



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova  
Facoltà di Ingegneria

**Corso di laurea magistrale in  
Ingegneria Meccanica**

*Simulazione del processo di preparazione unità di spedizione*

Relatore

Prof. Alessandro Persona

Laureando

Carlos Valderrama Vasquez

Anno Accademico 2018 / 2019



# INDICE

|  |           |
|--|-----------|
|  | <b>1</b>  |
| <b>Sommario</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Introduzione</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Cap. 1 Software e Simulazione</b>                       | <b>9</b>  |
| <i>Arena simulation software</i>                           | 10        |
| <i>Resource constrained transfers</i>                      | 10        |
| <b>Cap. 2 Parte comune del modello utilizzato</b>          | <b>13</b> |
| <i>Baie di picking</i>                                     | 13        |
| Descrizione del sistema baie di picking                    | 14        |
| Modello del sistema baie di picking                        | 15        |
| <i>Magazzino vertical</i>                                  | 18        |
| Descrizione del sistema magazzino vertical                 | 18        |
| Modello del sistema magazzino vertical                     | 18        |
| <i>Baia scarico interi</i>                                 | 24        |
| Descrizione del sistema baia scarico interi                | 24        |
| Modello del sistema baia scarico interi                    | 24        |
| <i>Area smistamento</i>                                    | 26        |
| Modello area smistamento                                   | 27        |
| <i>Logica del sistema.</i>                                 | 31        |
| <b>Cap. 3 Scenari simulati</b>                             | <b>37</b> |
| <i>Sistema Attuale</i>                                     | 37        |
| Modellazione del sistema attuale                           | 39        |
| <i>Sistema con treni a guida manuale</i>                   | 42        |
| modellazione del sistema con treni a guida manuale         | 44        |
| <i>Sistema treni automatici</i>                            | 47        |
| Modellazione del sistema treni automatici                  | 48        |
| <b>Cap. 4 Rilevazione tempi e trattamento dei dati</b>     | <b>49</b> |
| <i>Baia interi</i>   | 49        |
| Scarico ed etichettatura interi conto lavoro               | 50        |
| Stivaggio interi conto lavoro                              | 51        |
| Scarico ed etichettatura interi vendita                    | 52        |
| Stivaggio interi vendita                                   | 53        |
| <i>Area smistamento</i>                                    | 54        |
| Smistamento scatole baia                                   | 55        |
| Smistamento scatole verticali                              | 56        |
| Tempo stivaggio 1  | 57        |
| Tempo stivaggio 2  | 58        |
| Tempo stivaggio 3  | 59        |
| Tempo stivaggio 4  | 60        |
| Smistamento UDS vendita                                    | 61        |
| Smistamento UDS conto lavoro                               | 62        |
| Stivaggio UDS vendita, pesanti verticali ed interi da baie | 63        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Stivaggio UDS conto lavoro | 64        |
| <b>Cap. 5 Conclusioni</b>  | <b>65</b> |
| <b>Bibliografia</b>        | <b>73</b> |

## **Sommario**

L'obiettivo della tesi è di creare un modello che descriva lo stato attuale del sistema di preparazione unità di spedizione di una nota azienda per stimare il carico di lavoro delle risorse impiegate nel reparto. A questo poi sono state aggiunte delle variazioni per simulare diversi tipi cambiamenti.

Nel Capitolo 1 si introducono la simulazione ad eventi discreti, il software ed alcune delle logiche utilizzate per la creazione del modello. Il capitolo 2 descrive la parte in comune ad ogni scenario del modello, mentre la descrizione dei settori differenti è trattata nel capitolo 3. Nel capitolo 4 si espongono i metodi di rilevazione tempi utilizzati. Il capitolo 5 è riservato alle conclusioni.



## Introduzione

La simulazione è un processo che prevede la mimica di un sistema originale con l'intento di valutarne le caratteristiche e le prestazioni. Una simulazione può essere utilizzata sia come studio preventivo di sistemi non esistenti, sia come indagine su sistemi esistenti. L'utilità della prima è ovvia ed è amplificata dalla possibilità di simulare agilmente più alternative e di ottimizzarne i parametri. Nel caso di sistemi esistenti invece la simulazione rende semplice il l'individuazione di criticità e le stime di aspetti difficilmente misurabili. In entrambe i casi vi è da aggiungere il vantaggio del tempo: la facilità di implementazione rende possibile, ad esempio, simulare un nuovo processo di forgiatura senza dover attendere la costruzione dello stampo. Un altro aspetto è la compressione temporale, ovvero la possibilità di simulare tempi più lunghi del tempo effettivamente trascorso. Per affinarne i risultati medi sono stati simulati per ogni alternativa 365 turni da 8 ore, considerando che sono stati simulati 3 scenari differenti con almeno 3 tipi di simulazione ognuno si percepisce quanto la compressione sia un fattore rilevante.

Simulation refers to a broad collection of methods and applications to mimic the behavior of real systems, usually on a computer with appropriate software. In fact, "simulation" can be an extremely general term since the idea applies across many fields, industries, and application. These days, simulation is more popular and powerful than ever since computers and software are better than ever.

W. David Kelton, Simulation with Arena, 6<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill



## Capitolo 1. Software e Simulazione

La simulazione del sistema di preparazione è stata compiuta tramite il software Arena Simulation. Si è quindi optato per una simulazione ad eventi discreti (DES) nella maggior parte dei casi, in questo tipo di simulazione il cambiamento di valore delle variabili avviene ad istanti discreti.

Al contrario la simulazione continua prevede l'evoluzione continua dello stato, simulando istante per istante lo scorrimento del tempo ed aggiornando lo stato delle entità in ogni istante.

I vantaggi della simulazione discreta risiedono nella leggerezza della stessa, questo si rispecchia in una superiore compressione del tempo e in un minor carico di elaborazione. Se quindi non sono di interesse gli stati transitori è valutabile l'utilizzo di un sistema ad eventi discreti. La discretizzazione del sistema avviene tramite l'individuazione del flusso, segmentando le attività in processi. Da questi si crea quindi il modello la cui struttura sarà legato alle potenzialità del software di simulazione.

Da questa introduzione si ha l'impressione che tutto sia schematizzabile e, di conseguenza, simulabile tramite questi software. Questo è in parte reale, Alcune delle applicazioni possibili, oltre ai sistemi produttivi, possono essere: simulazione di uffici (gestione pratiche), attività commerciali (gestione code e previsione del personale), sistemi informatici (carico dei server) fino ad attraversamenti pedonali.

La simulazione ad eventi discreti non è però sempre applicabile, esistono dei sistemi o anche solo dei parametri degli stessi in cui si è obbligati ad utilizzare la simulazione continua, un esempio può essere il monitoraggio della pressione dell'aria compressa erogata all'interno del circuito di uno stabilimento industriale. La pressione varia in modo continuo legandosi alla quantità di utilizzatori contemporanei ed alla durata. Il ripristino del valore di pressione di esercizio è anch'esso dipendente dal tempo. La combinazione di utilizzi e ripristino renderebbero poco agevole la simulazione discreta.

Nella tesi si è optato per la simulazione continua per uno degli scenari. In questo è stato implementato il trasporto come modulo di trasporto e non tramite il metodo del resource constrained transfer (questo verrà spiegato più avanti). Il trasporto con un mezzo prevede il calcolo continuo dello stato per aggiornare la posizione, la velocità, l'accelerazione ed il traffico in ogni istante.

La simulazione discreta per sua natura, a parità di elementi simulati, porta solitamente ad una maggior compressione del tempo<sup>1</sup>. Essendo il sistema da me analizzato discretizzabile si è deciso di utilizzare questo tipo di simulazione.

---

<sup>1</sup> Compressione del tempo: rapporto tra tempo simulato e tempo impiegato dal software a simulare l'arco di tempo.

## Arena simulation software

Il software scelto è, come anticipato, Arena Simulation. Questo è in grado di gestire sia la simulazione discreta che, all'occorrenza, anche la simulazione continua. È quindi possibile creare il modello e lasciare al software il compito di gestire la simulazione nel miglior modo possibile.

Il modello su arena si presenta come un diagramma di flusso composto da blocchi rappresentanti diverse funzioni. Esse possono essere combinate secondo la logica in modo da riuscire a descrivere il sistema reale.

Gli elementi fondamentali su cui si basa sono:

- **Entità:** sono gli oggetti che attraversano il sistema, nella tesi saranno le UDS
- **Risorse:** come si vedrà più avanti possono essere utilizzate in diversi modi, sono caratterizzate da un numero finito ed una disponibilità
- **Variabili:** sono le grandezze caratteristiche i cui valori possono essere riutilizzati all'interno del sistema stesso.
- **Code:** qualsiasi attività che generi un blocco momentaneo del flusso prevede una coda di entità. Le logiche riguardanti lo spazio utilizzato dalle stesse deve però essere considerato tramite altri operatori.

## Resource constrained transfers

Una delle logiche più utilizzate per la creazione del modello su Arena Simulation è il resource constrained transfer. Essendo impossibile creare il modello esatto della realtà è stato usato questo tipo di approccio, esso permette una ottima flessibilità, con la possibilità di modificare facilmente i parametri.

Il resource constrained transfers prevede la modellazione tramite risorse dei parametri. Una risorsa, all'interno del software, è quindi interpretata come una qualsiasi quantità finita, riutilizzabile e allocabile. un tipico esempio di risorsa può essere un oggetto in comune utilizzato per più processi, una operazione a cui è assegnata tale risorsa svolgerà solo nel momento in cui la risorsa risulta allocabile, sequestrandola fino al compimento e liberandola solo al compimento. Supponendo quindi di avere 3 processi di misurazione ma 2 soli strumenti di misura (risorse) sarà possibile modellando nel modo corretto attivare solo 2 processi contemporaneamente.

Il resource constrained transfers si sviluppa come estensione di questa logica utilizzandola su oggetti non fisici per cui si necessita di limitazioni. Nella tesi questo tipo di approccio è stato usato principalmente sui trasporti qualora essi non siano modellabili come tali all'interno del programma di simulazione. L'adattamento del resource constrained transfer prevede una modellazione del trasporto come processo. Esso, in

quanto tale, blocca una entità durante il suo svolgimento per poi permetterle il passaggio al termine, si ha quindi che uno spostamento caratterizzabile da un tempo di viaggio ed un veicolo appartenente ad un numero di veicoli finiti può essere modellato come un processo della stessa durata del viaggio che impieghi una risorsa del veicolo richiesto.



## Capitolo 2. Parte comune del modello utilizzato

In questo capitolo verranno descritte le aree presenti nel reparto, si discuteranno poi i metodi utilizzati per schematizzare e semplificare i processi in modo da poter essere descritti tramite flow chart. Il modello verrà creato utilizzando il programma di simulazione degli eventi discreti Arena Simulation.

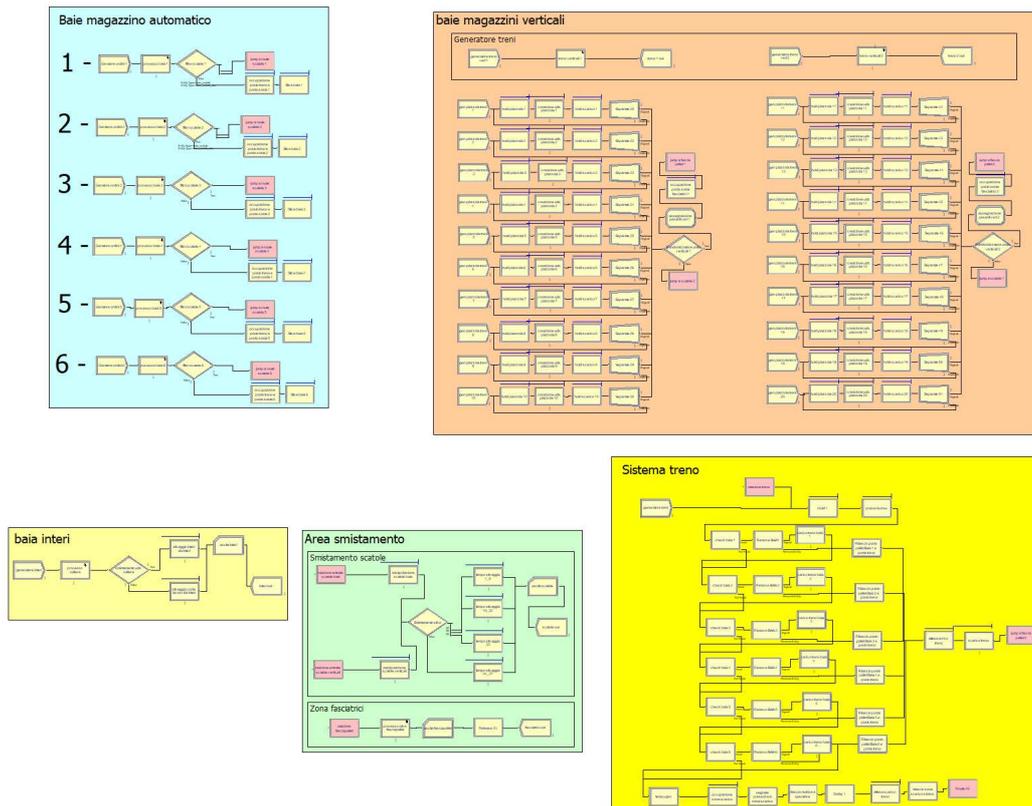


Figura 1 - Panoramica totale del modello

Il modello presentato nell'immagine è il modello completo di uno degli scenari. Ogni scenario presenta le sue peculiarità.

### Baie di picking

Le baie di picking sono (assieme alla rulliera) le zone di uscita del materiale del magazzino automatico. All'interno del magazzino sono presenti 6 baie, 4 di queste hanno delle differenze ininfluenti per la trattazione. In ogni baia di picking vi è assegnato un operatore il quale durante il turno non si scambia con altre baie.

## Descrizione del sistema baie di picking

L'output di ogni baia, le UDS<sup>2</sup>, si possono classificare in base alla loro dimensione e alla loro destinazione, le tipologie di unità uscenti dalle baie sono:

- UDS su pallet: creazione di bancali con scatole di prodotti diversi a seconda dell'ordine cliente, sono solitamente di grosse dimensioni con peso non movimentabile manualmente.
- UDS su scatola: quando la quantità di prodotti, il peso e gli ingombri dell'UDS sono sufficientemente contenuti da non giustificare l'uso del pallet si creano scatole di piccole dimensioni. A livello teorico tra uds su pallet e scatole non vi è differenza ma le dimensioni ed il peso contenuti rende conveniente una gestione differente del flusso.
- Ceste conto lavoro: I semi lavorati da inviare ai terzisti sono contenuti in ceste uscenti dalle baie.
- Interi: I bancali interi escono preferibilmente dalla rulliera (verrà descritta in seguito). Quando questa però risulta impegnata può essere usata una baia come punto di uscita.

L'operatore di baia, con l'aiuto dei supporti informatici, assembla le unità. Ad essa vengono aggiunti le etichette necessarie per il riconoscimento.

Dopo la creazione le scatole vengono lasciate in una zona di recupero prossima alla baia svuotata ciclicamente dagli operatori di smistamento, il flusso che segue verrà poi descritto nel paragrafo riguardante la zona smistamento.

Le UDS su pallet, le ceste conto lavoro e gli interi seguono un percorso comune, ma le operazioni necessarie saranno leggermente differenti tra loro (soprattutto nei tempi di creazione). I pallet saranno poi depositati sulla zona di carico della baia pronti per essere caricati sul sistema di movimentazione. La zona di carico è di dimensione limitata, una baia non è in grado di trattenere più di 3 pallet contemporaneamente in sosta.

---

<sup>2</sup> UDS: Unità di Spedizione, acronimo che verrà utilizzato in tutta la trattazione.

## Modello del sistema baie di picking

Lo schema di una baia presenta degli accorgimenti per simulare l'intasamento della postazione ed il conseguente blocco del prelievo. Le dimensioni geometriche di una baia permettono di contenere al massimo tre pallet, si dovrà quindi impostare il blocco della lavorazione in caso di sfioramento. Non essendo possibile creare due moduli aventi la stessa etichetta è stato aggiunto un numero finale per differenziare i moduli clonati. Le sei baie di base sono uguali, con la differenza che le prime due hanno il compito aggiuntivo di gestire il semilavorato, queste avranno quindi lo stesso principio di funzionamento delle altre baie ma con un numero maggiore di possibilità.

