

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea

Ottimizzazione della gestione dei componenti di piccole dimensioni in un contesto Assembly To Order. Il caso Carraro Drivotech Italia S.p.A.

Relatore

Ch.mo Prof. Roberto Panizzolo

Correlatore

Ing. Valentina Visentin

Laureando

Alessandro Masato

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

«Frustra fit per plura quod fieri potest per pauciora»

«Si fa inutilmente con molte cose ciò che si può fare con poche cose»

- Rasoio di Occam, XVI secolo d.C.

Ringraziamenti

Il ringraziamento più sentito va sicuramente a mamma e papà, coloro che hanno sempre creduto in me spronandomi in ogni momento a dare il massimo e ad avere fiducia nelle mie capacità e in me stesso. È soprattutto grazie a loro se oggi, dopo un periodo che per tanti rappresenta un quarto di una vita intera, si conclude un percorso di studio e crescita personale iniziato ancora da bambino.

Ringrazio il mio fratellone Jacopo da cui ho imparato che nella vita non bisogna sempre accontentarsi ma è giusto anche lottare per ciò che si vuole veramente.

Ringrazio la mia ragazza Giulia che con il suo amore e la sua dolcezza mi è stata vicina per l'intera carriera universitaria, supportandomi e spronandomi sempre. È anche grazie a lei se oggi ho raggiunto tanti traguardi e sono la persona che sono diventato.

Un ringraziamento va anche al mio migliore amico Marco, con il quale ho condiviso sia i banchi del liceo che i banchi dell'università. Assieme a lui ho condiviso tantissimo, sia nello studio che nel tempo libero. È anche grazie a lui e ai nostri numerosi confronti se oggi ho ben chiaro come voglio spendere le mie capacità personali e professionali nel mondo del lavoro.

Ringrazio anche la “combriccola del risiko”, i vari Tony, Tess, Ambrogio, Heinez e Teflon, con i quali ho condiviso tantissimi venerdì a giocare a qualsiasi gioco da tavolo possibile (ormai ho perso anche il conto di quanti ne abbiamo comprati) per staccare il cervello dallo studio.

Un ringraziamento anche al personaggio pittoresco del capotreno e generale Cesare (per gli amici Cecilia), il quale ha sempre grande fiducia nelle mie capacità e che mi sprona a voler dimostrare che è possibile guadagnare bene e avere stabilità anche nel privato oltre che nello statale.

Un altro ringraziamento a tutti gli altri amici del gruppo con i quali, finisse il mondo, saprò sempre di poterli trovare ogni mercoledì al bar Galeone pronti a fare due parole e una partita a carte.

Un sincero ringraziamento va al grandissimo professor Panizzolo per aver stimolato il mio interesse per la Lean Manufacturing durante le sue lezioni risvegliando la mia

anima gestionale che da sempre convive con quella meccanica. Lo ringrazio infinitamente per l'attenzione e l'impegno dedicatomi durante il mio lavoro di tesi nonostante il WIP dei suoi tesisti sia sempre da record, nonché per l'estrema libertà concessami durante il progetto.

Voglio anche ringraziare tutti i professori che nei 5 anni di università mi hanno trasmesso il loro sapere stimolando la mia curiosità e permettendomi di crescere e imparare sempre di più. Ringrazio anche quei professori che ai loro orali mi hanno mortificato così tanto da consentirmi poi di rialzarmi ancora più forte e consapevole di prima, seppur dopo settimane di notti insonni (i lettori capiranno di chi si parla). A questi ultimi in particolare si rivolge il mio monito a ricordare sempre che di fronte si ha una persona prima che un numero di matricola e che un libro non va giudicato soltanto dalla copertina.

Ringrazio poi gli amici di università Mario Junio (se ve lo state chiedendo è pugliese), il Gianma, Mattia, il More (e le sue prominenti natiche ad ogni esame), Jack, il Foffi, Phatos (o Biofa) e il Tonach. Con alcuni di loro ci si è persi ahimè per strada, con altri invece si è creato un legame talmente forte da arrivare fino in cima alle montagne (nel vero senso della parola); ma con tutti ci si è sempre supportati negli anni facendo fronte comune e condividendo sia dispiaceri che soddisfazioni.

Un enorme ringraziamento va ovviamente anche a Carraro S.p.A. per avermi fornito la possibilità di seguire un progetto di tesi estremamente stimolante e formativo durante la mia esperienza di stage nel loro HQ. Ringrazio innanzitutto la mia tutor Valentina Visentin che è stata una guida fondamentale durante lo sviluppo del mio progetto, ma voglio anche ringraziare il responsabile di magazzino Massimo e Mauro, le mie figure paterne a magazzino, ai quali ho sempre potuto esprimere ogni mia curiosità e dai quali ho sempre ricevuto un fondamentale sostegno durante le mie attività.

Non si potrebbe non ringraziare poi i colleghi di ufficio che mi hanno accolto e fatto sentire sempre a mio agio: il buon Lucio, senza le cui iconiche call e senza la cui ironia l'ufficio non potrebbe stare (se non esistesse andrebbe inventato); Marco, il cui sorriso riesce a farti iniziare al meglio ogni giornata lavorativa e la cui estrema calma e pacatezza sono come uno scoglio in mezzo al torrente delle dinamiche

aziendali; Valentina B., sempre pronta a contagiarti con la sua grande carica di energia positiva; Alice, la cui estrema concentrazione e silenziosità durante il lavoro veniva sempre ripagata dalla sua simpatia e dolcezza durante i momenti di pausa; e Irene, la cui vivacità e le cui imprecazioni durante i suoi lavori mi hanno sempre strappato una risata.

Un caldissimo ringraziamento va anche agli amici magazzinieri con i quali fin da subito si è instaurato un rapporto amichevole e scherzoso, soprattutto Sergej (per gli amici Sergio) e il personaggio Marco. Da loro sono stato accolto come studente totalmente inesperto quale ero e sono stato portato alla scoperta del variopinto e tutt'altro che tranquillo mondo del magazzino e dell'alimentazione di linea. Proprio a loro auguro che la mia soluzione, una volta operativa, possa semplificarci enormemente la vita riducendo qualsiasi rischio di calvizie o infarto precoce e aiutandoli a ridurre progressivamente le loro nomine all'Onnipotente, alla Madonna e a tutti i santi proporzionalmente a come io ho ridotto la complessità e i tempi delle loro operazioni.

Sommario

Lo sviluppo della presente tesi di laurea è stato svolto prendendo parte a un progetto durante l'esperienza di tirocinio curricolare presso lo stabilimento produttivo di Carraro Group a Campodarsego, azienda leader mondiale nella produzione di assali e trasmissioni per macchine agricole e movimento terra.

L'obiettivo del progetto è stato quello di ottimizzare la gestione dei piccoli componenti di assemblaggio nel loro stoccaggio, picking e line refilling, andando a ridurre i tempi correlati e, dunque, andando a ridurre il numero di operatori coinvolti.

A tal scopo, sono stati analizzati nel dettaglio i flussi fisici e informativi dal magazzino verso la linea, ovvero nella fase di alimentazione effettiva, e dalla linea al magazzino, ovvero nella fase di chiamata e distribuzione dei componenti. Grazie a tali analisi, condotte sullo storico considerato, è stato possibile sviluppare considerazioni sulla classe ABC dei materiali, in base a consumo e frequenza di consumo, e sull'attuale gestione relativamente alla disposizione del magazzino e alle politiche di stoccaggio vigenti. Sono poi state analizzate e tempificate nel dettaglio, al fine di snellirle, le due principali attività di tale gestione: il picking e la chiamata dalla linea.

Per fare ciò, sono stati usati strumenti della cultura lean per la mappatura e la tempificazione dei flussi, come SIPOC e Swim Lane Chart, nonché strumenti più classici come le analisi ABC semplici e incrociate.

Con il primario obiettivo di ridurre il numero di operatori impiegati nell'attuale gestione, ne è stata sviluppata una nuova configurazione andando a ridefinire il layout del magazzino, valutando l'investimento di nuove strutture e mezzi (quali rulliere, carrelli multilivello, commissionatori trilaterali, etc.), snellendo alcune procedure e automatizzandone altre (soprattutto i flussi informativi).

Tutto questo ha permesso di ridurre notevolmente i lead time totali di tale gestione, nonché il numero di operatori dedicati, fornendo una soluzione soddisfacente e in grado di risultare migliorabile ulteriormente nel tempo e flessibile ad eventuali cambiamenti nella gestione dei piccoli componenti.

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1 Carraro Group.....	5
1.1 Storia dell'azienda	6
1.2 Settori di mercato e prodotti	10
1.3 Stabilimenti	18
1.4 Plant Carraro Drivotech Italia S.p.A.	20
Capitolo 2 La logistica interna	23
2.1 I sistemi logistici	25
2.1.1 Caratterizzazione di un sistema logistico.....	26
2.2 Benefici e costi delle scorte	28
2.3 Tipologie di magazzino	30
2.4 La gestione del magazzino	33
2.4.1 Metodi di allocazione.....	36
2.3.2 Picking	40
2.3.3 Euristiche di routing	46
2.5 Lean Management	48
2.4.1 La logica PULL: il Kanban.....	52
2.4.2 SIPOC diagram	57
2.4.3 Swim Lane Chart	59
Capitolo 3 La logistica di Drive Tech Campodarsego	61
3.1 Layout.....	62
3.1.1 Accettazione.....	63
3.1.2 Stoccaggio.....	68
3.1.3 Produzione	76
3.1.4 Magazzino prodotto finito	83
3.2 Flussi di materiale	87
3.2.1 Casse intere in linea	88
3.2.2 JIS	90
3.2.3 Minuteria.....	95
Capitolo 4 Situazione “AS IS” della minuteria	101
4.1 Presentazione del progetto e dei vincoli	102
4.2 La minuteria	104

4.2.1 Stoccaggio	104
4.2.2 Tipo di contenitore.....	106
4.2.3 Scaffali a gravità.....	107
4.2.4 Logica PULL del flusso.....	110
4.2.5 Suddivisione FTE dedicati.....	112
4.3 Lancio delle missioni di prelievo e distribuzione.....	115
4.4 Attività di picking.....	122
4.5 Analisi dati	128
4.5.1 Analisi ABC	128
4.5.2 Suddivisione tipo di contenitore	134
4.5.3 Tempi di picking.....	136
4.5.4 Distribuzione della giacenza.....	143
4.5.5 Swim Lane Chart	148
4.6 Problematiche riscontrate	155
4.6.1 Picking	155
4.6.2 Lancio delle missioni.....	159
4.6.3 Distribuzione	161
4.6.4 Stoccaggio	163
Capitolo 5 Situazione “TO BE” della minuteria	165
5.1 Le considerazioni	166
5.2 Il principio di funzionamento	168
5.2.1 I codici a terra	171
5.2.2 I codici a rulliera.....	171
5.3 Studio di fattibilità.....	172
5.3.1 Dimensionamento rulliera	174
5.3.2 Re-layout magazzino	177
5.3.3 Verifica capienza scaffali	181
5.4 Gestione codici a rulliera.....	183
5.4.1 Collocazione sulla rulliera	184
5.4.2 Carrelli multilivello	186
5.4.3 Refilling della rulliera e high-level picking.....	191
5.4.4 Low-level picking.....	194
5.5 Il flusso informatico	195
5.6 Risultati ottenuti	198
5.6.1 Riduzione dei tempi.....	199

5.6.2 Riduzione FTE dedicati e ripartizione del lavoro	207
5.6.3 Convenienza economica	208
Capitolo 6 Conclusioni.....	211
6.1 Sintesi dei risultati ottenuti.....	211
6.2 Considerazioni finali	213
6.3 Prospettive future	215
Bibliografia e sitografia	219
APPENDICI	223
APPENDICI A – Mappatura flussi	223
APPENDICI B – Analisi ed elaborazione dati.....	226
APPENDICI C – Situazione “TO BE”.....	230

Indice delle figure

Figura 1.1: La prima auto-seminatrice di Carraro (1951).....	6
Figura 1.2: Il primo trattore Carraro “Tre Cavallini” (1958).....	7
Figura 1.3: Linea di montaggio per assali a Campodarsego (anni ‘80).....	8
Figura 1.4: AGRICUBE, il trattore Carraro “Tre Cavallini” per vigneto e frutteto (2010).....	9
Figura 1.5: Settori di mercato della produzione Carraro in base al fatturato 2021	10
Figura 1.6: Esempio dei sistemi di trasmissione Carraro in un trattore (assale sterzante molleggiato a sospensioni indipendenti frontalmente e trasmissione agricola posteriormente)	11
Figura 1.7: Esempio dei sistemi di trasmissione Carraro in una terna (assale monolitico sterzante davanti, trasmissione convertitore di coppia in centro e assale monolitico rigido posteriormente).....	12
Figura 1.8: Esempio dei sistemi di trasmissione powertrain Carraro in un carrello elevatore a trazione elettrica.....	12
Figura 1.9: Assale rigido modulare per terne.....	14
Figura 1.10: Assale monolitico sterzante.....	14
Figura 1.11: Assali sterzanti molleggiati a singola sospensione di offset (a sx) o a sospensioni indipendenti (a dx).....	15
Figura 1.12: Convertitori di coppia (a sx), trasmissioni idrostatiche (in centro) e trasmissioni agricole (a dx).....	16
Figura 1.13: Ingranaggi e componenti in acciaio prodotti da Carraro	17
Figura 1.14: Trattore da vigneto Valtra (AGCO) "serie F", da 75 a 105 CV prodotto da Carraro nel plant di Rovigo Carraro Agritalia.....	17
Figura 1.15: Distribuzione del fatturato del 2018 (624 milioni di euro) per settore di mercato (a SX) diviso tra Agricultural (macchine agricole), Light Construction Equipment (macchine leggere per movimento terra), Material Handling, Spare Parts (Ricambi) e Components e per tipologia di prodotti (a DX)	18
Figura 1.16: La distribuzione degli stabilimenti di Carraro Group nel mondo (2021)	18
Figura 1.17: Logo dello stabilimento di Campodarsego Drivetech Italia S.p.A.....	21
Figura 2.1: Schema di catena logistica (da www.ilgiornaledeltermoidraulico.it).....	27
Figura 2.2: Aree funzionali magazzino materie prime (Persona, 2016)	34
Figura 2.3: Due tipici esempi di implementazione di uno stoccaggio per classe (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).....	39
Figura 2.4: Sistema di picking man-to-goods a basso livello (ten Hompel & Schmidt, 2007)	41

Figura 2.5: Sistema di picking man-to-goods ad alto livello con commissionatore (ten Hompel & Schmidt, 2007).....	42
Figura 2.6: Sistema di picking goods-to-man semiautomatizzato (AS/RS) (ten Hompel & Schmidt, 2007).....	42
Figura 2.7: Esempio dei principali metodi euristici per il routing (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).....	46
Figura 2.8: I 5 principi del Lean Thinking (da www.utekvision.com)	50
Figura 2.9: I 7 muda nel Lean Thinking (da www.flexible-production.com)	51
Figura 2.10: Esempio di cartellino Kanban (da www.utekvision.com).....	52
Figura 2.11: Produzione PULL con il sistema Kanban (da www.leanmanufacturing.it)	53
Figura 2.12: Esempio di diagramma SIPOC (Panizzolo, 2016).....	58
Figura 2.13: Struttura di una Swim Lane Chart (adattato da www.grapholite.com).	60
Figura 3.1: Layout complessivo del plant di Drivetech Italia S.p.A. a Campodarsego	62
Figura 3.2: Layout della zona di accettazione	63
Figura 3.3: Esempio di etichetta (UDC)	64
Figura 3.4: Esempio di UDC free-pass (a sinistra) e UDC da controllare (a destra).	66
Figura 3.5: Scatola di ferro per materiali ricondizionati.....	67
Figura 3.6: Layout area di stoccaggio a magazzino.....	68
Figura 3.7: Magazzino ad alta densità	70
Figura 3.8: Magazzino a scaffale	72
Figura 3.9: Layout magazzino a scaffale	73
Figura 3.10: Layout del supermarket	74
Figura 3.11: Supermarket.....	75
Figura 3.12: Layout area della produzione	76
Figura 3.13: Diagramma SIPOC per il flusso delle casse intere in linea.....	89
Figura 3.14: Diagramma SIPOC per il flusso JIS 1	94
Figura 3.15: Diagramma SIPOC per il flusso JIS 2.....	94
Figura 3.16: Esempio di una pagina di report delle missioni di prelievo (RMP)	96
Figura 3.17: Diagramma SIPOC per il flusso della minuteria.....	98
Figura 4.1: Esempio di scatole in plastica	106
Figura 4.2: Esempio di scaffale a gravità in cui sono presenti codici di minuteria sia in cartone che in plastica.....	108
Figura 4.3: Suddivisione dei SAG tra le linee	110
Figura 4.4: La logica PULL dell'alimentazione di linea per la minuteria	111

Figura 4.5: Attività fondamentali del processo di alimentazione delle linee per la minuteria	111
Figura 4.6: Distribuzione FTE assegnati alla minuteria.....	113
Figura 4.7: Diagramma di Gantt per la distribuzione delle attività inerenti al flusso della minuteria differenziate a seconda che si tratti di contenitori di plastica (P) e/o cartone (C).....	114
Figura 4.8: Zona di stoccaggio della minuteria con zone di IN e OUT dei carrelli rispettivamente da riempire e già riempiti	128
Figura 4.9: Curva di Pareto per i codici della minuteria sul numero di scatole inviate in linea.....	131
Figura 4.10: Curva di Pareto per i codici della minuteria sul numero di scatole inviate in linea.....	133
Figura 4.11: Suddivisione dei codici di minuteria in base al tipo di scatola con cui vengono gestiti	134
Figura 4.12: Suddivisione delle classi ABC sul consumo medio per tipologia di contenitore.....	135
Figura 4.13: Suddivisione per tipologia della totalità delle scatole inviate in linea nel periodo analizzato	135
Figura 4.14: Diagramma a torta della cubatura percentuale delle varie task del picking sui tempi totali di misurazione nello stato AS IS	143
Figura 4.15: Indice di accesso tra le varie zone di magazzino in cui la minuteria è stoccata.....	144
Figura 4.16: Suddivisione delle MP per la scaffalatura per la fila (a SX) e per il livello (a DX).....	145
Figura 4.17: Distribuzione delle UDC di minuteria per classe ABC sul consumo medio sui livelli del magazzino scaffalato	145
Figura 4.18: Heat Map della distribuzione delle UDC di classe A per consumo medio sulla scaffalatura di fila 1	148
Figura 4.19: Swim Lane Chart AS IS procedura di lancio delle MP.....	152
Figura 4.20: Swim Lane Chart AS IS dell'attività di picking (PARTE I).....	153
Figura 4.21: Swim Lane Chart AS IS dell'attività di picking (PARTE II).....	154
Figura 4.22: Esempio di restringimento della corsia davanti all'ACEMA a causa dei carrelli da riempire e dei pallet di pre-stoccaggio	156
Figura 4.23: Esempio di carrello con i contenitori pieni da distribuire (cartone)....	162
Figura 5.1: Confronto tipologie di magazzini automatici e semi-automatici in base alla capacità di stoccaggio e alla performance di picking (prelievi/ora) (fonte pdf.directindustry.de/pdf-en/kardex-remstar/lr35-en-rgb/37211-685205.html#open1814291)	167
Figura 5.2: Suddivisione e disposizione della fast-picking area all'interno dello scaffale	169
Figura 5.3: Schema di funzionamento situazione TO BE.....	170

Figura 5.4: Quote scatola standard per rulliera	175
Figura 5.5: Quote della rulliera (da foto preventivo)	176
Figura 5.6: Schema di funzionamento del nuovo layout del magazzino della minuteria	178
Figura 5.7: Nuovo layout del magazzino della minuteria.....	179
Figura 5.8: Suddivisione livelli di uno scaffale con rulliera	180
Figura 5.9: Prototipo di carrello multilivello a 4 livelli	188
Figura 5.10: Esempio di suddivisione del carrello multilivello in base alle zone da asservire (L1)	189
Figura 5.11: Suddivisione in zone delle corsie di low-level picking.....	190
Figura 5.12: Suddivisione del carrello multilivello in base alle zone di magazzino e della rulliera	190
Figura 5.13: Commissionatore trilaterale STILL “NXV IT TD” per corsie strette.	192
Figura 5.14: Nuova etichetta per i codici gestiti a rulliera.....	195
Figura 5.15: Swim Lane Chart TO BE procedura di picking nella FPA	204
Figura 5.16: Swim Lane Chart TO BE procedura di lancio delle missioni per i codici in FPA	205
Figura 5.17: Numero di FTE gestione AS IS (in alto) e TO BE (in basso)	208

