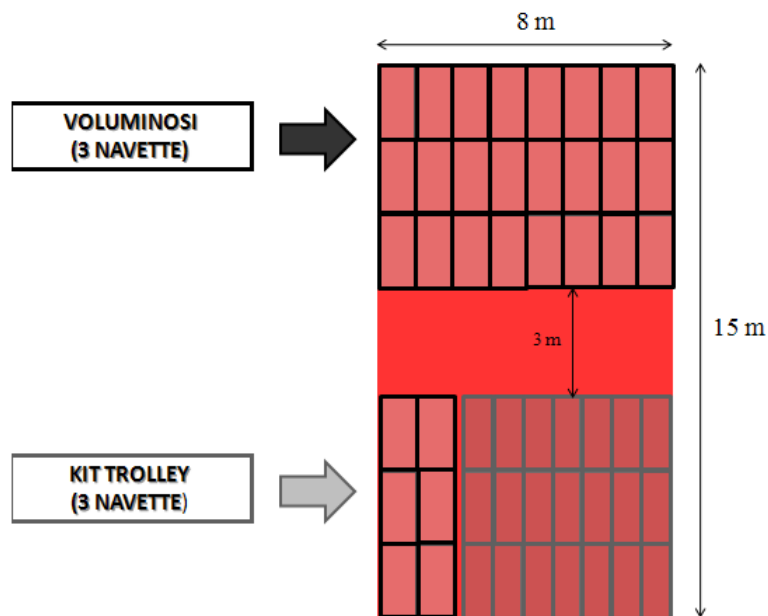


Figura 53: Disposizione contenitori nella zona di accettazione

5.6.1.4 Area vuoti

L'area dedicata ai vuoti è divisa in due zone: in una vengono stoccati i vuoti ritirati da Saima e diretti verso Formigine (zona viola) e nell'altra

vengono sistemati i contenitori prelevati direttamente da fornitori (zona rosa).

La differenza principale tra queste due zone è la frequenza di ritiro; infatti mentre Saima effettua ritiri molto frequenti in quanto in seguito ad ogni consegna vengono prelevati i vuoti, i contenitori dei voluminosi ritirati dai fornitori devono rimanere stoccati almeno per un giorno.

Analizziamo per prima la zona viola (*Figura 55*), questa è molto simile all'accettazione infatti anche qui non si è ritenuto necessario inserire corridoi e si è scelto di dare la possibilità di stoccare un numero di contenitori pari a quelli contenuti in tre navette di voluminosi (rettangoli neri) e tre navette di kit (rettangoli rossi).

In questa zona si è però reso necessario inserire uno spazio per 6 contenitori vuoti dei fondi utilizzati in finizione (rettangoli grigi).

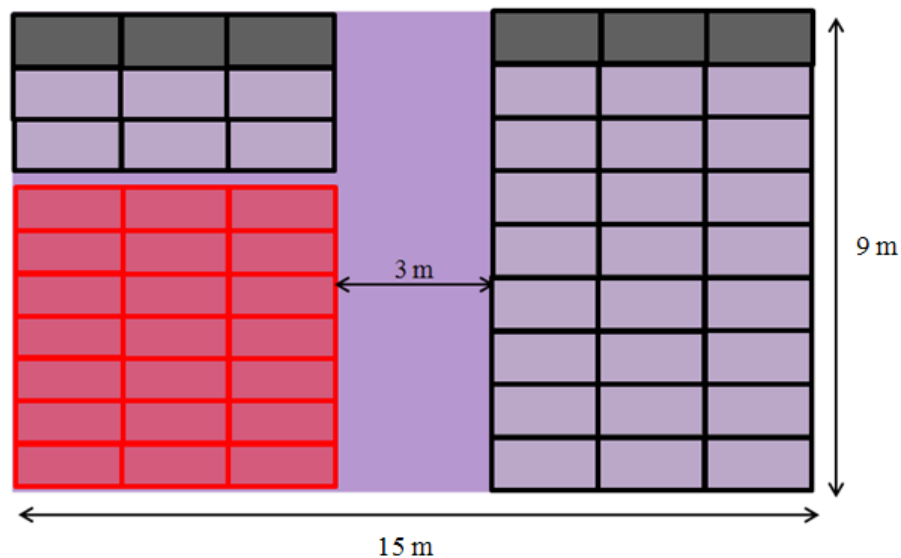


Figura 54: Disposizione vuoti in zona 1

Complessivamente quest'area occupa 135 mq di cui solo 27 mq non utilizzati per lo stoccaggio vero e proprio.

Nella zona rosa (*Figura 56*) invece sono stoccati contenitori appartenenti a fornitori diversi che vengono giornalmente a prelevarli, pertanto in questa zona è necessario che ogni contenitore sia prelevabile e, a tale scopo, si è reso necessario inserire tre corridoi ognuno di larghezza pari a 3 metri.

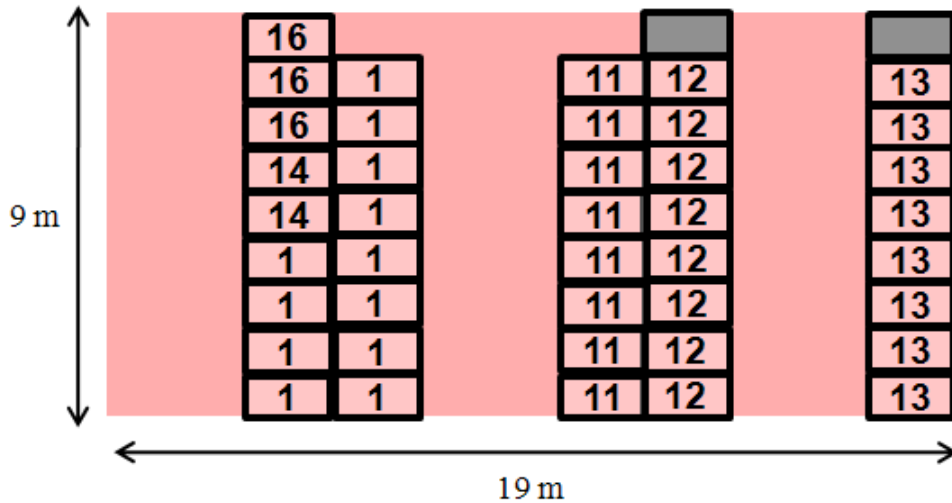


Figura 55: Disposizione vuoti in zona 2

Anche in questa zona sono state aggiunte due postazione per i fondi (rettangoli grigi) in modo da coprire le esigenze di tre giorni di produzione in finizione.

Questa seconda zona occupata dai vuoti occupa quindi 171 mq di 86 mq dedicati allo stoccaggio.

Pertanto le zone complessivamente dedicate ai vuoti occupano 306 mq.

5.6.2 : Flussi all'interno e all'esterno del magazzino

Con la ricollocazione del magazzino si è reso necessario ridisegnare i flussi sia interni che esterni.

L'idea che ha guidato tutto il progetto è stata la volontà di disegnare per i flussi un percorso ad anello che permettesse di avere un ingresso e un'uscita in due punti distinti sia per quanto riguarda le linee di montaggio sia per quanto riguarda il carico e lo scarico delle navette.

5.6.2.1 *Il flusso esterno*

Per rendere il flusso più lineare possibile si è scelto di effettuare il carico e lo scarico delle navette lungo il viale tra il magazzino nuovo e quello vecchio. Come mostrato in *figura 57*, le navette arriverebbero al punto di scarico attraverso la linea gialla, scaricherebbero e caricherebbero lungo la linea rossa per poi uscire cariche di vuoti passando dalla tettoia (linea azzurra).



Figura 56: ciclo di carico e scarico delle navette

Ciò implica che il viale sarebbe sempre occupato da navette in fase di carico, di scarico o in attesa; questo potrebbe suscitare qualche perplessità ma occorre considerare che tale viale è un vicolo cieco e non un punto di raccordo tra più strade, inoltre anche nella condizione attuale tale viale risulta sempre pieno di veicoli in attesa di essere scaricati, quindi la soluzione proposta renderebbe semplicemente più regolare il

posizionamento delle navette permettendo comunque il transito dei carrelli e dei veicoli che devono percorrere il viale.

La disposizione proposta delle navette lungo la strada è quella evidenziata in *figura 58*. Come si vede sono previste 5 postazioni capaci di ospitare sia navette che bilici, due di queste sono postazioni “attive” ossia in cui il mezzo è in fase di carico o scarico mentre tre sono “passive” cioè in cui il veicolo attende di poter scaricare prima, e caricare in seguito. Idealmente quindi la navetta, una volta arrivata, scarica la propria merce e in seguito carica i contenitori vuoti nella stazione successiva, eventualmente attendendo il proprio turno se una delle stazioni dovesse essere già occupata.

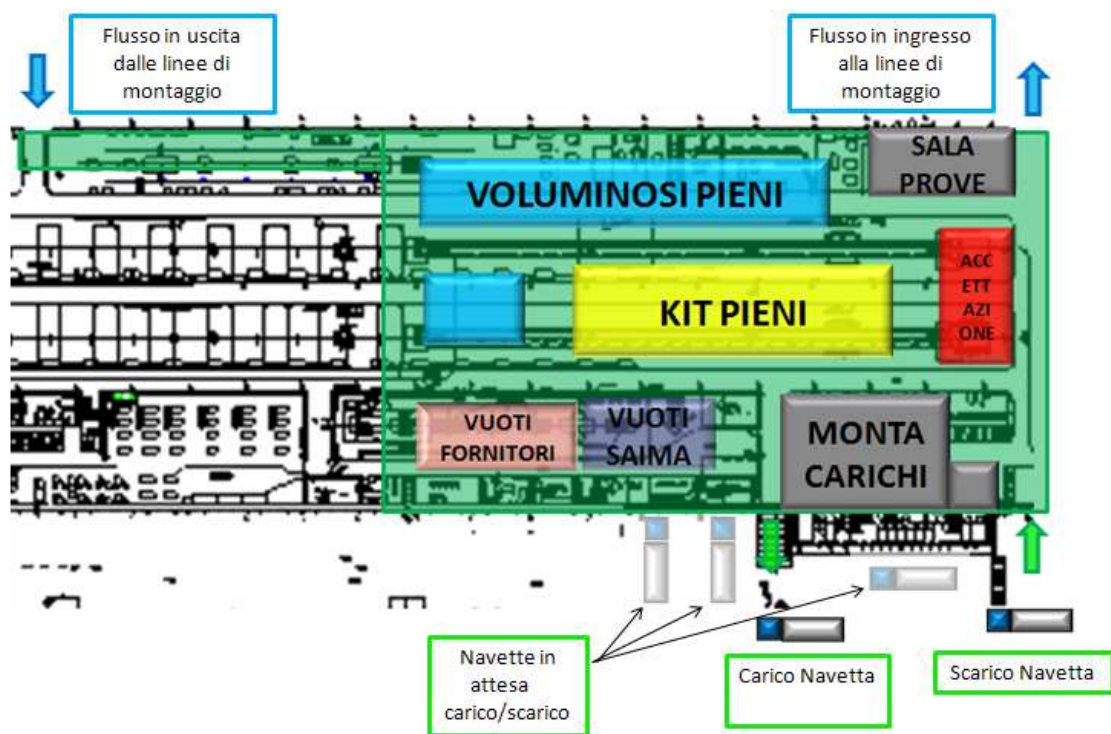


Figura 57: Flussi nel magazzino

Va detto che questa modalità richiede che lo scarico e il carico avvengano il più rapidamente possibile per evitare un eccessivo intasamento del viale proprio a tale scopo si è deciso di inserire la zona di accettazione e di posizionare la zona dei vuoti a ridosso dell'uscita.

5.6.2.2 Il flusso interno

In Figura 58 vengono anche riportati l'ingresso e l'uscita tra il magazzino e le linee di montaggio. Anche in questo caso è previsto un flusso ad anello in modo da non congestionare alcun passaggio ed evitare possibili collisioni.

Per meglio comprendere i flussi interni al magazzino si riportano le figure 59 e 60 in cui sono stati disegnati i flussi da una zona all'altra.

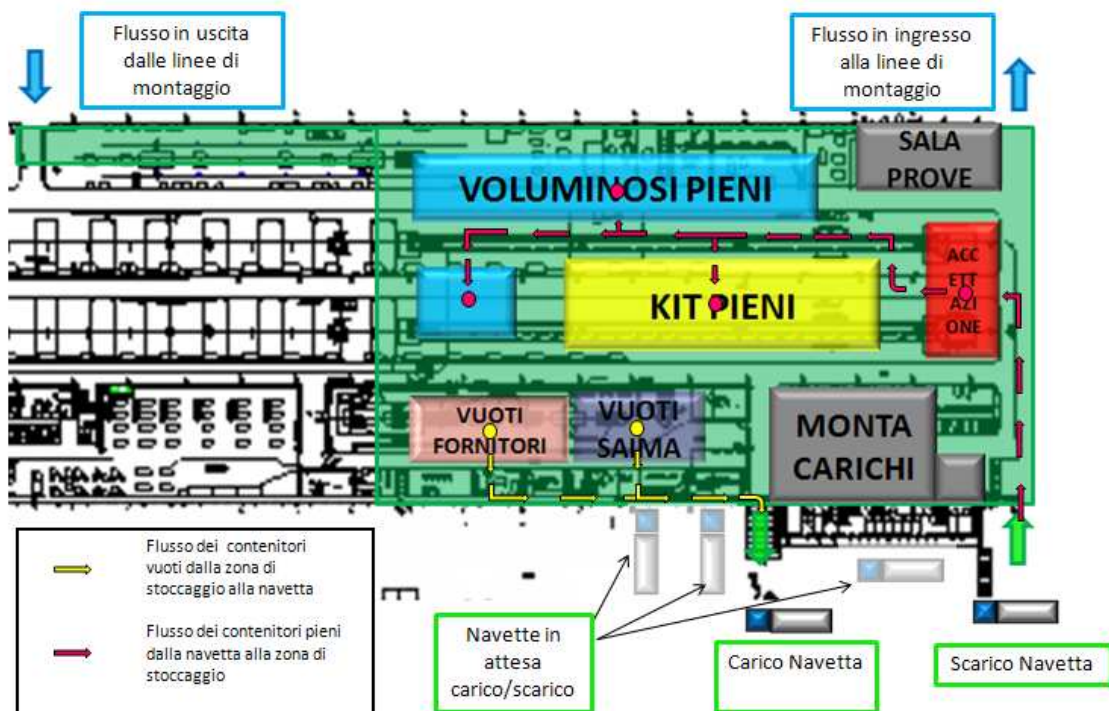


Figura 58: flussi tra il magazzino e l'esterno

In particolare, nella *figura 59* è evidenziato in rosa il flusso dei contenitori pieni dal momento in cui questi vengono scaricati dalla navetta al momento in cui vengono stoccati nella zona dei kit o in quella dei voluminosi; mentre in giallo è riportato il tragitto effettuato dai contenitori vuoti che dopo essere stati stoccati nella zona apposita vengono portati verso l'uscita dello stabilimento per essere caricati sulla navetta.

Nella *figura 60* invece sono riportati i flussi tra il magazzino e le linee di montaggio, nello specifico in bianco si può vedere il tragitto compiuto dai contenitori pieni per andare ad approvvigionare le linee mentre in arancione è evidenziato il viaggio di ritorno dei contenitori che, vuoti, vengono portati nella zona predisposta pronti per essere caricati sulle navette al momento opportuno.

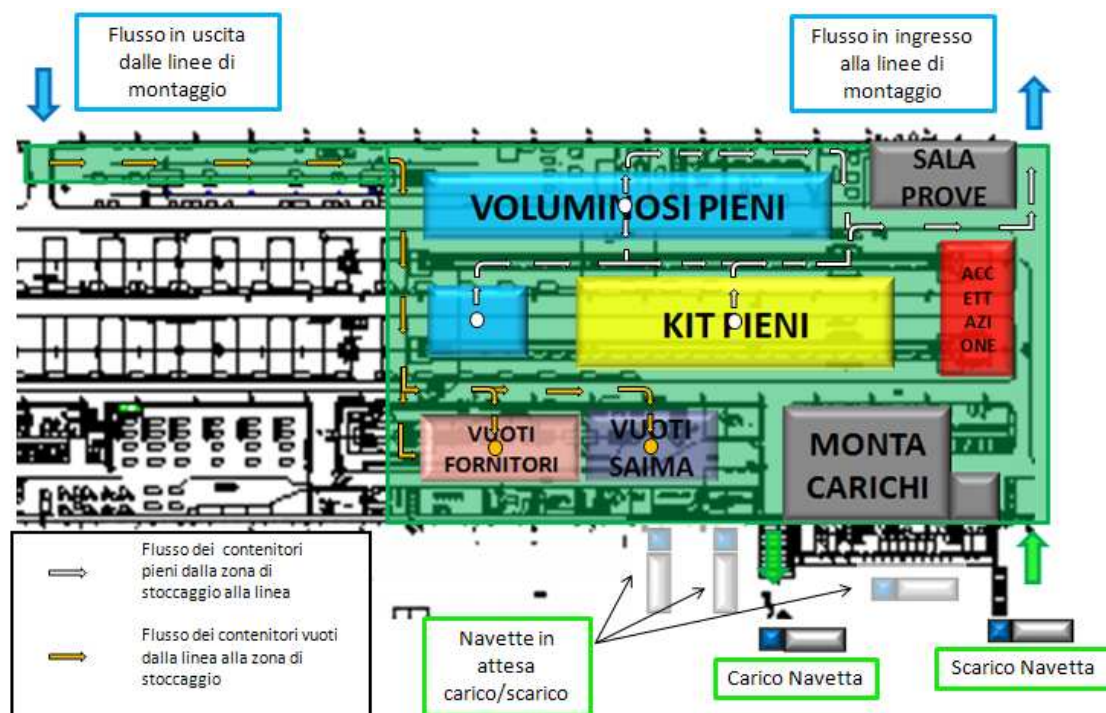


Figura 59: flussi tra il magazzino e le linee

5.7: Validazione della proposta mediante simulazione statica

Per verificare che la soluzione proposta fosse sostenibile si è passati ad una valutazione di tipo statico andando a determinare il tempo totale di missione, il numero di trattorini necessari e il loro tempo di interarrivo.