Lo schema della baia è riportato in figura:

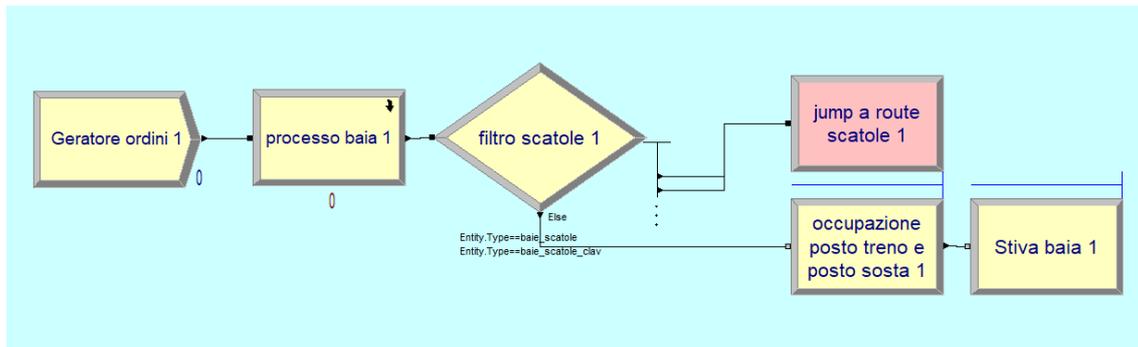


Figura 2 – Schema di una baia di picking magazzino del magazzino automatico

- *Generatore ordini 1* – modulo Create, crea le entità. In questo istante non è stata ancora assegnata una differenziazione tra unità di spedizione su pallet destinate alla vendita, scatole etc. Il generatore crea soltanto 3 unità, questo servirà a simulare il caso di blocco baia il cui funzionamento verrà spiegato più avanti.
- *Processo baia 1* – modulo processo con sotto modello avente il seguente schema:

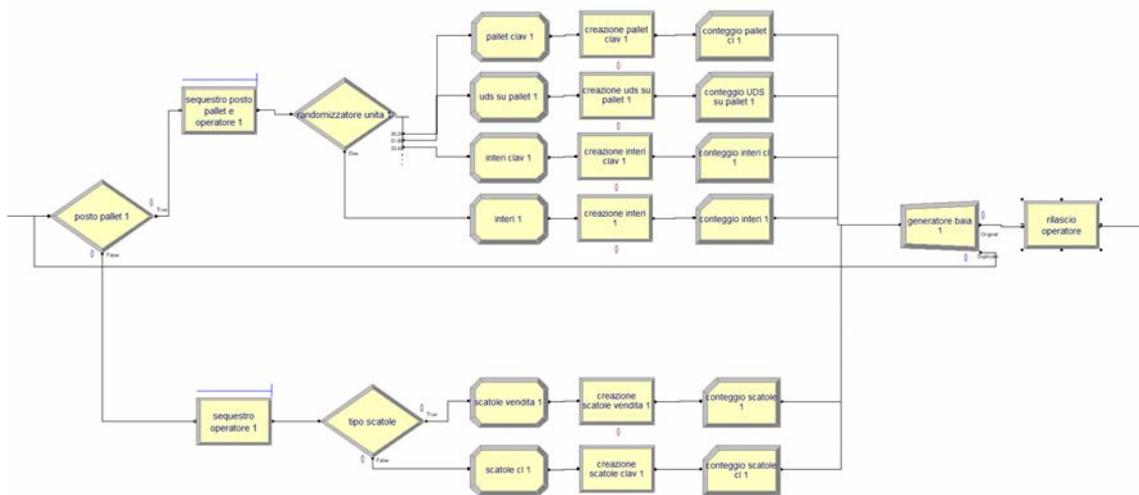


Figura 3 – Submodel di Processo baia 1

- *Posto pallet 1* – modulo decide, l'entità subisce un primo smistamento deciso tramite percentuale, se la risposta è vera l'unità occuperà un posto pallet nella baia, altrimenti sarà una unità più piccola (una scatola) che virtualmente non occuperà spazio.
- *Sequestro posto pallet e operatore 1* – modulo seize, questo sequestra le risorse operatore e posto pallet baia 1. Il primo serve per non far compiere più azioni contemporaneamente, il secondo serve a bloccare il lavoro nel caso di intasamento.
- *Sequestro operatore 1* – modulo seize, se l'entità sarà una scatola non occuperà posto fisico a terra, occuperà quindi soltanto la risorsa operatore
- *Randomizzatore unità 1* – modulo Decide, le entità vengono divise sulla base della probabilità percentuale nelle varie tipologie di unità
- *Tipo scatole 1* – modulo decide, divide sulla base della probabilità le scatole destinate alla vendita e il conto lavoro su scatola.
- *Pallet clav 1, uds su pallet 1, interi clav 1, interi 1, scatole vendita 1, scatole cl 1* – modulo Assign, inserisce la variabile Entity Type. Servirà più avanti per riconoscere la tipologia di entità in modo da poterla indirizzare verso le corrette stazioni.

- *Creazione palle clav 1, creazione uds su pallet 1, creazione interi clav 1, creazione interi 1, creazione scatole vendita 1, creazione scatole cl 1* – modulo process sono dei processi che simulano l'operazione di picking e di creazione delle unità di spedizione. Ogni tipologia di unità avrà un differente tempo di lavorazione, motivo per il quale si preferisce differenziare i processi.
- *Generatore baia 1* – modulo di tipo Separate, è il primo step della simulazione dell'intasamento della baia. La baia riesce ad ospitare solo 3 entità, motivo per il quale il generatore genera solo 3 entità. Il compito del generatore baia 1 è di clonare l'entità in modo da finterne la creazione in continuo. L'entità clonata è perfettamente identica ad una entità originale. L'originale continuerà uscendo dal sistema, il duplicato invece resterà dentro al subprocess ripetendo e diventando a suo volta l'unità originale.
- *Rilascio operatore* – modulo di tipo Release, l'operatore precedentemente sequestrato per l'operazione di creazione delle unità ha terminato il compito e può essere rilasciato

Tornando al modello esterno:

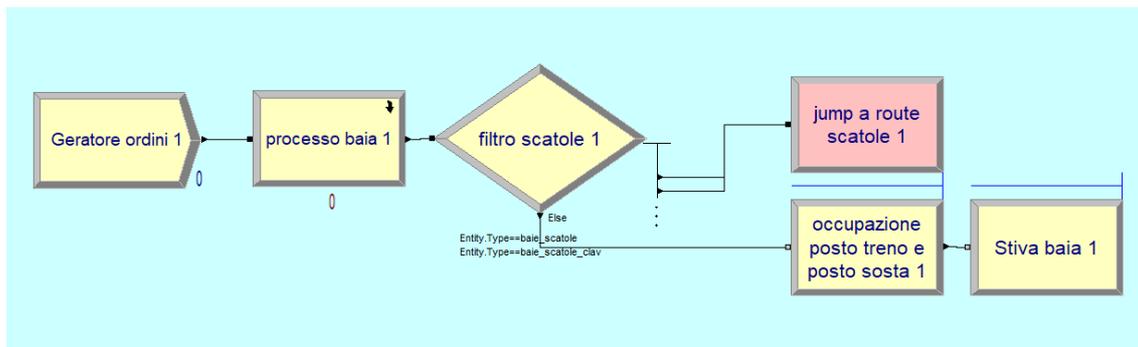


Figura 4 – Schema di una baia di picking magazzino del magazzino automatico

- *filtro scatole 1* – modulo decide, separa le scatole dal resto delle entità
- *jump a route scatole 1* – modulo route, questa effettua un trasferimento ad una stazione che si vedrà in seguito. Questo modulo non ha in sé nessuno scopo se non quello di trasferire in un'altra zona del modello una entità, in questo caso l'entità passante ricomparirà istantaneamente nell'area di smistamento scatole baie che sarà spiegata in seguito.
- *Stiva baia 1* – modulo di tipo hold. Qui sono stivate le entità, essere verranno rimosse dal treno al suo passaggio.

## **Magazzino verticale**

All'interno del sito sono presenti dei magazzini verticali operati da massimo 4 operatori contemporaneamente. Il materiale all'interno è diviso in pesante e leggero, gli operatori caricano il materiale sui vagoni del treno, ogni vagone è diviso in due piazzole, un treno può quindi contenere fino a 10 unità di spedizione. Nel caso le unità superino la soglia di peso prefissata per la movimentazione manuale si è obbligati ad utilizzare un pallet, in questo caso l'unità non segue più il flusso delle scatole ma segue un flusso più simili alle unità su pallet. Dai magazzini verticali vengono quindi prodotte scatole di piccola/media dimensione e unità su pallet.

### **Descrizione del sistema magazzino verticale**

Il sistema dei verticali si fonde con il sistema dei treni. La creazione delle uds (riempimento delle scatole) avviene direttamente sul treno in sosta tra i magazzini. Una volta portato a compimento il picking dalle baie uno degli operatori dei verticali aggancia una motrice e porta il treno nella zona di scarico, dove sarà preso in carico dagli operatori del reparto smistamento e processato. Vi sono quindi 2 zone di carico (pensati e leggeri) ed 1 zona di scarico.

### **Modello del sistema magazzino verticale**

Il sistema dei verticali risulta molto più complesso dal punto di vista delle risorse. Si è quindi optato per una procedura differente dalla baia, si avrà quindi una entità di servizio il cui compito effettivo sarà di impegnare le risorse per i tempi necessari funzionando quindi come orologio interno. Essendo la gestione dei treni e la gestione dei verticali vincolanti tra loro si è creato un unico sistema. Le due piazzole di sosta danno la possibilità di creare due treni contemporaneamente. Ma di scaricarne solo uno alla volta.

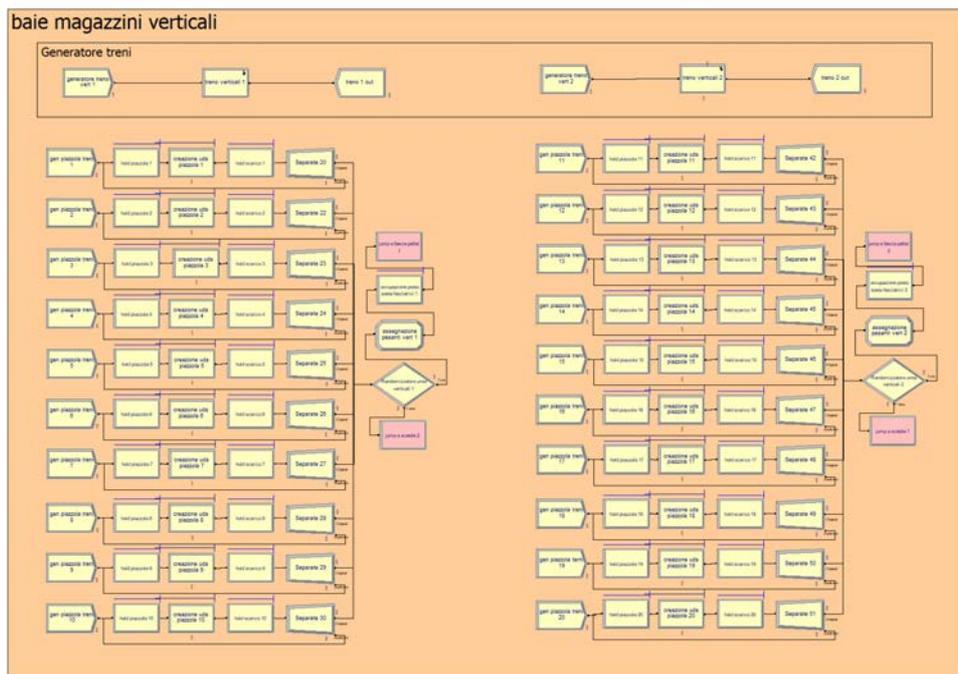


Figura 5 - Schema dei magazzini verticali

## Zona treni

I treni presenti sono 2, si avranno quindi 2 sistemi gemelli

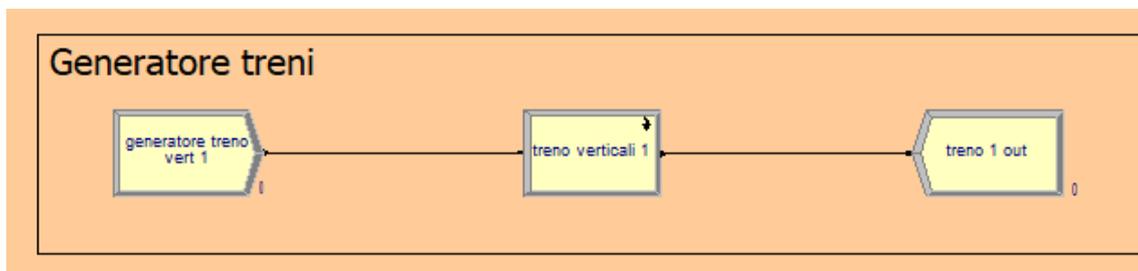


Figura 6 - Sistema di simulazione dei treni nei magazzini verticali

*Generatore treno vert 1* – modulo create, genera una entità di servizio il cui scopo verrà spiegato in seguito nell’analisi del submodel.

*Treno verticali 1* – modulo process, contiene subprocess

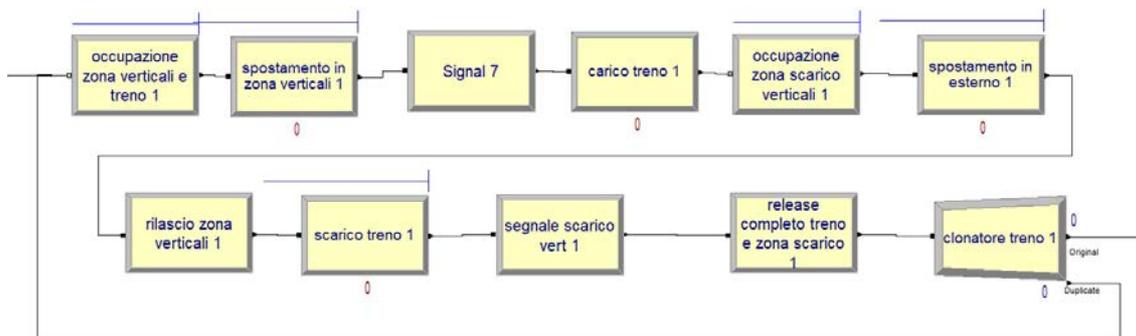


Figura 7 - Submodel di Treni verticali 1

l'entità generata dal generatore treni entra nel processo, essa simboleggia un treno.

Occupazione zona verticali e treno 1 – modulo tipo seize. Il compito di questo modulo è di impegnare in modo prolungato le risorse, l'entità potrà transitare oltre solo nel momento in cui verranno impegnate le risorse: treno (richiesta: 1 risorsa) e zona verticali (richiesta: 1 risorsa), queste saranno impegnate fino al transito dell'entità nelle celle di rilascio più avanti. Tramite questo modulo, limitando il numero di risorse al numero reale, si fa in modo di non poter caricare più treni dei treni disponibili e in più piazzole delle piazzole realmente disponibili.

- *Spostamento in zona verticali 1* – modulo tipo process, richiede 1 motrice (risorsa: motrice, disponibili 2) ed 1 operatore verticali (risorsa: op\_verticali, disponibili 4). E' il tempo necessario al treno per esser prelevato e messo in sosta nella piazzola di carico.
- *Segnale di inizio creazione uds 1* – modulo di tipo segnale, crea un segnale che dà il via alla creazione delle uds.
- *Carico treno 1* – modulo di tipo process, avrà la durata della creazione media del treno. L'effettivo processo di creazione delle unità verrà effettuato nella prossima subzona.
- *Occupazione zona scarico verticali 1* – modulo di tipo seize, in questa zona l'entità di servizio sequestra una risorsa zona di scarico (risorsa: zona\_scarico\_verticali, disponibili 1). Simula la condizione necessaria di avere la zona di scarico libera prima di poter spostare il treno.
- *Spostamento in esterno 1* – modulo process, effettivo spostamento del treno, la durata è uguale alla durata del trasferimento ed impegna 1 operatore verticali (risorsa: op\_verticali, disponibili 4) ed 1 motrice (risorsa: motrice, disponibili 2).

- *Rilascio zona verticali 1* – modulo release, al passaggio dell'entità di servizio la risorsa piazzola (risorsa: zona\_verticali, disponibili 2) precedentemente impegnata verrà liberata (1 piazzola in questo caso).
- *Scarico treno 1* – modulo process, richiede 1 operatore smistamento (risorsa: Operatore\_smistamento, disponibili 3) e simboleggia il tempo medio di scarico del treno.
- *Segnale scarico vert 1* – modulo signal, al passaggio dell'entità il modulo genera un segnale che sarà poi recepito da un modulo nella prossima subzona.
- *Release completo treno e zona di scarico 1* – modulo release, al passaggio verranno rilasciate le risorse treno e zona di scarico.
- *Clonatore treno 1* – modulo separate impostata come duplicatore. L'entità originale esce dal sistema mentre la duplicata ricomincia tutto il processo. Il compito di questo sistema è di evitare che vi siano più treni in lavorazione in contemporanea nella stessa linea.