Indice delle tabelle

Tabella 2.1: Metodi per il voucherless picking (ten Hompel & Schmidt, 2007).....	43
Tabella 2.2: Classificazione delle tecnologie digitali per un ripensamento in ottica Lean della gestione del magazzino (Voronova, 2022).....	44
Tabella 3.1: Flusso in entrata e uscita dall'area dell'accettazione	87
Tabella 3.2: Flusso delle casse intere in linea	90
Tabella 3.3: Trasferimenti dal supermarket alla linea per le famiglie di JIS	95
Tabella 3.4: Refilling giornaliero del supermarket dal MAD	95
Tabella 3.5: Flusso della minuteria	99
Tabella 4.1: Analisi ABC sul consumo in numero di scatole inviate	130
Tabella 4.2: Analisi ABC sulla frequenza di consumo in numero di movimentazioni	132
Tabella 4.3: Analisi ABC incrociata su consumo medio e frequenza di consumo ..	133
Tabella 4.4: Cubatura percentuale delle varie task del picking sui tempi totali di misurazione nello stato AS IS	142
Tabella 4.5: Lead time del lancio MP	149
Tabella 4.6: Tempi per la SLC AS IS sul lancio delle MP	150
Tabella 4.7: Task di picking produttive (in verde) e non produttive (in rosso)	151
Tabella 4.8: Tempi per la SLC AS IS sul picking	151
Tabella 5.1: Confronto tempi di picking per riga tra situazione AS IS e alternative TO BE.....	173
Tabella 5.2: Dimensioni standard scatole dei piccoli componenti.....	174
Tabella 5.3: Parametri di progetto rulliera	177
Tabella 5.4: Disposizione dei codici a scaffale in base alla classe	181
Tabella 5.5: Suddivisione dei codici della minuteria per classe con relativi consumi medi giornalieri e collocazione nel nuovo magazzino	185
Tabella 5.6: Quantità e tipologia delle rulliere da installare (in base a modelli preventivo)	186
Tabella 5.7: Dati di progetto dei carrelli multilivello	187
Tabella 5.8: Numero di carrelli multilivello per linea e suddivisione dei livelli per zona di linea.....	188
Tabella 5.9: Specifiche principali commissionatore trilaterale Still "NXV IT TD"	191
Tabella 5.10: Tempi su riga delle tre gestioni TO BE	200
Tabella 5.11: Tempi di picking per classe e totali in base alla gestione TO BE.....	201
Tabella 5.12: Tempi delle attività dei magazzinieri di linea della minuteria AS IS e TO BE.....	202

Tabella 5.13: Confronto lead time AS IS e TO BE delle attività di alimentazione di una linea	202
Tabella 5.14: Tempi per riga del picking effettivo TO BE	206
Tabella 5.15: Numero di FTE gestione AS IS e TO BE	207
Tabella 5.16: Costi rulliera	209
Tabella 5.17: Costi carrelli multilivello	209
Tabella 5.18: Costi sostenuti e risparmio sugli FTE nell'anno.....	210

Introduzione

Il progetto che è stato seguito nello sviluppo della tesi di laurea ivi presentata ha trattato l'ottimizzazione della gestione dei piccoli componenti (la "minuteria" per l'appunto¹) con il principale scopo di ridurre i lead time delle varie operazioni di alimentazione delle linee di assemblaggio e i conseguenti operatori dedicati. Più nel dettaglio, tale ottimizzazione è stata orientata alla valutazione di un re-layout del magazzino delle materie prime, un cambio nelle politiche di stoccaggio dei codici e uno snellimento delle principali operazioni di alimentazione delle varie linee di assemblaggio, come il picking a magazzino e la chiamata dei pezzi dalle linee. La necessità di tale studio è nata dalla volontà aziendale della holding Carraro S.p.A. di snellire ed efficientare una gestione ormai obsoleta e macchinosa all'interno del suo HQ a Campodarsego in provincia di Padova, con il chiaro intento di riorganizzare le risorse già possedute e valutare eventuali nuovi investimenti in strutture e mezzi più efficaci.

A partire dagli ultimi decenni del precedente secolo, la diffusione della filosofia giapponese del *lean manufacturing* ha portato a un radicale instaurò anche nella mentalità imprenditoriale occidentale di semplici principi basilari volti alla creazione di prodotti di alta qualità con il minor numero di risorse necessarie. Cinque semplici principi, legati principalmente alla sfera industriale, sono diventati il fondamento di una vera e propria filosofia, il *lean thinking*, applicabile a qualunque realtà produttiva (e non solo) e basata sulla riduzione degli sprechi e sulla razionalizzazione delle risorse possedute (Womack & Jones, 1996)². Ponendo i bisogni del cliente sempre al primo posto, la filosofia giapponese professa la creazione di un perfetto flusso del valore profittevole per l'azienda quanto per il cliente, che sia tirato esclusivamente dalla domanda di quest'ultimo e che vada ad aggredire le principali forme di spreco

¹ Come verrà esaustivamente spiegato in seguito, nella realtà aziendale di Carraro viene definita minuteria e trattata come tale anche una sotto-categoria di componenti di medie dimensioni, quali ingranaggi, bussole, cuscinetti, etc.

² Womack, J., & Jones, T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Productivity Press.

(“muda”), riducendo le attività che non portano valore per il cliente rispetto al prodotto.

Tra le 7 principali forme di spreco definite, 4 sono responsabili dell’alta inefficienza del processo logistico che alimenta le linee di assemblaggio per la minuteria nell’HQ di Carraro: il magazzino, gli spostamenti, le attese e *l’over-processing*. Proprio il magazzino (e le scorte in generale), spesso, nella visione di gestione aziendale “suscita immagini negative come elevati costi e tempo non a valore” (ten Hompel & Schmidt, 2007)³ proprio perché risulta un’attività non a valore per il cliente e un rallentamento all’ideale di *one-piece flow*. Nonostante ciò, la maggior parte delle compagnie sono tuttavia obbligate ad avvalersi di scorte e magazzini per stoccare le merci (materie prime, semi lavorati e prodotti finiti) per numerosi motivi non sempre controllabili, primo tra tutti l’estrema variabilità della domanda. La gestione del magazzino (anche definita *warehousing*), qualora sia ineliminabile, può dunque venire considerata come un vero e proprio processo produttivo con i propri lead time e con le opportune risorse umane e fisiche impiegate.

In letteratura il tema del *warehousing* viene ampiamente trattato e numerose risultano le alternative reperibili nella sua ottimizzazione, sia in termini di politiche e procedure, che in termini di strutture e mezzi impiegati. Viene fatto notare che le soluzioni implementabili risultano così numerose e variegate poiché ogni realtà aziendale si presenta potenzialmente differente da un’altra, oltre che per il fatto che, grazie al repentino progresso tecnologico e industriale, le soluzioni anche per la stessa realtà aziendale risultano molteplici. L’attività di picking, intesa come il prelievo di un codice (sia esso una materia prima, un sotto assieme o un prodotto finito) da una specifica ubicazione di stoccaggio, ha un notevole impatto sui costi totali di gestione di un magazzino pesando per una quota parte pari a circa il 55% (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007)⁴. La sua ottimizzazione ha dunque cospicui benefici per quanto riguarda i costi di *warehousing* oltre che per la riduzione di tempi e costi dell’intera gestione della *supply chain*. Le molteplici scelte che si delineano per l’ottimizzazione del *warehousing* possono riguardare decisioni chiave riguardo a: tipo e modalità di

³ ten Hompel, M., & Schmidt, T. (2007). *Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. Berlino: Springer.

⁴ de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research* 182, 481-501.

funzionamento del magazzino, criteri di allocazione dei prodotti nel magazzino e metodologie e configurazioni del picking degli ordini (suddivisione righe e *routing*).

Nel caso studio seguito presso il plant di Carraro Drivetech Italia Spa, sono stati analizzati nel dettaglio i flussi logistici principali (fisici e informatici) tra il magazzino delle materie prime e le linee di assemblaggio utilizzando strumenti *Lean* quali SIPOC Diagram e Swim Lane Chart, evidenziandone i principali lead time e gli operatori dedicati nelle varie attività e permettendo di individuarne le maggiori criticità. Effettuando poi per i codici della minuteria un'analisi ABC incrociata sul consumo medio e la frequenza di consumo, è stato possibile suddividere i materiali in esame in 9 famiglie a seconda della loro importanza, gettando dunque la base per successivi ragionamenti relativamente alla struttura del magazzino, al suo funzionamento e al criterio di allocazione degli stessi. In aggiunta a questo, sono state ripensate e snellite le attività relative alla chiamata dei materiali dalla linea mantenendo l'utilizzo di un "kanban elettronico" in logica PULL. Sulla stessa linea di intervento, sono state efficientate le attività di alimentazione della linea di assemblaggio nella gestione dei contenitori kanban che vengono utilizzati come "vuoto a rendere" per alimentare le linee di assemblaggio per i piccoli componenti necessari.

Tale implementazione ha permesso di proporre una nuova gestione per i piccoli componenti in grado di:

- Ridurre del 45% i tempi dedicati al picking
- Ridurre del 34% i tempi di alimentazione delle linee
- Ridurre di 2 operatori su 7 le persone dedicate

Il seguente elaborato scritto sarà strutturato nel seguente modo:

- Nel primo capitolo sarà presentato il gruppo Carraro descrivendone la storia, i principi, i settori di mercato, i prodotti e la suddivisione degli attuali stabilimenti produttivi mondiali con un maggior focus sull'HQ, all'interno del quale è stato svolto il seguente progetto;

- Nel secondo capitolo sarà trattato lo stato dell'arte relativo alla gestione del magazzino, con le relative scelte chiave come tipologia, funzionamento, allocazione, picking e routing, oltre agli strumenti lean di cui si è fatto utilizzo;
- Nel terzo capitolo verranno descritti la caratterizzazione e il funzionamento della logistica interna dell'intero plant di Campodarsego, relativamente a alle principali aree di accettazione, aree di stoccaggio, produzione e magazzino prodotto finito;
- Nel quarto capitolo si entrerà nel vivo della analisi e della descrizione della gestione attuale (AS IS) della minuteria, descrivendo dettagliatamente le strutture e i mezzi dedicati e le procedure di picking e lancio delle missioni di prelievo, affiancati all'analisi dei tempi e dei flussi correlati tramite analisi cronografica, redazione delle Swim Lane Chart e analisi ABC incrociata su consumo medio e frequenza di consumo;
- Nel quinto capitolo viene presentata la situazione futura (TO BE) implementata durante il progetto svolto, articolando il capitolo su considerazioni e principio di funzionamento della nuova gestione, seguiti da uno studio di fattibilità e una descrizione dettagliata del nuovo funzionamento e delle nuove strutture/mezzi impiegati, concludendo con i risultati ottenibili;
- Nel sesto e ultimo capitolo verranno sintetizzati i risultati ottenuti in termini di riduzione dei tempi e degli operatori dedicati, sviluppando delle considerazioni finali e illustrando le prospettive di miglioramento future per cui la nuova gestione pone le basi.

Capitolo 1

Carraro Group

Carraro Group è una holding con sede principale a Campodarsego leader mondiale nella produzione di sistemi di trasmissione per trattori e veicoli off-highway e partner di riferimento dei più importanti costruttori mondiali di macchine agricole e movimento terra come John Deere, AGCO, Claas e Caterpillar. Il gruppo, nato nel 1932 da un'umile azienda produttrice di macchine seminatrici, si distribuisce ad oggi su 7 stabilimenti produttivi collocati su 3 continenti differenti per un totale di 3579 persone e un fatturato al 2021 di 644 milioni di euro⁵.

Il successo del gruppo, il quale ad oggi risulta l'unica azienda "in grado di produrre dal più piccolo ingranaggio al trattore completo", si fonda su una insieme di valori che dal 2011 viene condivisa ogni giorno tra tutte le persone che vi lavorano nonché con clienti e fornitori esterni, permettendo di garantire una qualità e un'affidabilità senza eguali nel settore andando ad annullare qualsiasi distanza geografica, culturale e religiosa (Carraro Group, 2021).

L'estrema competenza di Carraro nei settori d'interesse si fonda dunque sulla quotidiana ricerca sul luogo di lavoro di:

1. Responsabilità e fiducia
2. Creazione del valore
3. Crescita professionale dell'individuo
4. Innovamento continuo
5. Collaborazione e partnership

Il seguente capitolo ha lo scopo di descrivere il contesto aziendale del gruppo all'interno del quale è stato svolto il progetto che viene presentato all'interno dell'elaborato scritto mostrandone storia, prodotti, settori di mercato e suddivisione

⁵ Dati pubblici estratti dal sito ufficiale aziendale www.carraro.com.

dei plant su suolo nazionale e internazionale. All'interno del capitolo verrà dunque presentata dapprima la storia quasi centenaria di Carraro, a partire dalla sua fondazione passando attraverso il suo rapido sviluppo e la sua internazionalizzazione, fino alla recente uscita dalla Borsa Italiana; descrivendo poi nel dettaglio i settori di mercato a cui l'offerta della holding si rivolge, andando ad illustrare in maniera generale l'enorme varietà di prodotti offerti (dal piccolo ingranaggio, all'assale, al trattore completo); concludendo, infine, con la presentazione dei vari stabilimenti del gruppo mostrandone la collocazione, le funzioni e i tipi di prodotti con maggior focus sullo stabilimento di Campodarsego, all'interno del quale è stato svolto il progetto.

1.1 Storia dell'azienda

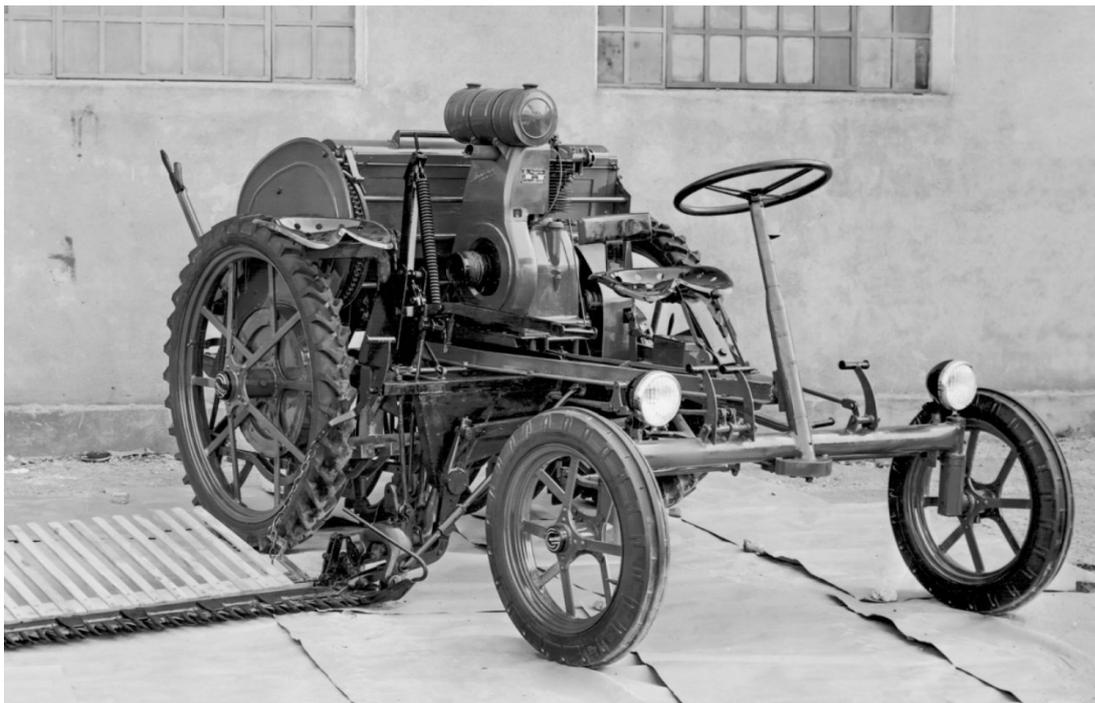


Figura 1.1: La prima auto-seminatrice di Carraro (1951)

La storia di Carraro ha inizio nel 1932 quando l'imprenditore Giovanni Carraro fonda a Campodarsego una piccola azienda per la produzione a livello regionale di macchine seminatrici per l'agricoltura. Focalizzata sulla fondamentale missione di migliorare la qualità della vita e del lavoro di tutti gli agricoltori, la neonata Carraro arriva a produrre nel 1951 la prima auto-seminatrice, una macchina di grande complessità

meccanica in grado di agevolare e velocizzare notevolmente uno dei processi cardine dell'agricoltura. Questa profonda volontà di innovare radicalmente il settore delle macchine agricole porta Carraro negli anni '50 ad approcciarsi alla produzione di trattori, arrivando nel 1958 ad immettere il primo trattore a marchio "Tre Cavallini". Proprio al termine degli anni '50 il giovane figlio di Giovanni Carraro, Mario Carraro, prende le redini dell'azienda, subito dopo aver terminato il liceo, portandola ad una profonda trasformazione e crescita grazie al suo brillante spirito imprenditoriale. La prima tappa di questa rapida crescita risulta la commercializzazione dei primi trattori sul mercato a quattro ruote motrici, nel 1964, i quali fin da subito prendono il largo rispetto alla concorrenza potendo vantare una grande aderenza e stabilità anche sui terreni più impervi proprio grazie alla distribuzione dello sforzo del motore su tutte e 4 le ruote del veicolo.



Figura 1.2: Il primo trattore Carraro "Tre Cavallini" (1958)

Negli anni '70 è però la volta di una profonda crisi della meccanizzazione agricola che porta Mario Carraro alla scelta di diversificare la produzione concentrandosi non più solo sul trattore nella sua interezza, bensì sui sistemi di trasmissione dello stesso e macchine movimento terra, il vero cuore del veicolo. Dalla grande capacità dell'azienda di ascoltare i bisogni del mercato rimanendo sempre pronta al cambiamento nascono dunque la divisione assali e trasmissioni di Carraro. Negli anni a venire le attività legate alla nuova divisione incrementano notevolmente il proprio volume divenendo il core business dell'azienda e permettendole di diventare partner

dei principali costruttori mondiali di macchine agricole e movimento terra fino ad essere riconosciuti, nel 1985, come leader mondiali del settore con un numero di assali venduti di oltre 100.000 pezzi.

Proprio negli anni '80 l'ormai consolidata affermazione del *Lean Thinking* del TPS (Toyota Production System), oltre ad influenzare le principali aziende automobilistiche occidentali (Ford, FIAT, etc.), finisce per insinuarsi anche nella relativamente piccola realtà di Carraro: viene infatti introdotto il metodo *kaizen* permettendo di ottimizzare le risorse eliminando le inefficienze. Il conseguente incremento dei volumi di produzione porta l'azienda a decentralizzare le produzioni accessorie attraverso l'acquisizione degli stabilimenti di Rovigo e Maniago e alla loro unione con gli stabilimenti della provincia di Padova: nasce dunque Carraro Group.



Figura 1.3: Linea di montaggio per assali a Campodarsego (anni '80)

Il 1994 e il 1995 costituiscono un punto di svolta per il gruppo che, chiudendo con un bilancio di 300 milioni di euro di fatturato nel '94 e 440 nel '95, il 27 dicembre 1995 decide di quotarsi alla Borsa Valori di Milano, con il chiaro intento di far crescere ulteriormente il gruppo aprendo finalmente le porte all'internazionalizzazione. Nel '97 viene infatti stipulata una joint venture al 51% tra Carraro e "Escorts Ltd", uno dei principali gruppi industriali indiani, mentre nel 1998 viene posata a Pune la prima pietra dello stabilimento di "Carraro India Ltd", il quale inizierà a produrre effettivamente dall'anno successivo. Gli anni '90 costituiscono dunque un periodo di repentina crescita ed espansione della holding Carraro Spa con l'apertura di ben 6

nuove sedi produttive nei paesi all'interno dell'attuale BRIC⁶, siglando ulteriori accordi di joint venture e avviando insediamenti produttivi in Polonia, Stati Uniti, Argentina e Germania, raggiungendo anche il Nord America negli anni 2000.

Nel 2001 viene operata una ristrutturazione interna del gruppo al fine di semplificare la struttura organizzativa e ottimizzare i costi di gestione andando ad incorporare le sei società operative in Italia in due società: Carraro Spa, specializzata nella produzione di sistemi integrati di trasmissione, e SIAP Spa, specializzata nella produzione di ingranaggi. La fase di espansione internazionale della holding raggiunge il suo apice nel 2005 con la nascita del centro "R&D Carraro Technologies India", il secondo stabilimento Carraro a Pune e specializzato nella produzione di ingranaggi e componenti, e tra il 2006 e 2007 con l'inaugurazione del nuovo stabilimento di Qingdao in Cina, specializzato nella produzione di sistemi di trasmissione per applicazioni stazionarie (come scale mobili), trasmissioni integrate per carrelli elevatori e i classici assali per trattori e macchine movimento terra. Negli stessi anni viene acquisita dal gruppo la società "Elettronica Santerno" specializzata nella progettazione e industrializzazione di sistemi per l'elettronica di potenza, l'automazione e la conversione di energia, allo scopo di integrare i sistemi di trasmissione con l'elettronica.



Figura 1.4: AGRICUBE, il trattore Carraro "Tre Cavallini" per vigneto e frutteto (2010)

⁶ BRIC è un acronimo utilizzato in economia internazionale per riferirsi congiuntamente a Brasile, Russia, India e Cina.