Nella realizzazione della simulazione statica si è proceduto come per l'analisi della situazione attuale, ovviamente il numero di missioni è rimasto invariato a 184 mentre ciò che è cambiato è il tempo richiesto da ogni missione questo avviene principalmente per due motivi:

- Aumento della velocità del trattorino che compierebbe solo percorsi all'interno
- Riduzione delle distanze percorse

Il tempo richiesto da ogni missione è infatti, in questa nuova configurazione, pari a 6 minuti e 50 secondi che moltiplicato per le 184 missioni e maggiorato del 15% come coefficiente di sicurezza dimostra che in questo caso sarebbero sufficienti 4 trattorini ognuno con una saturazione del 75%.

Anche il tempo di interarrivo, ossia il tempo che intercorre tra il passaggio di due trattorini nello stesso punto, all'ingresso delle nuove linee risulta diverso infatti diventa di circa 2 minuti e 36 secondi.

Nella *Tabella 9* sono stati riassunti tutti i risultati qualitativi della nuova proposta messi a confronto con la situazione che si andrà a delineare in futuro se non si interverrà.

	Situazione futura	Proposta alternativa
Tempo di missione	9 min e 18 sec	6 min e 50 sec
Tempo di interarrivo all'ingresso delle nuove linee	45 sec	2 min e 36 sec
Dolly Kart necessari	6	4
Saturazione Dolly kart	68%	75%

Tabella 9: Confronto qualitativo

Per poter capire i vantaggi della nuova proposta si è tentato di quantificarli economicamente nella *Tabella 10*.

	Situazione futura	Proposta alternativa	Delta
Costo personale addetto al sequenziamento	60.000 €/ anno	30.000 €/ anno	30.000 €/ anno
Costo stoccaggio a Formigine presso Saima	27.000 €/ anno	0	27.000 €/ anno
Costo navettaggio e handling in Saima	240.000 €/ anno	0	240.000 €/ anno
Costo manutenzione kit trolley e contenitori	90.000 €/ anno	50.000 €/ anno	40.000 €/ anno
Costo scarti	25.000 €/ anno	10.000 €/ anno	15.000 €/ anno
Costo addetti trattorini	180.000 €/ anno	120.000 €/ anno	60.000 €/ anno
Costo trattorini	28.350 €/ anno	18.900 €/ anno	9.450 €/ anno
TOTALE	629.000 €/ anno	188.000 €/ anno	421.450 €/ anno

Tabella 10: confronto a livello economico

Come si può vedere con la nuova soluzione si andrebbero a risparmiare più di 420.000 euro l'anno.

Infatti le voci di costo che si vanno a ridurre sono numerose in quanto oltre a diminuire il numero di trattorini e trattoristi necessari, non sarebbe più necessario sostenere costi per stoccare materiale in più a Formigine e sarebbe sufficiente un solo operatore per sistemare i kit e i voluminosi una volta arrivati. Inoltre si avrebbe una riduzione degli scarti dovuti a danneggiamento in fase di trasporto all'esterno sul terreno sconnesso.

Oltre a benefici in termini di costi la soluzione proposta garantirebbe anche vantaggi non quantificabili in termini economici; infatti il fatto che dell'area utilizzata per il magazzino, di una dimensione totale di 3000 mq, ben 2000 mq siano utilizzati per lo stoccaggio vero e proprio significa un minor frazionamento con una conseguente ottimizzazione degli spazi, inoltre con la nuova disposizione sarebbe possibile ottenere flussi più snelli grazie ai minori tempi di missione e alla presenza di due vie differenti per l'ingresso e l'uscita dalle linee.

È infine importantissimo sottolineare i vantaggi in termini di sicurezza grazie all'abbattimento del traffico e delle code in tettoia e alle migliori condizioni di lavoro dei trattoristi che si troverebbero ad operare sempre al coperto su un pavimento liscio senza vibrazioni che causano, ad esempio, disturbi alla schiena.

5.8: Validazione della proposta mediante simulazione dinamica

A questo punto si è provveduto a validare la soluzione proposta mediante un modello di simulazione dinamica, realizzato utilizzando il programma di simulazione Automod.

Sono stati realizzati due modelli di simulazione:

1. uno più semplice che simula il solo flusso di approvvigionamento dal magazzino alla linea.
2. uno più completo che comprende l'intero flusso analizzato, dall'arrivo delle navette Saima a Maranello con il loro carico, fino alla loro partenza cariche di vuoti

Questa scelta è stata fatta al fine di rendere tali modelli confrontabili con il modello di simulazione statica e con la situazione attuale, in quanto in questi due casi non si è considerato il tempo necessario allo scarico delle navette, allo stoccaggio temporaneo nell'accettazione e al successivo carico dei vuoti.

Procediamo ora alla spiegazione dei due modelli e all'analisi dei risultati ottenuti con ciascuno di essi.

5.8.1 : Modello di simulazione semplificato

5.8.1.1 Descrizione del modello

Tale modello ha lo scopo di simulare la movimentazione dei kit e dei voluminosi dal buffer di alimentazione fino alla linea di montaggio, ed il viaggio di ritorno con prelievo e trasporto dei vuoti nell'area del magazzino ad essi dedicata.

Il modello realizzato è riportato in *figura 61*.

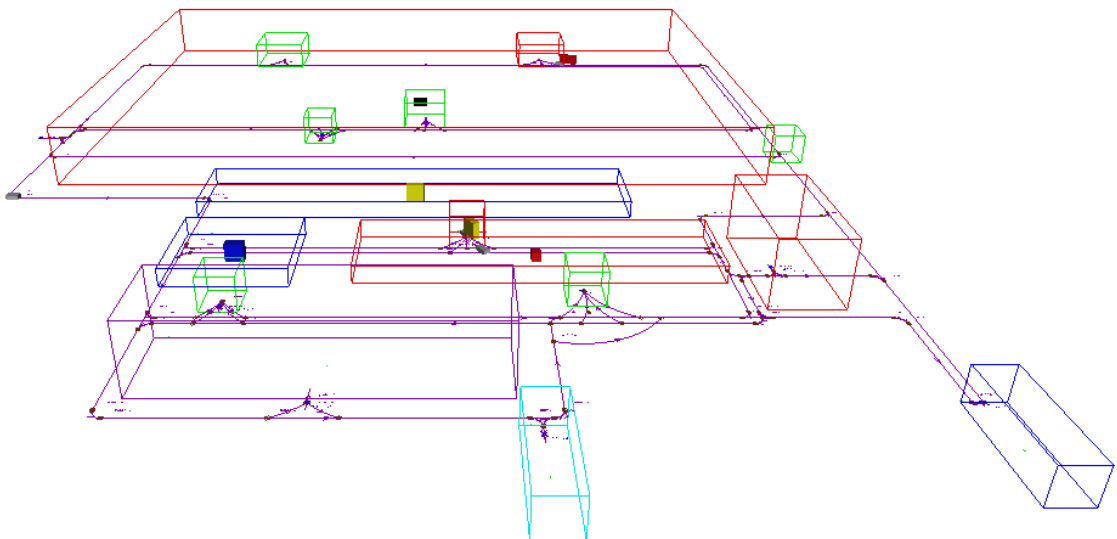


Figura 60: modello di simulazione semplificato

Esso rappresenta il magazzino e la linea di montaggio delle vetture otto cilindri, in particolare in *figura 62* è visualizzato il magazzino in cui si distinguono:

1. aree blu: zone destinate ai voluminosi
2. area rossa grande: zona destinata ai kit trolley

3. area viola: zona dedicata ai vuoti
4. area rossa piccola: accettazione

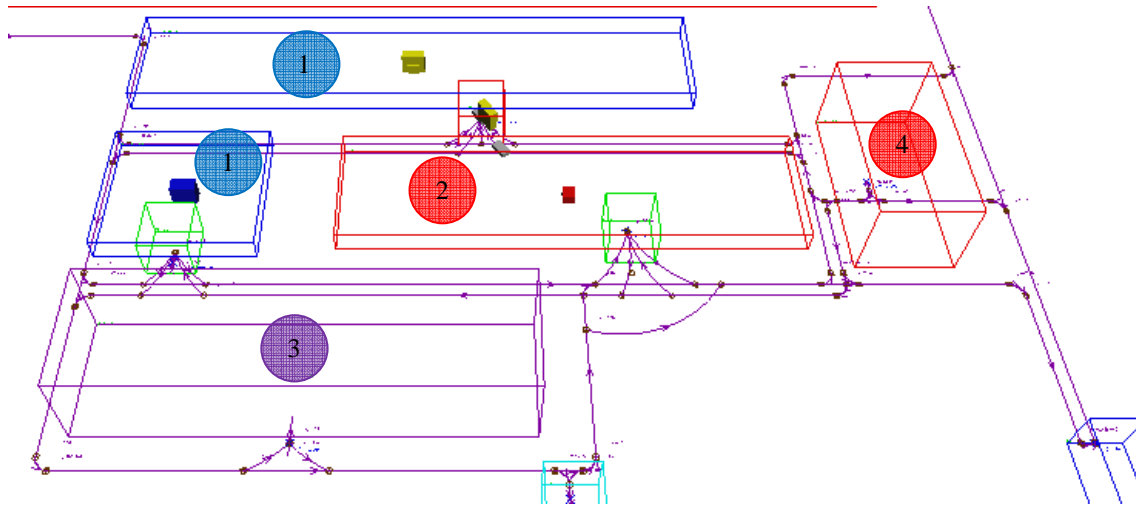


Figura 61: dettaglio magazzino

Tali aree sono state realizzate tramite delle “Queues” di capacità infinita.

In *figura 63* invece sono state rappresentate le linee di montaggio. Qui si notano i punti di scarico dei contenitori per l'alimentazione della linea; in particolare:

1. tratto 1
2. tratto 2
3. tratto 3
4. porte e baule
5. plancia

infatti si è ipotizzato di concentrare le postazione di carico e scarico in un unico punto per ogni tratto della linea.

Per rappresentare i trattorini che movimentano i contenitori da una parte all'altra si è scelto di utilizzare un sistema di tipo "Path Mover", che utilizza la logica del minimo percorso per portare i loads da un punto di carico/scarico a un altro (control points).

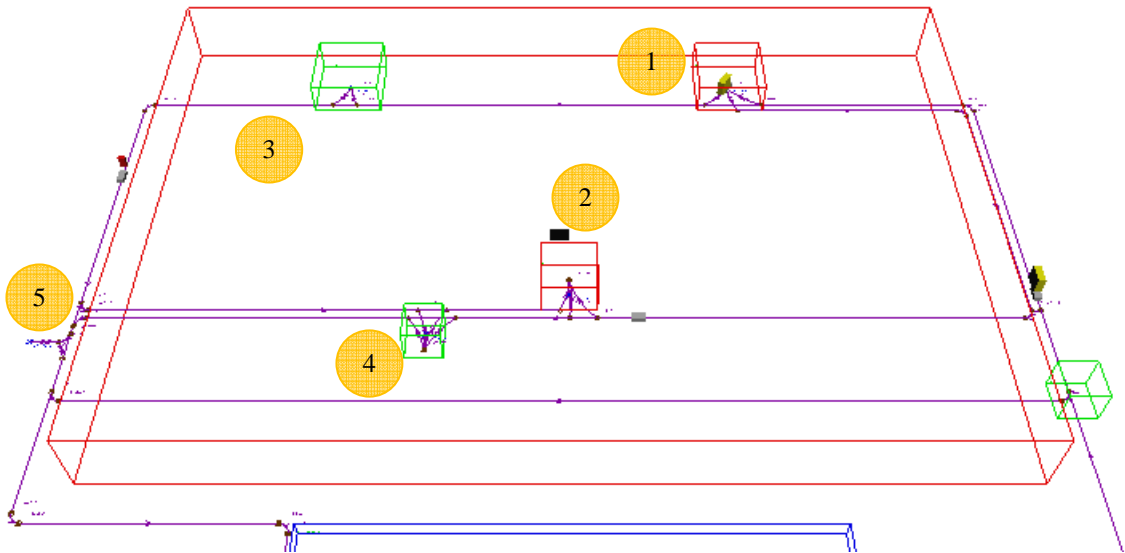


Figura 62: dettaglio linee

5.8.1.2 Ipotesi di partenza

Prima della realizzazione è stato necessario stabilire le ipotesi da cui partire per modellizzare una realtà altrimenti troppo complessa.

Come già accennato si è deciso di concentrare i punti di carico/scarico sulla linea in cinque punti come mostrato in *figura 63* (mentre nella realtà sono uno per stazione).

Anche le tipologie di contenitori sono state raggruppate in funzione della destinazione finale, in particolare sono stati definiti dodici "Loads" per rappresentare i vari contenitori:

- **L_kit_plancia:** rappresenta i kit destinati alla linea plancia. Sono 24 al giorno (uno per vettura prodotta)

- **L_kit_porte:** rappresenta i kit destinati alla linea porte. Sono 96 al giorno (tre per macchina)
- **L_kit_tratto1:** rappresenta i kit utilizzati nel primo tratto della linea. Sono 48 al giorno (due per macchina)
- **L_kit_tratto2:** rappresenta i kit destinati al secondo tratto della linea. Sono 48 al giorno (due per macchina)
- **L_kit_tratto3:** rappresenta i kit destinati al terzo tratto della linea. Sono 48 al giorno (due per macchina)

Per i voluminosi la situazione è ancora più complessa, ed anch'essi sono stati raggruppati in un unico punto di carico/scarico in funzione della stazione di destinazione, come si vede in *tabella 11*:

Voluminoso	Stazione	Punto carico/scarico
Paraurti anteriore/posteriore	24	2 tratto
Tubazioni freno sottopianale dx	16	2 tratto
Tubazioni freno sottopianale sx	17	2 tratto
Isolante vano motore	8	1 tratto
Cristalli	32	3 tratto
Modulo sospensioni dx/sx		baule
Gruppo radiante acqua/olio cpl	4 - meccanica	baule
Convogliatore aria anteriore	7 - meccanica	baule
Interni baule	47	3 tratto
Contenitore per gruppo A.C.	2 - plancia	baule
Gruppo RHT (capote)	35	3 tratto

Gruppo Tonneau cover	37	3 tratto
Sedili	46	3 tratto
Roll-bar	36	3 tratto
Serbatoio benzina	17	2 tratto
Ruote	27	2 tratto
Scatola guida	2 - meccanica	baule

Tabella 11: raggruppamento voluminosi

Poi, in funzione del numero di contenitori necessari ad un giorno di produzione per ogni tipologia, si è stabilito il numero di contenitori che dovevano essere portati in ogni punto della linea. In questo modo sono stati definiti i seguenti “loads”:

- **L_voll_tratto1:** contenitori che, a partire dall’area più grande dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto 1. In tutto sono 9 contenitori al giorno
- **L_voll_tratto2:** contenitori che, a partire dall’area più grande dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto 2. In tutto sono 21 contenitori al giorno
- **L_voll_tratto3:** contenitori che, a partire dall’area più grande dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto 3. In tutto sono 81 contenitori al giorno
- **L_voll_porte:** contenitori che, a partire dall’area più grande dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto porte. In tutto sono 41 contenitori al giorno

- **L_vol1_plancia:** contenitori che, a partire dall'area più grande dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto plancia. In tutto sono 6 contenitori al giorno
- **L_vol2_tratto2:** contenitori che, a partire dall'area più piccola dedicata ai voluminosi, sono diretti al control point posizionato nel tratto 2. In tutto sono 24 contenitori al giorno

Infine per quanto riguarda il viaggio di ritorno viene utilizzato un'unica tipologia di load chiamato:

- **L_gestore_vuoti**

Infine, l'ultima ipotesi fatta consiste nell'aver posto il limite di generazione dei loads pari al numero di contenitori di un giorno di produzione, e dimensionato il modello in modo che tutti i contenitori generati fossero portati in linea nelle otto ore di produzione. Questo è un limite in quanto non tiene conto, nell'approvvigionamento della linea, che il materiale venga richiesto nel momento in cui questo è necessario ma lo si porta in linea nel momento in cui si ritiene sarà necessario.

Si è ritenuto che tale ipotesi fosse accettabile in quanto il processo di approvvigionamento della linea non è del tutto teso grazie al fatto che viene mantenuto a bordo linea un contenitore pieno per ogni tipologia; di conseguenza il refilling ha lo scopo di alimentare tale contenitore di riserva e non direttamente la linea, e per tanto un eventuale ritardo nell'approvvigionamento della linea non comporterebbe il suo fermo.

5.8.1.3 I processi

Per il funzionamento del modello sono stati scritti undici processi che pilotano la distribuzione dei vari contenitori.

Per i kit e per i voluminosi sono state utilizzate due logiche diverse;

- per i primi è stato scritto un processo per ogni tipologia di load
- per i secondi sono stati definiti solo due processi (uno per ogni punto di partenza) che gestiscono tutte le tipologie di contenitori considerate. Questo metodo risulta più efficiente anche se il codice scritto risulta meno leggibile.