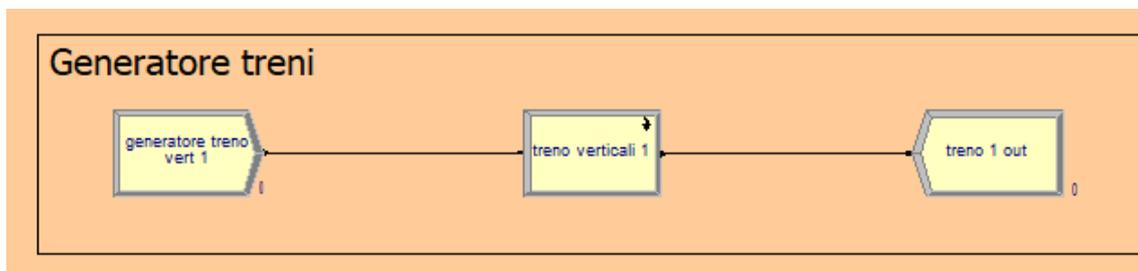


Figura 8 - Sistema di simulazione dei treni nei magazzini verticali

- *Treno 1 out* – modulo dispose, le entità di servizio escono dalla simulazione.

### Zona creazione UDS

La zona di creazione uds è la parte responsabile di creare le unità di spedizione. Il sistema è composto da dieci sistemi ripetuti per simulare le dieci piazzole. Il tutto poi è ulteriormente ripetuto per il secondo treno. Le piazzole del primo treno sono quindi

numerata da 1 a 10, quelle del secondo treno da 11 a 20. Verrà quindi spiegata solo la prima piazzola.



Figura 9 - Schema di simulazione di una piazzola dei magazzini verticali

- *Gen piazzola treni 1* – generatore di entità, genera solo 1 entità che diventerà poi una UDS
- *Hold piazzola 1* – modulo Hold, trattiene l'entità fino al segnale di arrivo del treno tra i verticali, in modo da non far cominciare la creazione dell'entità prima che ci sia il treno disponibile.
- *Creazione uds piazzola 1* – modulo process, utilizza una risorsa degli operatori verticali per la durata della creazione di una uds
- *Hold scarico 1* – modulo di tipo Hold, trattiene l'uds fino al segnale di scarico del treno. Questo serve bloccare il passaggio dell'entità fino alla movimentazione del treno
- *Clonatore piazzola 1* – tipo Separate, clona l'entità, l'originale proseguirà verso lo smistamento mentre il clone ripeterà il processo diventando l'entità originale.

Alla fine della baia vi è una zona comune a tutte le baie:

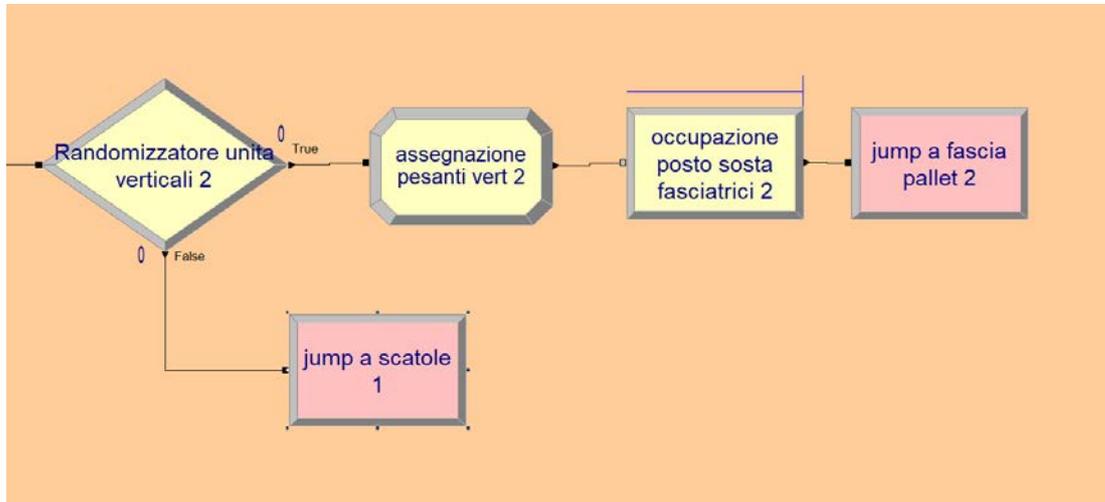


Figura 10 - zona comune post piazzole dei magazzini verticali

- *randomizzatore unità verticali 1* – modulo decide, in base alla probabilità divide le unità in pesanti (che seguiranno quindi una strada più simile alle unità su pallet) e leggere (che seguiranno un flusso simile alle scatole).
- *Assegnazione pesanti vert 2* – modulo assign, assegna la tipologia di UDS all'entità, in questo caso UDS creata nei magazzini verticali con peso superiore ai 25 kg.
- *Occupazione posto sosta fasciatrici* – modulo seize, occupa un posto in sosta alle fasciatrici.
- *jump a fascia pallet* – modulo stazione, invia i pallet alla parte di modello dedicata ai pallet.
- *jump a scatole* – modulo stazione, invia le scatole alla parte di modello dedicata alle scatole.

## Baia scarico interi

La vendita di unità intere è frequente negli ordini di grosse dimensioni. In questi casi quindi le unità di produzione non vengono modificate e si procede con l'invio diretto. Essendo la baia di picking una struttura più indirizzata verso la lavorazione delle unità si è preferito utilizzare come uscita una rulliera di scarico. Questo, oltre a diminuire il carico di lavoro delle baie, snellisce il flusso dei materiali. Ciò non toglie che in casi di necessità le baie possano trattare unità intere.

### Descrizione del sistema baia scarico interi

Il sistema è composto da due rulliere che possono ospitare fino a 12 unità su di esse. Possono essere trattati sia semilavorati che prodotti venduti.

Le operazioni compiute in questo reparto sono: scarico dalla rulliera tramite l'utilizzo di carrello frontale, etichettatura, eliminazione dei pallet in eccesso e stivaggio. I pallet in eccesso sono dovuti al magazzino automatico, questo è in grado di trattare solo pallet di dimensione standard 120 cm x 80 cm. In molte applicazioni sono però utilizzati pallet di dimensione 60 cm x 80 cm, questi necessitano di essere posizionati su di un pallet di dimensioni standard per essere movimentati nel magazzino automatico.

### Modello del sistema baia scarico interi

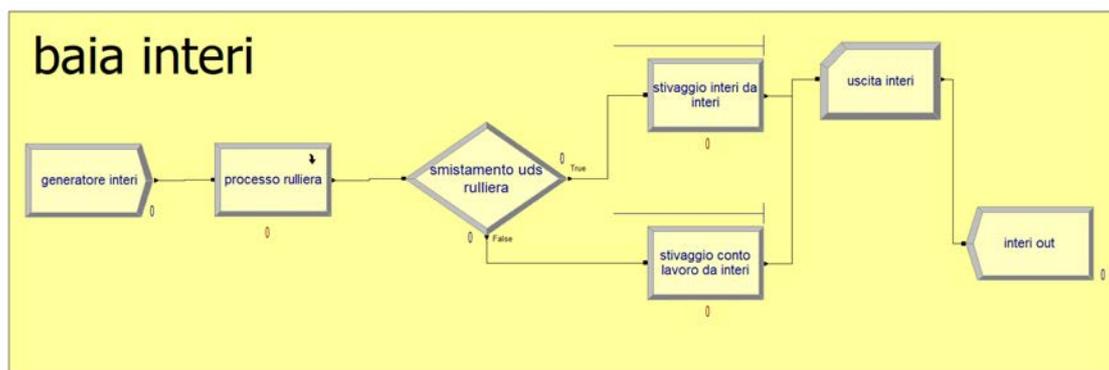


Figura 11 - Schema della baia di uscita interi del magazzino automatico

- *Generatore interi* – genera entità, la frequenza e la distribuzione è stata determinata tramite i dati storici del magazzino.
- *Processo rulliera* – processo composto da sotto processi, verrà trattato più avanti.

- *Smistamento UDS rulliera* – modulo decide, smista gli interi destinati alla vendita dal conto lavoro.
- *Stivaggio interi da interi* – modulo process, simula lo stivaggio da parte degli operatori, richiede 1 operatore fasciatura
- *Stivaggio conto lavoro da interi* – modulo process, simula lo stivaggio da parte degli operatori, richiede 1 operatore fasciatura
- *Interi out* – modulo dispose, uscita delle entità dalla simulazione.

Il sub process:

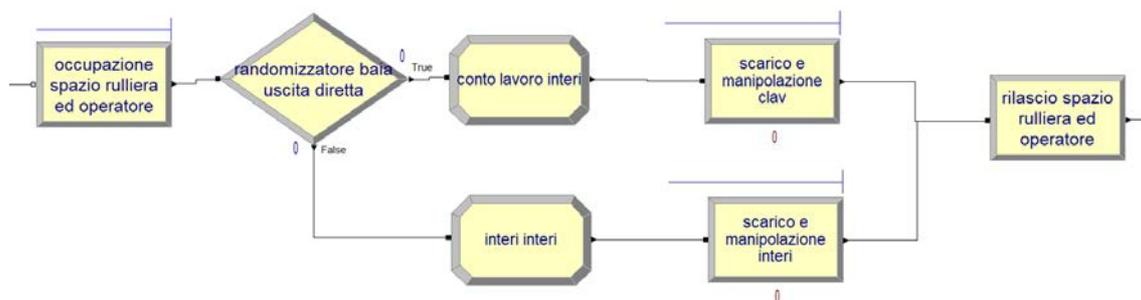


Figura 12 - Sotto modello della baia uscita interi

- *Occupazione spazio rulliera ed operatore* – modulo seize, sequestra uno spazio nella rulliera ed un operatore,
- *Randomizzatore baia uscita diretta* – modulo decide, in base alla probabilità divide le entità in entità di conto lavoro ed interi di vendita.
- *Conto lavoro interi* – modulo assign, cambia il tipo di entità passante in interi conto lavoro
- *interi interi* – modulo assign, cambia il tipo di entità passante in interi interi.
- *Scarico e manipolazione clav*– modulo di tipo process, tiene conto del tempo di scarico e di etichettatura delle unità di conto lavoro
- *Scarico e manipolazione interi* – modulo di tipo process, tiene conto del tempo di scarico e di etichettatura degli interi di vendita
- *Rilascio spazio rulliera ed operatore* – modulo di tipo release, rilascia le risorse operatore al termine dell'azione e lo spazio nella rulliera al termine dello scarico

## **Area smistamento**

L'area di smistamento è divisa in due zone, la prima in cui vengono lavorate le scatole provenienti dalle baie del magazzino automatico e dai magazzini verticali, la seconda in cui vengono lavorate le unità su pallet e le unità pesanti provenienti da magazzini verticali ed automatici. Gli interi, scaricati dalla baia uscita interi, vengono invece lavorati e stivati nello spazio antistante alla baia di uscita. Nell'area si eseguiranno le seguenti operazioni:

- Scatole provenienti da baie magazzino automatico:
  - Lettura codice tramite palmare
  - Pesatura
  - Dichiarazione dimensioni e peso
  - Stivaggio
  
- Scatole provenienti da magazzini verticali:
  - Lettura codice tramite palmare
  - Pesatura
  - Dichiarazione dimensioni e peso
  - Stampa e applicazione packing list
  - stivaggio
  
- Pallet provenienti da baie magazzino automatico:
  - Lettura codice tramite palmare
  - Pesatura
  - Dichiarazione peso e dimensioni
  - Fasciatura
  - Applicazione etichetta
  - Eventuale applicazione di ulteriori sistemi di fissaggio
  - stivaggio
  
- Pallet provenienti da magazzini verticali:
  - Lettura codice tramite palmare
  - Pesatura
  - Dichiarazione peso e dimensioni
  - Eventuale fasciatura
  - Applicazione etichetta
  - Stampa e applicazione packing list
  - Eventuale applicazione di ulteriori sistemi di fissaggio
  - Stivaggio

Gli operatori ed in mezzi dell'area smistamento possono essere gli stessi che si occupano di gestire l'uscita interi

- Interi da Baia uscita interi:
  - Scarico con utilizzo del carrello frontale
  - Stampa, lettura ed applicazione etichetta.
  - Eventuale dichiarazione peso
  - stivaggio

Nella spiegazione è stata volutamente omessa l'operazione di pick up dalle baie e la sua metodologia in quanto essa sarà il principale soggetto delle prossime analisi. Si lascia quindi la descrizione al prossimo capitolo.

Nel reparto lavorano mediamente 3 operatori, ognuno di loro segue il flusso delle UDS fino allo stivaggio. La divisione dei compiti sarà anch'essa oggetto di studio.

### Modello area smistamento

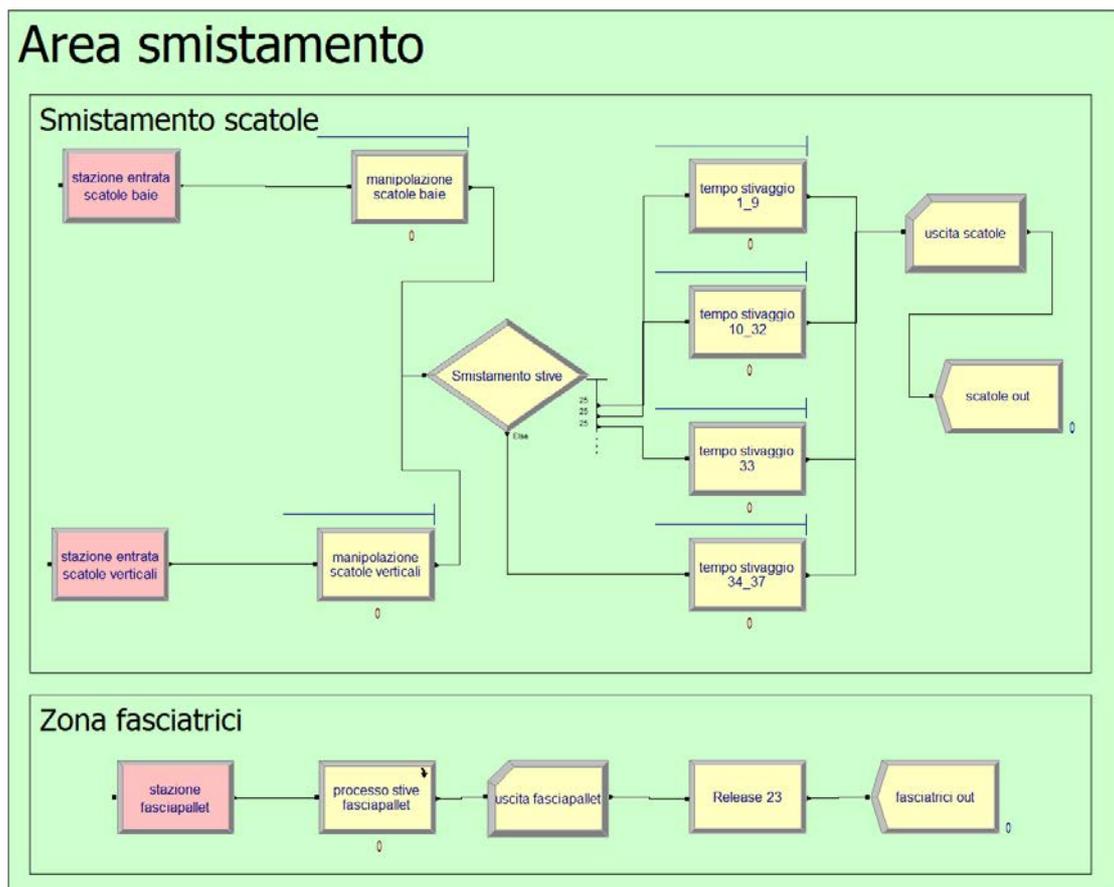


Figura 13 - modello reparto smistamento

- *Stazione entrata scatole baia* – modulo Station, modulo di servizio necessario per lo spostamento virtuale delle entità
- *Manipolazione scatole baia e manipolazione scatole verticali* – modulo process, simula tutti i processi di preparazione delle rispettive tipologie di UDS. Essendo le attività lievemente differenti sono stati rilevati i tempi in modo differenziato.
- *Smistamento stive* – modulo decide, le scatole vengono assegnate alle stive secondo la percentuale.
- *Tempo stivaggio 1\_9, tempo stivaggio 10\_32, tempo stivaggio 33, tempo stivaggio 34\_37* – modulo process simula il processo di stivaggio, è differenziato in base alla stiva da raggiungere.
- *Uscita scatole* – modulo count, conteggio delle scatole in uscita.
- *Scatole out* – modulo dispose, uscita dalla simulazione delle entità.