Nel 2008, ad un passo dal miliardo di fatturato, la profonda crisi economica che investe qualsiasi settore e area geografica costituisce per Carraro una grande difficoltà che riesce tuttavia a superare dopo una strenua ricerca per trovare nuove soluzioni lanciando nel 2010 l'AGRICUBE dei "Tre Cavallini": l'innovativa gamma di trattori specializzati per vigneto e frutteto. L'AGRICUBE costituisce un significativo cambiamento per chi opera nel mondo agricolo non solo nell'operatività ma anche nel design del veicolo cambiando le forme e i colori (lo storico rosso diviene ora un grigio più moderno).

Nel 2021, dopo 25 anni di quotazione a Piazza Affari che "come un compagno di viaggio" ne ha accompagnato lo sviluppo e l'internazionalizzazione (Rho, 2022)⁷, la holding Carraro S.p.A. ha subito, successivamente ad un'offerta pubblica di acquisto istituita dall'azionista di maggioranza, un delisting tornando ad essere un'azienda a totale controllo familiare.

1.2 Settori di mercato e prodotti



Figura 1.5: Settori di mercato della produzione Carraro in base al fatturato 2021

⁷ Rho, R. (2022, ottobre 10). Enrico Carraro: "La Borsa non aiuta le imprese che hanno piani a lungo termine". La Repubblica.

La produzione della holding Carraro S.p.A. riguarda principalmente sistemi di trasmissione per macchine agricole, movimentazione terra e material handling, trattori agricoli di piccola taglia e ingranaggi di media e grande taglia.

In base al fatturato del 2021 i principali settori di mercato risultano:

1. **Agricoltura**

Il settore principale della produzione quasi centenaria di Carraro risulta l'agricoltura con una vendita di prodotti pari al **48,6% del fatturato** ed estremamente varia: dal singolo ingranaggio agli assali, dalle trasmissioni fino al trattore completo, offrendo anche consulenza su un'ampia gamma di servizi di ingegneria.

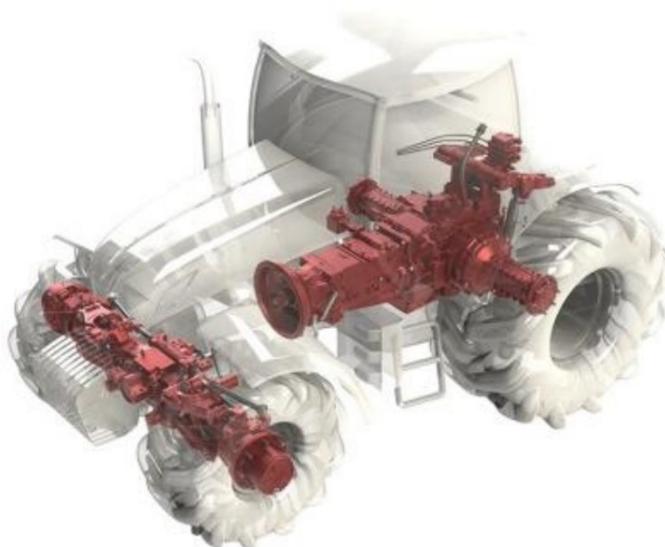


Figura 1.6: Esempio dei sistemi di trasmissione Carraro in un trattore (assale sterzante molleggiato a sospensioni indipendenti frontalmente e trasmissione agricola posteriormente)

Da sempre vi è una stretta collaborazione con i principali brand del settore a livello globale quali John Deere, CHN e AGCO, per i quali Carraro sviluppa, produce e vende i sistemi di trasmissione, gli ingranaggi e i componenti, nonché produce e in alcuni casi sviluppa il trattore completo.

2. **Movimento terra**

Il secondo settore per importanza risulta quello relativo alle macchine per il movimento terra con una vendita di prodotti pari al **36% del fatturato** che riguarda principalmente ingranaggi e sistemi di trasmissione (assali e trasmissioni) per terne, pale gommate compatte, sollevatori telescopici, escavatori gommati, piattaforme aeree e compattatori di terreno.

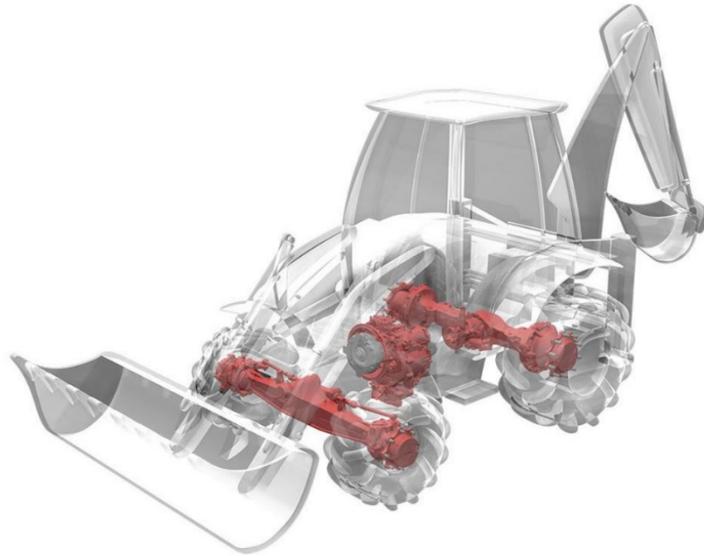


Figura 1.7: Esempio dei sistemi di trasmissione Carraro in una terna (assale monolitico sterzante davanti, trasmissione convertitore di coppia in centro e assale monolitico rigido posteriormente)

I principali clienti per cui Carraro sviluppa e produce tali prodotti risultano Caterpillar e Bobocat.

3. Material handling

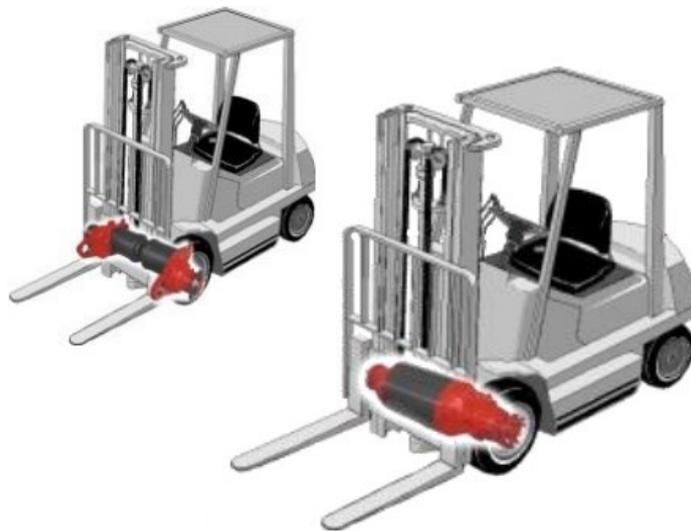


Figura 1.8: Esempio dei sistemi di trasmissione powertrain Carraro in un carrello elevatore a trazione elettrica

Per il 2% del fatturato la produzione di Carraro fornisce al settore del material handling prodotti quali sistemi trasmissione-motore per la movimentazione dei materiali su carrelli controbilanciati, veicoli aeroportuali, trans pallet e carrelli elettrici a 3 o 4 ruote, nonché coppie coniche, ingranaggi rettificati e gruppi completi.

4. **Automotive**

Per l'1,5% del fatturato Carraro fornisce il settore automotive per i veicoli commerciali leggeri per prodotti come assali a portale, scatole di trasferimento velocità, assali non traenti e ingranaggi e componenti di varia tipologia.

5. **Ricambi e altro**

Per il 12,7% rimanente del fatturato il gruppo provvede alla fondamentale fornitura di componenti di ricambio nonché alla fornitura di alcune piccole nicchie esclusive del mercato con prodotti di varia tipologia per applicazioni come impianti industriali, scale mobili, robotica, industria ferroviaria e pale eoliche.

L'intero catalogo prodotti della holding Carraro S.p.A. può essere suddivisa in **due aree di business** con linee di prodotto e contesti applicativi differenti:

1. **Drivelines**, si occupa di progettare, produrre e commercializzare assali, trasmissioni, ingranaggi e componenti principalmente per macchine agricole e movimento terra, nonché per gli altri ambiti minoritari sopra citati;
2. **Vehicles**, si occupa di progettare e produrre trattori speciali per terzi (come Claas, John Deere, Massey Ferguson e Valtra) e a marchio Carraro "Tre Cavallini".

Drivelines

I prodotti dell'area di business *Drivelines* costituiscono circa l'80% del fatturato totale e possono essere suddivisi nelle tre principali categorie di:

1. ASSALI

Gli assali costituiscono per Carraro quasi la metà del fatturato totale (al 2018) e sono principalmente destinati al settore dell'agricoltura e della movimentazione terra, mentre in minor misura al settore del material handling, automotive e altro. Oltre che dalle loro dimensioni e angoli caratteristici, gli assali prodotti sono distinguibili costruttivamente tra:

- **Assali monolitici o modulari**; nel primo caso il corpo dell'assale è costituito da un'unica trave in ghisa mentre nel secondo è composto da

un corpo centrale contenente differenziale e cilindri freno a cui vengono imbullonate lateralmente due trombe (Figura 1.9);

- **Assali rigidi o sterzanti;** nel primo caso l'assale non è sterzante mentre nel secondo caso lo è e risulta dunque contraddistinto dalla presenza del martinetto e delle due aste guida destra e sinistra (Figura 1.10);
- **Assali tradizionali o molleggiati;** nel primo caso parliamo di assali senza un sistema di sospensioni di un qualsiasi tipo mentre nel secondo caso l'assale, oltre ad essere sterzante, presenta un sistema di sospensioni il quale a sua volta può essere distinto tra singola sospensione (centrata o di offset) o a sospensioni indipendenti (Figura 1.11);



Figura 1.9: Assale rigido modulare per terne



Figura 1.10: Assale monolitico sterzante



Figura 1.11: Assali sterzanti molleggiati a singola sospensione di offset (a sx) o a sospensioni indipendenti (a dx)

- **Assali planetari o a portali;** nel primo caso il collegamento tra l'assale e il mozzo della ruota avviene tramite doppio giunto e un riduttore epicicloidale (gruppo treno) posto proprio sotto il mozzo, mentre nel secondo caso la trasmissione del moto avviene mediante ingranaggi conici a dente dritto. L'assale a portale ha sicuramente il vantaggio rispetto al planetario (tutti gli assali nelle figure precedenti) di guadagnare altezza liberando maggiormente la luce sottostante del veicolo nonché di ridurre la complessità costruttiva eliminando la presenza dei doppi giunti, mentre di contro non permette la trasmissione del moto a ruote sterzate (trasmissione orocinetica caratteristica fondamentale dei doppi giunti).
- **Powertrain;** sistemi integrati di motore (elettrico o endotermico) e trasmissione dedicati alla movimentazione dei materiali.

2. TRASMISSIONI

Le trasmissioni si dividono per funzionamento in 3 categorie: meccaniche, semiautomatiche e automatiche. Nelle trasmissioni meccaniche (o manuali) la frizione e l'innesto marcia viene direttamente controllato dalla forza del guidatore, mentre in quelle semiautomatiche il cambio marcia e il cambio direzione sono servo-operate per prevenire manovre errate e nelle trasmissioni automatiche il cambio marcia viene totalmente gestito dalla ECU⁸ e il guidatore può selezionare la modalità di guida.

⁸ Electronic Control Unit



Figura 1.12: Convertitori di coppia (a sx), trasmissioni idrostatiche (in centro) e trasmissioni agricole (a dx)

Per tipologia le trasmissioni si dividono in:

- **Trasmissioni agricole;** destinate unicamente a trattori anche di grandi potenze e in cui le ruote posteriori del veicolo vengono direttamente imbullonate ai mozzi della trasmissione;
- **Trasmissioni idrostatiche (TB);** destinate a macchine per movimento terra sono trasmissioni mono e pluri marcia per motori idrostatici, quando cioè nel circuito meccanico di trasmissione della coppia sono presenti una pompa ed un motore idraulico;
- **Convertitori di coppia;** destinati a macchine per movimento terra possono essere *Synchro Shuttle* e *Power Shift*.

3. INGRANAGGI DI ACCIAIO E ALTRI COMPONENTI

La produzione di ingranaggi di acciaio e altri componenti riguarda principalmente:

- Ingranaggi cilindrici rasati o rettificati
- Coppie coniche a denti dritti e spiroidali lappate o rettificate
- Corone per riduttori epicicloidali stozzate o brocciate
- Alberi dentati o rullati finiti di rasatura o di rettifica



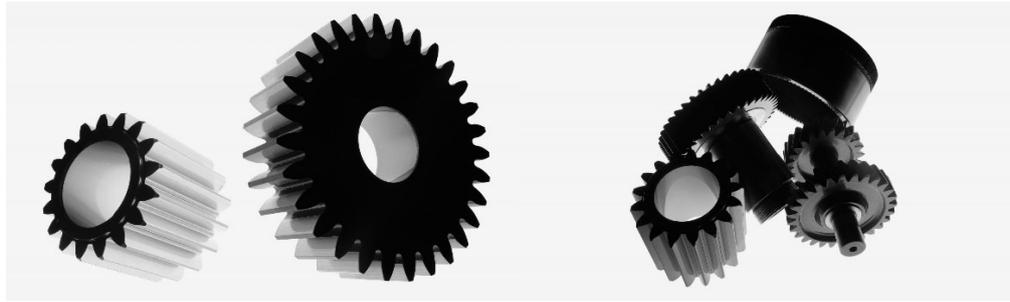


Figura 1.13: Ingranaggi e componenti in acciaio prodotti da Carraro

Vehicles

I prodotti dell'area di business *Vehicles* costituiscono il restante 20% del fatturato totale dell'azienda e comprendono principalmente la produzione (e in alcuni casi anche lo sviluppo) di trattori di piccola taglia da 50 a 110 CV specializzati per vigneto e i frutteto per OEM⁹ come John Deere, Claas, Massey Ferguson (per cui vengono anche sviluppati), Valtra nonché per lo storico logo di Carraro "Tre Cavallini". Chiaramente si tratta di un prodotto finito estremamente complesso che integra la maggior parte dei componenti dell'area *Drivelines* prodotti dal gruppo stesso, tra cui le trasmissioni, gli assali e i componenti.



Figura 1.14: Trattore da vigneto Valtra (AGCO) "serie F", da 75 a 105 CV prodotto da Carraro nel plant di Rovigo Carraro Agritalia

⁹ Original Equipment Manufacturer

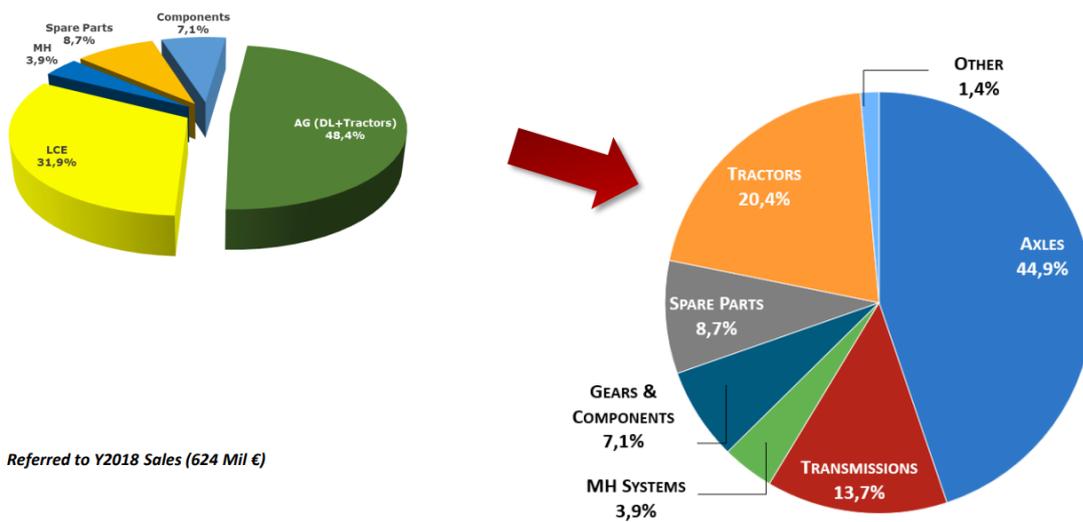


Figura 1.15: Distribuzione del fatturato del 2018 (624 milioni di euro) per settore di mercato (a SX) diviso tra Agricultural (macchine agricole), Light Construction Equipment (macchine leggere per movimento terra), Material Handling, Spare Parts (Ricambi) e Components e per tipologia di prodotti (a DX)

1.3 Stabilimenti

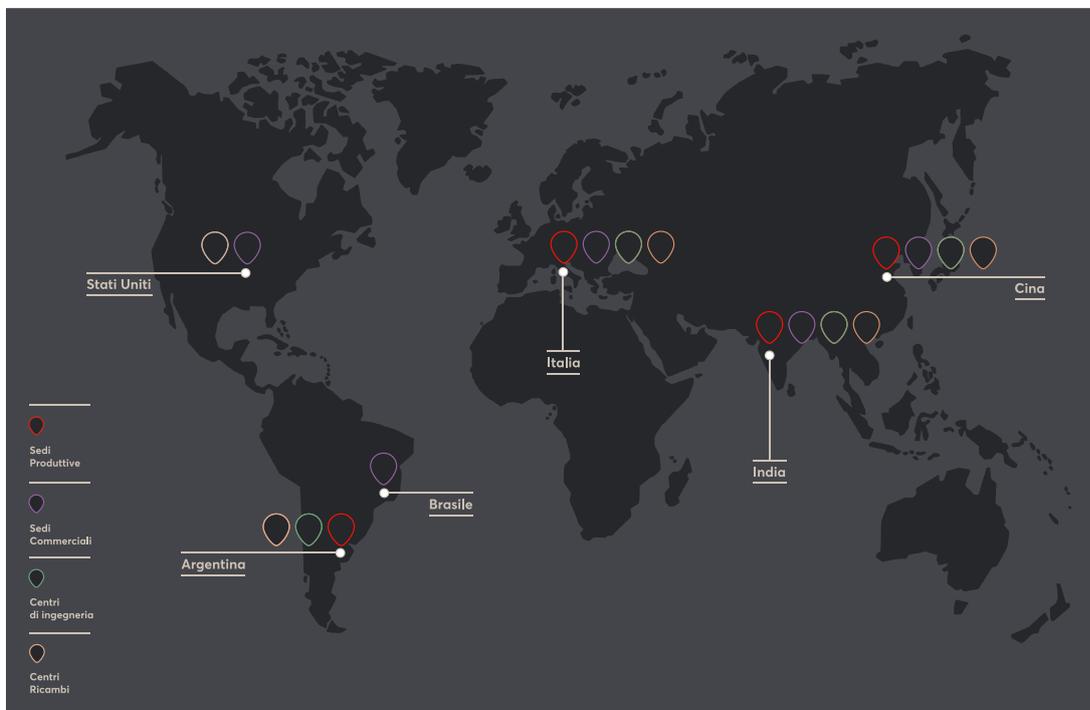


Figura 1.16: La distribuzione degli stabilimenti di Carraro Group nel mondo (2021)

Gli stabilimenti della holding Carraro S.p.A. si distribuiscono tra Europa, Asia, Nord America e Sud America e risultano caratterizzati a seconda delle funzioni operative che svolgono tra:

- Sedi produttive
- Sedi commerciali
- Centri d'ingegneria
- Centri ricambi

Ad oggi, gli stabilimenti operativi della holding risultano i seguenti.

ITALIA

In Italia è presente il maggior numero di stabilimenti della holding Carraro S.p.A. i quali adempiono alle funzioni di produzione, ingegneria, commercio e ricambi per quasi tutte le tipologie di prodotti tra assali, trasmissioni, ingranaggi, componenti e trattori. Gli stabilimenti italiani risultano quattro:

- Campodarsego (PD), l'HQ del gruppo che, oltre al coordinamento del gruppo intero, si occupa della produzione di quasi tutti i tipi di assali e delle trasmissioni per movimento terra, dell'ingegneria di questi prodotti e costituisce il magazzino di snodo per i ricambi destinati ai vari stabilimenti del gruppo;
- Rovigo, è la sede di Carraro Agritalia, il plant che si occupa dello sviluppo, della produzione e della commercializzazione dei trattori specializzati da vigneto e frutteto;
- Maniago (PN), è la sede di SIAP Spa, lo stabilimento che si occupa dello sviluppo, produzione e commercializzazione degli ingranaggi e della maggior parte dei componenti; mentre solo di recente è stato aperto un secondo stabilimento proprio a fianco del primo destinato alla produzione degli assali automotive progettati nell'HQ per il fuoristrada *Grenadier* della neonata "INEOS Automotive Ltd".
- Poggio Fiorito (GR), costituisce la sede del centro ricambi italiano del gruppo.

INDIA

In India sono presenti a Pune due stabilimenti: uno che sviluppa, produce e commercializza assali (anche a portale) e trasmissioni per macchine agricole,

movimento terra e material handling; mentre l'altro produce ingranaggia e componenti di vario tipo.