I processi definiti per la movimentazione dei kit pieni sono:

- P_kit_plancia
- P_kit_porta
- P_kit_tratto1
- P_kit_tratto2
- P_kit_tratto3

Vengono innescati dal load quando questo viene generato, e attendono che siano presenti tre load di tipo kit nella coda per innescare il processo P_gestore_kit avendo cura di memorizzare tutte le informazioni riguardanti il load creato.

Ognuno di essi fa eseguire al load le seguenti istruzioni:

```
begin
```

```
    move into Q_KIT
```

```
    inc V_i_kit by 1
```

```

if V_i_kit < 3 then
    begin
        print this load "sono congelati:" (V_i_kit) "kit
in OL_kit" to message
        wait to be ordered on OL_kit
    end
else
    begin
        set V_i_kit = 0

        print this load "L_gestore kit inviato a
P_gestore_kit" to message

        order 2 loads from OL_kit to continue
    end

if V_conta_kit<4
then
    begin
        set V_tipo_kit(V_conta_kit)= 5
        set V_conta_kit = V_conta_kit +1
        if V_conta_kit > 3
        then
            begin
                set load type to L_gestore_kit
                set LA_kit(1) = V_tipo_kit(1)
                set LA_kit(2) = V_tipo_kit(2)
                set LA_kit(3) = V_tipo_kit(3)
                set V_conta_kit =1
            end
        end
    end
end

```



```

        print this load "L_gestore kit inviato a
P_gestore_kit" to message

        send to P_gestore_kit

        end

    else

        begin

            print this load "kit ucciso" to message

            send to die

            end

        end

    else print this load "!!!!!!!!!!!!errore nella
OL_kit!!!!!!!!!!!!!" to message

```

Questo processo, così come gli altri sopra elencati, esegue i seguenti passi:

- Posiziona il load generato nella coda che rappresenta l'area del magazzino dedicata ai kit
- Raggruppa i load a tre a tre
- Memorizza la tipologia dei tre loads, in particolare V_tipo_kit sarà:
 - ✓ 1 se il kit generato è destinato al tratto 1
 - ✓ 2 se il kit generato è destinato al tratto 3
 - ✓ 3 se il kit generato è destinato al tratto 2
 - ✓ 4 se il kit generato è destinato alla linea porte , baule e motopropulsore
 - ✓ 5 se il kit generato è destinato alla linea plancia
- Fa proseguire un load (il terzo) modificandolo di tipologia (L_gestore_kit) ed lo invia al processo P_gestore_kit
- elimina gli altri due loads

Il processo P_gestore_kit invece contiene le seguenti istruzioni:

```
begin
move into trattorini.CP_kit
wait for 60 sec
set LA_tempo_missione = ac
set V_numero_missioni = V_numero_missioni +1
wait for 30 sec

print this load "LA_kit(1):" (LA_kit(1)) ",LA_kit(2):"
(LA_kit(2)) ",LA_kit(3):" (LA_kit(3))to message

travel to trattorini.CP_interarrivo

set V_interarrivo = ac - V_interarrivo_ist
set V_num_passaggi = V_num_passaggi + 1
set V_interarrivo_ist = ac
set V_interarrivo_tot = V_interarrivo_tot + V_interarrivo
set V_interarrivo_medio = V_interarrivo_tot/ V_num_passaggi
print this load "tempo interarrivo: "(V_interarrivo) "tempo
interarrivo medio: "(V_interarrivo_medio)to message

if LA_kit(1)=1
then
begin
travel to trattorini.CP_trattol
move into trattorini.CP_trattol
wait for 30 sec
create 1 load of load type L_kit_trattol to P_vuoti
scale by x .33 in 0 sec
end
```

```

if (LA_kit(2)=1)
then
begin
travel to trattorini.CP_trattol
move into trattorini.CP_trattol
wait for 30 sec
create 1 load of load type L_kit_trattol to P_vuoti
scale by x .33 in 0 sec
end

if LA_kit(3)= 1
then
begin
travel to trattorini.CP_trattol
move into trattorini.CP_trattol
wait for 30 sec
create 1 load of load type L_kit_trattol to P_vuoti
scale by x .33 in 0 sec
end

if LA_kit(1)=2
then
begin
travel to trattorini.CP_tratto2
move into trattorini.CP_tratto2
wait for 30 sec
create 1 load of load type L_kit_tratto2 to
P_vuoti
scale by x .33 in 0 sec
end

```

```

if LA_kit(2)=2
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_tratto2
            move into trattorini.CP_tratto2
            wait for 30 sec
            create 1 load of load type L_kit_tratto2 to
P_vuoti
            scale by x .33 in 0 sec
            end
if LA_kit(3)= 2
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_tratto2
            move into trattorini.CP_tratto2
            wait for 30 sec
            create 1 load of load type L_kit_tratto2 to
P_vuoti
            scale by x .33 in 0 sec
            end
if LA_kit(1)=3
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_tratto3
            move into trattorini.CP_tratto3
            wait for 30 sec
            create 1 load of load type L_kit_tratto3 to
P_vuoti

```

```

        scale by x .33 in 0 sec
    end

if LA_kit(2)=3
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_tratto3
            move into trattorini.CP_tratto3
            wait for 30 sec

            create 1 load of load type L_kit_tratto3 to
P_vuoti

            scale by x .33 in 0 sec
        end

if LA_kit(3)= 3
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_tratto3
            move into trattorini.CP_tratto3
            wait for 30 sec

            create 1 load of load type L_kit_tratto3 to
P_vuoti

            scale by x .33 in 0 sec
        end

if LA_kit(1)=4
    then
        begin
            travel to trattorini.CP_porta
            move into trattorini.CP_porta

```

```

        wait for 20 sec
        create 1 load of load type L_kit_porte
to P_vuoti

        scale by x .33 in 0 sec
        end

    if LA_kit(2)=4
        then
            begin
                travel to trattorini.CP_porta
                move into trattorini.CP_porta
                wait for 20 sec
                create 1 load of load type L_kit_porte
to P_vuoti

                scale by x .33 in 0 sec
                end

            if LA_kit(3)= 4
                then
                    begin
                        travel to trattorini.CP_porta
                        move into trattorini.CP_porta
                        wait for 20 sec
                        create 1 load of load type L_kit_porte
to P_vuoti

                        scale by x .33 in 0 sec
                        end

                    if LA_kit(1)=5
                        then
                            begin

```

```

travel to trattorini.CP_plancia
move into trattorini.CP_plancia
wait for 30 sec

create 1 load of load type
L_kit_plancia to P_vuoti

scale by x .33 in 0 sec

end

if LA_kit(2)= 5

then

begin

travel to trattorini.CP_plancia
move into trattorini.CP_plancia
wait for 30 sec

create 1 load of load type
L_kit_plancia to P_vuoti

scale by x .33 in 0 sec

end

if LA_kit(3)= 5

then

begin

travel to trattorini.CP_plancia
move into trattorini.CP_plancia
wait for 30 sec

create 1 load of load type
L_kit_plancia to P_vuoti

scale by x .33 in 0 sec

end

set LA_tempo_missione = ac- LA_tempo_missione

```

```

set V_tempo_consegna = LA_tempo_missione

set V_tempo_missione = V_tempo_missione + LA_tempo_missione

//set V_tempo_missione_media = V_tempo_missione
/V_numero_missioni

send to die

end

```

Questo processo, che effettua il trasferimento dei kit dal magazzino alla linea, legge le variabili memorizzate nel processo sopra e trasporta i load gestore da una stazione all'altra creando un load del tipo opportuno in ogni stazione che tocca.

Dopo aver creato i nuovi load questi vengono mandati al processo di gestione dei vuoti P_vuoti.

```

begin

print this load "processo P_vuoti innescato" to message

move into Q_linee

set load color to ltgray

if (load type = L_kit_tratto1 or load type =
L_voll_tratto1)

    then

        begin

            inc V_vuoti_tratto1 by 1

            if V_vuoti_tratto1 <3

                then send to die

            else

                begin

                    set load type to L_gestore_vuoti

```



```

        move into trattorini.CP_tratto1

        set LA_tempo_missione = ac

        set V_vuoti_tratto1 = 0

        end

    end

    else if (load type = L_kit_tratto2 or load type =
L_voll_tratto2 or load type = L_vol2_tratto2)

        then

            begin

                inc V_vuoti_tratto2 by 1

                if V_vuoti_tratto2 <3

                    then send to die

                else

                    begin

                        set load type to L_gestore_vuoti

                        move into trattorini.CP_tratto2

                        set LA_tempo_missione = ac

                        set V_vuoti_tratto2 = 0

                        end

                    end

                end

            else if (load type = L_kit_tratto3 or load type =
L_voll_tratto3)

                then

                    begin

                        inc V_vuoti_tratto3 by 1

                        if V_vuoti_tratto3 < 3

                            then send to die

                        else

```

```

begin
    set load type to L_gestore_vuoti
    move into trattorini.CP_tratto3
    set LA_tempo_missione = ac
    set V_vuoti_tratto3 = 0
end

end

else if (load type = L_kit_porte or load
type = L_voll_porte)
then
begin
    inc V_vuoti_porte by 1
    if V_vuoti_porte <3
    then send to die
    else
begin
    set load type to
L_gestore_vuoti

    move into trattorini.CP_porta
    set LA_tempo_missione = ac
    set V_vuoti_porte = 0
end

end

else if (load type = L_kit_plancia or
load type = L_voll_plancia)
then
begin
    inc V_vuoti_plancia by 1

```

```

if V_vuoti_plancia < 3
then send to die
else
begin
set load type to
L_gestore_vuoti
move into
trattorini.CP_plancia
set LA_tempo_missione =
ac
set V_vuoti_plancia = 0
end
end

if ac < 27000 then
begin
wait for 10 sec
travel to trattorini.CP_vuoti
wait for 60 sec
clone 3 loads to P_coda_vuoti
// set V_numero_missioni = V_numero_missioni + 1
set LA_tempo_missione = ac-LA_tempo_missione
set V_tempo_ritiro = LA_tempo_missione
set V_tempo_missione = V_tempo_missione +
LA_tempo_missione
set V_tempo_missione_media = V_tempo_missione /
V_numero_missioni
set V_saturazione_veicoli = (V_tempo_missione/
ac)/ 4

```

```

        print this load "numero missioni effettuate: "
(V_numero_missioni) " tempo medio missioni: "
(V_tempo_missione_media) " tempo totale missione: "
(V_tempo_missione)to message

        print this load "saturazione veicoli: "
(V_saturazione_veicoli) to message

        send to die

    end

    else

        send to die

    end

end

```

Il processo P_vuoti si occupa di raccogliere i vuoti generati e di portarli nell'area dedicata del magazzino; in pratica preleva i vuoti generati dalle linee, li raggruppa per 3 e li trasporta al magazzino dove vengono stoccati per poi essere ritirati dalle navette Saima.

Per quanto riguarda la gestione dei voluminosi sono invece stati definiti due processi, uno per i voluminosi che partono dall'area grande e uno per quelli che partono dall'area piccola; essi sono rispettivamente P_voluminosi1 e P_voluminosi2.

Analizziamo nel dettaglio il processo P_voluminosi1:

```

begin

    move into Q_voluminosi1

    inc V_i_voluminosi1 by 1

    if V_i_voluminosi1 < 2 then

        begin

```

```

        print this load "sono congelati:" (V_i_kit)
"voluminosi in OL_voluminosi1" to message

        wait to be ordered on OL_voluminosi1

        end

    else

        begin

            set V_i_voluminosi1 = 0

            print this load "scongelato 1 voluminoso1 da
OL_voluminosi1" to message

            order 1 load from OL_voluminosi1 to continue

            end

        if V_conta_voll<3

        then

            begin

                if load type = L_voll_tratto1

                    then set V_tipo_voll(V_conta_voll)= 1

                else if load type = L_voll_tratto2

                    then set V_tipo_voll(V_conta_voll)= 3

                else if load type = L_voll_tratto3

                    then set V_tipo_voll(V_conta_voll)= 2

                else if load type = L_voll_plancia

                    then set V_tipo_voll(V_conta_voll)= 5

                else if load type = L_voll_porte

                    then set
V_tipo_voll(V_conta_voll)= 4

                set V_conta_voll = V_conta_voll +1

                if V_conta_voll > 2

                then

```

```

begin
    set load type to L_gestore_vol
    set LA_vol(1) = V_tipo_vol1(1)
    set LA_vol(2) = V_tipo_vol1(2)
    set V_conta_vol1 = 1

    print this load "L_gestore_vol inviato a
P_gestore_vol" to message

    send to P_gestore_vol
end

else
begin
    print this load "voluminosol ucciso" to
message

    send to die
end

end

    else print this load "!!!!!!!!!!!!errore nella
OL_vol1!!!!!!!!!!!!!" to message

```

Questo processo inserisce il load nell'area del magazzino dedicata ai voluminosi, poi nel momento in cui i loads in coda sono due li trasformara in un unico load chiamato L_gestore_vol che viene gestito dal processo P_gestore_vol. Prima di cambiare il tipo di load viene, come per i kit, memorizzato in una variabile il tipo di contenitore che era stato prelevato.

P_gestore_vol trasporta poi i contenitori in linea nello stesso modo di P_gestore_kit, e poi manda i vuoti a P_vuoti.

P_voluminosi2 è leggermente diverso in quanto viene utilizzato da un'unica tipologia pertanto questo gestisce il load dalla creazione alla sua consegna in linea.

Nel processo sotto riportato infatti si vede che i loads vengono messi nella coda che rappresenta l'area del magazzino a loro dedicata poi, una volta raggruppati a due a due vengono trasportati nella stazione in cui vengono utilizzati.

```
begin
    move into Q_voluminosi2
    inc V_i_voluminosi2 by 1
    if V_i_voluminosi2 < 2 then
        begin
            print this load "sono congelati:"
(V_i_voluminosi2) "voluminosi2 in OL_voluminosi" to message
            wait to be ordered on OL_voluminosi2
            end
        else
            begin
                set V_i_voluminosi2 = 0
                order 1 load from OL_voluminosi2 to continue
                send to die
                end
            move into trattorini.CP_voluminosi2

            set LA_tempo_missione = ac
                set V_numero_missioni = V_numero_missioni +1
            wait for 40 sec
```

```

    set V_interarrivo = ac - V_interarrivo_ist
set V_num_passaggi = V_num_passaggi + 1
set V_interarrivo_ist = ac
set V_interarrivo_tot = V_interarrivo_tot +
V_interarrivo

set V_interarrivo_medio = V_interarrivo_tot/
V_num_passaggi

set V_interarrivo_medio = V_interarrivo_tot/
V_num_passaggi

print this load "tempo interarrivo: "(V_interarrivo)
"tempo interarrivo medio: "(V_interarrivo_medio)to message

print this load "***voluminoso 2 caricato nel
carrellino***" to message

travel to trattorini.CP_interarrivo

travel to trattorini.CP_tratto2

wait for 60 sec

clone 2 load to P_vuoti

set LA_tempo_missione = ac- LA_tempo_missione
set V_tempo_consegna = LA_tempo_missione

set V_tempo_missione = V_tempo_missione +
LA_tempo_missione

// set V_tempo_missione_media = V_tempo_missione
/V_numero_missioni

send to die

end

```


A completare il quadro dei processi definiti abbiamo P_riempi_vuoti che riempie, all'inizio della simulazione, la coda dei vuoti per simulare quelli che erano rimasti dal giorno precedente.

5.8.1.4 *Il sistema di movimentazione*

Il sistema di movimentazione utilizzato è di tipo “path mover” ed utilizza la logica di minimizzazione del percorso.

I trattorini utilizzati in tutto sono quattro e trasportano i contenitori da una parte all'altra del magazzino. Essi possono trasportare contemporaneamente fino a tre kit e due voluminosi.

I percorsi tracciati sono per lo più mono direzionali in modo da evitare collisioni tra i veicoli.

Si è scelto inoltre di fare trasportare sempre tre vuoti insieme indipendentemente dalla tipologia.

5.8.1.5 Risultati ottenuti

Facendo girare il modello di simulazione si ottiene che è possibile effettuare tutte le consegne e tutti i ritiri utilizzando quattro trattorini.

A questo punto, per vedere la fattibilità della proposta, si è andati a verificare la percentuale di saturazione di ognuno dei quattro veicoli.