La zona fasciatrici sarà leggermente differente nello scenario a transpallet manuali, si descrive quindi la versione per treni automatici:

- *Stazione fascia pallet* – modulo stazione, modulo di arrivo entità
- *processo stive fasciapallet* – processo con subprocess

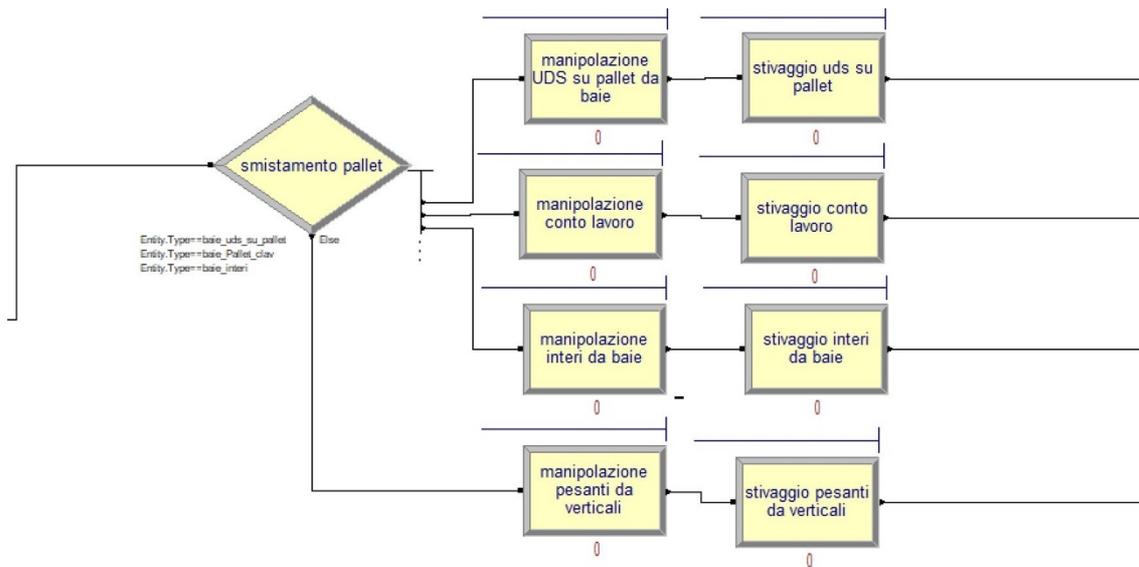


Figura 14 – subprocess del modulo stive fasciapallet

nel subprocess le UDS saranno smistate per avere una miglior rappresentazione data la diversa durata dei processi.

- *Smistamento pallet* – modulo decide, divide i diversi tipi di UDS
- *Manipolazione UDS su pallet da baie* – modulo process, simula il carico del pallet su fasciatrice, l’etichettatura, la pesatura, la fasciatura, l’applicazione di eventuale packing list e lo scarico a terra. Richiede l’utilizzo di una risorsa fasciapallet, di una risorsa operatore smistamento e di una risorsa carrello frontale.

Allo stesso modo il modulo manipolazione conto lavoro, interi da baie, pesanti da verticali.

- *Stivaggio uds su pallet* – modulo process, simula l’azione di stivaggio, richiede un operatore smistamento ed un muletto.

Allo stesso modo i moduli stivaggio conto lavoro, stivaggio interi da baie, stivaggio pesanti da verticali.

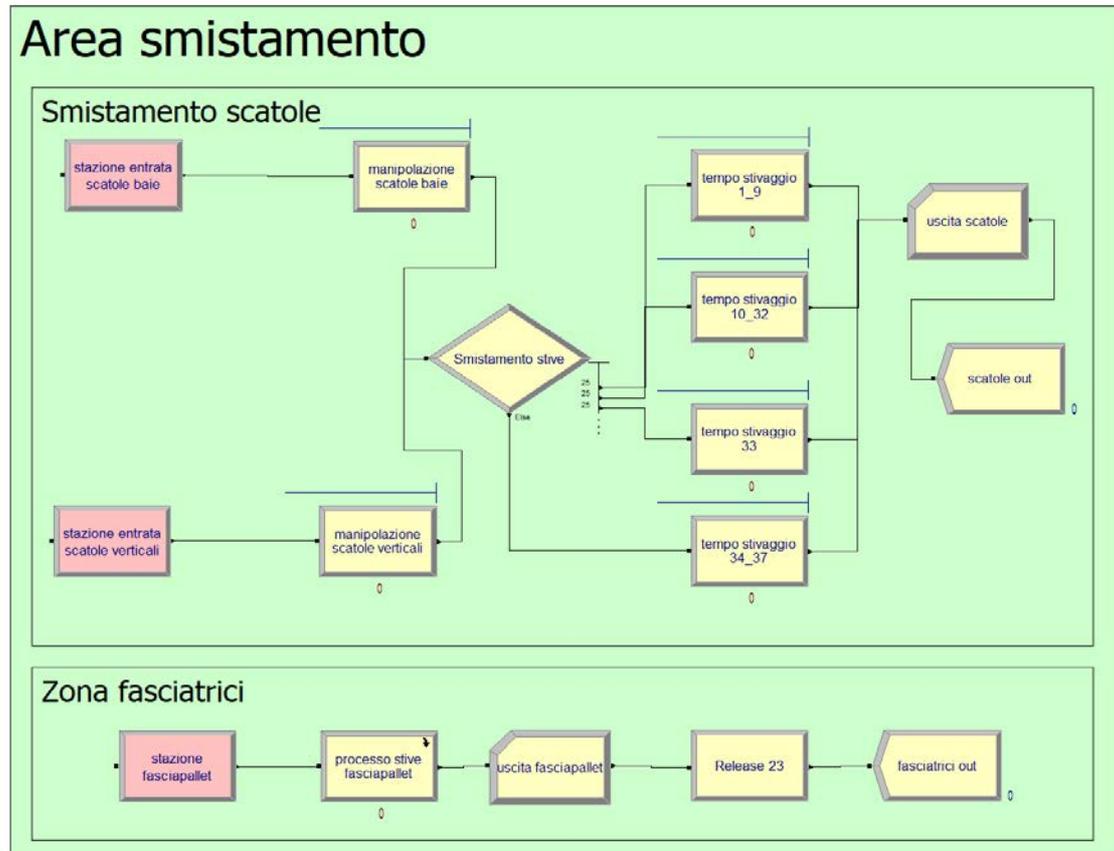


Figura 15 - Modella area smistamento

tornando allo schema generale, usciti dal subprocess si passa attraverso il modulo di conteggio *uscita fasciapallet*.

- *Release 23* – modulo release, rilascia un posto di sosta nella zona fasciatrici
- *Fasciatrici out* – modulo dispose, le entità escono dal sistema.

## **Logica del sistema.**

Le entità prodotte dal generatore della baia “generatore ordini” diventeranno UDS, il modulo produrrà solo tre entità (questo è stato deciso per contenere la quantità di entità presenti nella simulazione ed alleggerirne il calcolo) con effetto immediato all’inizio della simulazione. L’entità arriverà al subprocess “processo baia”, qua avverrà la prima differenziazione in base agli ingombri: come precedentemente descritto la quantità di pallet in sosta è limitato dalle dimensioni della baia, una baia ha a disposizione al massimo 3 posti di sosta. La divisione avviene per probabilità tramite la percentuale calcolata dai dati estratti dal sistema gestionale del magazzino automatico. Le UDS occupanti posti pallet passeranno al modulo di tipo seize “sequestro posto pallet e operatore 1”, il compito di questo modulo è di bloccare l’unità se non è disponibile l’operatore per la lavorazione ed occupare un posto pallet (modellizzati come risorse). Mentre il motivo dell’esistenza della risorsa “posto pallet” è stata giustificata precedentemente, la risorsa “operatore di baia” è utilizzata evitare che una baia possa processare due UDS contemporaneamente. Il proseguimento dell’entità (a cui non è stato ancora assegnato una tipologia di UDS) procederà occupando le risorse, rimanendo bloccata in caso di non disponibilità. Da qua passeranno al randomizzatore unità: in base alla probabilità percentuale verranno divise nelle diverse tipologie di UDS prodotte dalle baie, le percentuali sono state estratte trattando i dati storici del magazzino. I flussi (anche se divisi) seguono dei processi simili: prima avviene una associazione del tipo di UDS all’entità, il dato sarà quindi memorizzato e verrà utilizzato nei processi a seguire, dopodiché’ avviene l’effettiva lavorazione (modellata come un ritardo), le celle nominate “conteggio” sono celle di sistema necessarie alla raccolta di dati statistici di sistema. Il flusso delle scatole è simile, con la sola differenza che non sarà occupato un posto di sosta pallet. Le UDS scatole e le UDS su pallet si ricongiungono nel generatore di baia 1 il quale ha il compito di clonare le entità, i cloni (perfettamente identici alle entità) ricircoleranno nella baia simulando altre entità, mentre gli originali proseguiranno al modulo di rilascio risorsa operatore uscendo quindi dal subprocess. A questo punto verranno nuovamente divise scatole e UDS su pallet.

Da questo punto in poi lo schema è variabile tra gli scenari simulati, qui verrà descritto il caso dei treni automatici, le variazioni degli scenari differenti verranno descritte nei relativi capitoli.

Le scatole saranno inviate al sistema di smistamento scatole mentre le UDS su pallet proseguiranno verso l’occupazione delle risorse posto treno e di posto sosta. Posto treno simula il limitato numero di vagoni disponibile nel treno, mentre il posto sosta riguarda il massimo numero di UDS contenibili nell’area successiva (in tutte le simulazioni non si è mai riscontrato un rallentamento dovuto a questa risorsa) a risorse disponibili l’unità oltrepassa il modulo arrivando alla stiva baia, modulo in cui l’entità sarà bloccata fino al virtuale caricamento sul treno.

Purtroppo data la complessità del sistema non è stato possibile modellare il treno come un effettivo processo di trasferimento, i moduli di trasferimento nella versione di arena utilizzata non supportano le seguenti peculiarità del sistema reale:

- un vagone può ospitare 2 UDS provenienti dai magazzini verticali e 1 UDS dalle baie.
- Non è previsto l'utilizzo di 2 motrici e 3 treni

Si è quindi deciso di simulare il treno tramite il resource constrained transfer: il generatore treni produce 1 sola unità di servizio, questa con il suo passaggio ed il sistema di ritardo nel rilascio simulerà le azioni compiute regolando il flusso delle UDS. Il primo modulo è un hold, l'entità supererà il modulo solo nel caso vi sia almeno 1 UDS in attesa nelle stive (in modo da non far circolare a vuoto il treno. Segue un modulo seize che blocca le risorse: treno (inteso come assemblato di 5 vagoni) e motrice. Impegnate le risorse l'unità di servizio procederà verso una serie di moduli organizzati in modo identico per ogni baia, verrà quindi spiegato il procedimento della sola prima baia.

Il primo modulo è un modulo search che effettua un controllo della presenza di unità nella stiva. Il modulo presenta 2 uscite a fronte di un singolo ingresso, selezionabili tramite l'imposizione di condizioni: se è presente una UDS nella stiva baia associata il treno procede verso la rimozione e la simulazione, altrimenti procede direttamente verso la prossima baia. Se è presente una unità (ramo found) il treno procede verso un modulo "remove", al passaggio dell'unità di servizio, l'UDS viene rimossa dalla stiva della baia, l'UDS procede nel ramo "remove entity" mentre l'unità di servizio procede alla simulazione del carico treno baia 1 (simulato come delay nel passaggio del treno). Si nota che non è utilizzata alcuna risorsa nel carico del treno, nella realtà questo passaggio impegna l'operatore di baia, al passaggio del treno l'operatore sospende l'operazione di picking/creazione delle unità e procede al caricamento sul treno delle unità in sosta, riprendendo il picking al termine di quest'ultima. La sospensione temporanea di una attività a favore di altre attività urgenti non è una logica supportata dal sistema, per garantire la simulazione del carico condotto dall'operatore di picking è stato aggiunto il tempo di carico alla creazione dell'unità: supponendo che ogni UDS movimentata dal treno sarà caricata sui vagoni è stato sommato al tempo di creazione UDS il tempo di caricamento sul treno (solo per gli scenari in cui avviene il caricamento su vagone).

Simulato il ritardo l'entità di servizio treno procederà verso la successiva baia. L'uds invece passa attraverso un modulo release che rilascia il posto treno occupato precedentemente ed il posto pallet di sosta in baia. Successivamente attendono l'arrivo del treno nella zona di scarico. All'arrivo del segnale (modulo hold) le UDS procedono verso la simulazione dello scarico (che prevede l'utilizzo dell'operatore di smistamento e del carrello frontale. A scarico avvenuto le UDS passeranno all'area smistamento.

L'entità di simulazione del treno invece al termine delle baie procede verso il modulo "tempo giro" che simula il tempo necessario alla motrice per compiere un giro senza sosta. Da qui verso un modulo seize che occupa la zona di scarico e il modulo segnale presenza in zona scarico che lancia il segnale necessario alla simulazione dello scarico del treno (necessario al modulo "attesa arrivo treno" per rilasciare le UDS in attesa). Da

questo momento si rilasciano le risorse motrice ed operatore, il modulo delay 1 un ritardo influente ai risultati della simulazione (0.01 s) il cui scopo è di permettere un aggiornamento dell'orologio interno del programma.

Il motivo che rende necessario questo ritardo è spiegabile tramite un esempio: suppongo di avere un sistema con due linee indipendenti, entrambe composte da 2 processi posti in serie ciascuna. Suppongo inoltre che nelle due linee siano presenti due entità nel primo processo di ciascuna linea e che questi due processi terminino esattamente nello stesso istante. Le entità giungeranno al prossimo processo sempre nello stesso istante, il programma però aggiorna lo stato in modo sequenziale per ogni entità, assegnando quindi comunque un ordine alle azioni. Nel caso vi siano delle interazioni (segnali, calcoli, valutazioni) tra le due linee questo può essere problematico: tornando all'applicazione nel caso del treno si ha che l'entità di simulazione del treno potrebbe arrivare nel modulo "attesa scarico treno" prima che le UDS passino da "attesa arrivo treno", il cui compito è di simulare l'attesa di arrivo nella zona di scarico del treno, al modulo "scarico treno". Il modulo "attesa scarico treno" prevede il passaggio dell'entità di servizio solo nel caso in cui la coda del processo "scarico treno" sia completamente vuota (questo simula l'impossibilità di usare i vagoni prima che essi vengano scaricati). Se non ci fosse il modulo "delay" si incorrerebbe nel caso in cui l'entità treno potrebbe arrivare al modulo attesa scarico prima dell'arrivo delle entità uds nel modulo scarico treno, questo provocherebbe una falsa risposta positiva del controllo della coda (che conterebbe 0 UDS) mentre nella realtà sono ancora presenti, bloccando quindi il sistema. Il ritardo porta ad assicurare il corretto ordine di arrivo.

Scaricate le unità si rilasciano le risorse zona di scarico e treno, da qui l'entità treno viene riportata all'inizio del ciclo.

La baia di uscita interi è invece un ciclo le cui UDS non si mischiano con le precedenti, esse seguono un flusso proprio da baia a stiva. La simulazione della baia di uscita interi è quindi più semplice, la sua implementazione nel modello è utilizzata, oltre che per completezza di questo, per simulare l'impiego degli operatori nei vari scenari.

Le entità prodotte da questa baia sono quindi divise, in base alla percentuale riscontrata dai dati di sistema, tra unità destinate alla vendita ed unità di conto lavoro, in base alla loro natura subiscono dei processi differenti. Per rispecchiare il processo reale sono state divise le operazioni di scarico e di stivaggio. L'operatore infatti solitamente scarica più UDS, depositandole momentaneamente nell'area adiacente alla baia per poi compiere lo stivaggio. Questo nonostante possa sembrare una perdita di tempo porta alla possibilità di stivare più unità contemporaneamente, la simulazione usa quindi dei tempi medi per UDS, questo aiuta ad avere un risultato più veritiero in quanto include anche tempi di attività accessorie, come la sistemazione e lo stoccaggio di pallet non inviabili, l'eliminazione di pallet danneggiati o non conformi e l'eventuale riconferma del peso.

La simulazione dei magazzini verticali si basa sempre sul resource constrained transfer ed è divisa in due parti, una parte che simula la fase di picking da parte degli operatori, l'altra che si occupa del sequestro delle risorse necessarie al compimento della stessa. Queste si fondono, utilizzando il treno come orologio.