CINA

In Cina è presente a Qingdao un unico stabilimento che si occupa della produzione e della commercializzazione di assali agricoli e ad uso industriale (material handling, piattaforme aeree, etc.), mentre per quanto riguarda la parte di ingegneria sono presenti solo poche persone.

ARGENTINA

In Argentina è presente a Buenos Aires un unico stabilimento che si occupa della produzione e commercializzazione di assali misti e trasmissioni principalmente agricole.

STATI UNITI

Negli USA è presente un unico stabilimento situato in Georgia ad Atlanta dedicato esclusivamente alle funzioni di sede commerciale.

1.4 Plant Carraro Drivotech Italia S.p.A.

Il plant di Carraro Drivotech Italia Spa, all'interno del quale è stato svolto il progetto che sarà presentato nel seguente elaborato scritto, è situato in provincia di Padova a Campodarsego e si distribuisce su una superficie di 116.205 mq assieme al reparto di ricerca e sviluppo di Campodarsego. Lo stabilimento di Carraro a Campodarsego risulta infatti suddiviso tra due plant:

- **Carraro Drivotech Spa**, il plant sviluppato su 38.330 mq che comprende tutta la parte produzione, magazzini e uffici dello stabilimento legata alla produzione dei *Drivelines*;
- **Carraro Spa**, il plant sviluppato su 6.200 mq che comprende la parte di ricerca e sviluppo (R&D) e si occupa dello sviluppo, della prototipazione e della verifica di assali e trasmissioni dal punto di vista meccanico, idraulico ed elettrico.

La produzione del plant produttivo di Campodarsego riguarda tutte le tipologie di assali per macchine agricole e movimento terra descritti in §1.2 (ad esclusione degli assali a portale, dei powertrain per il material handling e degli assali automotive) e le trasmissioni per macchine movimento terra (sia convertitori di coppia che trasmissioni idrostatiche). Oltre a tutte le attività ed uffici legati alla produzione di questi prodotti, essendo lo stabilimento di Campodarsego l’HQ del gruppo, sono presenti importanti funzioni che coordinano e gestiscono il gruppo nel suo insieme come la presidenza del gruppo, il consiglio di amministrazione, l’ufficio affari legali, nonché altri uffici che monitorano e ottimizzano la produzione e la logistica di tutti i plant del gruppo distribuiti su suolo nazionale ed internazionale.



Figura 1.17: Logo dello stabilimento di Campodarsego Drivotech Italia S.p.A.

Capitolo 2

La logistica interna

Con il termine logistica si intende “*il complesso delle attività organizzative, gestionali e strategiche che, in un ente, struttura, azienda, governa i flussi di materiali e delle relative informazioni dall'origine presso i produttori-fornitori fino alla consegna-disponibilità dei prodotti finiti agli utenti-clienti e, laddove esiste, al servizio postvendita*” (Treccani, 2007)¹⁰.

Il target della logistica risulta descritto dalla così definita regola delle “6R”¹¹ che prevede la spedizione de (ten Hompel & Schmidt, 2007)¹²:

- i giusti beni (**R**ight goods)
- nel giusto tempo (**R**ight time)
- nella giusta quantità (**R**ight quantity)
- con la giusta qualità (**R**ight quality)
- nella giusta posizione (**R**ight location)
- al giusto prezzo (**R**ight costs)

Di fronte ad un mercato globale sempre più in repentina crescita, l'erogazione di un servizio logistico all'altezza delle richieste sempre più stringenti dei clienti in termini di tempi e costi, mantenendo pur sempre alta la qualità e il livello di servizio, rende più che mai fondamentale una sapiente gestione della filiera produttiva (*Supply Chain Management*).

Per massimizzare l'efficienza di un sistema logistico si presentano numerose decisioni chiave, le quali vanno dalla scelta del sistema di stoccaggio ai criteri di allocazione dei materiali, dall'individuazione della modalità e dei percorsi nel prelievo degli ordini

¹⁰ Da <https://www.treccani.it/enciclopedia/logistica>.

¹¹ Spesso anche definita regola delle “4R” comprimendone i contenuti corrispondenti.

¹² ten Hompel, M., & Schmidt, T. (2007). *Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. Berlino: Springer.

(*picking* e *routing*) fino alle decisioni strategiche aziendali di alto livello sulla pianificazione e sugli investimenti.

In questo capitolo sarà pertanto introdotto il concetto di sistema logistico al fine di inquadrare il contesto in cui si inserisce la logistica interna (e la logistica di magazzino): il principale oggetto di analisi del progetto che è stato svolto presso lo stabilimento di Carraro Drivetech Spa e che viene presentato nel seguente elaborato scritto. A partire da una prima introduzione sui sistemi logistici spiegandone la caratterizzazione, seguirà un'analisi sui costi e i benefici di un magazzino (e delle scorte in generale) passando poi a descriverne le principali tipologie. Successivamente sarà descritta la gestione di un magazzino andando a rappresentare i principali criteri vigenti nella pratica aziendale relativamente a:

- Allocazione
- Prelievo degli ordini (*picking*)
- Routing

Infine, successivamente alla panoramica effettuata sulle scelte fondamentali nella gestione di un magazzino, viene presentato un ultimo paragrafo dedicato alla gestione snella dei processi (*Lean Management*) presentando i principi cardine del pensiero snello per descrivere poi gli strumenti Lean più utili per analizzare ed efficientare i processi logistici analizzati all'interno del progetto svolto:

- Il Kanban, strumento fondamentale di una gestione e produzione tirata dal cliente
- Il SIPOC diagram, strumento impiegato per l'identificazione del flusso del valore ad alto livello mettendone in luce le criticità generali
- La Swim Lane Chart, strumento impiegato per una mappatura a basso livello dei processi critici del flusso di valore identificati nella fase preliminare dal SIPOC

2.1 I sistemi logistici

Il sistema logistico (anche chiamato catena logistica o filiera logistica o *industrial supply chain*) è “l'insieme delle infrastrutture, delle attrezzature, delle risorse e delle politiche operative che permettono il flusso delle merci e delle relative informazioni” (Treccani, 2007)¹³. Le attività di un sistema logistico possono essere raggruppate principalmente in tre grandi aree:

1. Sistema delle strutture fisiche, che comprende l'insieme degli impianti, delle attrezzature, dei sistemi di gestione dei materiali e dei collegamenti che consentono il flusso fisico dei materiali stessi a partire dal fornitore fino al cliente finale;
2. Sistema gestionale, che comprende l'insieme delle attività gestionali inerenti sia alle singole aree della logistica sia alla programmazione e al coordinamento del sistema logistico nel suo complesso (previsione delle vendite, gestione delle scorte, programmazione della produzione, approvvigionamento, gestione ordini, servizi al cliente, elaborazione e controllo del budget logistico);
3. Sistema organizzativo, che comprende l'insieme delle strutture organizzative nonché le risorse manageriali e umane necessarie all'efficiente gestione del sistema.

Com'è facile intuire, un sistema logistico, per poter funzionare al meglio, deve mettere in comunicazione numerosi reparti aziendali quali la produzione, l'ufficio acquisti, il marketing, l'ingegneria, l'ufficio legale etc., basandosi su un'efficace *supply chain management* (SCM) in grado di assicurare un vantaggio economico e competitivo all'azienda. La SCM si adopera dunque per gestire i principali flussi di prodotti, servizi, informazioni, risorse finanziarie, domanda e previsioni in ottica del raggiungimento di obiettivi quali:

- Soddisfazione del cliente
- Valore
- Redditività

¹³ Da <https://www.treccani.it/enciclopedia/logistica>.

- Vantaggio competitivo

Vista la sempre maggiore complessità della maggior parte delle realtà aziendali, la SCM deve poter contare sul supporto di strumenti informatici in grado di ricondurre tutte le funzioni aziendali in un quadro gestionale unico (ERP, Enterprise Resource Planning), di sistemi per la gestione operativa dei magazzini (WMS, Warehouse Management Systems), di sistemi per la gestione delle attività di trasporto (TMS, Transport Management Systems), di sistemi per la programmazione e schedulazione avanzata della produzione (APS, Advanced Planning and Scheduling), di sistemi di monitoraggio e di controllo del flusso dei materiali nell'ambito dei settori produttivo e distributivo (MES, Manufacturing Execution Systems), e di molti altri tipi di sistemi.

L'erogazione dei servizi logistici avviene tipicamente ad opera di aziende esterne per quanto riguarda i flussi in entrata e uscita (approvvigionamento e spedizioni) mentre, sempre più frequentemente, molte compagnie decidono di esternalizzare anche i sistemi logistici interni, assegnando per un periodo più o meno lungo la gestione di una o più funzioni logistiche interne all'azienda. Tale fenomeno di *outsourcing* dei servizi logistici interni avviene principalmente per le seguenti ragioni (ten Hompel & Schmidt, 2007):

- Concentrazione delle risorse aziendali sul *core business* come per esempio lo sviluppo e la produzione
- Maggiore flessibilità organizzativa
- Riduzione dei costi logistici
- Miglioramento dei servizi di spedizione aumentando la presenza del cliente e riducendo i tempi di consegna
- Acquisizione/creazione di competenze logistiche
- Livellamento dei picchi e delle fluttuazioni del lavoro stagionale

2.1.1 Caratterizzazione di un sistema logistico

Il funzionamento di un sistema logistico in una realtà aziendale, come si può vedere dallo schema di Figura 2.1, può dunque essere riassunto nell'integrazione delle tre principali funzioni di approvvigionamento, supporto alla produzione e distribuzione fisica.

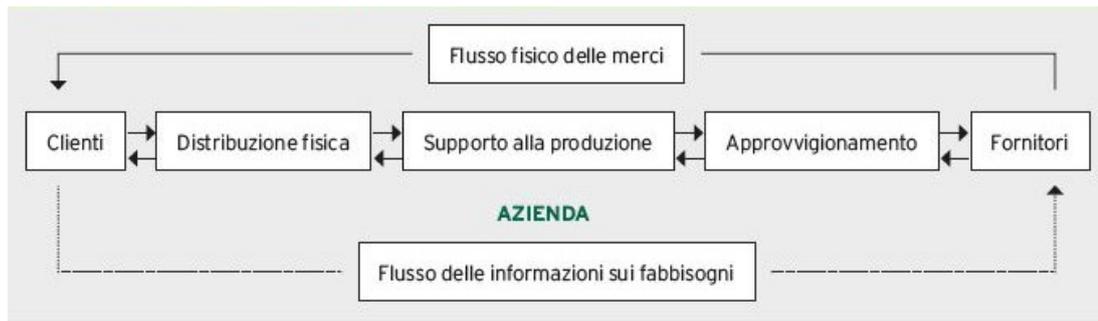


Figura 2.1: Schema di catena logistica (da www.ilgiornaledeltermoidraulico.it)

Proprio in base a queste tre principali funzioni la logistica aziendale può essere suddivisa in:

- Logistica in ingresso, la quale si occupa della gestione delle attività atte a trasportare le materie prime/componenti/sottoassiemi dai fornitori all'azienda;
- Logistica interna, la quale si occupa della movimentazione e della gestione in generale dei materiali all'interno dell'azienda¹⁴;
- Logistica in uscita, la quale si occupa della distribuzione fisica dei prodotti finiti dall'azienda al cliente o al centro distributivo.

In base a quanto trattato durante il progetto svolto, dal prossimo paragrafo in poi ci si riferirà solamente alla logistica interna e, più in particolare alla logistica di magazzino.

Indipendentemente dalla suddivisione appena vista, un sistema logistico può essere caratterizzato in vari modi, i più comuni risultano:

1. Sistemi **PUSH** o **PULL**:

- Push: la produzione è spinta dalle previsioni a monte verso il magazzino e non per la domanda. La produzione viene spinta dalla pianificazione fatta a valle delle previsioni sulla domanda futura e, di conseguenza, si hanno dei magazzini molto più corposi (e onerosi) mentre i costi di trasporto possono essere minori rispetto ai sistemi *pull* per la possibilità di aggregare i flussi di approvvigionamento.
- Pull: la produzione viene tirata dalla domanda del cliente, in questo caso si produce dunque in tiro con gli ordini bypassando (nel caso ideale) i complessi sistemi di pianificazione e previsione. Inversamente

¹⁴ In molti casi la logistica interna viene erroneamente associata alla logistica di magazzino, la quale invece comprende solo una parte delle attività della logistica interna tra cui accettazione, controllo qualità, stoccaggio, picking etc.

rispetto alla gestione *push* si ottengono dei minori livelli e costi di magazzino (e scorta in generale) a discapito di maggiori costi di trasporto per gli approvvigionamenti.

- Misto: spesso accade che il sistema risulti ibrido per esempio accumulando i materiali di approvvigionamento in logica *push* ma facendosi comunque tirare dal cliente nella produzione in logica *pull*.

2. Supply Chain a **integrazione verticale** o **logistica di terze parti**:

- Integrazione verticale: tutti i componenti della filiera produttiva (stabilimenti, trasporti, sorgenti di materie prime) appartengono alla stessa azienda¹⁵;
- Logistica di terze parti: parte della logistica viene affidata a terzisti specializzati (*outsourcing*).

3. Magazzino a **gestione del dettagliante** o a **gestione del venditore**:

- Gestione del dettagliante: il quale controlla nella sua interezza il magazzino e, come tale, decide autonomamente come, quando e quanto rifornirsi;
- Gestione del venditore¹⁶: il quale monitora i magazzini dei clienti rivenditori decidendo come, quando e quanto rifornirli, arrecando benefici economici e gestionali per entrambe le parti.

2.2 Benefici e costi delle scorte

Nonostante il magazzino (e le scorte in generale) venga definito nella cultura Lean come una delle sette principali forme di spreco (*muda*)¹⁷ nella produzione, esso risulta nella maggior parte delle aziende ineliminabile. In un ideale scenario di gestione *pull* puramente tirata da una domanda del cliente finale stabile e nelle condizioni di un flusso one-piece flow senza inghippi sarebbe, infatti, possibile pensare ad una filiera produttiva priva di scorte e magazzini, dove il flusso di ciascuna entità fisica (pezzo,

¹⁵ Più di frequente differenti aziende indipendenti operano all'interno della stessa supply chain.

¹⁶ Sono i sistemi di gestione VMI (Vendor Managed Inventory) tipici della realtà della grande distribuzione.

¹⁷ Per la descrizione dei 7 *muda* nel *lean thinking* si rimanda a §2.5.

sotto assieme o prodotto finito) e informazione risulta intimamente sincronizzato. Siccome la situazione reale nella maggior parte dei casi è ben lungi dall'essere vicina a quella appena descritta, a causa di una domanda spesso variabile, di ritmi produttivi differenti tra i vari processi e dell'incertezza nella fornitura, le aziende sono costrette ad avvalersi di magazzini e scorte per tutelarsi.

Le scorte possono essere in generale suddivise in base all'obiettivo da perseguire e relativamente alle cause determinanti in (Panizzolo, 2022)¹⁸:

- **Scorte cicliche**, le quali vengono adottate con la volontà di ammortizzare i costi fissi di spedizione e i costi di attrezzaggio o di sfruttare eventuali sconti su specifiche quantità di acquisto lavorando dunque per lotti economici;
- **Scorte di disaccoppiamento**, le quali hanno lo scopo di massimizzare l'efficienza dei fattori produttivi facendo fronte alla diversa cadenza dei vari processi produttivi, ai colli di bottiglia della filiera produttiva e ai differenti criteri di aggregazione degli ordini;
- **Scorte di transito**, le quali hanno l'obiettivo di garantire un alto livello di servizio facendo fronte a lead time di fornitura e distribuzione particolarmente lunghi;
- **Scorte di sicurezza**, le quali hanno l'obiettivo di proteggersi dall'incertezza sulla domanda e sulle forniture in termini di quantità e tempi;
- **Scorte stagionali**, le quali hanno lo scopo di far fronte alla variazione della domanda dovuta alla stagionalità;
- **Scorte speculative**, le quali hanno lo scopo di tutelarsi dalla variazione dei prezzi di certi tipi di materiale o viceversa di sfruttarla.

Come si evince facilmente, le scorte (e il magazzino) permettono dunque alle varie aziende di tutelarsi da una grande varietà di cause endogene ed esogene non sempre controllabili, incorrendo però in onerosi costi per le stesse, i quali sono quantificabili in Europa come quasi il 50% dei costi logistici complessivi sostenuti da un'azienda (Fumi, 2013)¹⁹.

¹⁸ Panizzolo, R. (2022). *Dispense del corso di "Organizzazione della Produzione e dei Sistemi Logistici"*, anno accademico 2021/22. Padova.

¹⁹ Fumi, A., Scarabotti, L., & Schiraldi, M. M. (2013). Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy. *International Journal of Engineering Business Management* 5(1), 1-8.

Tali costi possono essere principalmente riassunti in:

- **Costi di approvvigionamento**, ossia i costi di processamento degli ordini, di acquisto, di lavoro e di trasporto dei prodotti;
- **Costi di mantenimento**, i quali sono legati al costo dei mezzi finanziari immobilizzati nelle scorte, al costo di utilizzo di locali, attrezzature e persone, ai costi assicurativi e fiscali, ai costi di obsolescenza e senescenza dei materiali stoccati e ai costi di deprezzamento della merce;
- **Costi di stock out**, nel caso in cui il livello di servizio non sia sufficientemente alto si traducono in costi di mancato guadagno, costi di attrezzaggio e revisione dei piani di produzione e costi (non facilmente quantificabili) dovuti al danno d'immagine.

2.3 Tipologie di magazzino

Nonostante dunque il termine magazzino “*suscita immagini negative come elevati costi e tempo non a valore*” (ten Hompel & Schmidt, 2007), molteplici compagnie sono obbligate a stoccare le merci per numerosi motivi (come quelli sopra citati). La gestione del magazzino, il luogo fisico che si occupa di accogliere e approvvigionare le scorte, (indicata con il termine inglese di “warehousing”) diventa dunque un vero e proprio processo con i suoi lead time e la sua gestione all'interno della filiera produttiva di ciascun prodotto. Sono presenti tre possibili criteri di classificazione dei magazzini esistenti in base a (Battini, 2021)²⁰:

1. Unità da stoccare

- Magazzini per UdC (Unità di Carico)

Per unità di carico in logistica vengono intesi una serie di contenitori di vario tipo come pallet, casse in rete metallica, casse in plastica o legno, etc., i quali permettono di raggruppare al loro interno un certo numero di articoli allo scopo di facilitarne le operazioni di stoccaggio e prelievo. L'esempio di UdC più diffusa in logistica è sicuramente

²⁰ Battini, D. (2021). *Dispense del corso di "Logistica Industriale"*, anno accademico 2021/22. Padova.

l'euro-pallet, costituito da un bancale di legno di dimensioni 800x1200 e con altezza massima raccomandata tra i 1000 mm e i 2200 mm. La caratteristica fondamentale delle UdC è di costituire un'unica unità di movimentazione per il material handling che può raggruppare diversi materiali differenti.

- Magazzini per colli e materiali vari
Si tratta di materiali che per la loro natura e le loro caratteristiche (o semplicemente per scelta) non possono essere accorpati all'interno di UdC. Questo tipo di materiali viene tipicamente inseriti all'interno di scatole o cartoni contenenti più pezzi.
- Magazzini per materiali speciali
Si tratta di materiali che a causa delle loro particolari caratteristiche (come peso, forma, dimensioni, etc.) risultano essere particolarmente difficili da stoccare. La migliore soluzione di stoccaggio per questo tipo di materiali risulta pertanto lo stoccaggio all'esterno, sia in termini di costi quanto di sicurezza.

In base a questa prima classificazione è possibile scegliere, in sede di decisione sulla struttura di stoccaggio, la migliore tipologia di magazzino tra: un sistema di stoccaggio a catasta (o pila) piuttosto che a scaffalature a semplice o doppia profondità, oppure sistemi di stoccaggio e prelievo automatico (sistemi AS/RS²¹) tramite magazzini rotanti ad asse verticale o orizzontale o magazzini ad alta intensità.

Chiaramente per una scelta di questo tipo è fondamentale considerare anche altri parametri quali le movimentazioni, le giacenze medie di ciascun codice da stoccare e la loro varietà.

2. Livello di automazione

In base al livello di automazione del magazzino è possibile distinguere tra **magazzini statici** (è il caso *person-to-goods*), nel caso in cui a muoversi sia solo l'operatore che effettua lo stoccaggio e il prelievo (a piedi o mediante carrelli elevatori o altri mezzi), o **magazzini dinamici** (è il caso *goods-to-person*), nel caso in cui il magazzino si muova assieme all'operatore o da solo.

²¹ Automated Storage and Retrieval Systems, sistemi in cui lo stoccaggio e il prelievo è automatizzato.