Le figure 64, 65, 66 e 67 riportano i report relativi ad ogni singolo trattorino; come si può vedere in ognuna di esse è stata evidenziata la saturazione del veicolo:

- **trattorino 1** : saturazione = 80,00%
- **trattorino 2**: saturazione = 78,79%
- **trattorino 3**: saturazione = 80,36%
- **trattorino 4**: saturazione = 80,79%

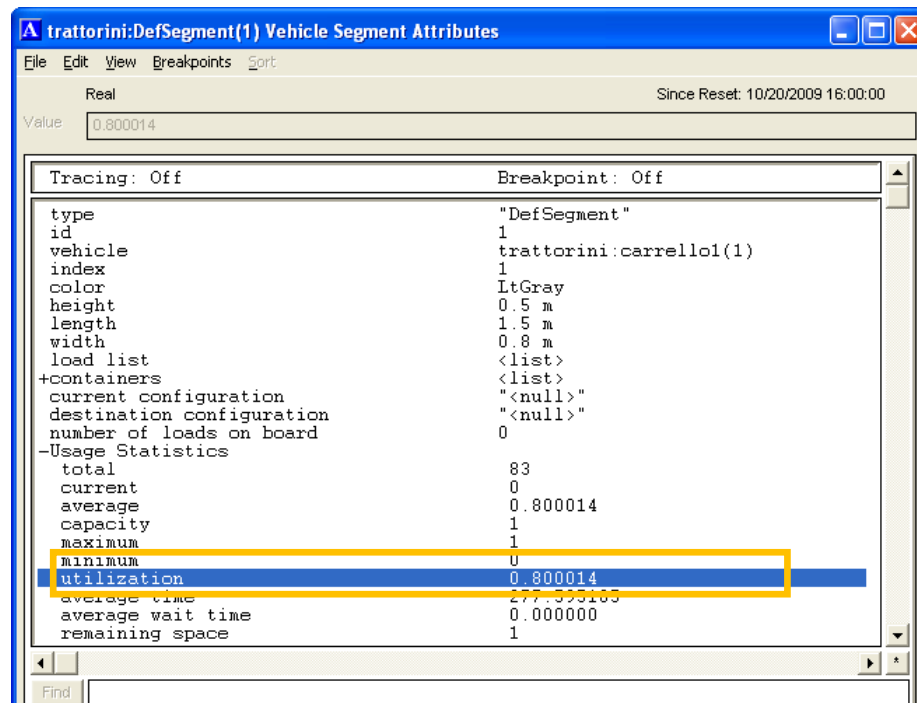


Figura 63: statistiche trattorino1

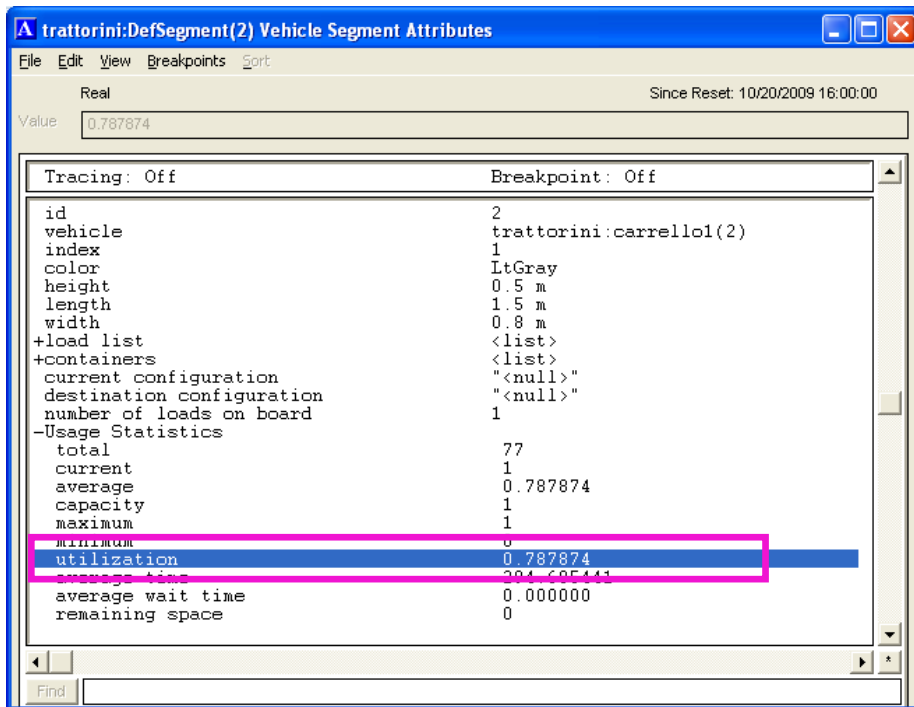


Figura 64: statistiche trattorino 2

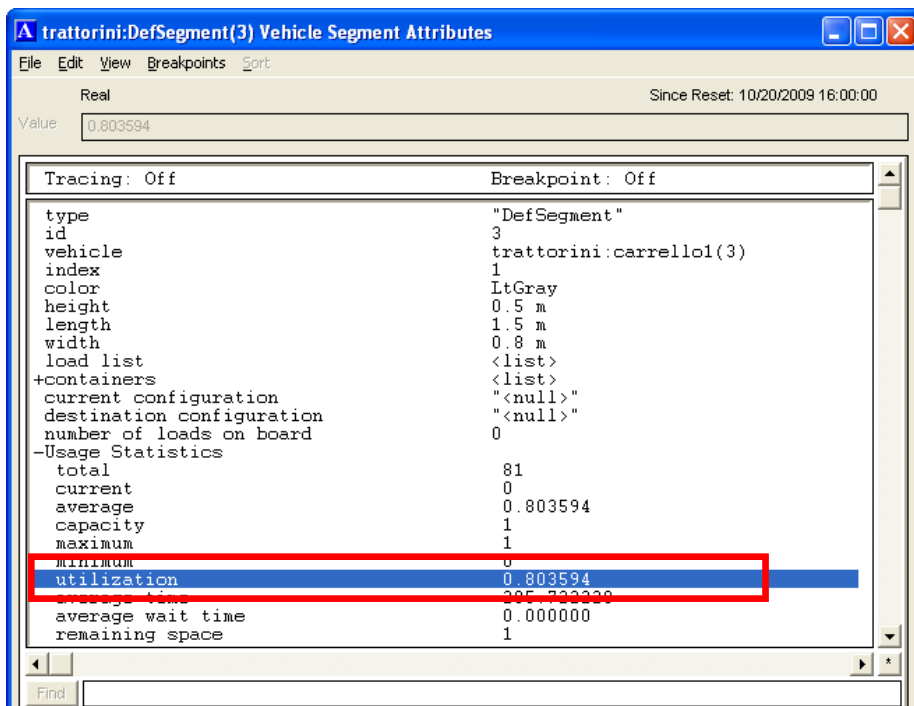


Figura 65: statistiche trattorino 3

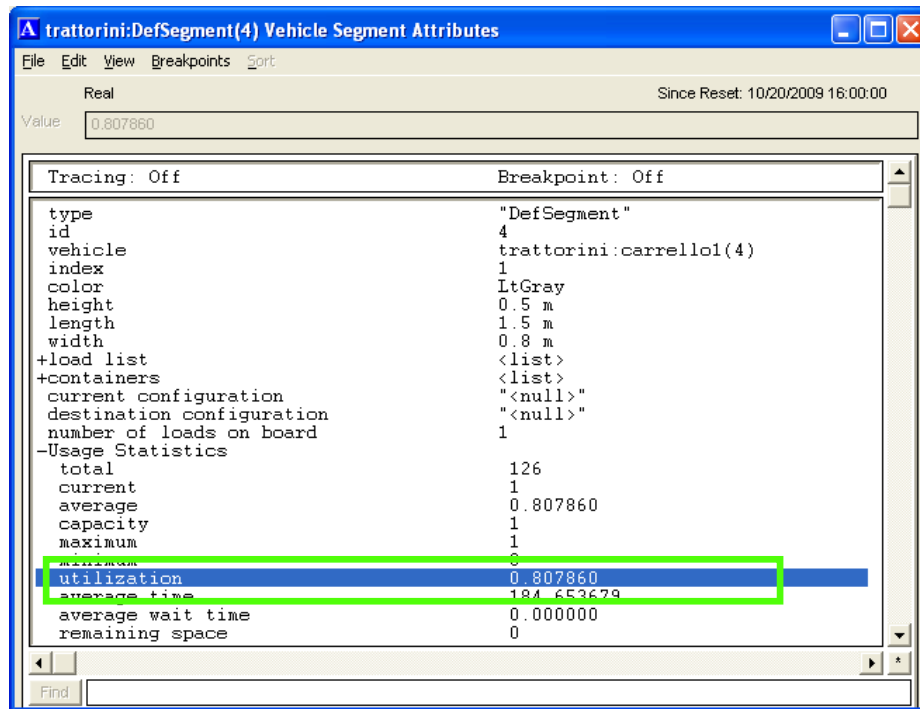


Figura 66: statistiche trattorino 4

Come si può notare i carrellini hanno una saturazione media di circa l'80%, elevata ma ancora accettabile; nel caso in cui ci si volesse tutelare per evitare eccessivi ritardi nelle consegne in linea, aggiungendo un veicolo si scenderebbe circa del 10%

- **trattorino 1** : saturazione = 70,85%
- **trattorino 2**: saturazione = 69,89%
- **trattorino 3**: saturazione = 69,38%
- **trattorino 4**: saturazione = 69,30%
- **trattorino5**: saturazione = 72,54%

Ciò significa una saturazione media del 70,4% probabilmente troppo bassa per giustificare l'investimento di un trattorino in più.

Una possibile alternativa potrebbe essere l'utilizzo di 4 veicoli su un arco temporale di 9 ore anziché 8, sfruttando ad esempio la pausa pranzo in modo da effettuare il refilling della linea anche quando questa è ferma.

Infatti facendo lavorare i trattorini per 9 ore anziché 8 come inizialmente impostato otteniamo:

- **trattorino 1** : saturazione = 71,16%
- **trattorino 2**: saturazione = 70,09%
- **trattorino 3**: saturazione = 71,48%
- **trattorino 4**: saturazione = 73,08%

Che significa avere una saturazione media del 71,45%.

Questa soluzione sarebbe in ogni caso da verificare, tenendo conto degli eventuali impatti sul costo del personale (aumento del numero di addetti, ore di straordinario ecc.) e dei vincoli contrattuali degli lavoratori.

Attraverso il modello realizzato si è poi andati a determinare i tempi di missione del trattorino.

Per fare ciò il tempo di missione è stato suddiviso in:

- tempo per la consegna dei contenitori pieni identificato tramite la variabile $V_tempo_consegna$
- tempo necessario ad effettuare il ritiro dei vuoti e il loro trasferimento nell'area apposita, rilevato utilizzando al variabile V_tempo_ritiro .

Nella figura 68 sotto riportata in rosso sono evidenziati i tempi per il ritiro dei vuoti che, come si può vedere, oscillano tra 2,5 e 5 minuti, mentre per i tempi di consegna i valori oscillano tra i 3 e i 9 minuti.

Per ottenere il tempo di missione totale occorre sommare i due valori; la media ottenuta da tale somma (linea gialla nel grafico) è di circa 7 minuti e 13 secondi, pertanto questo risulta essere il tempo di missione del modello.

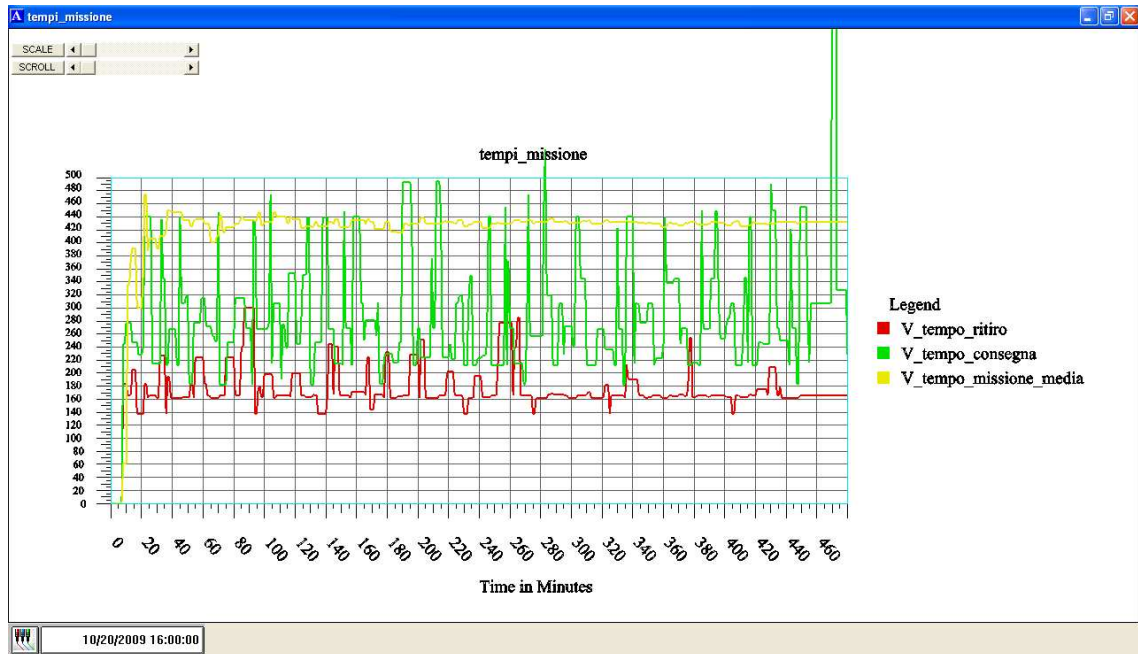


Figura 67: andamento tempi missione

Come mostrato in figura 69 qualora si decidesse di utilizzare 5 trattorini anziché 4 i tempi di missione aumenterebbero a causa delle maggiori congestioni e dai maggiori tempi di attesa in coda; infatti il tempo medio di missione passa ad essere 8 minuti e 7 secondi.

Andando invece a simulare il passaggio da 8 a 9 ore di lavoro per 4 trattorini, come prevedibile, il tempo di missione rimane invariato.

Pertanto da questo punto di vista risulta indifferente rispetto alla soluzione iniziale.

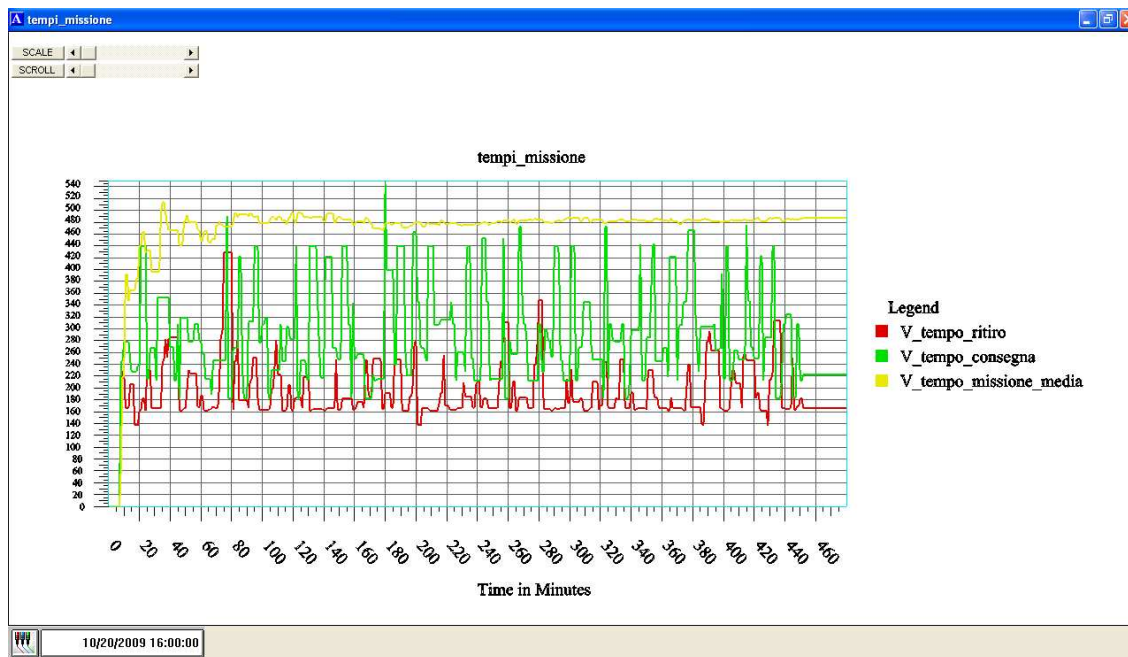


Figura 68: andamento tempi di missione con 5 trattorini

L'ultimo indice analizzato per valutare la soluzione proposta è il tempo di interarrivo, utile per valutare la congestione che si genererebbe in ingresso alle linee di montaggio.

Il tempo di interarrivo rappresenta il tempo tra due passaggi consecutivi di veicoli nello stesso punto, ossia, prendendo a riferimento un punto, il tempo che intercorre tra il passaggio di un veicolo e il passaggio del veicolo successivo.

Tale valore, come si può vedere in figura 70, è stato valutato sia a livello di singolo passaggio sia a livello medio sulla durata della simulazione.

Il valore puntuale, rappresentato nel grafico dalla linea rossa, è stato stimato per mezzo della variabile $V_interarrivo$ che assume valori compresi tra i 20 secondi e i 7 minuti; mentre la media di tali valore rappresentata da $V_interarrivo_medio$ si attesta intorno ai 2 minuti e 39 secondi.