Si nota dalle immagini che il sistema è composto da due sistemi gemelli, questi simulano 4 magazzini verticali il cui funzionamento è accoppiato. Ogni treno presenta le 10 piazzole descritte in precedenza.

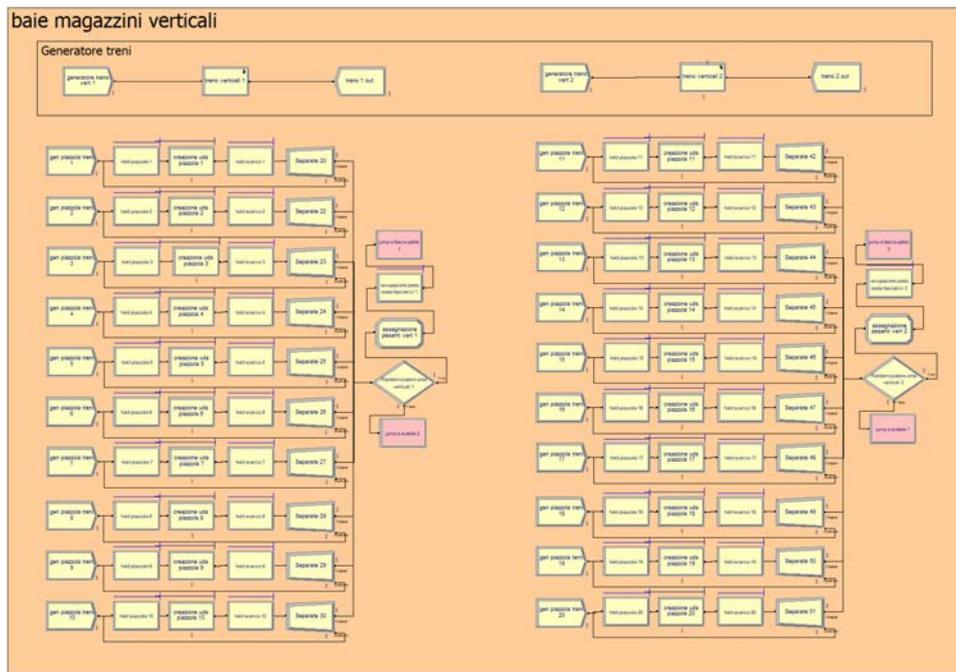


Figura 16 - modello magazzini verticali

Analizzando il flusso di una UDS: il generatore crea l'UDS, procede verso il modulo "hold piazzola X". Questo modulo trattiene l'UDS fino al segnale di arrivo del treno, senza di essa il flusso arriverebbe direttamente alla creazione UDS procedendo alla lavorazione anche in assenza del treno, cosa ovviamente non possibile. Crea l'UDS, utilizzando la risorsa operatore, questa procede all'hold scarico, rilasciando l'operatore per creare altre UDS, che trattiene l'uds dal procedere fino allo spostamento del treno. Dopodiché si clona l'UDS per ricominciare il ciclo. Si procede quindi tramite percentuale a differenziare le UDS il cui peso supera i 25kg dalle UDS con peso inferiore. Questo cambia la destinazione, le inferiori verranno trattate come scatole, mentre le superiori saranno trattate come UDS su pallet.

Il treno invece si genera ed entra nel suo subprocess:

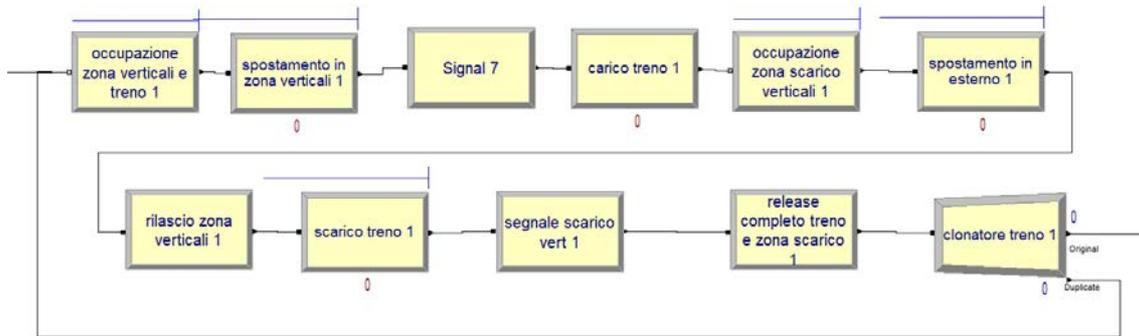


Figura 17 - subprocess treno verticali

questo prima di poter procedere deve occupare la zona di sosta nei verticali, segue uno spostamento fisico con l'utilizzo delle giuste risorse. A fine spostamento si genera un segnale che permetterà alle UDS di procedere verso la lavorazione effettiva. Il carico treno ferma l'entità per il tempo medio di creazione del treno.

Procedendo si passa all'occupazione della zona di scarico ed allo spostamento effettivo. Si rilascia quindi la zona di sosta tra i magazzini verticali ed avviene lo scarico del treno. A fine scarico si invia il segnale di scarico che prevede la per rilasciare le piazzole ed avviene il rilascio di tutte le risorse utilizzate. Si clona quindi l'entità per ricominciare il ciclo.

Tutte le UDS, tranne gli interi provenienti dalla baia di uscita interi, arrivano alla zona di smistamento. I processi sono leggermente differenti in base alla natura delle UDS, il flusso diventa relativamente semplice, questo viene differenziato in base alle lavorazioni necessarie utilizzando le risorse corrette fino allo stivaggio e all'uscita dalla simulazione.

Si nota che il sistema di simulazione del treno passante per le baie ed il sistema di simulazione del treno dei magazzini verticali è, tranne che per le risorse utilizzate, completamente indipendente. Questo risulterà particolarmente conveniente nella simulazione dei diversi scenari come si vedrà in seguito.



## Capitolo 3. Scenari simulati

People often study a system to measure its performance, improve its operation, or design it if it doesn't exist. Managers or controller of a system might also like to have a readily available aid for day-to-day operations, like help in deciding what to do in a factory if an important machine goes down.

W. David Kelton, Simulation with Arena, 6<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill

Il modello creato per analizzare il sistema attuale è volutamente flessibile per permettere l'adattamento e la simulazione di diversi scenari. Essendo già a conoscenza delle richieste, alcuni comparti sono stati modellati in modo da poter essere riutilizzati. Tramite il confronto degli scenari si potrà scegliere la miglior soluzione in modo da poter avvicinarsi alla gestione ottimale del reparto.

### Sistema Attuale

Il sistema attuale prevede l'utilizzo di diversi tipi di movimentazione. Per le movimentazioni di UDS provenienti dai magazzini verticali si utilizzano i treni. Le unità vengono create direttamente a bordo dei vagoni, ogni vagone è virtualmente diviso in due piazzole, tra i magazzini possono sostare 2 treni ospitando fino a 10 vagoni. Le UDS generate dai magazzini verticali si possono dividere in 2 categorie in base al peso:

- inferiori a 25kg
- superiori a 25kg

questa distinzione ha fondamento legale, le UDS al di sotto dei 25kg possono essere movimentate a mano senza bisogno supporti (carrelli frontali, manipolatori, transpallet etc.).

Le UDS inferiori ai 25kg seguiranno il flusso prettamente manuale, una volta completate dal magazzino verticale esse verranno trasportate tramite il treno sul quale sono posate fino alla zona di preparazione e smistamento. Giunte nella posizione di sosta verranno prelevate dal treno e riunite su di un carrello per essere avvicinate alla stazione di pesatura, tramite dei palmari si dichiarano pesi e dimensioni delle scatole. Le stive sono divise in 4 gruppi sulla base della vicinanza geometrica, si smistano quindi le scatole in base alla posizione che occuperanno. L'operatore quindi procede a trasportare un raggruppamento di scatole (variabile in base alle dimensioni) verso le stive, chiudendo il processo di smistamento. Da questo punto l'operatività di passerà al reparto di spedizioni.

Le UDS superiori a 25kg devono invece essere movimentate con un transpallet o un carrello elevatore. Il treno al posto di fermarsi nella zona di smistamento delle scatole si fermerà in una zona più vicina alle fasce pallet. Qua saranno scaricate dall'operatore e

pesate sulle fasce pallet. Dopo la lettura tramite palmare e l'etichettatura si stivano usando sempre il carrello. Giunte alla stiva passano sotto la competenza del reparto spedizioni.

Le UDS provenienti dalle baie possono sempre essere in forma di pallet o di scatole, in questo caso i pallet possono raggiungere anche grandi dimensioni e pesi importanti.

Le scatole una volta prodotte dalle baie vengono raggruppate in una zona comune, nel momento in cui un numero consistente di scatole è stato raggruppato l'operatore tramite l'utilizzo di transpallet procede a recuperare le scatole e a portarle verso la zona di smistamento. Si procederà quindi con la pesatura, la dichiarazione dei dati necessari e l'applicazione delle etichette. Dopo di che' si uniscono alle scatole provenienti dai magazzini verticali sulle zone di stivatura e subiscono lo stesso processo.

Le UDS su pallet una volta prodotte vengono invece lasciate di fronte alle baie di picking, gli operatori procederanno al recupero tramite transpallet e al trasporto fino alla zona della fascia pallet. Qua avverranno le operazioni di fasciatura, rilevazione dati e dichiarazione attraverso palmare ed applicazione etichette. Poi, con l'utilizzo del carrello, avverrà la stivatura.

A queste UDS, sia essere provenienti dai magazzini verticali che dal magazzino automatico, andrebbero aggiunte anche le UDS destinate a lavorazioni, movimentazioni interne e lavorazione a conto terzi. L'operatività è simile, cambia però la quantità di informazioni da dichiarare e le stive in cui sosterranno al termine della procedura.

Le UDS provenienti dalla baia uscita interi del magazzino automatico salvo casi particolari non necessitano di pesatura, l'operazione di scarico avviene tramite l'utilizzo del carrello elevatore. L'etichettatura avviene direttamente nella zona di scarico, dopodiché procedono verso la stivatura.

Anche in questo caso vi è la distinzione tra UDS destinate alla vendita e UDS destinate alla lavorazione.

La suddivisione dei lavori può essere schematizzata secondo le seguenti tabelle:

| <b>Scatole</b>        |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| Guida treno           | operatore verticali            |
| Scarico treno         | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| pesatura              | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |

| <b>UDS su pallet</b>  |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| Pick up transpallet   | operatore preparazione UDS     |
| fasciatura            | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| pesatura              | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |

| <b>Interi</b>         |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| scarico baia          | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |

### **Modellazione del sistema attuale**

La peculiarità nel modello del sistema attuale sta nell'utilizzo dei transpallet per il trasporto delle UDS dalle baie alla zona di smistamento. Il sistema è in grado di gestire questo tipo di movimentazione tramite i moduli di trasferimento avanzati, mentre per i magazzini verticali verrà utilizzato lo stesso metodo usato precedentemente.

La modifica più evidente è l'eliminazione del sistema treno dal modello, questo infatti diventa inutile ai fini della simulazione. Il sistema di simulazione del treno destinato alle baie ed il sistema di simulazione del treno destinato ai treni verticali è di fatti completamente indipendente. È bastato quindi eliminare i moduli coinvolti per destinare i treni al solo utilizzo per i magazzini verticali.

L'implementazione sul modello avviene tramite la modifica di baie e di zona di smistamento, come nel caso precedentemente descritto verrà mostrata una sola baia:

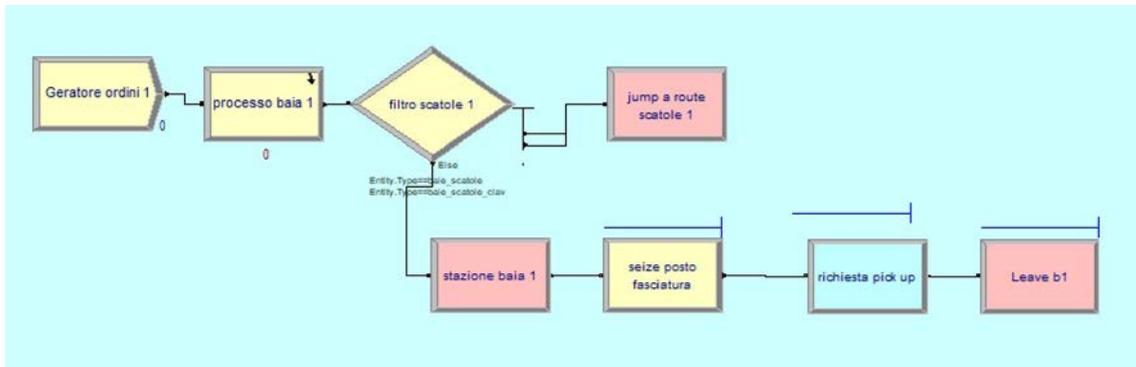


Figura 18 – Modello baie nel sistema attuale

il processo e le scatole seguono lo stesso iter, mentre le UDS destinate alle fasciatrici seguono un flusso dedicato.

- *Stazione baia 1* – modulo stazione, ha la funzione di dichiarare la posizione del modulo
- *Seize posto fasciatura* – modulo seize, sequestra un posto in zona fasciatura prima di essere trasferito.
- *Richiesta di pick up* – modulo request transfer, il modulo ha la funzione di richiedere ed impegnare un mezzo di trasporto.
- *Leave b1* – modulo leave, zona di stazionamento di una entità fino all'attesa del pick up. Il modulo leave prevede sia un delay a simulazione del caricamento, sia l'utilizzo di una risorsa, in questo caso un operatore smistamento.

È stata aggiunta un campo alle entità prodotte che tiene traccia della baia di provenienza. Questo servirà più avanti nella zona fasciatrici.

Lato fasciatrici invece è stato necessario implementare le seguenti modifiche.

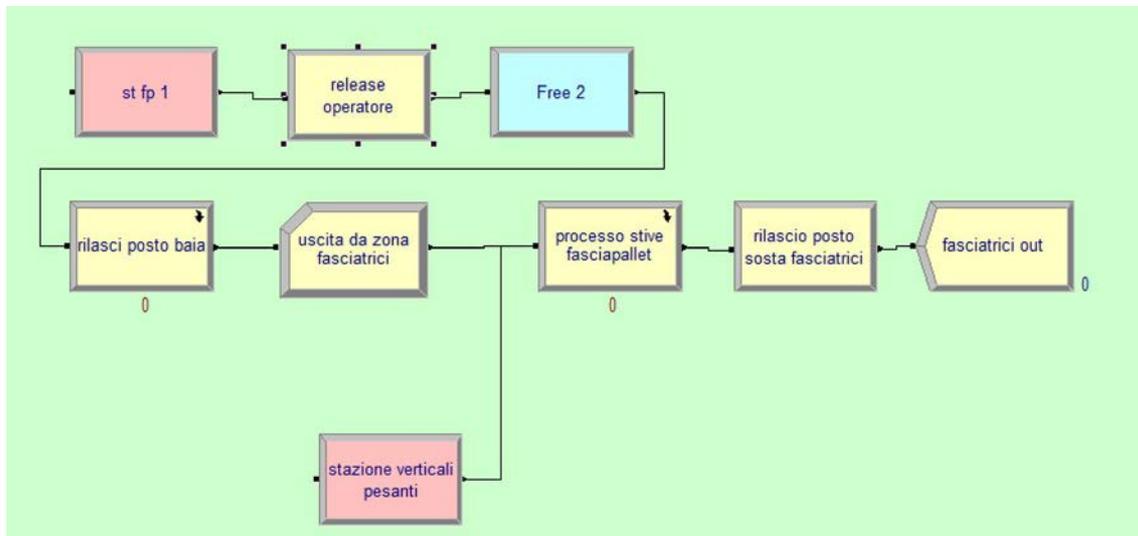


Figura 19 - modello fasciatrici nel sistema attuale

- *st fp 1* – modulo stazione, per attuare il modello è stato necessario utilizzare una diversa tipologia di stazione.

Tra il modulo leave b1 e la stazione st fp 1 avviene l'effettivo trasferimento dell'entità. La posizione dell'entità passante per la stazione stazione baia 1 ha dichiarato la sua posizione. La distanza tra questa e la stazione stazione st fp 1 è stata mappata ed inserita nel sistema. Anche i dati di velocità, accelerazione e decelerazione del transpallet sono stati inseriti nel programma. Questo sarà quindi in grado di calcolare autonomamente il tempo necessario per il tragitto. Oltre a queste informazioni è necessario dichiarare il numero di mezzi di trasporto, questi saranno impegnati durante il trasporto e al termine necessiteranno di rilascio con un comportamento simile alle risorse.