Rispetto a questa prima classificazione, i magazzini possono essere suddivisi nelle tre principali categorie di:

- Magazzini completamente manuali
Si tratta di magazzini statici dove la totalità delle attività di stoccaggio e prelievo sono svolte dall'operatore umano, con o senza l'ausilio di mezzi e attrezzature (come carrelli elevatori, commissionatori, transpallet, etc.).
- Magazzini semiautomatici
Si tratta di magazzini dinamici dove una parte delle operazioni tipiche di magazzino sono svolte in automatico contemporaneamente alle attività dell'operatore umano anche nello stesso spazio. È, ad esempio, il caso di magazzini in cui la movimentazione è automatica mentre il picking è manuale da parte dell'operatore (sistemi AS/RS).
- Magazzini automatici
Si tratta di magazzini in cui tutte le attività di magazzino (stoccaggio, movimentazione, picking, refilling, etc.) vengono eseguite da sistemi automatizzati controllati da un sistema informatico (WMS²², etc.) adeguato senza la necessità dell'operatore umano.

3. Posizione nella filiera logistica

- Magazzini di prodotti finiti
Si tratta di magazzini in cui vengono stoccati prodotti che hanno completato tutte le fasi del ciclo produttivo e attendono di essere spediti al cliente finale. In alcuni casi il magazzino si trova all'interno dell'azienda oppure può essere dislocato sul territorio (centri di distribuzione).
- Magazzini di semilavorati e parti
Si tratta di magazzini in cui vengono stoccati prodotti che non hanno ancora completato tutte le fasi del ciclo produttivo e che, quindi, sono in procinto di essere terminati. Tali magazzini si trovano all'interno dello stabilimento e possono essere centralizzati oppure in prossimità della linea di assemblaggio (supermarket e buffer).

²² Warehouse Management System.

- Magazzini di materie prime

Si tratta di magazzini in cui vengono stoccati le materie prime (più propriamente i codici di acquisto) provenienti da fornitore e che necessitano di subire necessariamente almeno un processo produttivo (sia esso una lavorazione o il solo assemblaggio).

Viene fatto notare che molte volte uno stesso magazzino, indipendentemente dalla modalità di funzionamento e dalla composizione della struttura, può costituire un punto di stoccaggio sia di materie prime così come di semilavorati e parti, dove questi ultimi vengono riportati dalla linea al magazzino da cui sono stati inizialmente prelevati in qualità di materia prima. È questo infatti, come si vedrà, il caso del magazzino scaffalato dello stabilimento di Carraro Drivetech Italia Spa.

2.4 La gestione del magazzino

Essendo stato analizzato durante il progetto svolto un magazzino prevalentemente dedicato alle materie prime saranno ora presentate brevemente le aree funzionali dello stesso descrivendone il funzionamento²³, per proseguire successivamente con la descrizione dei principali criteri adottati nel warehousing in termini di allocazione, picking e routing.

Le aree funzionali di un magazzino per le materie prime risultano fondamentalmente tre:

1. Area di ricevimento e accettazione

Si tratta di una zona tipicamente esterna allo stabilimento dove avviene lo scarico della merce proveniente dai fornitori nelle apposite baie e il primo controllo di conformità dei materiali per tipologia, quantità e qualità rispetto a quanto riportato nel DDT (documento di trasporto). Il documento di trasporto (o bolla di trasporto) costituisce un documento redatto dal fornitore in cui sono

²³ Si tratta di una descrizione generale, mentre nel capitolo 3 saranno descritte con grande dettaglio le relative aree funzionali del magazzino in ingresso dello stabilimento di Carraro Drivetech Italia Spa.

presenti le informazioni dettagliate relativamente al carico trasportato e consegnato al cliente. Qualora l'addetto al controllo delle merci in entrata rilevi una discrepanza tra la merce consegnata e quanto riportato dalla bolla o rilevi dei problemi di integrità, la consegna può essere bloccata, o comunque scaricata in una zona provvisoria, in attesa di essere ritirata dal fornitore stesso. Al fine di ottimizzare al meglio le risorse aziendali e agevolare la produzione, è opportuno che l'attività di ricevimento e accettazione delle merci sia sufficientemente livellata per esempio distribuendo l'arrivo dei vettori di trasporto sull'intera giornata tramite un sistema digitale per la prenotazione della consegna.

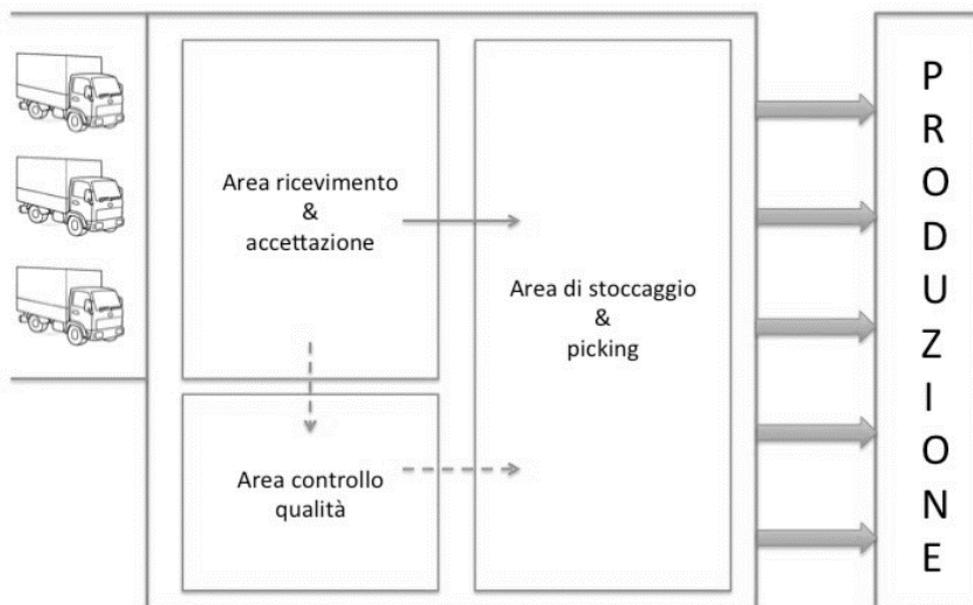


Figura 2.2: Aree funzionali magazzino materie prime (Persona, 2016)²⁴

2. Area di controllo qualità

Si tratta di una zona predisposta al controllo specifico delle merci in entrata (nonché di sub assemblati e pezzi appena lavorati, prodotti finiti interni all'azienda o prototipi) che può avvenire sulla totalità dei pezzi di un lotto, o a campione su alcuni pezzi dello stesso. I controlli verificano la conformità delle specifiche fisiche del pezzo rispetto a quanto stabilito con il cliente. Una volta superato positivamente il controllo, i materiali possono essere stoccati o inviati direttamente alla produzione, in caso negativo vengono bloccati in attesa di

²⁴ Persona, A. (2016). *Appunti del corso di "Logistica Industriale", anno accademico 2016/17*. Padova.

essere rispediti al fornitore o rilavorati. Vi sono poi nella maggior parte dei casi materiali che bypassano i controlli di tale area e vengono direttamente stoccati o inviati alla produzione, i cosiddetti materiali “free-pass”.

3. Area di stoccaggio e picking

I materiali che hanno superato il controllo qualità e la molteplicità dei materiali free-pass vengono poi stoccati in un’opportuna area. Tale area può essere caratterizzata in molteplici varianti a seconda della classificazione presentata nel precedente paragrafo: vi possono essere livelli di automazione differente, uno stoccaggio a scaffalatura piuttosto che a catasta, etc. Ad ogni modo, lo scopo primario di un’area per lo stoccaggio e il prelievo (picking) risulta la minimizzazione dello spazio occupato unita alla facilità di accesso nello stoccaggio quanto nel prelievo. Il picking dei pezzi che alimentano la produzione avviene tipicamente a partire da degli ordini che vengono raggruppati in una lista di prelievo (mono o multi codice a seconda delle politiche) in base al fabbisogno delle linee.

Poiché l’attività di picking risulta essere la più dispendiosa nella gestione di un magazzino, occorre di primaria importanza facilitare tali operazioni massimizzando l’accessibilità dei materiali al fine di favorire l’operatore (o la macchina) addetto al picking. Per fare ciò, le soluzioni che vengono principalmente adottate in un magazzino manuale o semiautomatico risultano (Battini et al., 2014)²⁵:

- Prevedere due aree differenti per lo stoccaggio e il picking, dove quest’ultima viene continuamente rifornita dalla prima al fine di garantire al suo interno tutta la varietà di materiali necessari, in opportune quantità e comodamente disposti;
- Mantenere lo stoccaggio e il picking all’interno della stessa area ma suddividere internamente le scaffalature del magazzino tra una zona di stoccaggio sui piani superiori e una zona di picking sui piani inferiori, quelli cioè più comodamente accessibili. Chiaramente anche in questo caso deve avvenire un costante refilling tra le due zone al fine di

²⁵ Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2014). A model for warehouse picking forward area allocation and dimensioning. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco (12/09/2014)*, 114-119.

garantire una corretta varietà di codici e nella giusta quantità all'interno della zona di prelievo.

2.4.1 Metodi di allocazione

L'allocazione dei materiali in un magazzino scaffalato, siano essi UdC, colli o materiali speciali, risulta una delle scelte chiave sia in fase di progettazione che in fase di gestione dello stesso nello stoccaggio e nel prelievo. Per ottimizzare le movimentazioni da e verso la scaffalatura è fondamentale progettare opportunamente tale area basandosi su parametri di movimentazione quali:

1. **Indice di rotazione**, il quale indica il grado di rinnovamento delle scorte in un intervallo temporale dato. Per un generico materiale i , l'indice di rotazione risulta definito come:

$$IR_i = \frac{Fu_i}{G_i}$$

dove Fu_i rappresenta il flusso in uscita del prodotto i dall'area in esame nel periodo temporale considerato e G_i rappresenta la giacenza media del prodotto i nello stesso periodo temporale considerato. Considerando due prodotti, il prodotto a indice di rotazione maggiore viene rinnovato più spesso, dunque risulta più importante dal punto di vista della movimentazione.

2. **Indice di movimentazione**, il quale calcola il numero di movimenti effettuati per un determinato prodotto i nel periodo temporale considerato T , calcolato come:

$$IM_i = \frac{M_i}{T}$$

dove M_i rappresenta il numero di movimentazioni effettuate per il prodotto i all'interno del delta tempo T considerato. Come nel caso precedente un materiale a maggiore indice di movimentazione risulta più importante per la movimentazione in generale.

3. **Indice di accesso**, il quale calcola il numero di accessi alla cella del magazzino dedicata per il determinato prodotto i nell'intervallo temporale considerato. Per un certo prodotto i viene calcolato come:

$$IA_i = \frac{IM_i}{n^\circ \text{celle}_i}$$

dove n° *celle* rappresenta il numero di celle assegnate ad un prodotto i ²⁶. L'indice di accesso esprime per un dato prodotto la probabilità di accesso alla determinata cella in un certo periodo temporale.

Sulla base di questi parametri si procede con la scelta della politica di stoccaggio (o di allocazione) più opportuna.

Vengono di seguito presentate le principali politiche di stoccaggio adottate nei magazzini scaffalati (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007)²⁷:

1. Assegnazione random

L'allocazione di ciascun materiale/prodotto in ingresso viene decisa in maniera casuale (con uguale probabilità per ogni prodotto) in base alle celle disponibili al momento dello stoccaggio. Una simile politica ha il vantaggio primario di massimizzare l'utilizzo della capacità del magazzino, mentre di contro aumenta le percorrenze in generale e il tempo medio di accesso risulta pari alla media dei tempi di accesso a tutti le celle. Un sistema di assegnazione dei vani di questo tipo, inoltre, presuppone la fondamentale presenza di un sistema informatico di supporto (ad esempio software ERP²⁸ o WMS) per calcolare in maniera dinamica la disponibilità di slot liberi al momento dello stoccaggio.

2. Closest-open location

L'allocazione di ciascun prodotto avviene a partire dalle celle più vicine alla zona di carico e scarico della scaffalatura, determinando una densità di materiali decrescente a mano a mano che ci si allontana dalla zona di accesso del magazzino. In questo caso non è necessario un sistema informatico di supporto in quanto l'allocazione può essere decisa facilmente dall'operatore umano in base alla situazione attuale degli scaffali, andando a stoccare il carico nella prima cella libera a partire dal punto di accesso del magazzino. Nel caso di movimentazione di soli pallet la performance della politica di assegnazione

²⁶ Se non è possibile calcolare il numero di celle assegnate ad un determinato prodotto, per esempio nel caso di una politica di allocazione random, il denominatore dell'indice di accesso viene sostituito dalla giacenza media, portando quindi a $IR_i = IA_i$.

²⁷ de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). *Design and control of warehouse order picking: A literature review*. European Journal of Operational Research 182, 481-501.

²⁸ Enterprise Resource Planning.

random e della politica di closest-open location sono praticamente affini (Hausman, Schwarz, & Graves, 1976)²⁹.

3. Assegnazione dedicata

L'allocazione di ciascun prodotto è assegnata ad un numero e tipo preciso di celle in maniera da massimizzarne la potenzialità ricettiva. Una simile politica diminuisce sicuramente i tempi di ricerca permettendo agli operatori di familiarizzare con la disposizione nello spazio dei vari materiali, mentre di contro si può incorrere in un sottoutilizzo della capacità del magazzino. Un'assegnazione dedicata, come si vedrà successivamente alla fine del sottoparagrafo, può anche essere circoscritta ad una parte del magazzino come, ad esempio, ai ripiani inferiori nel caso in cui siano dedicati al solo picking, mentre nelle altre zone dedicate al solo stoccaggio si può seguire un criterio differente (come ad esempio l'assegnazione random). In quest'ultimo caso rimarrebbero i vantaggi di un'assegnazione dedicata coniugati ai vantaggi della politica random nell'utilizzazione massimizzata degli spazi.

4. Full-turnover

L'allocazione di ciascun prodotto nell'area di stoccaggio avviene in base al suo consumo (turnover), cioè in base a quali sono i codici che vengono richiesti di più. In base al loro "tasso di richiesta" i prodotti vengono dunque stoccati in prossimità dell'area di accesso al magazzino a partire da quello a tasso maggiore e procedendo in maniera decrescente. Lo svantaggio principale di un simile metodo di allocazione risulta la variabilità della domanda la quale presuppone di aggiornare frequentemente la scelta nella disposizione dei prodotti, causando conseguentemente una perdita di flessibilità del magazzino.

5. Per classi

L'allocazione dei prodotti si basa sul famoso principio di Pareto secondo l'idea di suddividere i prodotti in classi in modo tale che la classe più movimentata contenga solo circa il 15% della totalità dei prodotti stoccati ma contribuendo a quasi l'85% del turnover (consumo) totale³⁰. Secondo questa idea, ogni classe costituita viene assegnata ad una ben designata area del magazzino,

²⁹ Hausman, W. H., Schwarz, L. B., & Graves, L. B. (1976). Optimal storage assignment in automatic warehousing systems. *Management Science* 22 (6), 629-638.

³⁰ Il principio si basa sull'osservazione del sociologo ed economista italiano Vilfredo Pareto secondo cui "l'85% della ricchezza del mondo è detenuto dal 15% della popolazione".

all'interno della quale l'assegnazione delle celle risulta invece random. La classe con i codici più movimentati viene generalmente denominata con la lettera "A", mentre la successiva con la lettera "B" e così via. Tipicamente il numero delle classi è ristretto a 3 (o al massimo a 4).

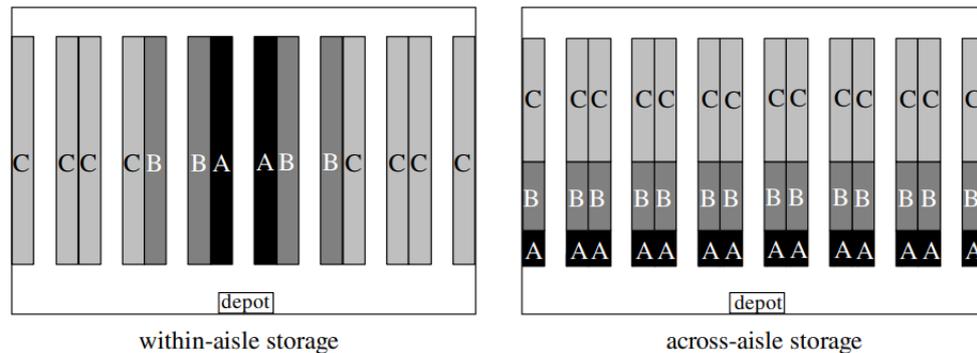


Figura 2.3: Due tipici esempi di implementazione di uno stoccaggio per classe (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007)

Come si nota in Figura 2.3, le classi vengono spesso distribuite a partire dalla distanza dal punto di accesso al magazzino (*depot*), posizionandovi la classe A nelle corsie più dirette (caso a sinistra) o nelle campate più dirette al corridoio di accesso (caso a destra). Una politica basata sulle classi ha il vantaggio di ridurre i tempi di accesso e ricerca mentre di contro aumenta la complessità gestionale del sistema.

6. Raggruppamento per famiglia

Spesso è pratica comune nei magazzini raggruppare i prodotti per famiglie in modo da favorire l'apprendimento degli operatori al fine di ridurre i tempi di ricerca. Ciò è possibile anche combinando alcuni dei precedenti criteri di stoccaggio elencati come, ad esempio, il criterio per classi.

Come già spiegato all'inizio del paragrafo, la creazione di due zone distinte del magazzino dedicate allo stoccaggio e al picking dei codici permette di incrementare (anche di molto) la performance dei picker e, proprio per questo, sta diventando sempre più popolare e frequente (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). La zona di picking, definita *forward area* o *fast-picking area*, deve avere delle dimensioni contenute rispetto alla zona di stoccaggio (*reserve area*) e, per tale motivo, risulta

cruciale il dimensionamento di quest'ultima in base al numero di SKU³¹ che sarà in grado di contenere. Ovviamente tra la zona di picking e quella di stoccaggio deve essere presente un costante flusso di refilling, con un conseguente aumento delle tempistiche associate alle operazioni di *warehousing*.

Questa zona di picking può poi essere posizionata all'interno della scaffalatura, tipicamente sui livelli inferiori, oppure può essere adiacente o esterna alla scaffalatura. In tutti i casi il refilling può avvenire manualmente (nel caso di magazzini statici) da parte degli operatori autonomamente o per mezzo di opportuni mezzi come carrelli elevatori, commissionatori, etc., oppure per mezzo di sistemi automatizzati (magazzini dinamici) come VLM³² o magazzini dotati di trasloelevatori, carriponte, gru, etc. In quest'ultimo caso è fondamentale per minimizzare i tempi delle operazioni di picking che il prelievo delle SKU avvenga in maniera dinamica "Just in Time" rispetto alle operazioni di picking manuale.

Risulta infine fondamentale decidere se gestire i codici in scatole di cartone o in pallet valutando opportunamente i corrispettivi vantaggi e svantaggi sulla performance (Battini, Calzavara, Persona, & Sgarbossa, 2014).

2.3.2 Picking

Il picking di magazzino è l'attività di prelievo, smistamento e ripartizione di un materiale (contenuto in un UdC o meno) ubicato in una specifica posizione del magazzino allo scopo di spedirlo ad un cliente (sia esso un processo o il cliente finale di un prodotto).

Come si è già anticipato, l'attività di picking ha un notevole impatto sui costi totali di gestione di un magazzino, in particolare si è calcolato pesare circa il 55% dei costi totali di *warehousing* (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Qualsiasi inefficienza nel picking si traduce in un incremento dei costi e in un disservizio del magazzino e, conseguentemente, dell'intera *supply chain*. È per questo motivo che le tematiche legate al picking e alla sua ottimizzazione sono ampiamente dibattute nella letteratura.

³¹ Stock Keeping Unit.

³² Vertical Lift Module, magazzini verticali automatizzati (come i Modula©).

Prima di presentare le più diffuse politiche di picking, occorre opportuno distinguere l'attività di picking in base al livello di automazione che contraddistingue il magazzino in esame:

- ***Man-to-goods*** (o *picker-to-part*)

Riguarda tutte le attività di picking che vengono effettuate dagli operatori umani all'interno di magazzini statici (ovvero manuali). In tali sistemi, l'operatore si occupa di prelevare e smistare autonomamente l'articolo necessario, provvedendo poi a riposizionare la SKU nell'ubicazione da cui è stata prelevata. A seconda dei mezzi con cui avviene il prelievo degli articoli l'attività di picking *man-to-goods* può essere distinta in:

- Picking a basso livello, nel caso in cui il prelievo dell'articolo necessario dalla SKU sia effettuato a terra³³. In questo caso l'operatore viaggia tra le corsie della scaffalatura e preleva manualmente gli articoli necessari dai livelli inferiori servendosi di un carrello o di un transpallet.