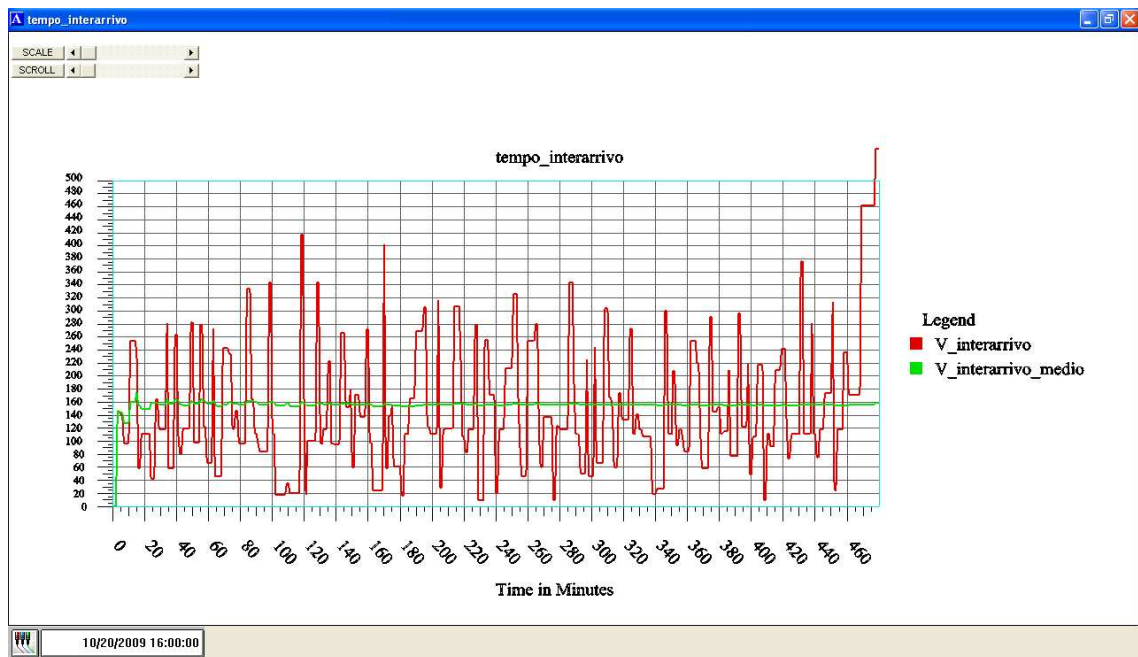


Figura 69: Andamento tempi di interarrivo

Può , a questo punto, essere interessante andare a stimare il valore del tempo di interarrivo anche nel caso di utilizzo di 5 trattorini, e di aumento da 8 a 9 ore di lavoro.

Andiamo con ordine: nel caso in cui utilizzassimo 5 trattorini il grafico sull'andamento dei tempi di interarrivo sarebbe quello riportato in figura 71; qui i tempi di interarrivo si abbassano leggermente passando ad una media di un passaggio ogni 2 minuti e mezzo.

Anche in questo caso l'indice non è preoccupante a patto che, si tengano aperti entrambi i passaggi tra il magazzino e le linee, mantenendo cioè il flusso circolare dei veicoli all'interno dello stabilimento.

Per quanto riguarda invece la soluzione di aumentare il tempo di lavoro non ci sono variazioni di rilievo rispetto ai risultati del modello di partenza, come si può vedere dalla figura 72.

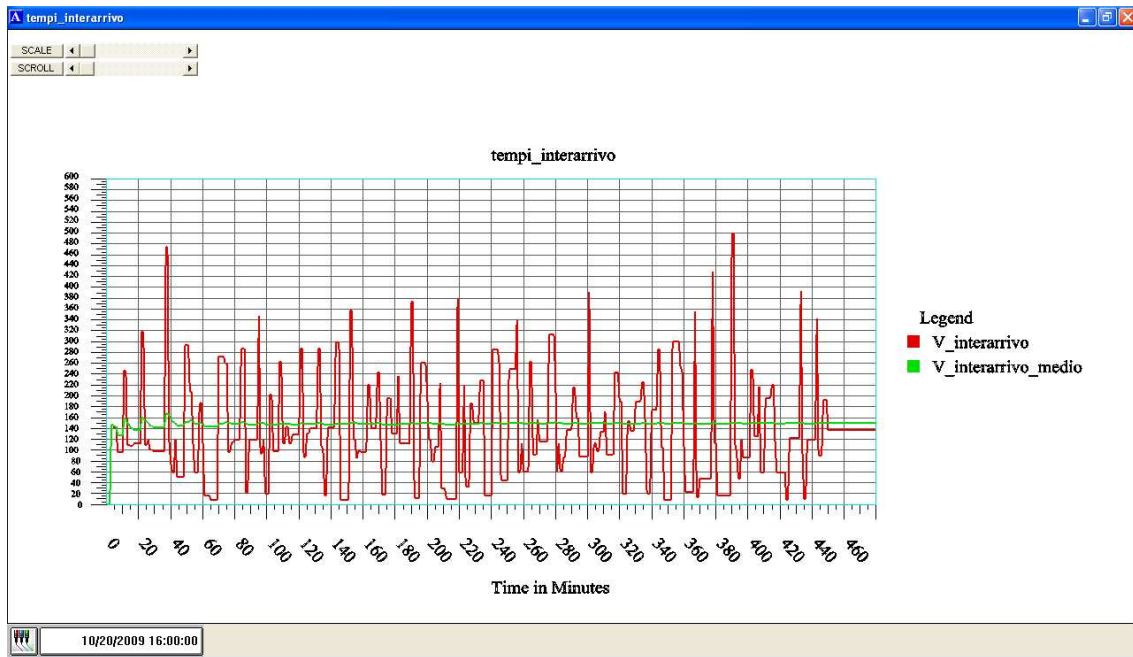


Figura 70: andamento tempo d'interarrivo utilizzando 5 trattorini

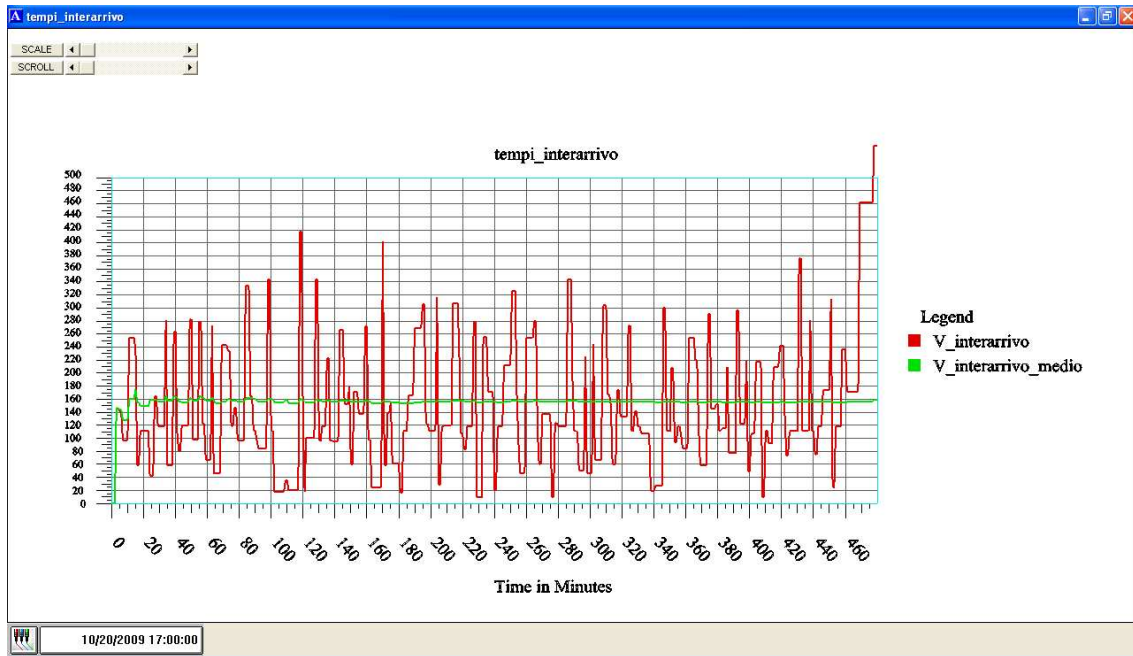


Figura 71: andamento tempi di interarrivo nell'ipotesi di 9 ore di lavoro

5.8.1.6 Confronto con i risultati della simulazione statica

È a questo punto possibile confrontare i risultati ottenuti per mezzo della simulazione statica con quelli ottenuti attraverso il modello realizzato con l'ausilio di Automod.

Come si può vedere dalla tabella riepilogativa riportata di seguito (tabella 12), i dati di risultano abbastanza simili anche se, come prevedibile, il modello dinamico conduce ad una prospettiva lievemente peggiore (ma comunque accettabile).

	Proposta alternativa (modello statico)	Proposta alternativa (modello dinamico)
Tempo di missione	6 min e 50 sec	7 min e 13 sec
Tempo di interarrivo all'ingresso delle nuove linee	2 min e 36 sec	2 min e 39 sec
Dolly Kart necessari	4	4
Saturazione Dolly kart	75%	80%

Tabella 12: confronto simulazione statica e dinamica

Pertanto, anche in seguito ad un'analisi di tipo dinamico è possibile confermare le valutazioni fatte sulla base della simulazione statica, e suggerire lo spostamento del buffer di alimentazione della nuova linea otto cilindri nello stabilimento in cui erano situate le vecchie linee di montaggio.

5.8.2 : Modello di simulazione completo

5.8.2.1 Descrizione del modello

Nella realizzazione di tale modello si è scelto di simulare anche la parte di carico e scarico delle navette. Ossia l'arrivo dei contenitori pieni, il loro scarico, lo stoccaggio temporaneo nella zona di accettazione e la successiva collocazione nell'area del magazzino dedicata. Inoltre viene anche rappresentato il carico dei vuoti sulle navette.

Per fare ciò si sono definite due code Q_{in} e Q_{out} che rappresentano le navette Saima in arrivo ed in partenza e si è ipotizzato un tempo di sosta di 15 di minuti, nel quale debbano essere caricate e scaricate in quanto l'obiettivo è minimizzare il loro tempo di permanenza lungo il viale.

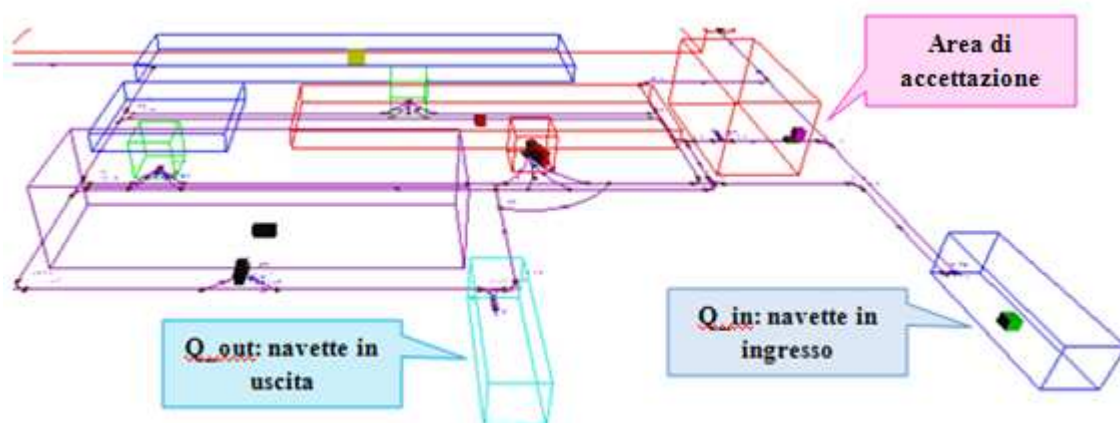


Figura 72: code in ingresso ed in uscita

5.8.2.2 *I processi*

Per realizzare il nuovo modello sono stati aggiunti alcuni processi alla versione precedente. In particolare è stato aggiunto P_coda_vuoti che cumula i vuoti prodotti e in giacenza in Q_vuoti per poi caricarli sulla navetta (Q_out) nella finestra temporale prestabilita, ossia un quarto d'ora sì e un quarto d'ora no.

Di seguito viene riportato il codice contenuto nel processo:

```
begin
move into Q_vuoti

//CARICAMENTO VUOTO
set V_int_dummy = (ac/3600)

//CUMULO per n minuti prima di portare all'uscita
if (((((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) >=1) and
(((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) <2))
or (((((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) >=3) then
begin
print this load "sbloccati " (V_i_vuoti) " vuoti:
" ac " ** QTO ora: " (((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15)
to message
order V_i_vuoti loads from OL_vuoti to continue
set V_i_vuoti = 0
end
else
begin
inc V_i_vuoti by 1
```

```

        print this load "congelato vuoto: " ac " ** QTO
ora: " (((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) to message

        wait to be ordered on OL_vuoti

        end

//PORTO IL VUOTO ALL'USCITA

move into trattorini.CP_vuoti2

print this load "---vuoto caricato per essere portato
sulla navetta---" to message

wait for 10 sec

travel to trattorini.CP_out

wait for 10 sec

move into Q_out

print this load "---vuoto caricato sulla navetta---"
to message

wait for 20 min

send to die

end

```

Inoltre sono stati definiti altri due nuovi processi P_kit_ingresso e P_vol_ingresso che, anche in questo caso nella finestra di tempo opportuna, scaricano i contenitori pieni dalla navetta li portano in accettazione, e da qui successivamente nel magazzino vero e proprio. Di seguito viene riportato il codice di P_vol_ingresso a titolo di esempio:

```

begin

    set V_int_dummy = (ac/3600)

    //CUMULO per n minuti prima di portare
all'accettazione

    if ((((((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) >=2) and
        (((((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) <3))

```

```

or (((((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) <1) then

    begin

        print this load "sbloccati " (V_i_vol_ingress) "
voluminosi: " ac " ** QTO ora: " (((ac/3600) -
V_int_dummy)*60)/15) to message

        order V_i_vol_ingress loads from OL_vol_ingresso
to continue

        set V_i_vol_ingress = 0

        end

    else

        begin

            inc V_i_vol_ingress by 1

            print this load "congelato voluminoso: " ac " **
QTO ora: " (((ac/3600) - V_int_dummy)*60)/15) to message

            wait to be ordered on OL_vol_ingresso

            end

//Genero il voluminoso al ricevimento merci
move into Q_in

//Lo carico sul carrello
move into trattorini.CP_in

wait for 10 sec

//Porto il voluminoso in accettazione e scarico
travel to trattorini.CP_accettaz

wait for 10 sec

set LA_accettaz = ac

//Porto il voluminoso in magazzino e scarico
move into Q_accettaz

//Carico il voluminoso sul carrellino

        move into trattorini.CP_accettaz

```

```

    set V_tempo_accettaz = ac - LA_accettaz

    print this load "****tempo in accettazione: "
(V_tempo_accettaz) to message

    print this load "****caricaco CP_accettaz****" to
message

    set V_tempo_accettaz_tot = V_tempo_accettaz +
V_tempo_accettaz_tot

    set V_num_accettaz = V_num_accettaz +1

    set V_tempo_accettaz_medio = V_tempo_accettaz_tot/
V_num_accettaz

    wait for 10 sec

    if load type = L_voll1_ingresso then

        begin

            travel to trattorini.CP_voll2

//            wait for 10 sec

            move into Q_voluminosi1

            end

        else

            begin

                travel to trattorini.CP_voll2

//                wait for 10 sec

                move into Q_voluminosi2

                end

            send to die

        end
end

```


5.8.2.3 *Il sistema di movimentazione*

Per quanto riguarda il sistema di movimentazione, anche in questo caso è di tipo “Path mover”, ma sono state definite due tipologie di trattorino:

- carrello1: compie esattamente gli stessi percorsi del modello precedente, ossia si occupa dei viaggi tra linee e magazzino e ritorno
- carrello2: si è deciso di dedicarlo al trasporto dei contenitori che vengono scaricati dalla navetta, al loro stoccaggio in accettazione fino al trasferimento nel magazzino, e al del carico dei camion con i contenitori vuoti.

Quindi l’idea è stata quella di mantenere il bilanciamento ottenuto con il modello precedente coprendo i trasporti in più utilizzando trattorini dedicati.

5.8.2.4 Risultati ottenuti

Come primo “run” della simulazione si è scelto di utilizzare 4 carrellini di tipo 1 (in base a quanto appreso dalla simulazione precedente) e di utilizzarne due di tipo 2.

La prima verifica che è stata compiuta è stato andare a valutare che effettivamente tutte le navette in ingresso fossero scaricate nei tempi prestabiliti; per fare ciò si è realizzato il grafico riportato in figura 74.

In tale grafico sono riportati gli andamenti delle code che rappresentano i contenitori in ingresso (linea rossa), delle code che rappresentano i contenitori in uscita (linea verde) e dei contenitori stoccati in accettazione (linea gialla).

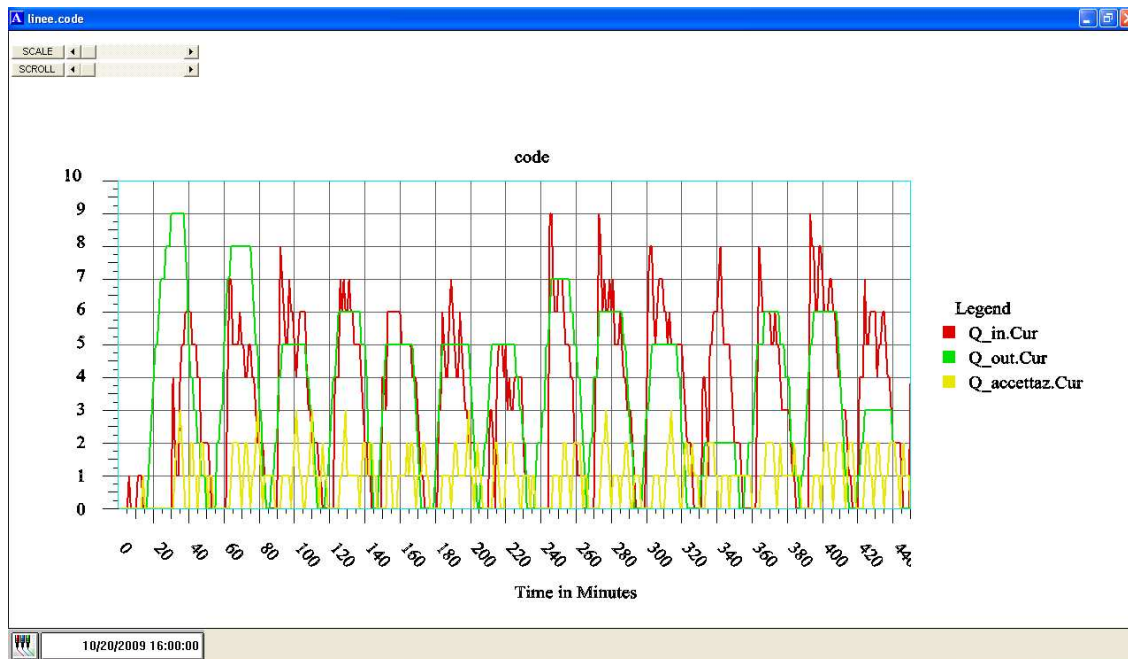


Figura 73: andamento code

Analizzando il grafico risulta evidente che utilizzando due trattorini questi riescono a scaricare e caricare le navette in tempo utile; il dato su cui però ci si è soffermati è che in accettazione risultano presenti sempre pochi

contenitori; pertanto si è ritenuto necessario indagare ulteriormente sulla questione.