- *Release operatore* – modulo release, rilascia l'operatore smistamento dopo il trasporto.
- *Free 2* – modulo free, rilascia il trasporto
- *Rilascio posto baia* – modulo di tipo process nidificato

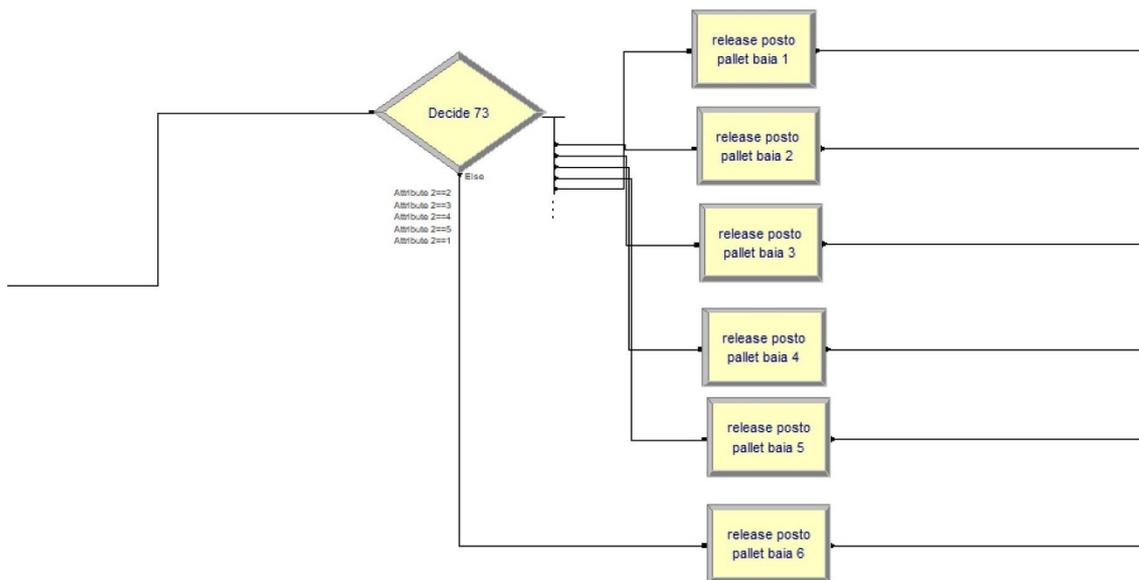


Figura 20 - Subprocess Rilascio posto baia

il modulo *decide 73* divide le entità in base alla baia di proveniente, il che giustifica il motivo per il quale si è precedentemente associata ad ogni entità questa informazione.

I moduli release invece rilasceranno il posto pallet baia precedentemente occupato al momento della generazione dell'uds. Tornando al modello precedente, le entità proseguiranno verso il conteggio, unendosi poi al flusso in arrivo dai magazzini verticali.

Da questo punto il processo è del tutto simile al processo descritto in precedenza.

### Sistema con treni a guida manuale

Nel secondo caso si utilizza la stessa tipologia di treno utilizzata in precedenza nei verticali per recuperare le unità alle baie di picking del magazzino automatico, con la differenza di poter ospitare al massimo 5 unità prodotte dalle baie.

Questo è dovuto alle dimensioni del vagone, in grado di ospitare un solo pallet di dimensioni standard 120 cm x 80 cm, portando a 5 posti (come il numero dei vagoni presenti in un treno) il valore precedente di 10 posti. Le unità prodotte dai magazzini verticali sono mediamente di piccole dimensioni, in larga parte scatole sotto i 25kg. I magazzini automatici possono invece produrre pallet di peso superiore ai 300kg, gli ingombri volumetrici saranno di conseguenza superiori e obbligheranno l'uso dell'intero

vagone. Le scatole provenienti dalle baie invece non saranno comunque trasportate via treno, utilizzeranno un transpallet come nel metodo precedentemente descritto.

La movimentazione del treno avviene su chiamata, al momento del termine di una UDS destinata al treno l'operatore di baia invia un segnale di chiamata del treno. Al raggiungimento del terzo segnale l'operatore di smistamento procede al passaggio con il treno.

I 3 segnali sono scelti per evitare un passaggio troppo frequente del treno ed un conseguente innalzamento del carico di lavoro dell'operatore di smistamento, in più la capienza di una singola baia in termini di UDS massime è 3. Oltre a questo numero la baia non è più in grado di ospitare pallet a terra, l'operatore sarà quindi costretto ad attendere il passaggio del treno per creare spazio di lavoro. Questa condizione è considerata critica in quanto provoca un rallentamento del magazzino automatico. Nella simulazione del sistema attuale non è stata considerata questa casistica in quanto l'assenza dello spazio riservato al percorso del treno porta ad un aumento dello spazio destinabile alla sosta delle UDS, l'assenza di queste dà la possibilità di aumentare il numero di UDS stivabili a terra; inoltre il sistema attuale (mix transpallet elettrico – treno) non ha mai generato problemi di blocco baia durante il periodo di osservazione.

La suddivisione dei lavori può essere schematizzata secondo le seguenti tabelle:

| <b>Scatole da verticali</b> |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>               | <b>operatore di competenza</b> |
| Guida treno                 | operatore verticali            |
| Scarico treno               | operatore preparazione UDS     |
| lettura                     | operatore preparazione UDS     |
| pesatura                    | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing       | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio                   | operatore preparazione UDS     |

| <b>UDS su pallet</b>  |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| Caricamento su treno  | operatore baie                 |
| Guida treno           | Operatore preparazione UDS     |
| fasciatura            | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| pesatura              | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |



- *Hold 1* – modulo hold, rilascia l'entità treno solo nel momento in cui vi siano almeno 3 unità in attesa nelle baie.
- *Presenza risorse* – modulo seize, sequestra le risorse necessarie (i vagoni, l'operatore e la motrice)

Segue una serie di moduli uguali per ogni baia, verranno quindi descritti il flusso della sola prima baia.

- *Check baia 1* – modulo search, verifica la presenza di UDS nella stiva della baia associata, nel caso positivo il modulo segue il flusso denominato "found", altrimenti "not found"

Nel caso "not found" non vi sono UDS in attesa di essere ritirate nella baia, il treno procede quindi verso la baia successiva.

Nel caso "found" vi sono UDS in attesa:

- *remove baia 1* – modulo remove, al passaggio del treno l'UDS in sosta viene rimossa dalla stiva baia, il treno procederà sul ramo "original", mentre l'UDS rimossa compare sul flusso "removed entity"
- *carico treno baia 1* – modulo process, ferma il treno durante il processo di carico
- *rilascio posto pallet baia e posto treno 1* – modulo release, il passaggio della UDS rilascia il posto pallet baia ed il posto treno

il treno quindi procede verso:

- *tempo giro* – modulo process, tempo necessario al treno a compiere un giro completo senza fermate
- *occupazione zona di scarico* – modulo seize, simulazione di eventuale traffico, attende di avere una piazzola di scarico libera

da questo punto vi sono una serie di interazioni tra treno e uds, le uds sono in questo momento in:

- *arrivo treno* – modulo hold, attende il segnale di arrivo del treno nella zona di scarico, il quale arriva nel momento in cui il treno passa per il modulo:
- *segnale presenza in zona scarico* – modulo signal, al passaggio genera il segnale

il treno passa quindi attraverso il modulo di rilascio di risorse:

- *rilascio motrice ed operatore* – modulo release, rilascia la motrice ed operatore
- *delay* – modulo delay, rallenta il treno per aggiornare il tempo di percorrenza dell'uds (spiegato più avanti)
- *attesa scarico treno* – modulo hold, attende che il processo di scarico treno sia terminato
- *rilascio zona scarico e treno* – modulo release, rilascia le risorse
- *route* – modulo route, riporta il treno all'inizio del ciclo

contemporaneamente l'uds, all'arrivo del treno in zona scarico riceve il segnale e procede verso lo scarico treno, questo avviene nello stesso momento in cui il treno si sposta verso il la modulo hold di attesa scarico treno. Il modulo attesa scarico treno utilizza come condizione il numero di UDS in attesa al processo scarico del treno, quando la coda è pari a zero il processo di scarico è terminato ed il treno può considerarsi sbloccato. La concomitanza dei passaggi di treno e di uds genera però un errore logico dovuto all'aggiornamento dell'orologio interno del programma, il treno arriva nel modulo di attesa scarico prima che le UDS arrivino nel modulo di scarico treno, provocando una falsa risposta affermativa allo scan delle condizioni di coda=0. Questo è stato ovviato tramite l'inserimento di un modulo delay di  $t=0.01s$  il quale risulta completamente trasparente alla simulazione, il delay del treno è contenuto nello scarico della prima unità non provocando alcuna differenza numerica sui risultati.

Si nota quindi che il modello treno nonostante il sistema risulti poco intuibile simula la milk run nel modo corretto:

- si attiva solo nel caso vi siano 3 UDS in attesa
- simula il tempo di carico per i soli stop necessari
- compie il giro completo nel tempo prestabilito
- simula il tempo di scarico delle sole uds effettivamente caricate

## Sistema treni automatici

L'ultimo sistema considerato simula l'utilizzo di un sistema automatizzato per la guida del treno. Il flusso avverrebbe in modo analogo al sistema di treni manuali con la differenza che la movimentazione non graverebbe più sugli operatori del reparto, sarà quindi possibile lanciare più frequentemente il treno.

Il treno potrebbe circolare anche per il recupero di una sola UDS e sarebbe composto dallo stesso numero di vagoni del caso manuale. Si ipotizza infatti una conversione della sola motrice. Si immaginano le performance in termini di velocità e accelerazione simili al sistema a guida manuale. Questo porterà ad un aumento delle UDS in uscita dovuto al minor carico di lavoro degli operatori.

Il sistema di funzionamento e la sua implementazione sarà del tutto simile al caso del treno manuale e la schematizzazione risulterà molto simile a quella della soluzione del treno manuale.

| <b>Scatole da verticali</b> |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>               | <b>operatore di competenza</b> |
| Guida treno                 | operatore verticali            |
| Scarico treno               | operatore preparazione UDS     |
| lettura                     | operatore preparazione UDS     |
| pesatura                    | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing       | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio                   | operatore preparazione UDS     |

| <b>UDS su pallet</b>  |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| Caricamento su treno  | operatore baie                 |
| Guida treno           | Operatore preparazione UDS     |
| fasciatura            | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| pesatura              | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |

| <b>Interi</b>         |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| <b>azione</b>         | <b>operatore di competenza</b> |
| scarico baia          | operatore preparazione UDS     |
| lettura               | operatore preparazione UDS     |
| etichettatura/packing | operatore preparazione UDS     |
| stivaggio             | operatore preparazione UDS     |



## **Capitolo 4. Rilevazione tempi e trattamento dei dati**

I tempi utilizzati nei moduli sono stati rilevati cronometricamente. Si è cercato di ottenere una campionatura sufficientemente elevata per ottenere dei dati rilevanti, in ogni sezione si spiega come si è ottenuto il risultato e quali azioni sono comprese nella rilevazione. I tempi riguardanti magazzini verticali e magazzini automatici sono stati ricavati dal sistema informatico, essi non saranno quindi presenti nella seguente trattazione.

### **Baia interi**

i tempi ricavati per la baia interi sono:

- Scarico ed etichettatura interi conto lavoro
- Stivaggio interi conto lavoro
- Scarico ed etichettatura interi vendita
- Stivaggio interi vendita

## Scarico ed etichettatura interi conto lavoro

Ha come inizio l'istante in cui l'operatore sale sul carrello frontale per lo scarico delle UDS, comprende tutte le letture del palmare e l'etichettatura terminando nel momento in cui l'operatore risale sul carrello frontale per cominciare lo stivaggio delle stesse. Quest'ultima parte sarà compresa nel tempo di stivaggio interi conto lavoro. L'attività non è svolta in modo separato per ogni UDS, l'operatore per velocizzare i tempi raggruppa più UDS. Nel tempo rilevato sono comprese attività accessorie come lo smaltimento dei pallet non conformi e lo smaltimento di pallet doppi.

| UDS | Tempo [s] | tempo a uds [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 14  | 1239.45   | 88.53214286     |
| 19  | 896.44    | 47.18105263     |
| 4   | 263.76    | 65.94           |
| 11  | 487.24    | 44.29454545     |
| 14  | 675.03    | 48.21642857     |
| 13  | 783.49    | 60.26846154     |
| 12  | 742.78    | 61.89833333     |
| 6   | 341.34    | 56.89           |
| 11  | 648.24    | 58.93090909     |
| 9   | 523.09    | 58.12111111     |
| 15  | 872.56    | 58.17066667     |
| 13  | 721.32    | 55.48615385     |
| 13  | 758.83    | 58.37153846     |
| 14  | 843.1     | 60.22142857     |
| 12  | 782.67    | 65.2225         |
| 9   | 531.98    | 59.10888889     |
| 8   | 479.73    | 59.96625        |
| 9   | 538.68    | 59.85333333     |
| 7   | 407.87    | 58.26714286     |
| 11  | 612.86    | 55.71454545     |
| 14  | 832.56    | 59.46857143     |
| 21  | 1208.98   | 57.57047619     |
| 14  | 794.65    | 56.76071429     |
| 18  | 1067.98   | 59.33222222     |
| 9   | 534.75    | 59.41666667     |
| 18  | 1076.48   | 59.80444444     |
| 9   | 489.67    | 54.40777778     |
| 12  | 702.48    | 58.54           |
| 11  | 647.58    | 58.87090909     |
| 10  | 602.84    | 60.284          |
| 10  | 573.45    | 57.345          |
| 18  | 1078.57   | 59.92055556     |
| 13  | 754.37    | 58.02846154     |

## Stivaggio interi conto lavoro

Comprende dal momento in cui l'operatore sale sul carrello frontale al momento in cui comincia l'operatore torna nella zona della baia interi. Il trasporto può avvenire per più UDS contemporaneamente in base alla loro impilabilità, il tempo è generico e comprende interi gruppi di UDS.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 2   | 121.31    | 60.655555       |
| 3   | 156.34    | 52.11333333     |
| 3   | 86.6      | 28.86666667     |
| 3   | 85.2      | 28.4            |
| 1   | 52.97     | 52.97           |
| 1   | 95.98     | 95.98           |
| 3   | 121.39    | 40.46333333     |
| 3   | 94.5      | 31.5            |
| 9   | 584.11    | 64.90111111     |
| 4   | 226.13    | 56.5325         |
| 1   | 62.28     | 62.28           |
| 1   | 67.27     | 67.27           |
| 1   | 75.8      | 75.8            |
| 3   | 126.97    | 42.32333333     |
| 3   | 162.34    | 54.11333333     |
| 1   | 65.32     | 65.32           |
| 2   | 109.4     | 54.7            |
| 3   | 183.42    | 61.14           |
| 2   | 98.43     | 49.215          |
| 1   | 54.78     | 54.78           |
| 1   | 49.56     | 49.56           |
| 1   | 61.34     | 61.34           |
| 3   | 170.5     | 56.83333333     |
| 2   | 106.32    | 53.16           |
| 2   | 109.25    | 54.625          |
| 1   | 50.47     | 50.47           |
| 3   | 180.63    | 60.21           |
| 1   | 46.43     | 46.43           |
| 3   | 195.43    | 65.14333333     |
| 2   | 101.32    | 50.66           |
| 2   | 105.67    | 52.835          |

## Scarico ed etichettatura interi vendita

Ha come inizio l'istante in cui l'operatore sale sul carrello frontale per lo scarico delle UDS, comprende tutte le letture del palmare e l'etichettatura terminando nel momento in cui l'operatore risale sul carrello frontale per cominciare lo stivaggio delle stesse. Quest'ultima parte sarà compresa nel tempo di stivaggio interi conto lavoro. L'attività non è svolta in modo separato per ogni UDS, l'operatore per velocizzare i tempi raggruppa più UDS. Nel tempo rilevato sono comprese attività accessorie come lo smaltimento dei pallet non conformi e lo smaltimento di pallet doppi.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 59  | 3334.69   | 56.52016949     |
| 22  | 1295.23   | 58.87409091     |
| 16  | 1122.63   | 70.164375       |
| 8   | 670.56    | 83.82           |
| 17  | 649.33    | 38.19588235     |
| 19  | 949.10    | 49.95242861     |
| 35  | 1852.11   | 52.91732903     |
| 34  | 2610.02   | 76.76520679     |
| 33  | 2029.99   | 61.51490355     |
| 20  | 1230.30   | 61.51490355     |
| 18  | 1457.66   | 80.981174       |
| 31  | 1973.11   | 63.6486743      |
| 28  | 1144.50   | 40.87488948     |
| 18  | 1087.88   | 60.4379645      |
| 28  | 1943.62   | 69.41485354     |
| 14  | 1110.61   | 79.32952158     |
| 14  | 791.35    | 56.52466294     |
| 33  | 2088.34   | 63.28308122     |
| 27  | 1576.39   | 58.38484492     |
| 11  | 743.15    | 67.55899159     |
| 17  | 693.30    | 40.78238855     |
| 12  | 627.18    | 52.26540523     |
| 14  | 913.34    | 65.23845346     |
| 26  | 2277.56   | 87.5985862      |
| 28  | 2241.88   | 80.0671962      |
| 35  | 2139.70   | 61.13434193     |
| 25  | 1537.87   | 61.51490355     |
| 14  | 850.21    | 60.72945807     |
| 29  | 1814.74   | 62.57730872     |
| 11  | 632.68    | 57.51675493     |
| 19  | 1121.97   | 59.05114333     |
| 12  | 738.18    | 61.51490355     |
| 23  | 1392.76   | 60.55499771     |