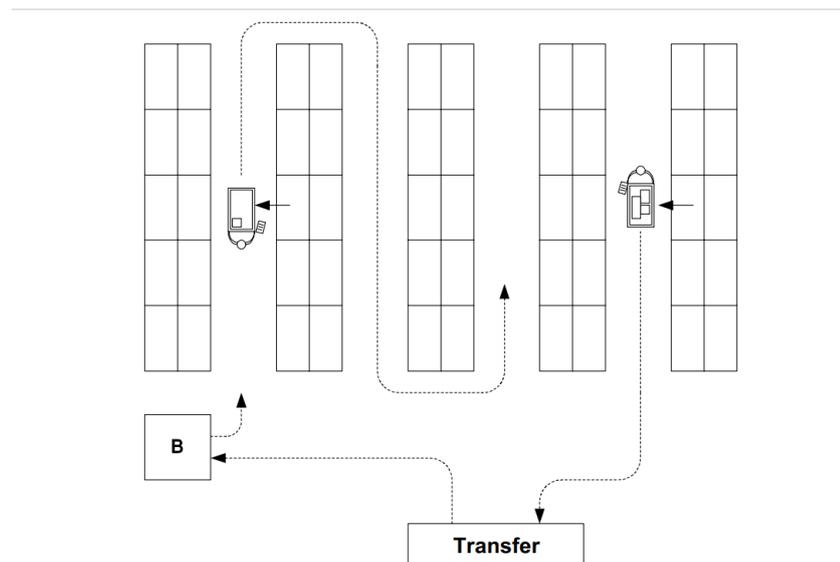


Figura 2.4: Sistema di picking man-to-goods a basso livello (ten Hompel & Schmidt, 2007)

- Picking ad alto livello, nel caso in cui il prelievo dell'articolo sia effettuato dall'operatore mediante l'utilizzo di mezzi opportuni ad un livello della scaffalatura superiore al primo. In questo caso il prelievo

³³ Nel caso in cui l'articolo sia inviato al cliente (o al processo) direttamente all'interno del suo imballo primario si parla solamente di prelievo, mentre nel caso il contenitore debba essere travasato in un contenitore apposito (come nel caso delle scatole kanban che verrà descritto nel prossimo paragrafo) oltre al prelievo della scatola necessaria dalla SKU avviene anche il travaso dell'articolo.

dell'articolo necessario (e l'eventuale travaso) può avvenire “in quota” nel caso si utilizzino dei commissionatori, o a terra nel caso si usino dei carrelli elevatori classici (monolaterali, bilaterali o trilaterali). Chiaramente l'utilizzo di un commissionatore a scapito dei classici carrelli elevatori permette di diminuire i lead time di picking dimezzando i tempi di accesso ad un'ubicazione.

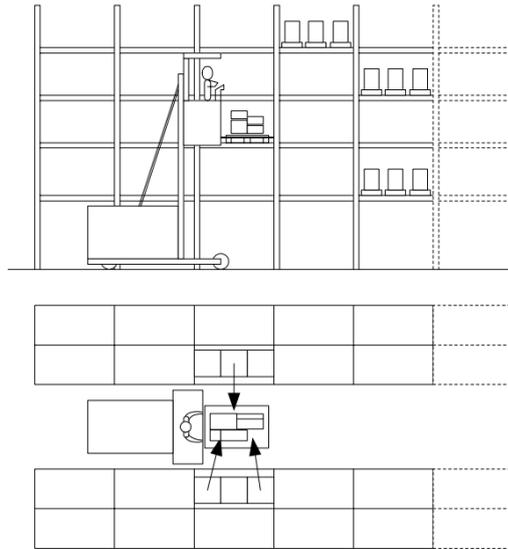


Figura 2.5: Sistema di picking man-to-goods ad alto livello con commissionatore (ten Hompel & Schmidt, 2007)

- **Goods-to-man** (o *part-to-picker*)

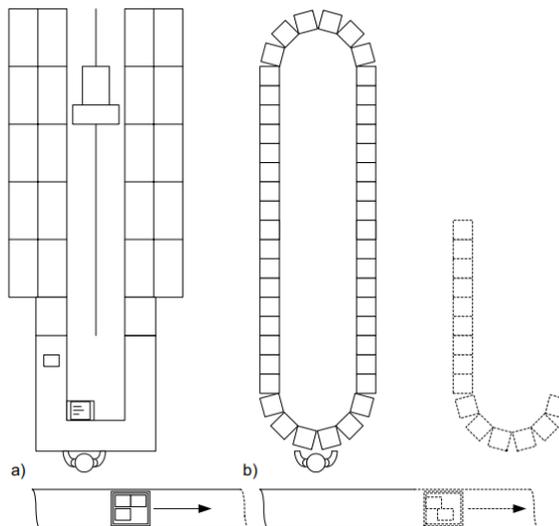


Figura 2.6: Sistema di picking goods-to-man semiautomatizzato (AS/RS) (ten Hompel & Schmidt, 2007)

Riguarda sistemi a stoccaggio e prelievo automatizzati (AS/RS) dove tipicamente le operazioni vengono eseguite da trasloelevatori, carroponti, etc. che consegnano l'articolo o la SKU all'operatore fisico che si adopera per separare gli articoli e comporre i vari ordini.

Il picking manuale o semiautomatico può avvenire diversamente a seconda che venga eseguito:

- Con lista di prelievo (*voucher-bound picking*), in questo caso l'operatore addetto al picking effettua il prelievo degli articoli basandosi su una lista di prelievo cartacea che riassume le righe degli ordini nei tipi e nelle quantità necessarie. Si tratta di una modalità classica attuabile per tutte le politiche di picking. Al fine di efficientare il processo di picking è fondamentale che nella *picking list* gli ordini siano riportati in base all'ordine di allocazione sugli scaffali e ciò presuppone il supporto di un sistema informatico adeguato (ten Hompel & Schmidt, 2007). Il vantaggio della lista di prelievo risulta la semplicità di preparazione e realizzazione, mentre di contro viene penalizzata la flessibilità rispetto ad un'eventuale variazione degli ordini e si ha un grande spreco di tempo nell'individuare la successiva ubicazione di prelievo.
- Senza lista di prelievo (*voucherless picking*), in questo caso il picking viene eseguito dagli operatori senza una lista di prelievo cartacea bensì mediante l'utilizzo di supporti digitali fissi o portatili come ad esempio terminali mobili (tablet, smartwatch, etc.) o fissi (totem) oppure tramite dei monitor fissi sulla scaffalatura (*pick-to-light*).

Description	Function
Mobile terminal	The picker receives the pick-up information online (via infrared or radio transmission) in other cases also offline (via docking stations), visually via LCD displays or acoustically (pick-by-voice)
Stationary terminal	Stationary monitors show (online) the pick-up information. Frequently used at central picking points e.g., at goods-to-man picking stations
pick-to-light	Optical display at the shelves show the relevant supply units and the quantity to be retrieved. Frequently used in flow or shelf rack systems.

Tabella 2.1: Metodi per il voucherless picking (ten Hompel & Schmidt, 2007)

I metodi voucherless permettono di migliorare la possibilità di confermare l'ordine.

Indipendentemente dalla strategia di picking adottata, sono possibili numerose implementazioni per snellire i processi di picking al fine di ottenere una sempre maggiore efficienza. Di seguito vengono riportati a titolo esemplificativo quelli adottati nell'ottimizzazione del magazzino di Coca-Cola HBC Russia a Mosca (Voronova, 2022)³⁴.

Comprehensive solutions	Person-to-goods	Goods-to-person
1. Smart Slotting	1. Mobile terminals	1. Quick-Pick Remote
2. 3D-modeling of a warehouse	2. Voice picking	2. RFID tags
3. WMS (automated warehouse management system), etc.	3. Pick-by-light	3. AGV (automated guided vehicles)
	4. Vision picking	4. Drones, etc.
	5. Biomedical telemetry	

Tabella 2.2: Classificazione delle tecnologie digitali per un ripensamento in ottica Lean della gestione del magazzino (Voronova, 2022)

Le principali strategie di picking manuale risultano:

1. Order picking

Il picking viene eseguito separatamente per ciascun ordine, prelevando ed eventualmente travasando tutti i materiali nelle giuste quantità corrispondenti a ciascuna riga della lista di prelievo associata all'ordine. Tale procedura permette di massimizzare il livello di servizio a scapito di una dilatazione dei tempi di percorrenza e viene tipicamente perseguita quando gli ordini sono composti da un elevato numero di righe.

2. Batch picking

Il picking viene eseguito per tipologia di articolo, accorpando vari ordini. Ciò permette di minimizzare le percorrenze ma necessita di un'ulteriore operazione di smistamento la quale può essere eseguita durante il picking (*sort-while-pick*) o alla fine del processo (*pick-and-sort*). L'accorpamento degli ordini può avvenire in base alla prossimità delle ubicazioni dei vari ordini all'interno del

³⁴ Voronova, O. (2022). Improvement of warehouse logistics based on the introduction of lean manufacturing principles. *Transportation Research Procedia* 63 (2022), 919-928.

magazzino (*proximity batching*) con l'obiettivo di minimizzare il lead time di ciascun *batch*, oppure può avvenire in base all'ora di arrivo/creazione dell'ordine (*time window batching*) allo scopo di rispettare i lead time di consegna.

La strategia di *batch picking* viene di solito perseguita quando gli ordini sono composti da un ridotto numero di righe.

3. Zoning

Ciascun *picker* viene assegnato ad una ben precisa zona del magazzino all'interno della quale preleva tutti gli articoli dei vari ordini ubicati nella zona di competenza. La strategia di picking prevede tipicamente due varianti e all'interno di ciascuna zona possono essere seguite le due modalità di picking sopracitate. Nella prima variante, denominata *pick-and-pass* (o *progressive assembly*), un ordine (o una batch di ordini) viene iniziato da un operatore il quale, una volta terminata la sua parte, consegna il carrello e la lista al picker della zona successiva; in questo modo i vari ordini vengono completati da vari operatori in step successivi. Nella seconda variante, denominata *parallel picking* (o *synchronised picking*), gli operatori delle differenti zone cominciano a comporre lo stesso ordine nello stesso istante, procedendo dunque parallelamente. Nella pratica il picking a zone viene tipicamente impiegato quando le proprietà degli articoli lo richiedono (ad esempio per motivi di peso, temperatura, forma o sicurezza). I vantaggi di un simile approccio risultano la riduzione del congestionamento delle corsie e del traffico in generale, nonché la familiarizzazione di ciascun operatore con le zone a cui è associato e con gli articoli contenuti in esse; di contro il principale svantaggio risulta la frammentazione degli ordini che devono necessariamente essere ricomposti prima di venire spediti.

4. Wave picking

Questa metodologia combina il *batch picking* con il picking a zone, creando delle vere e proprie ondate di ordini da evadere che vengono poi riportati in una zona di consolidamento prima della spedizione.

2.3.3 Euristici di routing

Le politiche di *routing* permettono nella gestione dello stoccaggio e del picking di magazzino di ottimizzare la percorrenza di operatori e macchine secondo determinate scelte strategiche.

Il problema del routing viene principalmente risolto mediante l'impiego di metodi euristici a discapito degli algoritmi di ottimo. Questi ultimi vengono spesso scartati perché rispetto ai metodi euristici in quanto (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007):

- Non sono disponibili per ciascun layout
- I percorsi di ottimo possono sembrare illogici per gli operatori i quali, come risultato, possono deviare da essi
- Non sono in grado di tenere conto del congestionamento delle corsie e dei corridoi, mentre molti euristici sono in grado di eliminarlo (o almeno ridurlo).

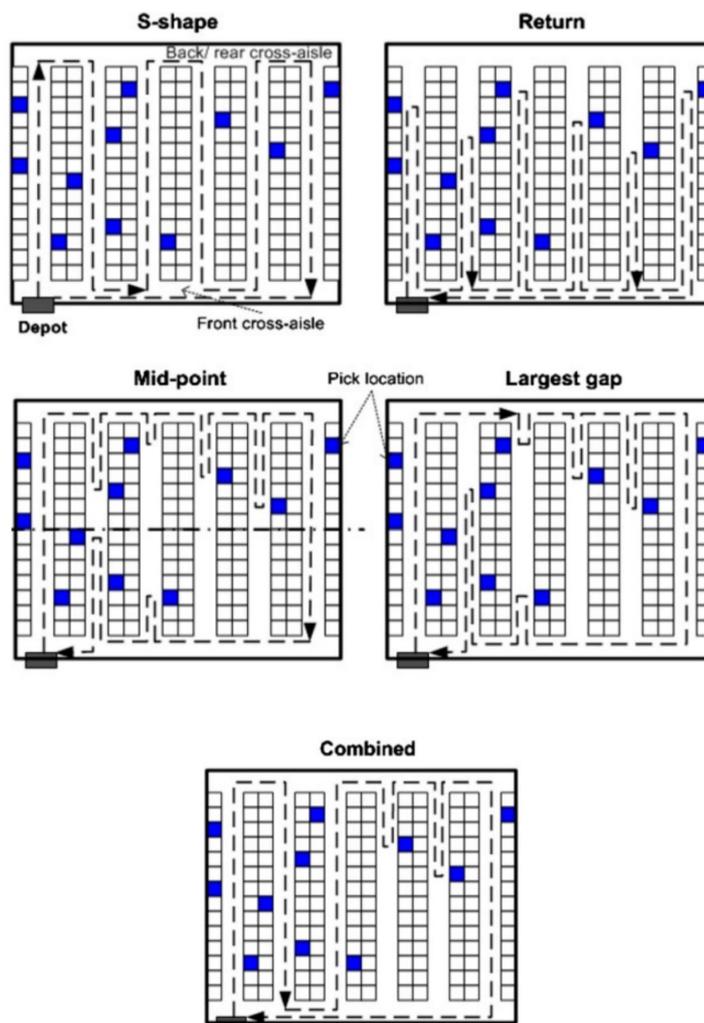


Figura 2.7: Esempio dei principali metodi euristici per il routing (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007)

I principali metodi euristici (visualizzabili in Figura 2.7) per il *routing* risultano:

- **S-shape**

Costituisce uno tra gli euristici più semplici e utilizzati. Impone che ciascuna corsia con almeno un articolo da prelevare venga percorsa interamente, mentre le corsie senza articoli da prelevare vengono saltate. Concluso l'ultimo picking l'operatore ritorna al punto di accesso (*depot*).

- **Return method**

Questo euristico impone che in ciascuna corsia che contiene almeno un articolo da prelevare l'operatore entri ed esca dallo stesso lato mantenendosi sempre dal lato del *depot*.

- **Midpoint method**

Questo euristico suddivide il magazzino in due aree e il picking avviene accedendo alla corsia dal lato del magazzino corrispondente alla metà in cui sono presenti gli articoli da prelevare, per poi uscire dallo stesso lato. La mezzeria del magazzino viene attraversata solo in fase iniziale e finale del processo. Tale euristico risulta più performante del metodo ad S nel caso vi siano pochi articoli per corsia.

- **Largest gap**

Questo euristico risulta simile al precedente se non per il fatto che il *picker* entra nella corsia fino alla differenza di distanza (*gap*) maggiore nella corsia anziché rispetto al punto medio. Il *gap* è costituito dalla distanza tra due prelievi adiacenti, tra il primo prelievo e il corridoio frontale o tra l'ultimo prelievo e il corridoio posteriore. Se il *gap* maggiore si ha tra i due prelievi adiacenti, il *picker* esegue un percorso di ritorno da entrambe le estremità della corsia, mentre in caso contrario viene utilizzato un percorso di ritorno dalla parte frontale o posteriore della corsia. In questo modo il *gap* maggiore costituisce la porzione di corsia che il *picker* non attraversa. L'accesso al corridoio posteriore può avvenire solo mediante l'attraversamento della prima o dell'ultima corsia. Tale euristico risulta più efficace del punto medio ma tuttavia l'implementazione risulta maggiormente complicata.

- **Combinato**

Questo euristico prevede che le corsie siano attraversate interamente o imboccate e abbandonate dallo stesso lato del corridoio.

Delle problematiche classiche che possono insorgere nell'implementazione degli euristici di *routing* sopra citati possono essere:

- Larghezza delle corsie, a seconda che siano abbastanza strette da permettere al picker di prelevare gli articoli da ambo i lati dello scaffale senza spostarsi o meno;
- Articoli ubicati in più posizioni del magazzino, è quindi necessario scegliere l'ubicazione da cui prelevarlo;
- Prelievo di più articoli per fermata, nel caso in cui l'operatore fermi il veicolo e proceda ai diversi prelievi manualmente.

In letteratura il problema risulta ampiamente trattato e vi sono dunque numerose soluzioni a tali problemi di *instradamento* (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

2.5 Lean Management

A partire dagli anni '60 dello scorso secolo il preponderante modello produttivo fordista, basato su una produzione di massa standardizzata e ripetitiva, entra in crisi con l'irrompere nel mercato mondiale del modello giapponese del Toyota Production System (TPS), basato invece su una produzione più diversificata in ascolto ai differenti bisogni dei clienti e in grado di mantenere alta la qualità seppur abbassando di molto le risorse impiegate. Il modello del TPS prende forma per merito di Taichi Ohno, in seguito alla sua visita alla celeberrima fabbrica statunitense Ford di River Rouge, dal chiaro intento di adattare una produzione di altissimo livello, come quella americana, su un suolo decisamente meno propizio in termini di spazio e disponibilità delle risorse. Ciò si traduce in una sostanziale tendenza nell'aggredire ogni forma di spreco (in giapponese "muda") all'interno della catena produttiva aspirando a creare un flusso continuo, riducendo attese e tempi di attraversamento, e instaurando una produzione di tipo PULL, ovvero tirata dalla domanda del cliente a valle del processo, in grado di minimizzare le scorte e tenere sotto controllo il WIP. Al fine di creare un modello produttivo duraturo, oltre che efficace, alla base del TPS si pone la continua ricerca del *kaizen*³⁵, ovvero del miglioramento continuo, secondo cui l'errore (a livello

³⁵ Dal giapponese KAI (cambiamento) e ZEN (bene) significa "cambiamento verso il meglio".

produttivo, per esempio il fermo linea) non viene interpretato come un aspetto negativo, inteso come una perdita di produttività (e fatturato), quanto piuttosto come una prospettiva di miglioramento necessaria per evitare futuri problemi analoghi.

Verso la fine dello scorso secolo la neobattezzata *Lean Manufacturing*, ormai entrata a far parte della mentalità manageriale e operativa di quasi tutte le grandi fabbriche mondiali, viene definita da Womack e Jones come una vera e propria filosofia (il *Lean Thinking* per l'appunto) applicabile a qualsiasi realtà ben oltre i confini produttivi. Si parla dunque di pensiero snello, basato sui seguenti 5 principi fondamentali (Womack & Jones, 1996)³⁶:

1. Definire il valore

Risulta fondamentale partire con l'individuazione di ciò che per il cliente è realmente importante cercando di assumere la sua prospettiva.

2. Identificare il flusso del valore

Una volta identificato il valore richiesto dal cliente concretizzato in un prodotto tipo, è opportuno analizzare l'insieme delle attività che ne permettono la realizzazione (sviluppo, produzione e commercializzazione) suddividendole, a seconda che contribuiscano o meno a produrre il valore percepito dal cliente, in tre categorie:

- Attività a valore, ovvero l'insieme delle attività che creano un valore tangibile per il cliente;
- Attività non a valore non eliminabili, ovvero l'insieme di attività che non contribuiscono a creare valore nel prodotto per il cliente ma che risultano fondamentali e, almeno per il momento, imprescindibili;
- Attività non a valore eliminabili, ovvero l'insieme di attività che non contribuiscono a creare valore nel prodotto per il cliente e che risultano eliminabili fin da subito.

3. Far scorrere il flusso del valore

Successivamente alla definizione del valore e all'identificazione del suo flusso, occorre eliminare le attività che non generano valore e le forme di spreco in generale concentrandosi sulle attività che generano valore al fine di

³⁶ Womack, J., & Jones, T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Productivity Press.

creare un flusso privo di interruzioni. Questo si traduce a livello manifatturiero nella propensione verso una produzione di tipo *one-piece flow* a scapito di una basata su lotti più o meno numerosi.

4. Implementare un sistema PULL

Condizione fondamentale per la creazione di un perfetto flusso del valore senza interruzioni risulta l'implementazione di un modello produttivo di tipo PULL, ovvero dove l'intera produzione risulta in ciascuna sua fase tirata dal cliente a valle permettendo, in una situazione ideale, il perfetto equilibrio tra domanda e offerta. Una simile logica, a dispetto del modello PUSH dove la produzione viene spinta dalle previsioni a monte della produzione nell'ottica di produrre per il magazzino, ha gli enormi vantaggi di ridurre enormemente le scorte, di tenere sotto controllo il WIP e di essere estremamente flessibile alle variazioni della domanda.