A tale scopo sono state definite alcune variabili che permettessero di fotografare il tempo di permanenza dei contenitori all'interno dell'accettazione.

In figura 75 sono riportati il tempo di "stoccaggio" in accettazione, identificato dalla variabile V_tempo_accettaz (linea rossa) e la media di tale dato nel corso di tutta la simulazione (linea verde).

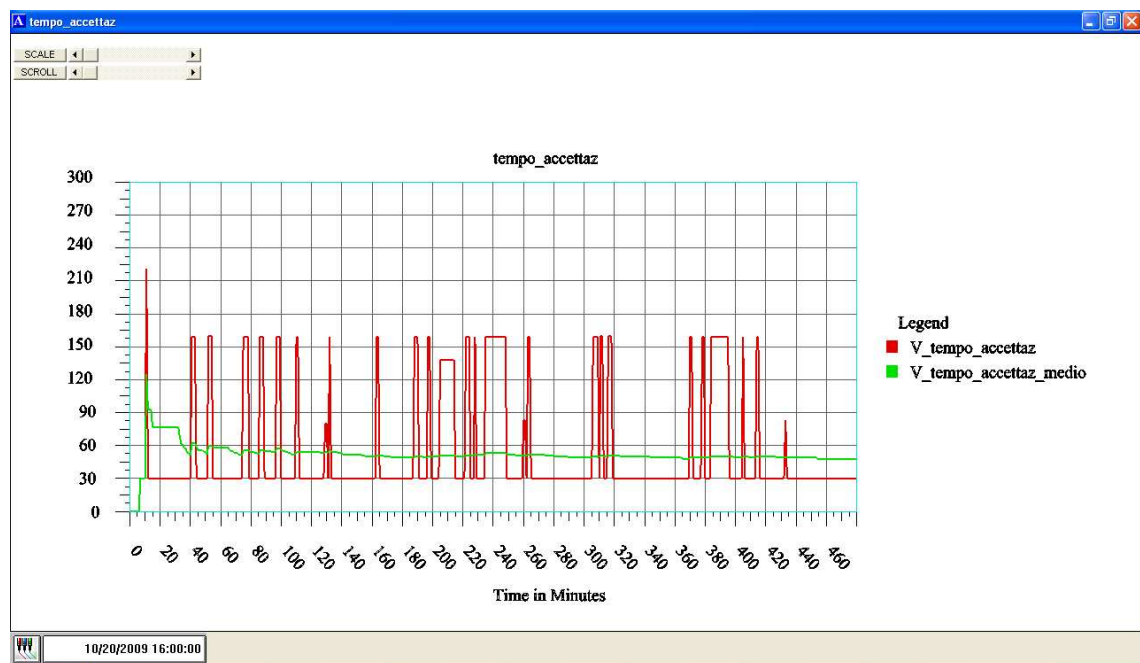


Figura 74: tempi di permanenza in accettazione

Come si può vedere il tempo medio risulta al di sotto del minuto. Ci si è pertanto chiesto se, limitatamente alla linea otto cilindri, fosse utile mantenere uno spazio dedicato all'accettazione; per dare una risposta a tale domanda si è modificato il modello in modo da evitare che i contenitori pieni passassero dall'accettazione, ma facendo in modo che venissero portati direttamente in linea.

Una volta modificato il modello si è ripetuto lo stesso grafico (figura 76) da cui, ancora una volta, si deduce che i due trattorini riescono a caricare e scaricare le navette in tempo utile.

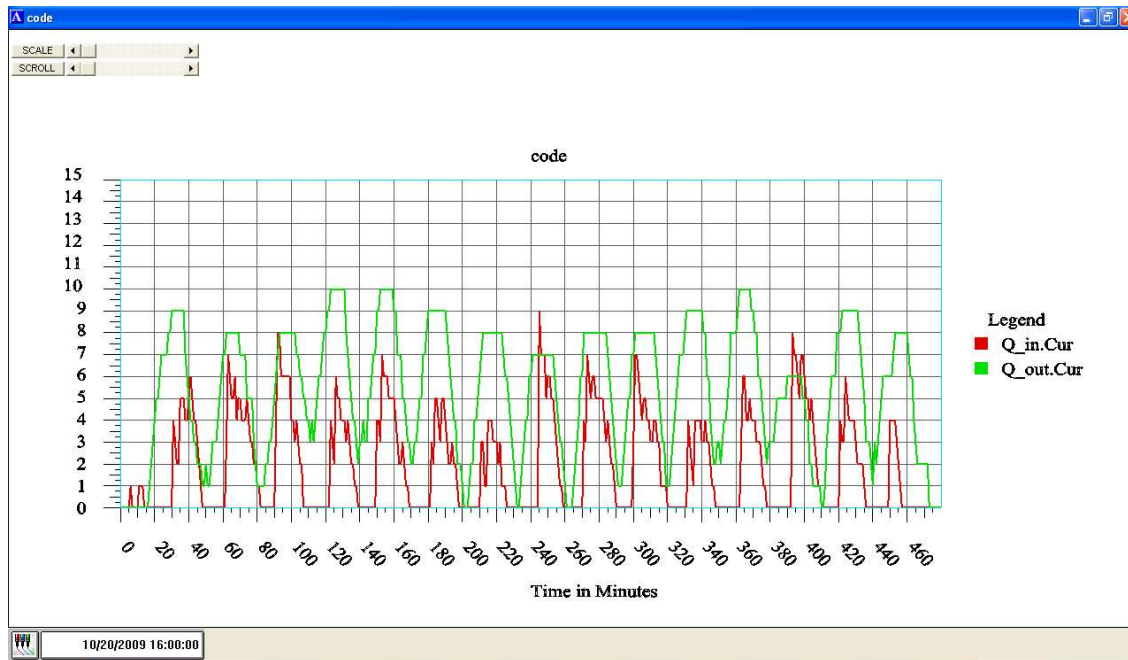


Figura 75: andamento code in ingresso e in uscita

Inoltre andando a controllare la saturazione dei veicoli si è appurato che essa è molto bassa infatti uno ha una saturazione poco sopra il 40%, l'altro addirittura intorno al 36%; tali dati sono riportati nelle figura 77 e 78.

Questi valori sono molto bassi pertanto si è pensato di provare a ridurre il numero di questa tipologia di trattorini passando da due a uno e ripetendo quest'ultima simulazione, ossia quella in cui non viene utilizzata l'area di accettazione.

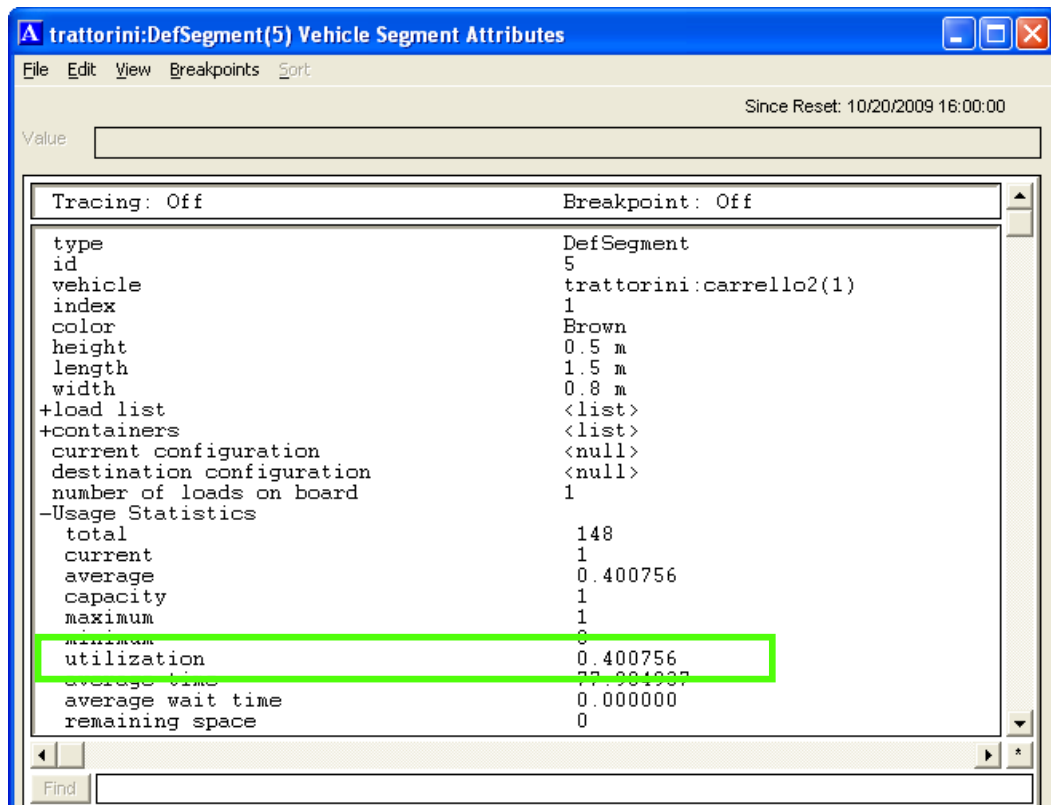


Figura 76: saturazione trattorini

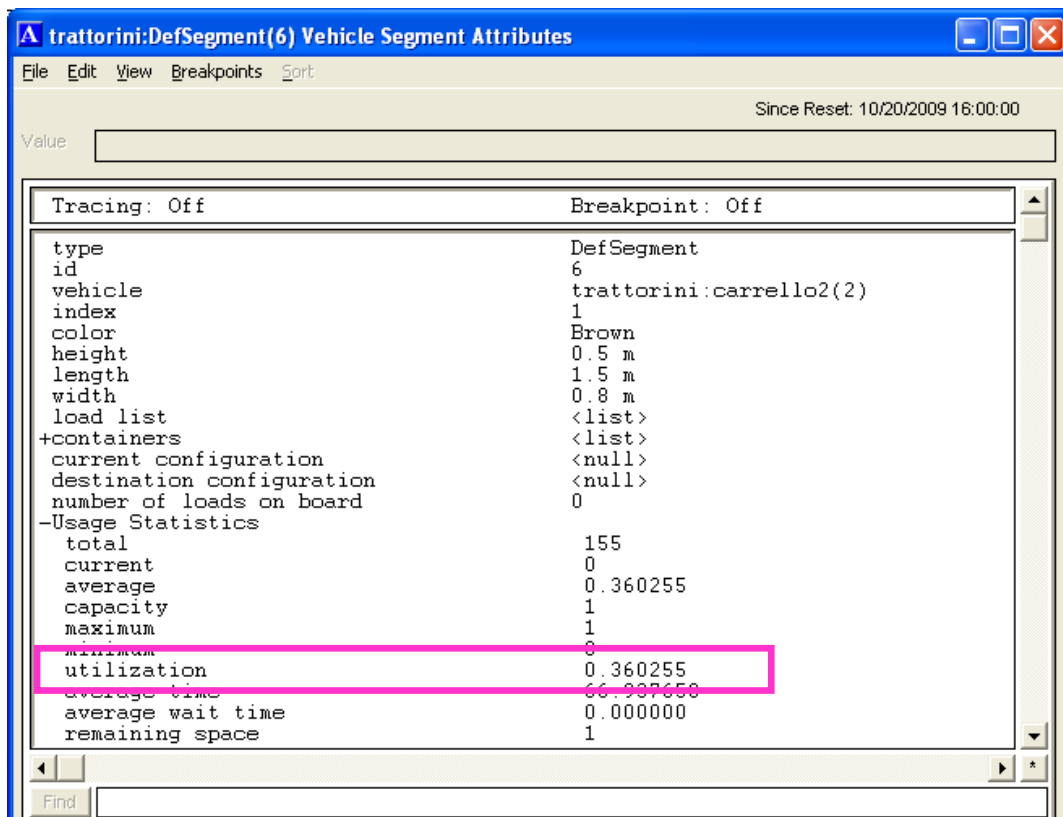


Figura 77: Saturazione trattorini

Questa nuova simulazione non dà però i risultati sperati infatti, come si vede dal grafico riportato in figura 79, il carrellino cerca di scaricare i pieni senza mai riuscirci del tutto e la coda di uscita vuoti rimanente inutilizzata praticamente per tutta la durata della simulazione.

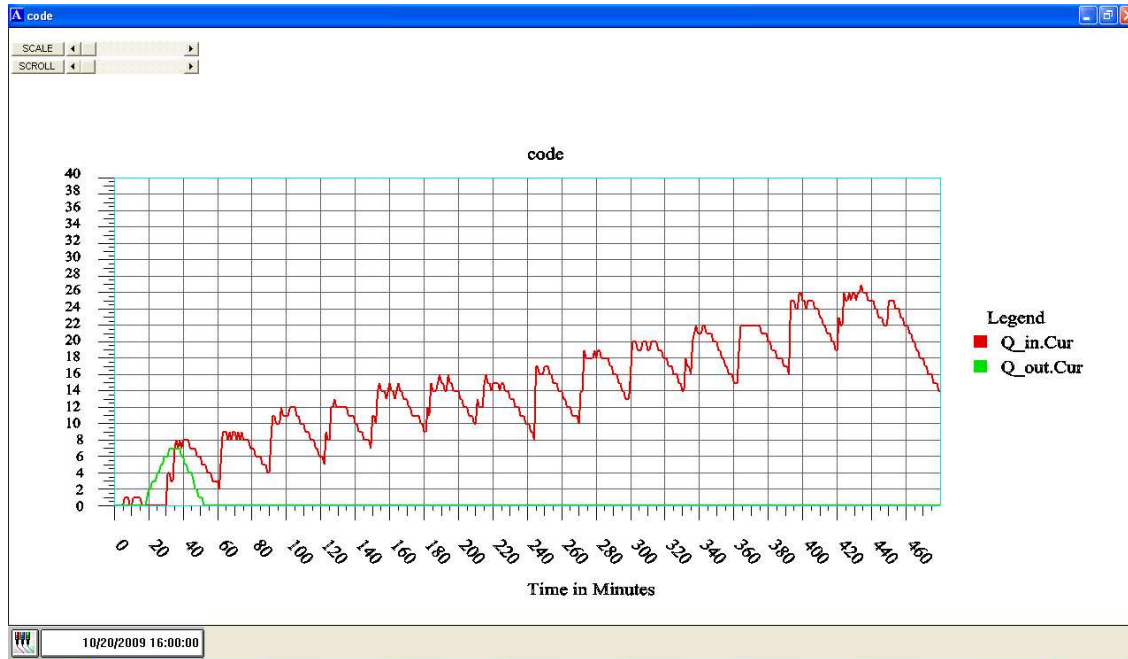


Figura 78: andamento code in ingresso ed in uscita

Ciò avviene nonostante la saturazione dell'unico trattorino sia ancora bassa (vedi figura 80) perché si aggira intorno al 53%, questo probabilmente perché il trattorino alterna picchi di carico elevati con lunghi momenti di sosta.

In conclusione la soluzione ottimale, in base a quanto rilevato dal modello di simulazione, è rappresentata dall'utilizzo di due trattorini che si occupino di portare il materiale nel magazzino senza usufruire dell'area di accettazione.

Tale area risulta pertanto non indispensabile al momento attuale e prendendo in considerazione solo la linea otto cilindri, tuttavia potrebbe

essere utile avere a disposizione tale spazio in ottica di un flusso teso che richiederebbe un maggior spazio di stoccaggio, o nel caso in cui fosse necessario stoccare in quest'area anche il materiale di alimentazione della linea dodici cilindri in attesa che venga portato al piano superiore dal montacarichi. Se poi dovesse rendersi necessario ridurre ulteriormente il tempo di sosta delle navette per il carico/scarico, quest'area di accettazione sarebbe indispensabile.