## Stivaggio interi vendita

Comprende dal momento in cui l'operatore sale sul carrello frontale al momento in cui comincia l'operatore torna nella zona della baia interi. Il trasporto può avvenire per più UDS contemporaneamente in base alla loro impilabilità, il tempo è generico e comprende interi gruppi di UDS.

| UDS | Tempo [s] | tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 11  | 591.83    | 53.80272727     |
| 1   | 73.01     | 73.01           |
| 1   | 88.9      | 88.9            |
| 2   | 137.64    | 68.82           |
| 2   | 126.2     | 63.1            |
| 3   | 157.94    | 52.64666667     |
| 2   | 150.17    | 75.085          |
| 2   | 86.07     | 43.035          |
| 1   | 130.59    | 130.59          |
| 1   | 50.97     | 50.97           |
| 1   | 53.52     | 53.52           |
| 1   | 91.15     | 91.15           |
| 4   | 143.17    | 35.7925         |
| 4   | 88.88     | 22.22           |
| 2   | 284.74    | 142.37          |
| 1   | 128.16    | 128.16          |
| 2   | 160.25    | 80.125          |
| 1   | 88.24     | 88.237          |
| 2   | 129.77    | 64.884          |
| 3   | 253.40    | 84.468          |
| 3   | 226.75    | 75.582          |
| 1   | 79.57     | 79.566          |
| 1   | 67.14     | 67.144          |
| 2   | 168.50    | 84.251          |
| 2   | 96.98     | 48.489          |
| 1   | 61.52     | 61.523          |
| 3   | 245.48    | 81.826          |
| 2   | 146.05    | 73.026          |

## Area smistamento

L'area smistamento è composta di due parti, per quanto riguarda la parte relativa allo smistamento delle scatole sono stati rilevati i seguenti tempi:

- Smistamento scatole baie
- Smistamento scatole verticali
- Tempo stivaggio 1
- Tempo stivaggio 2
- Tempo stivaggio 3
- Tempo stivaggio 4

La parte di UDS

- Smistamento UDS vendita
- Smistamento UDS conto lavoro
- Smistamento interi baie
- Smistamento pesanti verticali
- Stivaggio UDS vendita
- Stivaggio UDS conto lavoro
- Stivaggio interi baie
- Stivaggio pesanti verticali

Alcune di queste azioni possono essere però raggruppate, esse sono state tenute divise nella simulazione per semplicità.

Alcuni esempi possono essere: lo stivaggio di UDS di vendita, lo stivaggio di UDS pesanti derivanti dai magazzini verticali e lo stivaggio degli interi provenienti dalle baie sono azioni identiche.

I tempi analizzati si riducono quindi a:

- Smistamento UDS vendita
- Smistamento UDS conto lavoro
- Smistamento interi baie
- Smistamento pesanti verticali
- Stivaggio UDS vendita, pesanti verticali ed interi da baie
- Stivaggio UDS conto lavoro

### Smistamento scatole baia

Dal momento in cui l'operatore guarda il carrello al momento in cui l'ultima UDS è depositata sul pallet stiva

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 9   | 431.61    | 47.96           |
| 1   | 33.14     | 33.14           |
| 1   | 27.60     | 27.60           |
| 1   | 25.53     | 25.53           |
| 1   | 33.68     | 33.68           |
| 1   | 42.92     | 42.92           |
| 1   | 33.67     | 33.67           |
| 1   | 28.10     | 28.10           |
| 1   | 28.68     | 28.68           |
| 3   | 122.91    | 40.97           |
| 9   | 570.39    | 63.38           |
| 4   | 226.70    | 56.68           |
| 2   | 96.25     | 48.13           |
| 1   | 35.58     | 35.58           |
| 1   | 34.63     | 34.63           |
| 1   | 58.40     | 58.40           |
| 1   | 38.55     | 38.55           |
| 1   | 44.65     | 44.65           |
| 1   | 35.64     | 35.64           |
| 1   | 38.50     | 38.50           |
| 1   | 39.82     | 39.82           |
| 3   | 111.92    | 37.31           |
| 3   | 184.04    | 61.35           |
| 2   | 82.77     | 41.38           |
| 2   | 83.28     | 41.64           |
| 3   | 113.45    | 37.82           |
| 1   | 36.97     | 36.97           |
| 2   | 96.18     | 48.09           |
| 3   | 60.46     | 20.15           |
| 2   | 108.22    | 54.11           |
| 1   | 34.80     | 34.80           |
| 3   | 119.46    | 39.82           |
| 2   | 71.46     | 35.73           |
| 3   | 129.17    | 43.06           |

### Smistamento scatole verticali

Dal momento in cui l'operatore guarda il carrello al momento in cui l'ultima UDS è depositata sul pallet stiva

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 8   | 502.69    | 62.84           |
| 4   | 237.40    | 59.35           |
| 5   | 410.95    | 82.19           |
| 6   | 467.54    | 77.92           |
| 8   | 599.78    | 74.97           |
| 6   | 577.02    | 96.17           |
| 4   | 235.29    | 58.82           |
| 4   | 255.94    | 63.99           |
| 7   | 504.40    | 72.06           |
| 8   | 673.98    | 84.25           |
| 4   | 246.68    | 61.67           |
| 8   | 726.69    | 90.84           |
| 6   | 383.21    | 63.87           |
| 5   | 360.16    | 72.03           |
| 6   | 532.16    | 88.69           |
| 4   | 302.71    | 75.68           |
| 6   | 414.39    | 69.06           |
| 4   | 335.47    | 83.87           |
| 4   | 372.01    | 93.00           |
| 4   | 249.90    | 62.48           |
| 4   | 277.36    | 69.34           |
| 8   | 559.60    | 69.95           |
| 4   | 296.62    | 74.16           |
| 5   | 402.18    | 80.44           |
| 4   | 289.07    | 72.27           |
| 6   | 517.28    | 86.21           |
| 6   | 511.71    | 85.28           |
| 8   | 602.62    | 75.33           |
| 6   | 480.83    | 80.14           |
| 8   | 576.25    | 72.03           |
| 5   | 434.36    | 86.87           |
| 6   | 421.02    | 70.17           |
| 8   | 599.77    | 74.97           |
| 6   | 502.69    | 83.78           |

## Tempo stivaggio 1

Dal momento in cui l'operatore sale sul carrello al momento in cui il carrello torna in area di smistamento.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 8   | 366.44    | 45.81           |
| 13  | 623.30    | 47.95           |
| 17  | 568.89    | 33.46           |
| 14  | 994.90    | 71.06           |
| 15  | 605.74    | 40.38           |
| 9   | 429.59    | 47.73           |
| 14  | 758.86    | 54.20           |
| 10  | 537.57    | 53.76           |
| 14  | 728.86    | 52.06           |
| 15  | 573.71    | 38.25           |
| 13  | 577.88    | 44.45           |
| 11  | 664.20    | 60.38           |
| 8   | 465.58    | 58.20           |
| 8   | 411.49    | 51.44           |
| 10  | 522.09    | 52.21           |
| 9   | 644.56    | 71.62           |
| 12  | 565.36    | 47.11           |
| 9   | 417.10    | 46.34           |
| 14  | 683.52    | 48.82           |
| 8   | 342.08    | 42.76           |
| 12  | 661.40    | 55.12           |
| 11  | 502.71    | 45.70           |
| 10  | 398.52    | 39.85           |
| 8   | 388.01    | 48.50           |
| 10  | 368.22    | 36.82           |
| 10  | 575.37    | 57.54           |
| 12  | 567.76    | 47.31           |
| 8   | 459.75    | 57.47           |
| 9   | 467.56    | 51.95           |
| 14  | 809.04    | 57.79           |
| 13  | 503.97    | 38.77           |
| 10  | 477.32    | 47.73           |
| 13  | 601.47    | 46.27           |
| 8   | 310.32    | 38.79           |

## Tempo stivaggio 2

Dal momento in cui l'operatore sale sul carrello al momento in cui il carrello torna in area di smistamento.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 10  | 439.26    | 43.93           |
| 5   | 304.18    | 60.84           |
| 13  | 488.84    | 37.60           |
| 9   | 434.80    | 48.31           |
| 14  | 327.28    | 23.38           |
| 6   | 253.41    | 42.24           |
| 6   | 256.29    | 42.71           |
| 10  | 223.84    | 22.38           |
| 5   | 251.92    | 50.38           |
| 9   | 388.74    | 43.19           |
| 9   | 327.76    | 36.42           |
| 8   | 376.98    | 47.12           |
| 13  | 567.55    | 43.66           |
| 9   | 414.74    | 46.08           |
| 9   | 364.94    | 40.55           |
| 13  | 347.83    | 26.76           |
| 5   | 288.59    | 57.72           |
| 13  | 555.29    | 42.71           |
| 14  | 598.01    | 42.71           |
| 5   | 213.57    | 42.71           |
| 5   | 208.67    | 41.73           |
| 7   | 305.08    | 43.58           |
| 5   | 223.11    | 44.62           |
| 5   | 227.64    | 45.53           |
| 8   | 225.61    | 28.20           |
| 5   | 206.27    | 41.25           |
| 5   | 231.42    | 46.28           |
| 9   | 472.20    | 52.47           |
| 7   | 216.14    | 30.88           |
| 7   | 356.34    | 50.91           |
| 10  | 397.36    | 39.74           |
| 7   | 281.45    | 40.21           |
| 13  | 546.40    | 42.03           |
| 7   | 299.00    | 42.71           |

### Tempo stivaggio 3

Dal momento in cui l'operatore sale sul carrello al momento in cui il carrello torna in area di smistamento.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 7   | 454.00    | 64.86           |
| 5   | 62.01     | 12.40           |
| 7   | 210.61    | 30.09           |
| 6   | 204.62    | 34.10           |
| 5   | 179.01    | 35.80           |
| 9   | 322.04    | 35.78           |
| 7   | 255.44    | 36.49           |
| 4   | 109.45    | 27.36           |
| 4   | 133.96    | 33.49           |
| 8   | 441.74    | 55.22           |
| 8   | 212.90    | 26.61           |
| 4   | 104.72    | 26.18           |
| 8   | 316.58    | 39.57           |
| 6   | 229.75    | 38.29           |
| 5   | 167.58    | 33.52           |
| 5   | 159.04    | 31.81           |
| 9   | 253.56    | 28.17           |
| 5   | 159.01    | 31.80           |
| 6   | 298.89    | 49.82           |
| 4   | 168.44    | 42.11           |
| 7   | 224.80    | 32.11           |
| 6   | 214.69    | 35.78           |
| 7   | 332.86    | 47.55           |
| 9   | 456.95    | 50.77           |
| 6   | 96.44     | 16.07           |
| 9   | 299.20    | 33.24           |
| 6   | 341.85    | 56.98           |
| 6   | 145.59    | 24.26           |
| 9   | 287.83    | 31.98           |
| 6   | 337.68    | 56.28           |
| 8   | 115.33    | 14.42           |
| 6   | 246.09    | 41.01           |
| 9   | 407.49    | 45.28           |
| 7   | 233.88    | 33.41           |

## Tempo stivaggio 4

Dal momento in cui l'operatore sale sul carrello al momento in cui il carrello torna in area di smistamento.

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 10  | 439.26    | 43.93           |
| 14  | 437.25    | 31.23           |
| 12  | 368.49    | 30.71           |
| 12  | 337.88    | 28.16           |
| 1   | 168.81    | 168.81          |
| 13  | 374.34    | 28.80           |
| 14  | 982.25    | 70.16           |
| 13  | 389.67    | 29.97           |
| 24  | 639.62    | 26.65           |
| 17  | 1121.99   | 66.00           |
| 22  | 1132.95   | 51.50           |
| 12  | 391.22    | 32.60           |
| 15  | 1012.35   | 67.49           |
| 23  | 1156.90   | 50.30           |
| 17  | 1048.73   | 61.69           |
| 14  | 988.93    | 70.64           |
| 19  | 1359.36   | 71.55           |
| 12  | 568.76    | 47.40           |
| 8   | 419.80    | 52.48           |
| 8   | 451.23    | 56.40           |
| 22  | 1081.61   | 49.16           |
| 20  | 945.82    | 47.29           |
| 20  | 1155.83   | 57.79           |
| 21  | 1311.17   | 62.44           |
| 11  | 566.40    | 51.49           |
| 24  | 1471.19   | 61.30           |
| 11  | 524.74    | 47.70           |
| 22  | 944.68    | 42.94           |
| 15  | 771.42    | 51.43           |
| 15  | 808.34    | 53.89           |
| 13  | 761.51    | 58.58           |
| 11  | 677.59    | 61.60           |
| 15  | 766.12    | 51.07           |
| 20  | 1469.55   | 73.48           |

### Smistamento UDS vendita

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 2   | 263.74    | 131.87          |
| 2   | 332.86    | 166.43          |
| 2   | 342.23    | 171.12          |
| 2   | 468.92    | 234.46          |
| 7   | 434.93    | 62.13           |
| 2   | 392.52    | 196.26          |
| 2   | 258.84    | 129.42          |
| 1   | 160.36    | 160.36          |
| 1   | 170.45    | 170.45          |
| 1   | 119.30    | 119.30          |
| 1   | 136.37    | 136.37          |
| 1   | 136.87    | 136.87          |
| 1   | 185.66    | 185.66          |
| 2   | 426.10    | 213.05          |
| 2   | 443.47    | 221.74          |
| 2   | 277.91    | 138.96          |
| 2   | 340.92    | 170.46          |
| 2   | 316.83    | 158.42          |
| 1   | 146.53    | 146.53          |
| 2   | 353.81    | 176.91          |
| 3   | 554.33    | 184.78          |
| 3   | 482.47    | 160.82          |
| 2   | 334.34    | 167.17          |
| 1   | 155.25    | 155.25          |
| 4   | 596.33    | 149.08          |
| 3   | 510.89    | 170.30          |
| 5   | 834.21    | 166.84          |
| 5   | 723.58    | 144.72          |
| 4   | 657.21    | 164.30          |
| 3   | 486.68    | 162.23          |
| 4   | 720.43    | 180.11          |
| 5   | 744.04    | 148.81          |
| 4   | 653.08    | 163.27          |
| 5   | 811.68    | 162.34          |

## Smistamento UDS conto lavoro

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 1   | 85.15     | 85.15           |
| 2   | 106.36    | 53.18           |
| 1   | 47.38     | 47.38           |
| 3   | 180.92    | 60.31           |
| 3   | 130.44    | 43.48           |
| 3   | 169.35    | 56.45           |
| 3   | 174.35    | 58.12           |
| 2   | 147.17    | 73.58           |
| 3   | 241.46    | 80.49           |
| 4   | 170.19    | 42.55           |
| 4   | 263.68    | 65.92           |
| 3   | 177.12    | 59.04           |
| 3   | 181.03    | 60.34           |
| 3   | 175.05    | 58.35           |
| 4   | 155.42    | 38.85           |
| 1   | 73.10     | 73.10           |
| 2   | 118.43    | 59.22           |
| 1   | 57.10     | 57.10           |
| 1   | 68.03     | 68.03           |
| 2   | 137.45    | 68.72           |
| 3   | 215.88    | 71.96           |
| 1   | 58.51     | 58.51           |
| 1   | 70.96     | 70.96           |
| 2   | 136.11    | 68.05           |
| 4   | 264.10    | 66.02           |
| 3   | 132.89    | 44.30           |

### Stivaggio UDS vendita, pesanti verticali ed interi da baie

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 1   | 106.02    | 106.02          |
| 1   | 113       | 113             |
| 1   | 182.41    | 182.41          |
| 1   | 131.85    | 131.85          |
| 1   | 130.43    | 130.43          |
| 1   | 84.77     | 84.77           |
| 1   | 91.79     | 91.79           |
| 3   | 118.23    | 39.41           |
| 1   | 70.67     | 70.67           |
| 1   | 189.33    | 189.33          |
| 1   | 146.78    | 146.78          |
| 1   | 88.79     | 88.79           |
| 1   | 118.74    | 118.74          |
| 1   | 98.85     | 98.85           |
| 1   | 90.72     | 90.72           |
| 1   | 90.8      | 90.8            |
| 1   | 190.84    | 190.84          |
| 1   | 64.6      | 64.6            |
| 1   | 205.42    | 205.42          |
| 1   | 68.15     | 68.15           |
| 1   | 212.41    | 212.41          |
| 1   | 93.67     | 93.67           |
| 1   | 180.16    | 180.16          |
| 1   | 83.5      | 83.5            |
| 1   | 100.37    | 100.37          |
| 1   | 143.32    | 143.32          |
| 2   | 111.19    | 55.595          |
| 1   | 97.13     | 97.13           |
| 1   | 120.31    | 120.31          |
| 1   | 96.09     | 96.09           |
| 1   | 92.03     | 92.03           |
| 1   | 137.36    | 137.36          |
| 1   | 123.15    | 123.15          |
| 1   | 89.26     | 89.26           |
| 1   | 101.67    | 101.67          |
| 1   | 76.89     | 76.89           |
| 1   | 116.12    | 116.12          |
| 1   | 93.52     | 93.52           |

## Stivaggio UDS conto lavoro

| UDS | Tempo [s] | Tempo a UDS [s] |
|-----|-----------|-----------------|
| 1   | 57.83     | 57.83           |
| 1   | 76.80     | 76.80           |
| 1   | 55.98     | 55.98           |
| 1   | 40.92     | 40.92           |
| 1   | 45.03     | 45.03           |
| 1   | 77.86     | 77.86           |
| 1   | 56.57     | 56.57           |
| 1   | 42.35     | 42.35           |
| 1   | 44.28     | 44.28           |
| 1   | 42.66     | 42.66           |
| 1   | 38.93     | 38.93           |
| 1   | 51.70     | 51.70           |
| 1   | 58.67     | 58.67           |
| 1   | 48.01     | 48.01           |

## Capitolo 5. Conclusioni

Costruiti tutti i modelli necessari e validati gli output generali si procede alla simulazione del sistema.