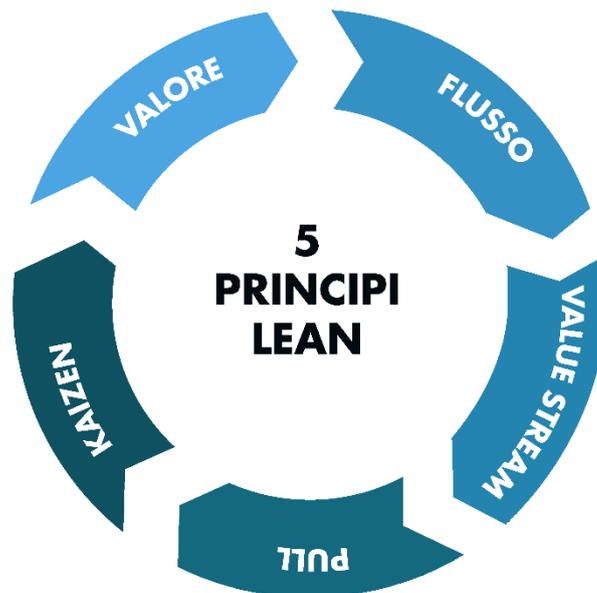


Figura 2.8: I 5 principi del Lean Thinking (da www.utekvision.com)

5. Ricerca la perfezione (Kaizen)

Sebbene il concetto di perfezione risulti idilliaco quanto utopistico, nel pensiero snello essa risulta un asintoto a cui tendere costantemente ricercando il miglioramento continuo sfruttando ogni problema che insorge nelle attività produttive come fonte di conoscenza e occasione di arricchimento professionale e non come problema da evitare. Un simile paradigma si basa

su una stretta e costante collaborazione tra tutti i reparti aziendali a tutti i livelli, al fine di favorire un sicuro miglioramento incrementale per piccoli step (sempre reversibili) e per pressoché bassi o nulli investimenti e con una pianificazione minima; differentemente dal paradigma occidentale classico dove il miglioramento risulta spesso irreversibile e frutto di una lunga pianificazione e di grandi investimenti senza una completa collaborazione tra le differenti funzioni e livelli aziendali.

In concomitanza ai 5 principi cardine del *Lean Thinking*, vengono rappresentati in Figura 2.9 i 7 principali *muda* da aggredire per ottenere una produzione che sia il più snella possibile.



Figura 2.9: I 7 muda nel Lean Thinking (da www.flexible-production.com)

È importante sottolineare che il *muda* dovuto alla sovrapproduzione risulta la forma di spreco più grave in quanto è da esso che si originano altri *muda* quali le scorte (magazzini), i trasporti e i difetti; e proprio per questo uno dei principi cardine della filosofia giapponese risulta la logica PULL con cui i processi devono essere guidati.

2.4.1 La logica PULL: il Kanban

L'esatta sincronizzazione tra la domanda e l'offerta può essere ottenuta implementando una gestione di tipo PULL dei processi. In una simile logica ogni processo della catena produttiva, che sia un processo produttivo, un approvvigionamento o un acquisto, risulta tirato dalla domanda effettiva del processo subito a valle.

Lo strumento fondamentale per una gestione di questo tipo risulta il cosiddetto Kanban (in giapponese significa "segnale visivo") ideato proprio da Taichi Ohno all'interno della Toyota Motor Corporation. Tale strumento rende possibile il flusso di informazioni in maniera semplificata e senza l'utilizzo di sistemi complessi tra i vari processi interni ed esterni di un'azienda da valle a monte a partire dagli ordini dei prodotti finiti fino all'acquisto delle materie prime.

PL-563-471	 www.utekvision.com		07/08/2020	
	Codice		Descrizione	N°
	PL-563-471		Supporto anteriore	1
	Fornitore	Quantità	Spazio per foto	Lead Time
	xxx	50 pz.		10 gg
	Contenitore	Ubicazione	Destinazione	
KLT6147	C-01-01-03	Supermarket C5		

Figura 2.10: Esempio di cartellino Kanban (da www.utekvision.com)

Il kanban, come si vede in Figura 2.10, si concretizza dunque in un cartellino fisico (e in alcuni casi anche elettronico) associato ad un contenitore tipicamente recante le seguenti informazioni:

- Il codice del materiale a cui il cartellino è associato
- Una descrizione sintetica del materiale
- Il fornitore del materiale (può essere un processo interno o un fornitore esterno)
- Il cliente che richiede il dato materiale (processo interno o cliente esterno)
- La quantità di pezzi associata a questo cartellino
- Il contenitore in cui dovranno essere contenuti quei pezzi
- La destinazione a cui il contenitore dovrà essere consegnato da pieno

- Il lead time fondamentale per ripristinare quella quantità di quel materiale in quel contenitore per quella posizione
- Codice a barre in grado di identificare univocamente tutte le informazioni appena elencate (fondamentale nella gestione mediante Kanban elettronici)

Il principio del Kanban risulta molto semplice e proprio per questo è ormai largamente impiegato nelle aziende di tutto il mondo. Ogni cartellino risulta associato ad uno specifico materiale presente in un supermarket, o in un'ubicazione in generale, di un qualsiasi processo e solamente la sua ricezione dal processo immediatamente a monte comanda la sua produzione o approvvigionamento per far fronte alla sua richiesta immediatamente a valle. Il kanban, come è possibile vedere dalla Figura 2.11, regola, muovendosi a ritroso rispetto al flusso del valore, ciascuna fase della catena produttiva di un prodotto in logica puramente PULL, a partire dalla domanda del cliente finale fino a partire dall'approvvigionamento delle materie prime dai fornitori, permettendo i problemi di sovrapproduzione minimizzando di conseguenza le scorte e adattandosi in maniera dinamica alle eventuali fluttuazioni nella domanda.

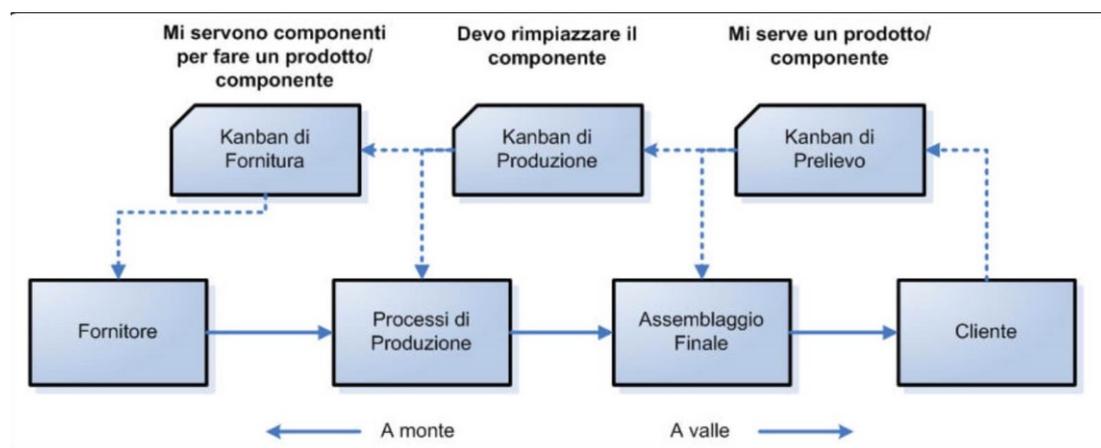


Figura 2.11: Produzione PULL con il sistema Kanban (da www.leanmanufacturing.it)

Molte volte accade che, a causa di lead time complessivi troppo elevati³⁷ o bassi livelli di servizio, le aziende implementino un sistema ibrido di tipo PUSH/PULL disaccoppiando i processi più a monte della filiera produttiva (come l'approvvigionamento delle materie prime e/o componenti da fornitori esterni, quanto piuttosto i primi processi produttivi) e gestendoli in logica PUSH sulla base delle

³⁷ È fondamentale che la somma di tutti i lead time di tutti i processi (nell'esempio: fornitore, processi di produzione, assemblaggio finale) e della spedizione sia inferiore al tempo che il cliente è disposto ad aspettare per quel prodotto.

previsioni, mentre i processi a valle vengono gestiti in logica PULL. Lo stesso può anche essere fatto viceversa per quanto riguarda i processi a valle della catena.

È possibile classificare i sistemi kanban mediante tre differenti criteri:

1. In base alla strumentazione impiegata nella sua gestione:
 - **Kanban fisico:** costituito da cartellini kanban fisici che vengono movimentati tra i diversi processi (interni ed esterni);
 - **Kanban elettronico:** rimane la presenza del kanban fisico il quale però non viene trasferito tra i vari processi quanto piuttosto scannerizzando il codice a barre identificativo e registrando a sistema la “chiamata” per quell’approvvigionamento specifico. Questa modalità permette rispetto alla precedente di avere innumerevoli vantaggi quali l’eliminazione del rischio di perdere i cartellini fisici e la tracciabilità del materiale garantendo la coerenza tra il dato informatico e il dato reale.
2. In base ai processi che il sistema mette in collegamento:
 - **Kanban di movimentazione:** quando a monte del processo che invia la richiesta di materiale vi è un magazzino o un punto di scorta (buffer, etc.);
 - **Kanban di produzione:** quando a monte del processo che invia la richiesta di materiale vi è processo produttivo;
 - **Kanban di acquisto:** quando il processo che inoltra la richiesta di materiale è un magazzino di materie prime o di componenti/semilavorati/sottoassiemi acquistati da fornitori.
3. In base alla modalità di funzionamento:
 - **Kanban classico:** ad ogni materiale è associato un numero di contenitori contenente una ben definita quantità di pezzi e ad ognuno di questi contenitori è associato un cartellino kanban. Tali contenitori sono tipicamente posizionati in scaffali a gravità definiti supermarket (si vedranno nel dettaglio in §4.2.3) e costituiscono un “vuoto per pieno”. Il principio di funzionamento prevede, infatti, che all’esaurimento dei pezzi in un contenitore ne sia prelevato il kanban corrispondente inoltrandolo al processo a monte il quale si adopererà per approvvigionare un contenitore pieno dello stesso materiale.

Quando il contenitore riempito viene portato nell'ubicazione desiderata su di esso viene posizionato lo stesso kanban che prima era stato inoltrato dal processo a valle per notificare la necessità di approvvigionamento, mentre il contenitore svuotato da cui era stato rimosso il kanban viene riportato a monte per approvvigionare futuri materiali.

- **Kanban double bin:** si tratta del metodo più semplice. In questo caso la modalità di funzionamento è la stessa del kanban classico se non che il contenitore associato al materiale con relativo kanban risulta esso stesso l'ordine di ripristino per il processo fornitore a monte. Il contenitore diventa dunque un "vuoto a rendere" permettendo di unificare il flusso dei cartellini a quello dei contenitori.
- **Kanban segnale:** è necessario quando il lotto di produzione del processo a monte è molto più grande rispetto al consumo del materiale da approvvigionare. In questo caso, per ammortizzare i costi del processo (set up, etc.), si accumulano una serie di cartellini (abbandonando la gestione a contenitori) fino al sopraggiungere del kanban segnale che notifica la possibilità di iniziare il processo nel rispetto dell'economia di esercizio.
- **Kanban lotto:** è necessario come nel caso precedente quando il lotto di produzione del processo a monte è molto più grande rispetto al consumo del materiale da approvvigionare. Differentemente però, viene ripresa la gestione a contenitori e, prima di approvvigionare il processo cliente, il processo fornitore attende l'accumulo di un certo numero di contenitori (come i cartellini nel caso precedente)

In conclusione, è possibile evidenziare come la gestione a kanban permetta di ottenere benefici molto importanti quali:

- L'eliminazione del problema della sovrapproduzione con la conseguente minimizzazione delle scorte;
- Flessibilità nella risposta a possibili fluttuazioni della domanda dei clienti;

- Semplificazione del sistema produttivo complessivo permettendo di abbandonare in parte la complessa gestione legata alla pianificazione a priori sulla base delle previsioni;
- Maggiore cooperazione e sincronizzazione tra i vari reparti aziendali della catena produttiva abbandonando la mentalità di operare per lotti e a reparti separati in favore di un maggiore senso di appartenenza al processo produttivo nella sua interezza, protendendo alla condizione produttiva ideale di *one-piece flow*.

Nonostante i notevoli benefici derivanti dall'adozione di un sistema PULL come quello appena descritto, quest'ultimo risulta applicabile nella maniera più efficace possibile solo se sono verificate le seguenti condizioni:

- Standardizzazione del lavoro, gli operatori devono sapere esattamente cosa fare, come farlo e in che tempi, al fine di ridurre al minimo il rischio di produrre difetti;
- Riduzione dei tempi di attrezzaggio, i quali devono essere inferiori ai 10 minuti³⁸ per non rallentare lo scorrere del flusso del valore;
- Livellamento della produzione, una domanda troppo discontinua non è adatta ad un sistema Kanban;
- Manutenzione preventiva, una manutenzione programmata affinché le macchine non si fermino mai in maniera non prevedibile durante la produzione bloccando così il flusso;
- Controllo autonomo dei difetti, l'operatore deve essere addestrato alla verifica autonoma della qualità dei materiali così da evitare in nessun caso di mandare avanti pezzi difettosi che potrebbero bloccare la produzione o creare problemi per il cliente finale;
- Layout dei macchinari;
- Flessibilità della manodopera, gli operatori devono essere formati in modo tale da essere in grado di spostarsi da un reparto all'altro in base alla variazione del carico dei cartellini.

³⁸ Secondo Shingeo Shingo, ideatore dell'analisi SMED per la riduzione dei tempi di attrezzaggio, qualsiasi tempo di attrezzaggio risulta riducibile ad almeno 10 minuti.

2.4.2 SIPOC diagram

Al fine di creare un flusso del valore snello e profittevole, successivamente al primo principio di definizione del valore, è opportuno identificare l'attuale flusso dello stesso al fine di individuarne ed eliminarne le forme di spreco. Gli strumenti Lean tipicamente utilizzati per mappare un flusso del valore risultano il SIPOC diagram, per una mappatura ad alto livello, e la Value Stream Mapping (VSM) o la Swim Lane Chart (SLC), per una mappatura a basso livello.

Il SIPOC diagram permette di analizzare i diversi processi che compongono un macroprocesso o le singole attività che compongono un processo andando ad individuarne i fornitori, i clienti, gli input e gli output. Questo strumento Lean risulta fondamentale nella fase preliminare di identificazione di un flusso del valore poiché permette di comprendere quali siano i processi e le attività più critiche che è necessario mappare più nel dettaglio (ad esempio ripetendo un altro SIPOC o direttamente tramite VSM o SLC). Il livello di dettaglio fornito dall'analisi tramite SIPOC è basso, si parla infatti di analisi "ad alto livello", ma è possibile ripetere la procedura per discretizzare secondo un dettaglio maggiore un macroprocesso nei suoi elementi costitutivi (processi, sub-processi, attività, etc.).

A livello pratico il SIPOC diagram è costituito da 5 colonne (corrispondenti alle 5 lettere che ne compongono il nome) costituite da:

- **Suppliers** (fornitori), sono i soggetti (interni o esterni all'azienda e fisici o virtuali) che a partire da un input forniscono un output ai corrispondenti clienti tramite il corrispettivo processo;
- **Inputs**, indica le risorse (fisiche o informatiche) che vengono trasformate o semplicemente impiegate dal processo per generare l'output fornito al cliente;
- **Processes**, indica l'attività o il processo che trasforma l'input in output;
- **Outputs**, indica il prodotto del processo originato a partire dall'input fornito e destinato a soddisfare il corrispettivo cliente;
- **Customers** (clienti), sono i soggetti (interni o esterni e fisici o virtuali) che ricevono gli outputs dei processi/attività.

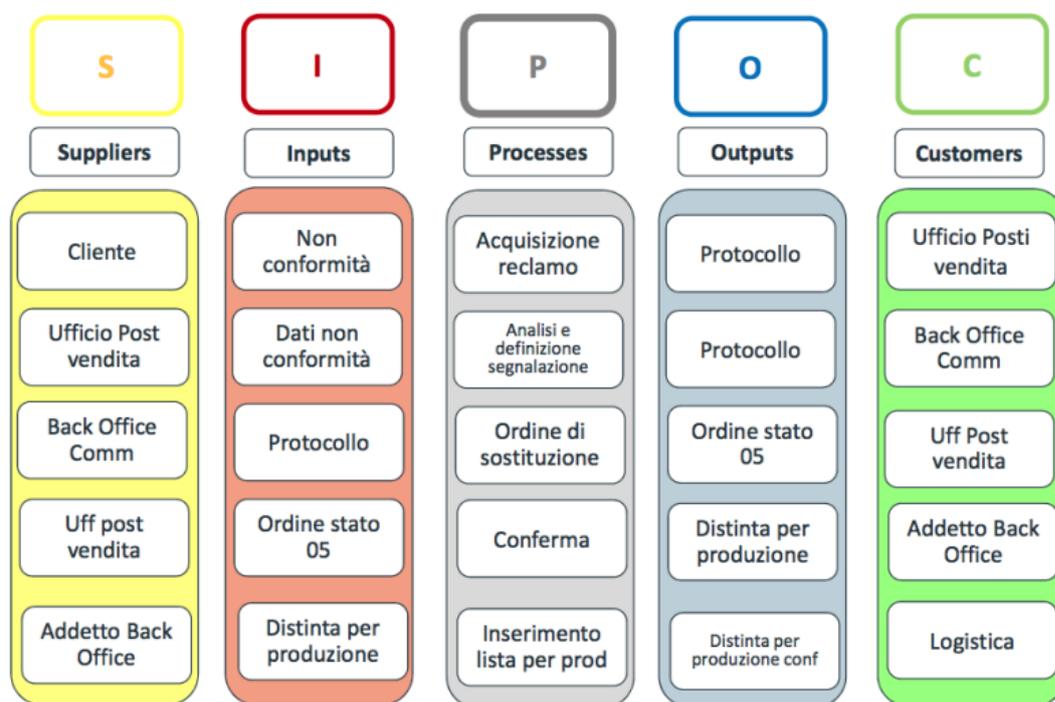


Figura 2.12: Esempio di diagramma SIPOC (Panizzolo, 2016)³⁹

La lettura del SIPOC avviene per righe e a partire da sinistra verso destra: ciascuna riga rappresenta una parte del processo, un'attività o una task in cui un fornitore fornisce ad un cliente un output a partire da un input che viene processato trasformandolo o semplicemente trasferendolo. Si prenda per esempio il diagramma di Figura 2.12 che rappresenta un macroprocesso di gestione di un reclamo: leggendo la prima riga se ne deduce che il cliente (fornitore dell'attività) fornisce all'ufficio post vendita (cliente dell'attività) un protocollo (output) a partire da una non conformità (input) nell'articolo/servizio acquistato successivamente ad un'acquisizione di reclamo (processo).

Uno strumento di questo tipo, data la chiarezza ed efficacia concettuale e visiva nonché la grande semplicità, risulta dunque molto importante nella fase preliminare di analisi di un macroprocesso ai fini di migliorarlo e/o innovarlo, permettendo di individuare fin da subito le eventuali criticità senza scendere troppo nel dettaglio delle attività.

³⁹ Panizzolo, R. (2016). *Dispense del corso di "Gestione snella dei processi", anno accademico 2016/17*. Padova.

2.4.3 Swim Lane Chart

Successivamente all'analisi del flusso ad alto livello (tipicamente eseguita tramite SIPOC) occorre opportuno procedere con una mappatura maggiormente dettagliata del flusso del valore al fine di individuarne le attività a valore e non a valore. La mappatura ad alto livello di dettaglio, cioè "a basso livello", nell'approccio *Lean* viene tipicamente condotta tramite Value Stream Mapping o Swim Lane Chart: la prima risulta adatta alla mappatura di un macroprocesso produttivo prevalentemente lineare, mentre la seconda risulta maggiormente adatta alla mappatura di processi poco (o per nulla) lineari non propriamente produttivi.

La Swim Lane Chart viene così definita poiché la sua struttura suddivisa in corsie ricorda la conformazione tipica di una piscina ("swim lane") e permette, a dispetto degli altri strumenti di mappatura, di individuare le responsabilità e i vari punti di comunicazione ed interazione dei diversi attori che operano all'interno del processo in esame. Una SLC si presenta dunque suddivisa in corsie orizzontali, ciascuna delle quali rappresenta un attore del processo, sia esso una persona, un ufficio, un sistema informatico interni o esterni, e, il più delle volte (ma non necessariamente), in corsie verticali, le quali ripartiscono il processo in fasi per una maggiore chiarezza rappresentativa.

All'interno del diagramma (o "pool") suddiviso in corsie il flusso mappato viene scomposto in attività elementari collocate nelle varie corsie orizzontali a seconda di chi è l'attore in gioco. Le varie attività, sia all'interno della stessa corsia che in corsie differenti, vengono poi collegate tra di loro mediante un'opportuna simbologia tale da mettere in evidenza:

- L'ordine logico con cui vengono svolte. La piscina viene letta da sinistra a destra, dunque l'asse temporale ha questa direzione;
- Il flusso di informazioni, materiali, documenti etc. da un'attività all'altra;
- I punti di connessione e interazione tra i diversi attori operanti nel processo.

Una caratteristica fondamentale della struttura di una SLC sono i processi decisionali, tipicamente rappresentati da un rombo (se ne veda un esempio in Figura 2.13), i quali costituiscono un bivio nel flusso delle attività, il quale, a seconda dell'esito, si biforca

in due strade alternative che possono dare luogo ad attività mutuamente esclusive svolte da attori uguali o differenti e che in alcuni casi prevedono una reiterazione di parte del processo.