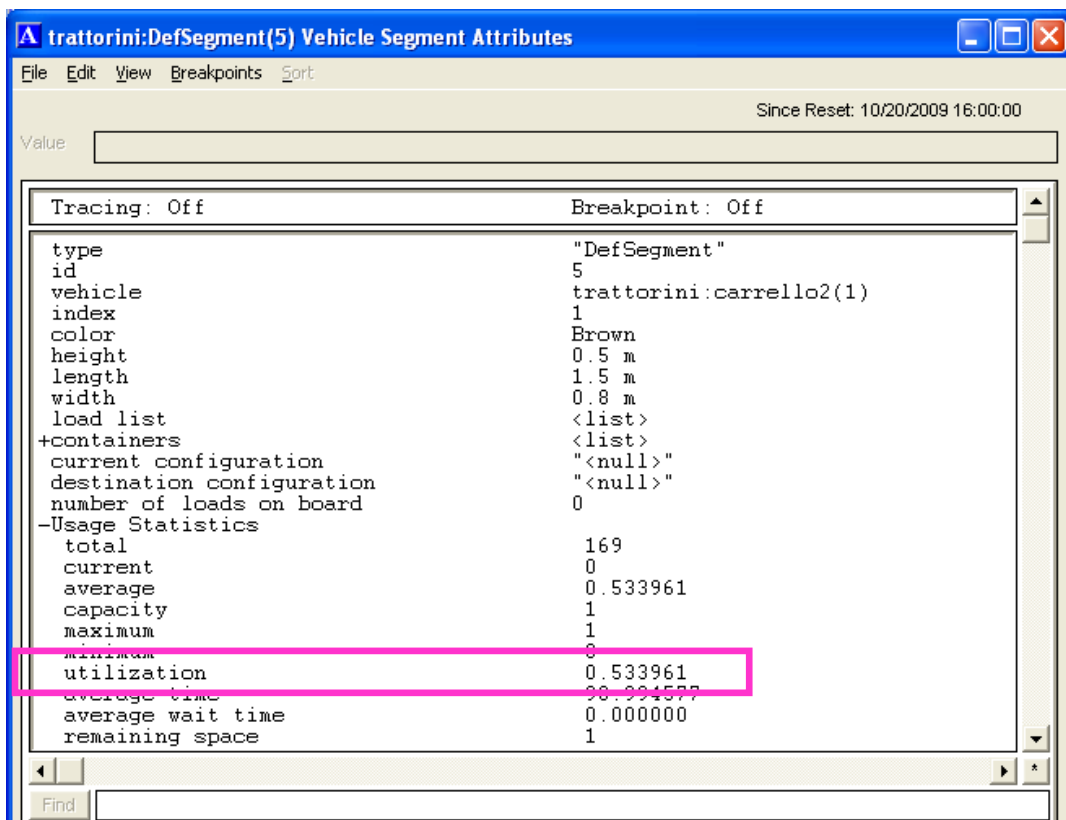


Figura 79: saturazione trattorino

CAPITOLO 6:

LA LINEA DODICI CILINDRI

Nel presente capitolo viene proposta una soluzione per l'alimentazione della linea dodici cilindri cercando di trovare il miglior compromesso tra le esigenze della logistica e quelle delle produzione.

6.1: Presentazione del problema

Le nuove linee di montaggio non riguardano solo l'otto cilindri, infatti a Settembre 2009 entrerà in funzione anche il secondo piano del nuovo stabilimento in cui verrà trasferita tutta la produzione del dodici cilindri che comprende, al momento, i modelli 599 e 612.

La linea al piano superiore è più corta infatti comprende due soli tratti paralleli più una breve linea in cui vengono smontate le porte e il baule.

L'alimentazione delle scocche avviene tramite il "silo delle scocche", ossia un magazzino verticale completamente automatizzato in cui vengono stoccate le scocche pronte per essere inserite in linea. Questo magazzino è comune alla linea dell'otto e del dodici cilindri.

L'alimentazione di tutti gli altri materiali avviene invece tramite un montacarichi situato a circa 50 metri dalle linee, l'obiettivo di questa parte dell'elaborato è quello di analizzare la gestione del flusso dei materiali mediante l'utilizzo di Dolly kart al fine di dimensionare il buffer di alimentazione delle linee nella condizione di poterlo mantenere al secondo piano nella zona del "ponte" (ossia nella zona compresa tra il montacarichi e le linee).

6.2: Raccolta dei dati di partenza

Per realizzare quanto richiesto si è partiti raccogliendo i dati relativi alla nuova linea di montaggio, questa operazione è stata molto più complessa rispetto alla linea dell'otto cilindri in quanto, essendo ancora in fase di costruzione, non era già tutto definito e le esigenze cambiavano di continuo.

Anche per questa linea è stato scelto un sistema di alimentazione che comprendeva l'utilizzo di kit trolley, voluminosi e barchette.

Per quanto riguarda i kit ne vengono utilizzati 5 per la linee di assemblaggio e 2 per la linea porte per un totale di 7 kit a vettura.

I voluminosi utilizzati invece sono 18; l'elenco è riportato in *Tabella 13*.

	Descrizione	Pezzi x Contenitore	Pezzi x vettura
1	Minigonne	6	2
2	Tubazioni sottoscocca/ tubo freno dx sottoscocca	8	1
3	Scatola guida	4	1
4	Cambio	1	1
5	Modulo sospensioni anteriori e posteriori dx/sx	1	4
6	Pacco radiante cpl	4	1
7	Paraurti anteriore	4	1
8	Paraurti posteriore	4	1
9	Batteria	8	1
10	Ruote	8	4
11	Parabrezza - lunotti	4	2
12	Roll-bar (OPT)	4	1
13	Albero di trasmissione	1	1
14	Copertura vano motore	8	1

15	Serbatoio carburante	4	1
16	Cristallo tetto	4	1
17	Sedili dx/ sx cpl di guide	2	2
18	Centralina abs	4	1

Tabella 13: elenco voluminosi

Infine le barchette vengono alimentate mediante carrelli con operatore con un intervallo di refilling di 5 giorni. Ogni stazione ha mediamente 20 contenitori e in ogni viaggio si riescono a trasportare circa 40 contenitori.

Per quanto riguarda invece i parametri di sistema, il tempo ciclo considerato è di 59 min con un pieno e un vuoto, ossia la cadenza della linea è 59 minuti; ma non tutte le postazioni per le scocche vengono riempite infatti troveremo una scocca una stazione sì e una no. Ciò significa che vengono prodotte 4,1 vetture al giorno.

La produzione della linea è dunque molto bassa e si manterrà tale finché non uscirà la nuova vettura dodici cilindri.

Per quanto riguarda le specifiche tecniche del trattorino si mantengono identiche a quelle viste per l'otto cilindri e riportate in *Tabella 14*.

Specifiche tecniche Dolly kart	
Velocità	2 m/ s
Capacità trasporto kit	3
Capacità trasporto voluminosi	2
Tempo carico/ scarico	30 sec

Tabella 14: specifiche tecniche Dolly kart

Inoltre per questa linea di montaggio è necessario considerare anche le specifiche tecniche del montacarichi che ha una velocità di salita/ discesa di 0,22 m/ sec e una capacità di 36 salite all'ora.

6.3: Dimensionamento e organizzazione dell'area di buffer

6.3.1 : Buffer di 8 ore

Vista la bassa produzione prevista per queste nuove linee si è partiti ipotizzando di portare nella zona del ponte tutti i materiali necessari per un giorno di produzione (8 ore).

Per quanto riguarda i kit trolley è pertanto necessario disporre 28 postazioni che corrispondono a circa 10 missioni al giorno.

La stima delle postazioni necessarie in stoccaggio, ossia all'interno del buffer, dei voluminosi risulta invece più complessa in quanto, inizialmente, occorre determinare quanti contenitori sono necessari al giorno per ogni tipo di ingombrante (vedi colonna Cont/ gg riportata in *Tabella 15*). In seguito si vanno a determinare i posti necessari nel buffer per ogni tipologia di ingombrante in funzione dei posti a lato linea, ossia del numero di contenitori che è possibile mantenere a bordo linea oltre a quello utilizzato in quel momento, e della sovrapposibilità dello specifico contenitore.

	Descrizione	Cont/ gg	Cont. lato linea	Cont. nel buffer	Sovra pponi bilità	Posti nel buffer	Pers.
1	Minigonne	2	2	-	1	-	Sì
2	Tubazioni sottoscocca/ tubo freno dx sottoscocca	2	2	-	1	-	No
3	Scatola guida	2	2	-	1	-	No

4	Cambio	5	2	3	1	3	Sì
5	Modulo sospensioni anteriori e posteriori dx/sx	5	2	3	4	1	Sì
6	Pacco radiante cpl	2	3	-	3	-	No
7	Paraurti anteriore	2	1	1	1	1	Sì
8	Paraurti posteriore	2	1	1	1	1	Sì
9	Batteria	2	3	-	1	-	No
10	Ruote	3	2	1	2	1	Sì
11	Parabrezza - lunotti	3	1	2	2	1	No
12	Roll-bar (OPT)	2	1	1	1	1	Sì
13	Albero di trasmissione	5	2	3	1	3	No
14	Copertura vano motore	1	2	-	2	-	No
15	Serbatoio carburante	2	2	-	2	-	No
16	Cristallo tetto	2	1	1	1	1	No
17	Sedili dx/ sx cpl di guide	5	2	3	3	1	Sì
18	Centralina abs	2	2	-	1	-	No

Tabella 15: Dettaglio dati ingombranti stoccati nel buffer

In base ai calcoli effettuati, i posti necessari nel buffer per 8 ore di produzione con un tempo ciclo di 59 min (un pieno e un vuoto) risultano essere 13; suddivisi tra 10 tipologie di ingombranti di cui 7 personalizzati.

Nel buffer è inoltre necessario prevedere uno spazio per i contenitori vuoti. A tale scopo si è ritenuto fosse sufficiente dedicare un'area capace di ospitare i contenitori utilizzati in circa 4 ore di produzione sia per quanto riguarda i kit sia per quanto riguarda i voluminosi. Ciò significa mantenere 14 postazioni per i kit e 24 per i voluminosi (dati dalla somma dei contenitori necessari al giorno diviso 2, al fine di considerare i contenitori utilizzati in mezza giornata di produzione). Questi valori possono sembrare

elevati rispetto a quelli dei contenitori pieni ma occorre considerare i posti mantenuti in stoccaggio a bordo linea che riguardano solo i pieni.

A questo punto, procedendo per tentativi, si è cercato di determinare la disposizione ottimale dei contenitori in modo da ottimizzare gli spazi.

6.3.1.1 Area kit

Per quanto riguarda i 28 kit pieni da sistemare si è pensato di disporli come mostrato in *Figura 81*.

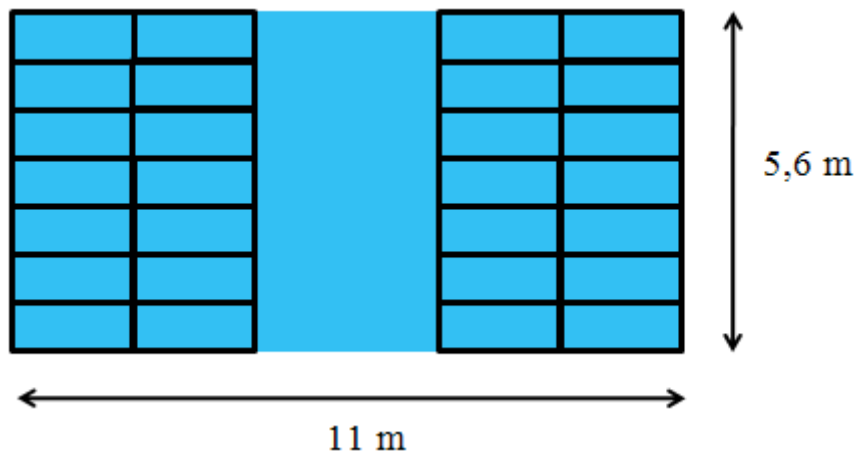


Figura 80: Disposizione kit pieni

L'area totale occupata dai kit pieni è di 61,6 mq di cui 16,8 mq destinati al passaggio.

Per quanto riguarda i kit vuoti invece la disposizione prevista è la seguente (*Figura 82*) e l'area complessivamente occupata è di 24 mq, superficie in cui sarebbe possibile stoccare un altro kit oltre ai 14 inizialmente previsti.

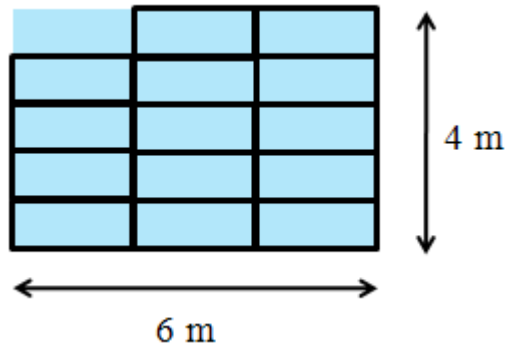


Figura 81: disposizione kit vuoti

Pertanto l'area complessivamente dedicata ai kit trolley è 85,6 mq.

6.3.1.2 Area voluminosi

Le 13 postazioni per i voluminosi sono state disposte come riportato in *Figura 83*. I numeri con cui è contrassegnato ogni rettangolo si riferiscono alla *Tabella 15*.

Gli ingombranti che trovano spazio nel buffer sono:

- Cambio
- Sospensioni
- Cristallo tetto
- Parabrezza
- Paraurti anteriore
- Paraurti posteriore
- Sedili
- Albero di trasmissione
- Ruote
- Roll bar

L'area occupata dai contenitori pieni è di 45 mq di cui 15 mq dedicati al passaggio.

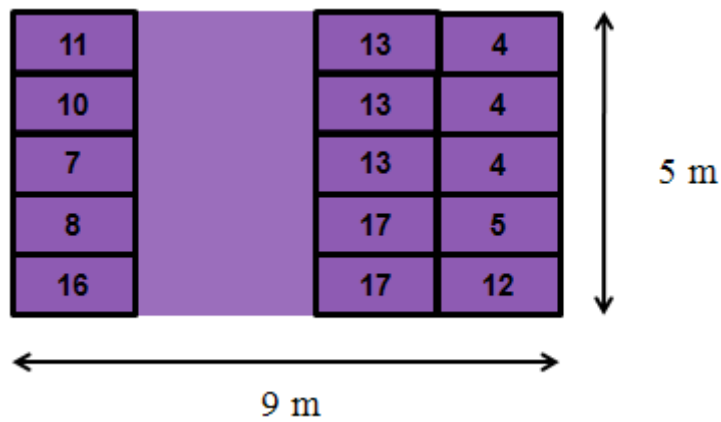


Figura 82: Disposizione contenitori voluminosi pieni

I contenitori dei voluminosi vuoti invece, come già detto, sono 24 e si è deciso di disporli come riportato in Figura 84.

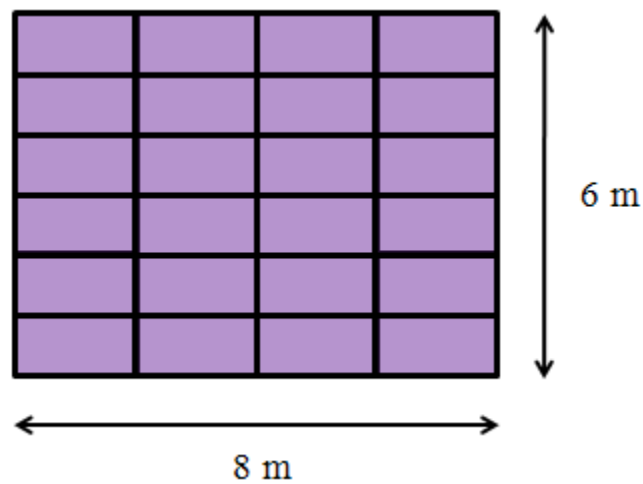


Figura 83: Disposizione contenitori voluminosi vuoti

L'area occupata dai vuoti è 48 mq di conseguenza complessivamente i contenitori occupano nel buffer uno spazio di 93 mq.

Riassumendo quindi lo spazio necessario per mantenere sul ponte un buffer di 8 ore è di circa 470 mq.

In *figura 85* è mostrato come verrebbero disposte le varie aree sul ponte, come si vede ogni corridoio è stato considerato di 3 metri.

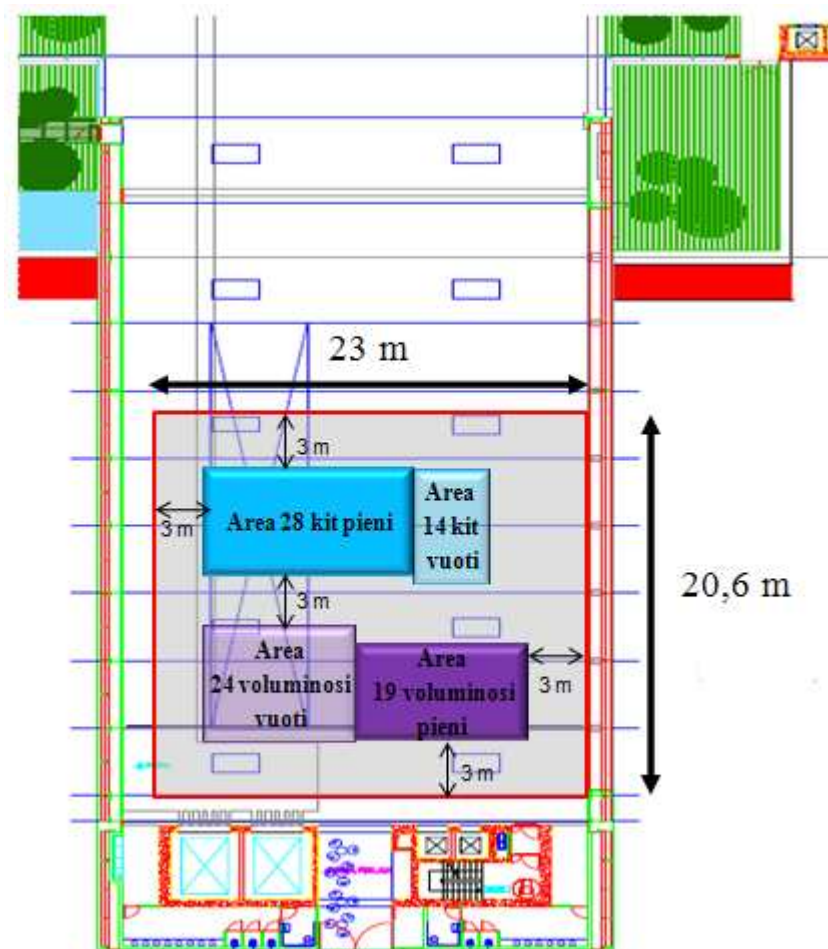


Figura 84: disposizione Buffer sul ponte

È però allo studio un progetto che prevede di trasferire nella zona del ponte la tappezzeria; ciò ridurrebbe lo spazio attualmente disponibile per il buffer di alimentazione, al fine di ridurre lo spazio richiesto si è pertanto condotta la stessa analisi ipotizzando di mantenere un buffer di 4 ore di produzione.