La prima simulazione del sistema globale fornisce una stima delle criticità e degli eventuali rallentamenti dovuti ad una diversa assegnazione dei carichi di lavoro, questa va però in difetto nel momento in cui si voglia valutare una diversa prospettiva. Volendo simulare l'attuale stato del sistema si è deciso di modellare e bilanciare il sistema di input dell'area smistamento sui volumi attualmente movimentati. Questi però da soli non sono in grado di fornire dati quantitativi sui massimi volumi lavorabili. Si può tranquillamente immaginare che il sistema a guida manuale ed il sistema a guida automatica forniscano lo stesso tempo di flusso di una UDS al netto delle soste in quanto il processo risulta equivalente. Questo, unito ad un input fisso non produce alcuna differenza in output, il materiale quotidianamente richiesto è completamente evaso dal reparto, durante il periodo di osservazione non è stata infatti individuata alcuna criticità in questo senso. La maggior differenza è dovuta al minor carico di lavoro degli operatori di smistamento. Dovendosi attenere a questo risultato come unica discriminante per una scelta si evince facilmente che la soluzione dei treni automatici, a fronte dell'investimento richiesto, non è l'opzione ottimale. Diventa più interessante nel momento in cui si tiene conto dei dati ricavati dalle simulazioni dei massimali, la differenza in output potrebbe essere tale da giustificare il cambio di sistema.

Gli aspetti considerati per compiere la valutazione sono:

- tempo flusso/uds utilizzato dall'operatore
- quantità UDS in uscita
- coefficiente di utilizzo di operatori e risorse
- tempo di attesa per il pick up, alle fasciapallet e per lo stivaggio
- media posti utilizzati in baia

I vari scenari simulano un diverso sistema di pick up e di trasporto delle UDS provenienti dalle sole baie, l'analisi del flusso sarà quindi incentrata sulle baie, con più precisione si considererà il flusso delle sole UDS di vendita su pallet le quali rappresentano la maggioranza delle UDS generate dalle baie<sup>3</sup> che presentano le citate differenze (Figura 13). Il modello dà la possibilità di assegnare in modo diverso i compiti tra i 3 operatori, dal caso più semplice di 3 operatori perfettamente interscambiabili che compiono in modo congiunto le operazioni fino al caso in cui si dividono gli operatori per aree (un operatore alla baia di scarico interi, un operatore addetto alle sole scatole ed un operatore addetto alle UDS su pallet). Per la simulazione, salvo altre indicazioni, è stato usato il caso più

---

<sup>3</sup> Dato ricavato dal Sistema informatico

frequente, dove vi è un operatore addetto alla sola baia di scarico interi ed i restanti due a gestire il resto delle tipologie di UDS.

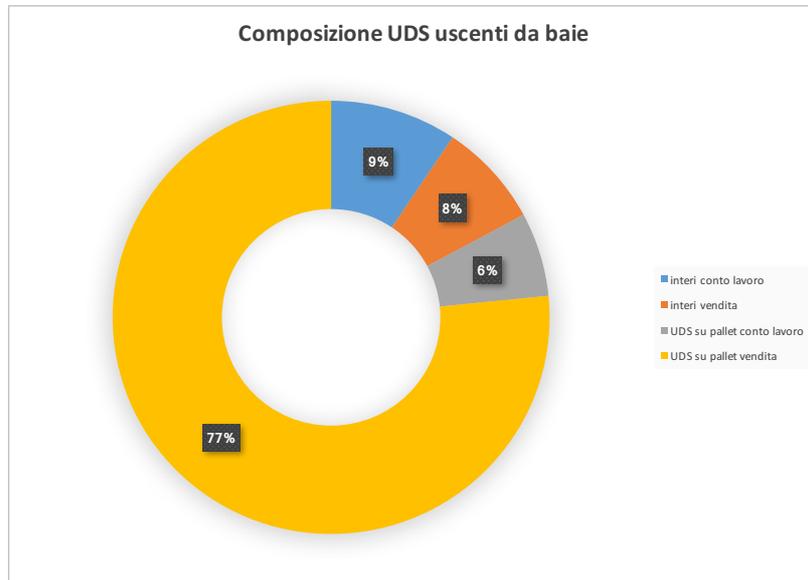


Figura 22 - Grafico della composizione delle UDS uscenti dalle baie

▪ **Tempo flusso/uds utilizzato dall'operatore**

È il tempo che un operatore passa compiendo azioni su di una UDS. Questo indice è stato utilizzato al posto del semplice tempo di flusso in quanto quest'ultimo, al netto del tempo passato in attesa, resta pressoché invariato tra treni manuali e treni automatici.

|                          | sistema treni automatici | sistema treni manuali | sistema transpallet |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>baie interi CL</b>    | 3.52                     | 4.19                  | 4.10                |
| <b>baie interi VEN</b>   | 2.54                     | 3.21                  | 3.07                |
| <b>baie pallet CL</b>    | 1.18                     | 1.85                  | 1.74                |
| <b>baie scatole VEN</b>  | 2.60                     | 2.60                  | 2.59                |
| <b>baie scatole CL</b>   | 2.35                     | 2.35                  | 2.36                |
| <b>baie pallet VEN</b>   | <b>5.90</b>              | <b>6.78</b>           | <b>6.35</b>         |
| <b>uscita interi CL</b>  | 1.88                     | 1.88                  | 1.88                |
| <b>uscita interi VEN</b> | 2.42                     | 2.42                  | 2.43                |
| <b>verticali pallet</b>  | 4.21                     | 4.22                  | 4.21                |
| <b>verticali scatole</b> | 3.43                     | 3.43                  | <b>2.33</b>         |

Tabella 1 – tempo flusso/uds utilizzato dall'operatore, tutti i tempi sono espressi in min/UDS

Si nota una grossa diminuzione del tempo dedicato da un operatore ad una UDS, questo è dovuto principalmente alla mancanza di operazione di pick up.

- **indice di utilizzo risorse**

L'indice di utilizzo risorse è un numero che esprime, tramite un coefficiente tra 0 e 1, il rapporto tra il tempo in cui la risorsa è impegnata e il tempo totale simulato per il totale delle risorse.

Sarà 0 quando nessuna delle risorse verrà utilizzata e 1 quando la risorsa è interamente impegnata nell'arco di tempo.

|                              | <b>sistema treni automatici</b> | <b>sistema treni manuali</b> | <b>sistema transpallet</b> |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>fasciapallet</b>          | 0.18                            | 0.17                         | 0.19                       |
| <b>motrici</b>               | 0.20                            | 0.10                         | 0.04                       |
| <b>muletto</b>               | 0.57                            | 0.55                         | 0.57                       |
| <b>Operatori smistamento</b> | 0.90                            | 0.92                         | 0.94                       |
| <b>transpallet</b>           | 0.35                            | 0.37                         | 0.48                       |
| <b>treni</b>                 | 0.80                            | 0.73                         | 0.67                       |

*Tabella 2 – coefficiente di utilizzo risorse, espresso tra 0 e 1*

I dati di principali interesse sono gli indici relativi agli operatori di smistamento, il relativo commento avverrà in seguito. I restanti dati hanno una funzione di controllo, per valutare la presenza di eventuali colli di bottiglia.

Si nota comunque un maggior utilizzo dei treni e delle motrici nel caso del sistema di guida automatico, questo è dovuto alla maggiore quantità di run compiute dal sistema, nel caso del transpallet si ha una riduzione sostanziale dato dal minor utilizzo<sup>4</sup>.

Vie è ovviamente un maggior utilizzo del transpallet nel caso del sistema a transpallet.

---

<sup>4</sup> I treni in questo scenario sono utilizzati per i soli magazzini verticali.

- **tempo medio attesa UDS in baia**

È un indice che esprime il tempo di reazione del sistema di pick up, è il tempo medio espresso in minuti tra la fine della creazione UDS da parte delle baie ed il momento in cui questa viene recuperata dal sistema di picking.

|               | <b>sistema treni automatici</b> | <b>sistema treni manuali</b> | <b>sistema transpallet</b> |
|---------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>baia 1</b> | 5.14                            | 26.35                        | 1.64                       |
| <b>baia 2</b> | 4.51                            | 20.72                        | 1.51                       |
| <b>baia 3</b> | 4.64                            | 19.11                        | 1.56                       |
| <b>baia 4</b> | 4.07                            | 18.95                        | 1.50                       |
| <b>baia 5</b> | 4.34                            | 17.90                        | 1.49                       |
| <b>baia 6</b> | 4.45                            | 20.09                        | 1.50                       |
| <b>media</b>  | 4.52                            | 20.52                        | 1.53                       |

*Tabella 3 – tempo media attesa UDS in baia, tutti tempi espressi in minuti*

Si nota una grandissima differenza tra i tre scenari, questo è principalmente dovuto nel sistema dei treni manuali all’attesa di almeno 3 UDS per mandare il segnale di richiesta di pick up.

Raggruppando i dati per una migliore visualizzazione si ottiene:

| <b>SIMULAZIONE:<br/>2 operatori smistamento + 1<br/>operatore baia interi</b> |   |   | <b>scenari</b>              |                          |                            |
|---|---|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
|   |   |   | <b>treni<br/>automatici</b> | <b>treni<br/>manuali</b> | <b>sistema<br/>attuale</b> |
| <b>Output 2 +<br/>1</b>   | Conteggio UDS stivate dopo processi in sulle fasciapallet   | UDS su pallet (sia ven che cl) anche da verticali e ceste per cl. Tutto ciò che si sposta sul treno/transpallet e che subisce fasciatura/dichiarazione e peso | 62                          | 55                       | 64                         |
|   | Conteggio UDS stivate dopo pesatura e dichiarazione SCATOLE | UDS di tipo scatola, sia VEN che CL   | 173                         | 175                      | 175                        |
|   | Conteggio UDS stivate dopo BAIA INTERI                      | UDS interi e cassoni usciti dalla baia interi, sia VEN che CL   | 100                         | 101                      | 101                        |
| <b>Saturazione<br/>e operatori<br/>2 + 1</b>                                  | operatore interi  | è l'operatore dedicato alla baia interi   | 0.47                        | 0.47                     | 0.47                       |
|   | operatore preparazione                                      | sono 2 operatori dedicati a fasciapallet e scatole  | 0.90                        | 0.92                     | 0.94                       |
| <b>Tempo operatore a UDS</b>  | Baie UDS su pallet VEN                                      | è il tempo medio dedicato da un operatore ad una UDS su pallet destinata alla vendita proveniente dalle baie del magazzino automatico                         | 5.90                        | 6.78                     | 6.30                       |

Tabella 4 – risultati numerici simulazione 2+1

Il primo risultato è il conteggio delle UDS processate dal reparto espresso in unità/turno, si nota una differenza di 2 UDS tra il sistema treni automatici ed il sistema attuale, questo

non è ritenuto significativo. La differenza invece di 7/9 unità tra i treni manuali e gli altri scenari simulati è da considerare, soprattutto a fronte del valore di saturazione operatore preparazione. Questa differenza diventerà più marcata nella simulazione dei massimali.

Il secondo dato è il conteggio delle scatole in unità/turno, questo è stato inserito solo per verificare che le differenze di quantità di UDS su pallet trattate non fosse dovuto ad una minore attività sulla lavorazione delle scatole.

Anche il terzo ed il quarto dato (conteggio UDS stivate dopo baia Interi in unità/turno e saturazione operatore interi) sono dati posti per controllo. Come precedentemente descritto la baia interi non presenta alcuna differenza nei 3 scenari.

L'ultimo dato è il tempo a UDS espresso precedentemente in min/UDS

I risultati della simulazione dei massimali

| <b>SIMULAZIONE MASSIMALI</b> |   |   | treni automatici | treni manuali | Sistema attuale |
|------------------------------|---|---|------------------|---------------|-----------------|
| <b>Massimali UDS</b>         | Conteggio UDS stivate dopo processi in sulle fasciapallet   | UDS su pallet (sia ven che cl) anche da verticali e ceste per cl. Tutto ciò che si sposta sul treno/transpallet e che subisce fasciatura/dichiarazione peso | 82               | 70            | 84              |
|                              | Conteggio UDS stivate dopo pesatura e dichiarazione SCATOLE | UDS trattate come scatole, sia VEN che CL   | 154              | 152           | 155             |
|                              | Conteggio UDS stivate dopo BAIA INTERI                      | UDS interi e cassoni usciti dalla baia interi, sia VEN che CL   | 214              | 214           | 214             |

Tabella 5 – Risultati simulazione massimali

Tutti i risultati della tabella sono espressi in unità/turno, sono la media di UDS lavorabili in un turno se un solo operatore fosse dedicato a quel reparto con un input infinito, ovvero questo esprime quante UDS è in grado di gestire al massimo un singolo reparto in un turno. La simulazione porta ad una saturazione del 100% l'operatore addetto. I risultati riguardanti le scatole e la baia interi sono stati inseriti per fini di controllo.

Si nota subito l'enorme differenza di 12/14 UDS tra il sistema a treni manuali e gli altri sistemi, i massimali danno un'idea di quanto può assorbire un eventuale maggior carico in futuro. Da notare inoltre che il numero di UDS riportato può aumentare nel caso reale, questo è dovuto al possibile aiuto di altri operatori nei tempi morti.

Da notare inoltre che l'indice di saturazione degli operatori non tiene conto di eventuali pause o impieghi differenti di ogni natura.



## **Bibliografia**

Balestri, G., 2009, *Le basi della logistica. Il magazzino, i trasporti, la distribuzione e il sistema informativo*, Milano, Hoepli.

Candiotta, R., Spano, F.M., Turolla, A., 1995, *Logistica e magazzino: aspetti organizzativi, gestionali e di controllo; valutazione civilistica e fiscale delle scorte*, Milano, A. Giuffrè.

Da Villa, F., 1991, *Logistica manifatturiera: organizzazione e gestione dei sistemi produttivi*, Milano, Etas Libri.

Marini, G., 1994, *La logistica industriale e commerciale: guida pratica per la gestione strategica e operativa dei materiali nelle aziende*, Milano, FrancoAngeli.

Payaro, A., 2008, *Organizzare il magazzino. Oltre 100 suggerimenti pratici, casi ed esempi per lavorare con efficienza*, Bologna, Progetto Leonardo.

W. David Kelton, 2015, *Simulation with Arena*. McGraw-Hill.