6.3.2 : Buffer di 4 ore

Lo scopo di mantenere un buffer di 4 ore, ossia di mantenere a stock il solo materiale richiesto per 4 ore di produzione, è ridurre lo spazio dedicato allo stoccaggio per lasciare posto alla tappezzeria o ad altre necessità. Quindi non è sufficiente ridurre l'area, ma occorre anche posizionarla il più possibile a ridosso del montacarichi.

6.3.2.1 Area voluminosi

L'area dei voluminosi anche qui prevede lo stoccaggio dei contenitori pieni e vuoti. Vediamoli con ordine.

In *figura 86* è riportata la disposizione dei contenitori dei voluminosi pieni (i numeri all'interno dei rettangoli sono quelli riferiti alla *Tabella 15*) all'interno dell'area.

I contenitori stoccati nel buffer di 4 ore sono i seguenti:

- Cambio
- Sospensioni
- Sedili
- Albero di trasmissione
- Parabrezza

Inoltre si è scelto di inserire una postazione anche per gli ingombranti non personalizzati giudicati “a rischio”, per i quali cioè la scorta a bordo linea sarebbe stata molto vicina a quella richiesta dalla produzione con un rischio elevato di non avere il pezzo a disposizione quando necessario. Pertanto si è riservato un posto anche per:

- Centralina abs
- Serbatoio
- Scatola guida

Infine si è scelto di mantenere 3 postazioni libere (rettangoli vuoti) dedicate ad eventuali ingombranti personalizzati utili in caso di variazioni da planning.

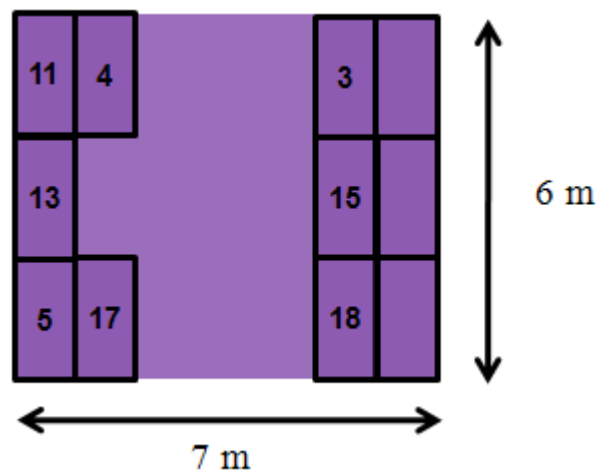


Figura 85: Dettaglio contenitori voluminosi pieni

Pertanto l'area occupata dai contenitori dei voluminosi pieni risulta essere di 42 mq di cui 22 mq dedicati allo stoccaggio vero e proprio.

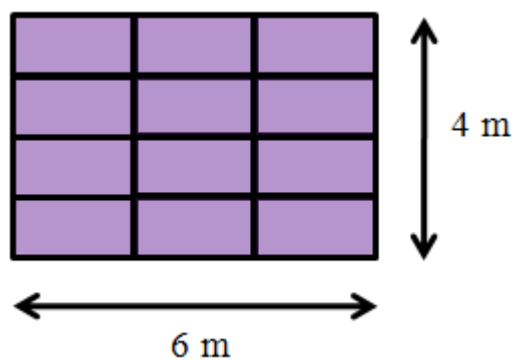


Figura 86: dettaglio disposizione contenitori ingombranti vuoti

Anche per quanto riguarda i vuoti si è scelto di ridurre il buffer e di lasciare solo due ore di stoccaggio vicino alle linee di montaggio (anche questa

volta in modo da coprire la metà delle ore di produzione rispetto al buffer dei contenitori pieni), ciò richiede di prevedere 12 postazioni (vedi *figura 87*), ossia un quarto di quelli richiesti per la produzione giornaliera.

L'area occupata dai vuoti è di 24 mq perciò l'area totale occupata dai voluminosi diventa di 66 mq.

6.3.2.2 Area kit trolley

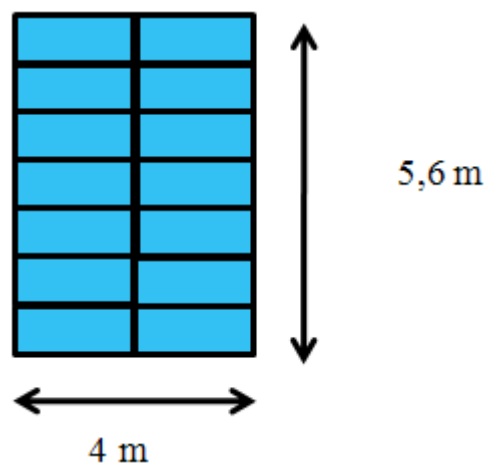


Figura 87: Disposizione Kit trolley pieni

Anche l'area di stoccaggio dedicata ai kit è stata ridotta fino a coprire solo 4 ore di produzione.

La zona destinata ai contenitori pieni è quella riportata in *figura 88* e contiene 14 kit occupando 22,4 mq interamente dedicati allo stoccaggio.

Anche per i kit vuoti, come per il voluminosi, si è scelto di mantenere un buffer di 2 ore di produzione ossia di 7 kit disposti come mostrato in *figura 89*.

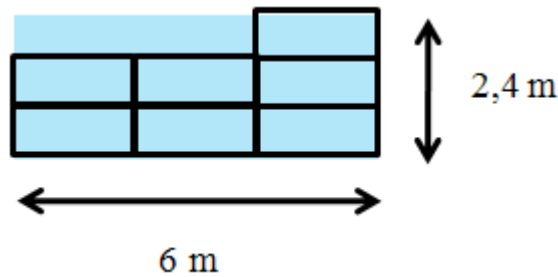


Figura 88: disposizione kit trolley vuoti

I kit vuoti occupano 14,4 mq pertanto l'area complessivamente occupata dai kit è di 36,8 mq.

Come si è detto, l'esigenza di ridurre lo spazio occupato dal buffer nasce dall'eventualità di lasciare posto alla tappezzeria nel piano superiore. Quindi si è tentato di posizionare il magazzino il più a ridosso possibile al montacarichi, inoltre si è deciso di diminuire la larghezza dei corridoi a 2,5 m in modo da ridurre l'area mantenendo comunque agevole la movimentazione e il passaggio.

In *figura 90* è riportata la disposizione che si è scelta per le aree e la loro collocazione nel ponte.

Come si può vedere l'area occupata si riduce di 200 mq diventando circa 270 mq.

Occorre infine ricordare che quest'area è dimensionata in base alla condizione iniziale sulla produzione giornaliera; ovviamente, nel momento in cui questa dovesse aumentare, il buffer non sarà più sufficiente e sarà necessario prevedere un'area più ampia o, nel caso in cui questo non fosse possibile, stoccare parte del materiale di sotto all'interno del buffer dell'8 cilindri.

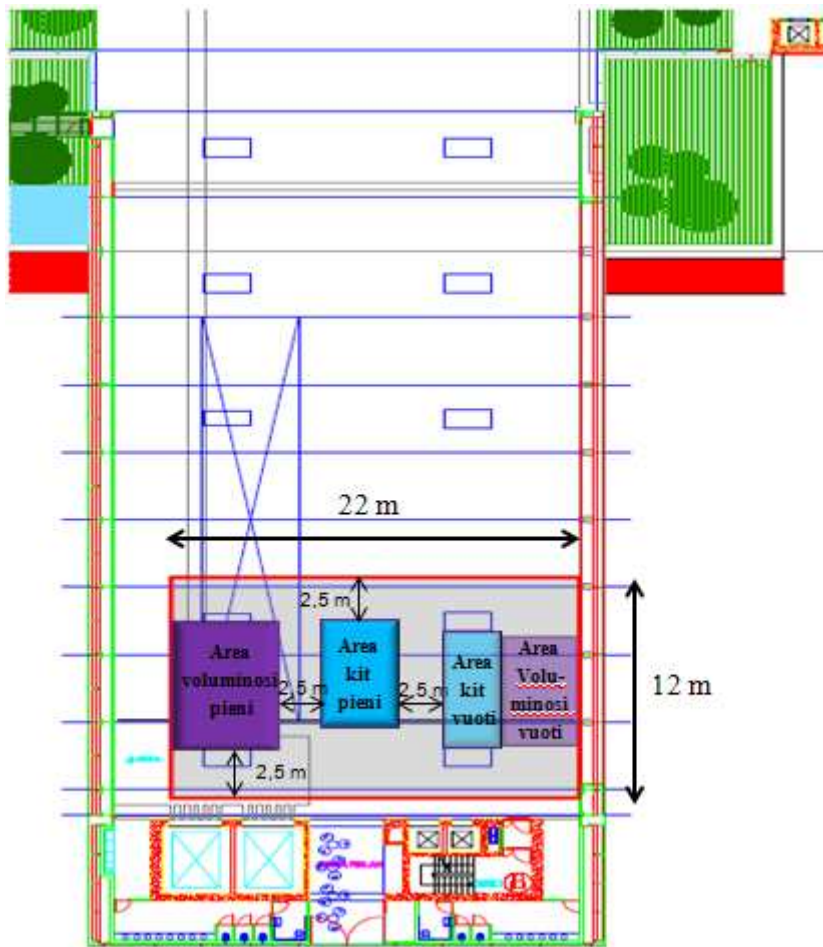


Figura 89: disposizione Buffer sul ponte

6.4: Simulazione statica

Anche per il 12 cilindri si è ritenuto necessario effettuare una simulazione statica al fine di determinare il tempo di missione, il numero di trattorini necessari e la loro saturazione.

Per fare ciò si è proceduto come per l'8 cilindri andando a determinare il numero di missioni al giorno sia per i kit trolley (10), sia per i voluminosi (25), sia per le barchette (4) per un totale di 39 missioni.

Poi si è stimato il tempo necessario per compiere una missione intesa come:

1. partenza dal montacarichi con carico dei trattorini,
2. scarico e prelievo dei contenitori dal buffer,
3. trasporto e scarico in linea nelle varie stazioni,
4. carico dei vuoti e loro trasferimento nel buffer.

Tale tempo è risultato pari a 10 minuti e 21 secondi, considerando 30 secondi il tempo di carico e scarico. Pertanto dai calcoli risulta sufficiente un solo trattorino per l'alimentazione di tutte le linee del dodici cilindri; esso avrà però una saturazione dell'84% per cui si potrebbe prevedere una persona dedicata per tutta la giornata e un'altra impiegata nei momenti a più alta intensità lavorativa.

Per la linea del dodici cilindri non si ritiene necessario riportare gli indici di congestione in quanto i bassi volumi li rendono trascurabili.

Infine viene riportata una *tabella 16* riepilogativa dei risultati ottenuti per quanto riguarda la linea del 12 cilindri.

	Buffer 8 ore	Buffer 4 ore
Numero Dolly kart necessari	1	1
Numero operatori necessari	1	1
Saturazione Dolly kart e operatori	84%	84%
Area necessaria	470 mq	270 mq
Tempo di missione dall'arrivo del montacarichi alla linee	10 min 21 sec	10 min 21 sec
Missioni al giorno	39	39

Tabella 16: riepilogo risultati

Conclusioni

La trattazione che qui si conclude si è proposta di condurre uno studio di fattibilità e convenienza per un progetto di collocazione e ri-collocazione di un buffer in alimentazione alle linee di montaggio.

Dopo una contestualizzazione dell'argomento, introdotto facendo genericamente riferimento a qualunque tipo di razionalizzazione di flusso logistico, e la presentazione di alcuni dei metodi ad oggi più utilizzati per affrontarlo, quali modellazione matematica e tecniche simulative, si è proceduto ad esporre il caso aziendale oggetto della trattazione (Ferrari S.p.a.).

Lo scopo dello studio effettuato è stato quello di ottenere benefici economici per mezzo di una riduzione dei costi che impattano sui flussi interni ad uno stabilimento produttivo. Si è dimostrato come, analizzando il flusso della merce all'interno dell'azienda, fosse possibile renderlo più efficiente. Per fare ciò sono state utilizzate sia tecniche di simulazione statica, ossia che cercavano di determinare come il sistema sarebbe cambiato in seguito alle modifiche proposte senza considerare la sua evoluzione temporale, sia tecniche per la simulazione dinamica che, invece, permettevano un'analisi più precisa in quanto il tempo era una delle variabili che entrava in gioco.

Nel realizzare la simulazione dinamica ci si è appoggiati ad un programma di simulazione che ha permesso, una volta realizzato il modello, di monitorarlo e ricavare da esso i dati necessari per la sua analisi. In particolare tale modello ha permesso di quantificare variabili fondamentali per la valutazione dell'effettiva fattibilità della soluzione proposta, ha infatti permesso di determinare gli indici di congestione, il tempo di missione, il numero di trattorini necessari per soddisfare le richieste e la

loro saturazione, parametri che il modello statico poteva solo stimare più grossolanamente.

Una volta definiti questi valori si è potuto effettuare una valutazione in termini economici (rapporto costi/ benefici) e qualitativi (sicurezza e condizioni di lavoro) che permettessero di scegliere la soluzione migliore.

Tornando nello specifico sul caso preso in esame, una volta spiegate le ragioni che hanno spinto a condurre tale studio e il metodo utilizzato, è stato possibile sviluppare una proposta di collocazione dei buffer di alimentazione di entrambe le linee di montaggio dello stabilimento e la possibile disposizione al loro interno dei contenitori.

Per quanto riguarda la linea otto cilindri la soluzione proposta permetterebbe contestualmente di ridurre i costi e di utilizzare meglio gli spazi a disposizione, ottimizzando i flussi e migliorando le condizioni di lavoro degli operatori.

Per la linea dodici cilindri invece si è formulata una proposta che conciliasse le esigenze di spazio della logistica, che voleva avere più contenitori possibili a bordo linea, e della produzione che aveva bisogno di spazio per posizionare nella stessa zona il reparto di tappezzeria.

Dopo tanti anni di studio questa è stata la prima occasione che ho avuto di entrare in contatto con un'attività lavorativa inerente gli studi effettuati.

Penso di poterla definire un'esperienza positiva ed arricchente sotto ogni punto di vista; in particolare mi ha permesso di crescere sia sotto l'aspetto relazionale, dal momento che mi sono dovuta confrontare con colleghi di diverse età, personalità, esperienza ed aspettative, sia sotto l'aspetto formativo, dato che questa attività mi ha concesso autonomia, responsabilità e possibilità di apprendimento, cosa assolutamente

necessaria per uno studente che esce dall'Università con tanti anni di teoria alle spalle ma con poca esperienza sul campo.

Bibliografia e Webgrafia

- /1/ Pareschi A., Persona A., Ferrari E., Regattieri A., “Logistica integrata e flessibile per sistemi produttivi dell’industria e del terziario”, Società Editrice Esculapio s.r.l., Bologna, 2003.
- /2/ “Flussi Logistici”, Sito ufficiale A&B Logistic.
- /3/ Ragnisco M.F., “Elementi di simulazione”, Dip. Meccanica e Aeronautica, Università di Roma La Sapienza.
- /4/ Enciclopedia Wikipedia, “Ricerca Operativa”.
- /5/ Prof. Finzi G., “Ottimizzazione statica lineare”, Corso di Controllo dei Processi Complessi.
- /6/ Enciclopedia Wikipedia, “Simulazione”.
- /7/ Prof. Cignoni G.A., “Simulazione e Logistica”, Corso di Laurea in Informatica Applicata, Università di Pisa sede di La Spezia, Anno Accademico 2008-2009.
- /8/ Prof. Anile A.M., “Introduzione alla simulazione Monte Carlo – Richiami sulla probabilità”, Corso di Matematica Applicata, Università degli studi di Catania.
- /9/ Enciclopedia Wikipedia, “Metodo Monte Carlo”.
- /10/ “AutoMod”, Sito ufficiale Prolog s.r.l.
- /11/ Intranet aziendale Ferrari S.p.a.
- /12/ “Montezemolo inaugura la nuova linea di produzione Ferrari”, Il Sole 24 Ore, Settembre 2008.

- /13/ Ferrari S.p.a., Sito ufficiale.
- /14/ Sito web di quattro ruote
- /15/ Sito web della gazzetta dello sport
- /16/ Enciclopedia Wikipedia, “Ferrari S.p.a.”
- /17/ Prof. Musso E., “L’Economia della Logistica: la logistica del trasporto e dell’intermodalità”, Master di Logistica Integrata, Anno Accademico 2002-2003.
- /18/ Rosini R., “I laboratori per l’innovazione logistica attivati dalla Regione Emilia-Romagna”, Modena, Dicembre 2007.
- /19/ Enciclopedia Wikipedia, “Logistica”
- /20/ Prof. Canali C., “Le politiche europee dei trasporti”, Facoltà di Economia Università degli Studi di Parma, Anno Accademico 2008-2009.
- /21/ Enciclopedia Wikipedia, “Modelli Matematici”.