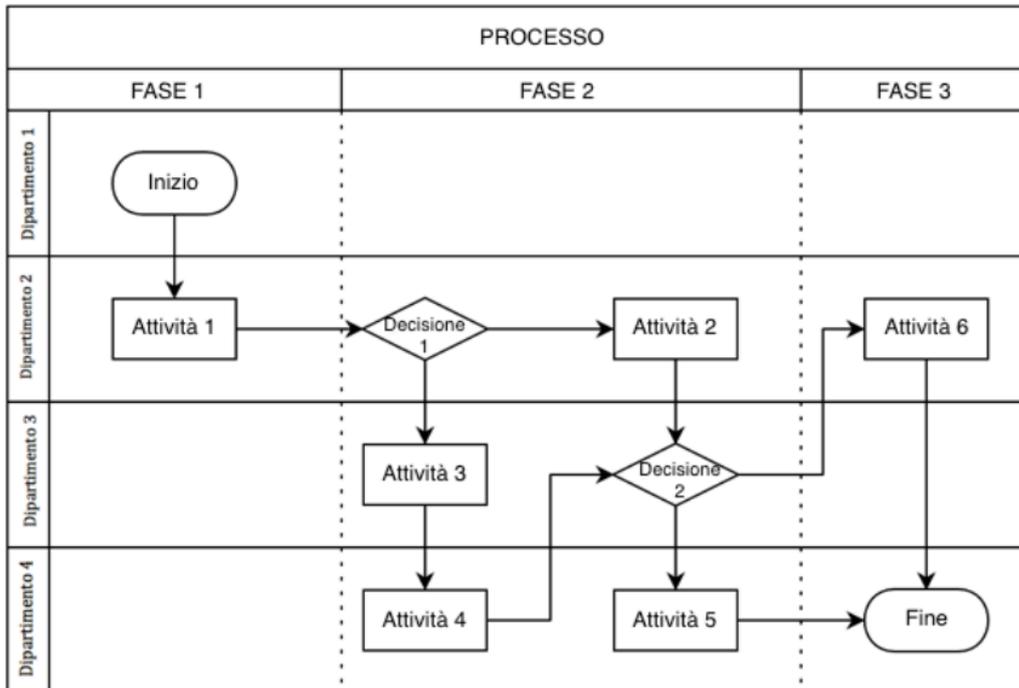


Figura 2.13: Struttura di una Swim Lane Chart (adattato da www.grapholite.com)

La rappresentazione grafica del flusso nella SLC si accompagna sempre ad una quantificazione dei lead time complessivi del processo esaminato, nonché delle sue fasi costitutive nel caso siano state inserite delle corsie verticali nella piscina, i quali permettono di valutare la performance del processo e dei suoi attori.

La mappatura dei processi tramite Swim Lane Chart risulta dunque molto utile quando:

- È necessario mappare processi non lineari (quando appunto ci sono dei processi decisionali che biforcano le attività);
- Il flusso di attività a altre forme di output (materiali, documenti, etc.) avviene attraverso diversi attori interni o esterni all'azienda;
- Il flusso informativo e documentativo costituisce una parte consistente del processo;
- Il lead time del processo risulta particolarmente importante per valutare la performance del processo stesso o degli attori coinvolti.

Capitolo 3

La logistica di Drive Tech Campodarsego

Dopo aver introdotto con un ampio excursus la realtà aziendale di Carraro Group e dopo aver presentato lo stato dell'arte della teoria e della ricerca che supporta gli argomenti trattati nel seguente elaborato scritto, occorre opportuno procedere con la caratterizzazione delle principali aree dello stabilimento produttivo di Drive Tech Campodarsego, descrivendone in maniera chiara e dettagliata l'operato al fine di permettere di comprenderne le dinamiche di funzionamento, la logistica e i flussi di materiale che ne conseguono. Nel primo paragrafo verrà dunque descritto il layout del plant con dettaglio delle seguenti aree:

- Area di accettazione; comprensiva di area di accettazione, area di controllo qualità e area di ricondizionamento
- Area di stoccaggio componenti; magazzino ad alta densità, magazzino scaffalato per componenti di piccole dimensioni e area di supermarket, dedicato al kittaggio
- Area di produzione; dedicata a lavorazioni meccaniche e assemblaggio
- Area di verniciatura e rodaggio
- Area di stoccaggio prodotto finito

In relazione a queste aree nel secondo paragrafo saranno invece descritti nel dettaglio i tre principali flussi di materiale relativi all'alimentazione delle linee di assemblaggio:

- Flusso delle casse intere in linea: componenti di grandi dimensioni che si è scelto di non destinare al kittaggio a magazzino ma di portare con cassa intera in linea secondo il piano di produzione
- Flusso JIS (Just In Sequence) dei componenti per cui avviene il kittaggio a magazzino secondo la sequenza di linea
- Flusso dei piccoli componenti (comprendenti viti, spessori, flange, boccole etc.)

L'obiettivo della presente tesi è focalizzato all'analisi e all'ottimizzazione della logistica legata ai piccoli componenti. Tale ottimizzazione tratterà la ridefinizione e ottimizzazione dello stoccaggio del materiale a magazzino e in linea, il miglioramento dell'attività di picking e di refilling della linea di assemblaggio.

Il flusso di materiale oggetto di analisi della seguente tesi verrà contestualizzato nei flussi di materiale complessivi presenti nell'azienda per dare una visione d'insieme della logistica di Carraro Drivetech Italia Spa.

3.1 Layout

Di seguito il layout complessivo dello stabilimento di Carraro Drivetech Italia S.p.A. con evidenziate le aree nominate a inizio capitolo:

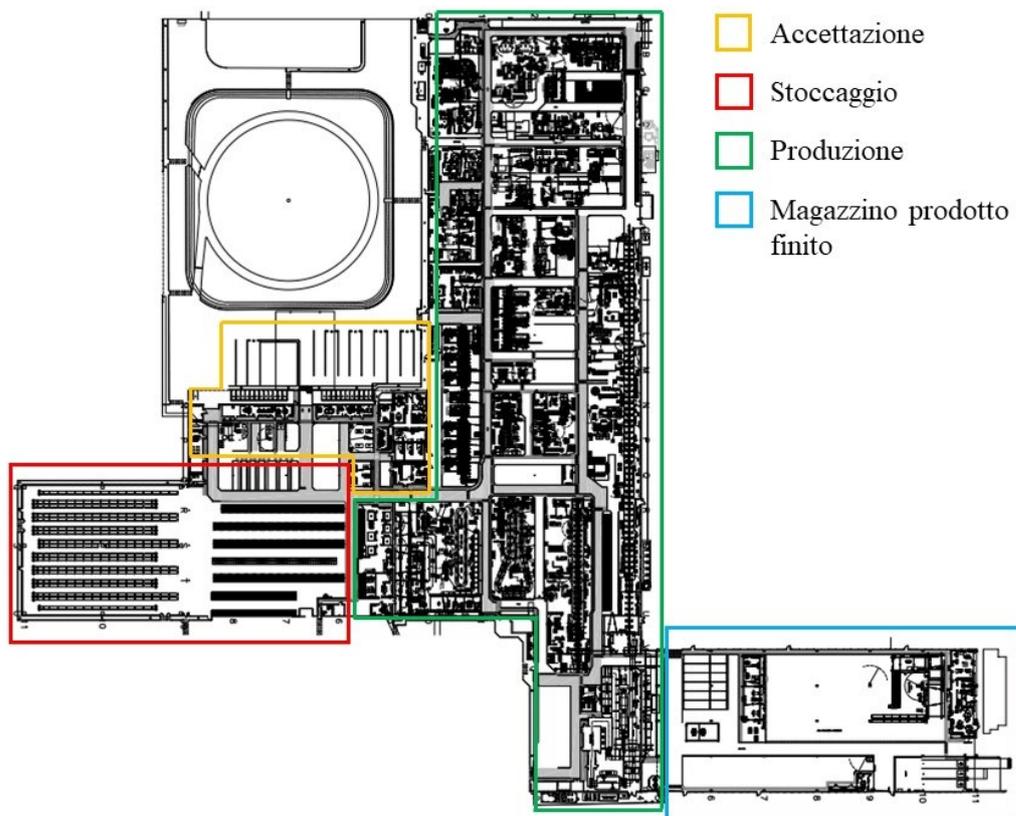


Figura 3.1: Layout complessivo del plant di Drivetech Italia S.p.A. a Campodarsego

Le aree che verranno dettagliate nelle sezioni successive sono le aree di accettazione, controllo qualità, stoccaggio componenti, produzione e magazzino prodotto finito.

3.1.1 Accettazione

L'attività di entrata merci si compone di tutte le attività che seguono lo scarico camion fino alla creazione dell'UDC (unità di carico) per lo specifico codice materiale.

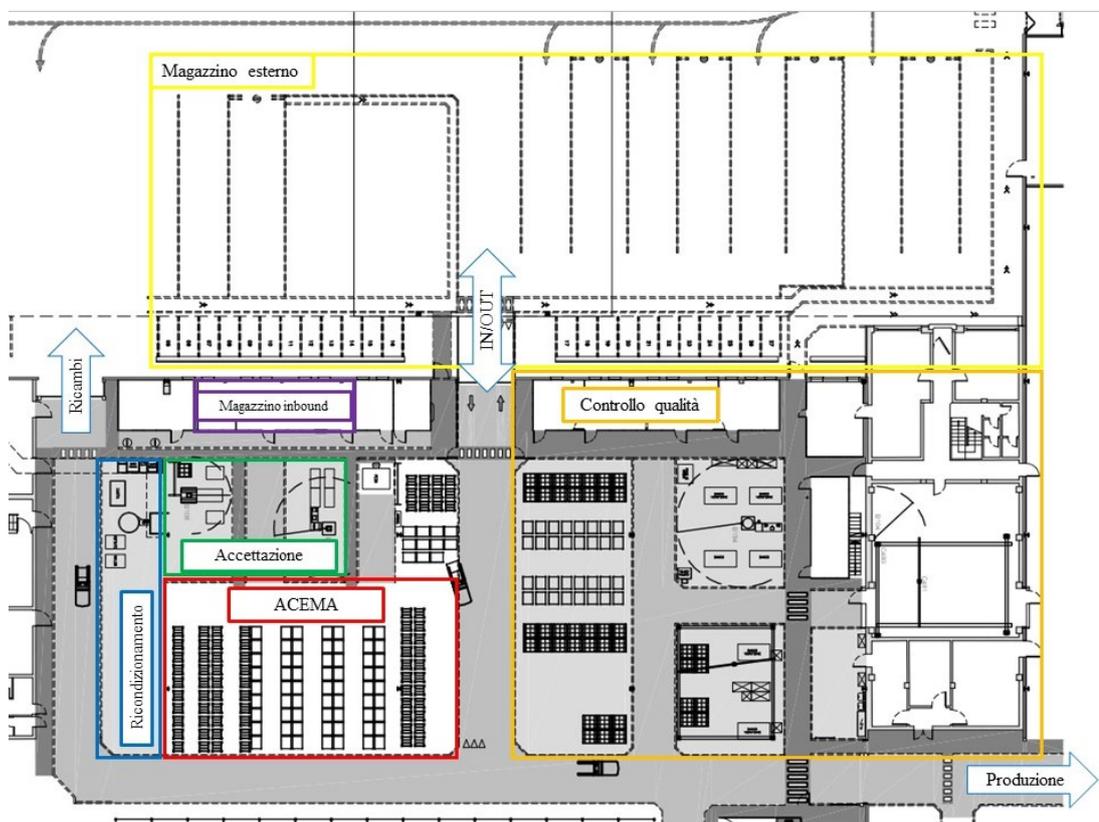


Figura 3.2: Layout della zona di accettazione

I mezzi vengono scaricati esternamente e il materiale viene posizionato in corrispondenza di una tettoia esterna adiacente all'area di accettazione in attesa che avvenga l'attività di carico bolla da parte dell'ufficio inbound. Nel momento in cui il carico bolla viene effettuato in SAP il materiale fisicamente può rimanere nelle stesse aree e in SAP risulta contabilmente nel magazzino 902. L'attività di carico bolla è solitamente preceduta da un controllo visivo di uniformità per quantità dei colli, tipologia e specifiche con quanto dichiarato nella bolla del fornitore⁴⁰ (o documento di trasporto), la quale viene fornita agli operatori dell'accettazione dal corriere ad avvenuta consegna dei colli. Successivamente al carico bolla si procede all'attività di creazione UDC secondo le diverse priorità (per urgenza/per mezzo/per fornitore/etc.).

⁴⁰ Si veda un esempio di DDT nelle Appendici A in fondo all'elaborato.

Nel momento in cui l'UDC viene creato il materiale in SAP viene trasferito da 902 a magazzino contabile R02 ACEMA.

Prima di assegnare un'etichetta (UDC) viene stampata una seconda lista, la bolla di entrata merci⁴¹ (BEM), la quale è collegata al numero del DDT. La BEM viene fisicamente utilizzata per la successiva stampa dell'UDC (Figura 3.3) a seguito della sparata dei barcode presenti all'interno. Tipicamente ogni pallet ricevuto è associato ad uno specifico fornitore e può essere omogeneo, se tutte le scatole al suo interno sono dello stesso materiale, o eterogeneo, se le scatole al suo interno anche se dello stesso fornitore contengono più codici materiale.



Figura 3.3: Esempio di etichetta (UDC)

Ogni etichetta, chiamata UDC (Unità di Carico), può essere associata alla singola scatola di cartone, sia che il pallet sia omogeneo o eterogeneo, al pallet stesso, solo nel caso in cui esso sia omogeneo, o alla cassa di ferro (che è sempre omogenea) nel caso di materiali ricondizionati. In ogni UDC, se ne veda un esempio in Figura 3.3, sono presenti le seguenti informazioni: codice del materiale (119505), la descrizione del tipo di materiale, la quantità di pezzi contenuta (800 pz nel caso esempio), l'area a cui è destinata (AXR), il nome dell'operatore che l'ha creata (VCASTA), la data di creazione, l'unità di misura della quantità (pz), il nome dello stabilimento in SAP (DT), il magazzino contabile del codice (M100) e il codice progressivo di UDC (1000925744). L'etichetta definisce dunque la caratterizzazione di un'unità di carico, contraddistinta da un codice numerico progressivo (1000925744), di un certo materiale per una certa quantità che sarà ubicata, successivamente all'accettazione, in una specifica posizione a magazzino; in questo modo a sistema sarà possibile risalire

⁴¹ Si veda un esempio di BEM nelle Appendici A in fondo all'elaborato.

a quel materiale in quella quantità e posizione in base al numero di UDC. Una volta ultimata l'etichettatura delle merci, queste vengono posizionate nella zona di magazzino denominata "ACEMA", situata subito di fronte all'accettazione, in attesa di essere prelevate e stoccate dai carrellisti nell'area di magazzino dedicata.

Controllo qualità

L'area del controllo qualità è situata a fianco all'area ACEMA e adiacente alla produzione, posizionandosi di fronte al corridoio che collega quest'ultima alla zona di stoccaggio. È formata da alcuni uffici, una sala metrologica specializzata e una area aperta con dei banchi di verifica. Successivamente all'accettazione l'UDC di uno specifico materiale in entrata, a seconda che richieda o meno un controllo qualità, può trovarsi rispettivamente nella situazione di:

- Materiale da controllare
- Free-pass

Il primo caso si può riscontrare in due principali casistiche:

- Lotto da controllare, nel caso in cui il materiale debba essere controllato per scelta o segnalazione di un operatore, o se viene selezionato dagli algoritmi di SAP a campione per essere verificato; in questa casistica non è detto che tutti i componenti contenuti nell'UDC vengano verificati, nonostante l'UDC sia comunque bloccata;
- Lotto campione, nel caso in cui il materiale viene ordinato a fronte di un "ordine di campionatura", ovvero per verificare un nuovo fornitore per un componente già noto, o per verificare un nuovo componente da un fornitore già noto; in questo caso tutti i componenti del lotto vengono verificati. Si tratta tipicamente di un ordine chiuso di pochi pezzi (meno di una decina) con lo scopo esclusivo di verificare interamente i pezzi ricevuti⁴².

Quando un UDC è da verificare, sia che si tratti del primo che del secondo caso, essa risulta bloccata a sistema, il che vuol dire che essa può essere movimentata all'interno del magazzino dello stabilimento, ma non può essere movimentata verso altri

⁴² In realtà nel caso in cui si decida di cambiare il fornitore per un tipo di materiale già noto non è sempre previsto che si effettui un ordine di campionatura, si tratta piuttosto di prototipi.

magazzini o verso l'area del montaggio; ciò risulta subito chiaro all'operatore nel momento in cui scannerizza il codice a barre dell'UDC per effettuare una movimentazione, poiché di fatto gli risulta negata con la visualizzazione di un messaggio di errore.



Figura 3.4: Esempio di UDC free-pass (a sinistra) e UDC da controllare (a destra)

Oltre che dall'apposita scritta sull'etichetta recante le diciture “materiale in skip” o “lotto deliberato”, come si può osservare in Figura 3.3 e Figura 3.4, un materiale in free-pass si può riconoscere anche dal colore dell'etichetta qualora questa risulti bianca e con le scritte blu. Nel caso in cui l'etichetta risulti invece colorata con scritte nere si tratta di un materiale da controllare, ed è possibile vederne anche le opportune scritte di “lotto da controllare” o “lotto campione”; mentre quando il materiale supera il controllo qualità viene posto sulla stessa un bollino verde con la data di controllo avvenuto e l'UDC viene sbloccata a sistema. Si noti che il colore dell'etichetta è stato scelto diverso per ogni mese allo scopo di fornire un riscontro visuale sulla datazione del materiale; risulta lo sfondo dell'intera etichetta nel caso di un materiale da controllare o il semplice riempimento della banda colorata a destra dell'etichetta nel caso di un materiale free-pass.

Ricondizionamento

L'area di ricondizionamento, come si vede dal layout di Figura 3.2, è posta tra il corridoio di uscita dei componenti di ricambio, la zona dell'accettazione, l'ufficio inbound di magazzino e l'ACEMA, e si occupa del travaso di tutte quelle casse di materiali in entrata che non risultano stoccabili in base all'imballo che arriva dal fornitore. L'input dell'area di ricondizionamento è tipicamente costituito da casse in

legno (quasi sempre per materiali trasportati via nave da fornitori trans oceano come India e Cina), le quali, per l'ingombro e la scomodità di apertura, risultano problematiche sia da stoccare che da inviare direttamente in linea di assemblaggio. In tale area sono assegnati dai due ai tre operatori con il compito di aprire le casse in input e travasarne manualmente i componenti contenuti all'interno di altre casse, questa volta in ferro, le quali risultano più comodamente stoccabili e anche eventualmente inviabili in linea. Ogni operatore assegnato al ricondizionamento lavora tipicamente su una cassa in input per volta riempiendo la cassa in output posta per comodità al suo fianco, la quale, una volta riempita del tutto, viene prelevata dai carrellisti di magazzino e stoccata negli slot liberi adibiti nell'area di stoccaggio, tipicamente nelle file 4 e 5 del magazzino scaffalato o nell'area di supermarket o al magazzino ad alta densità. Questa operazione viene svolta non solo perché le casse in legno risultano troppo ingombranti e scomode da aprire (essendo sigillate da chiodi), ma anche perché molte volte i materiali all'interno possono essere contenuti in sacchetti di plastica o altri imballi secondari, rendendo quindi le eventuali operazioni di picking complicate e particolarmente lunghe. È quindi in quest'ottica preferibile per l'azienda impiegare degli operatori non predisposti per altre operazioni manuali, quali ad esempio l'assemblaggio o il carico e scarico dei grossi pezzi in officina, per la conversione ("ricondizionamento") di simili contenitori in unità più comode e fruibili sia per lo stoccaggio che per le operazioni di picking (a magazzino o in linea).



Figura 3.5: Scatola di ferro per materiali ricondizionati

A livello pratico le casse in output all'area di ricondizionamento, se ne può vedere un esempio in Figura 3.5, sono costituite da casse metalliche munite di sportello frontale e riempita progressivamente per livelli dal fondo verso l'alto separati tra loro da fogli

di cartone. Sempre per livelli, questa volta dall'alto verso il fondo, avviene poi il successivo picking, andando a smaltire i fogli di cartone a mano a mano che viene esaurito un livello di componenti, utilizzando eventualmente l'ausilio dello sportello frontale per una maggiore praticità nel prelievo dei pezzi. La peculiarità delle scatole di ferro in un cui vengono ricondizionate le casse in legno sta nel fatto che, rispetto a quest'ultime, le loro minori dimensioni (di solito 950x750x800) e la loro configurazione strutturale permette di impilarle tra di loro facilitando e massimizzando la loro capacità di essere stoccate sui ripiani della scaffalatura.

È importante precisare in conclusione alla descrizione della zona e delle attività di ricondizionamento che l'azienda, attenendosi a quanto sancito dalla legge del 5 febbraio 1992 n.104 per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate, ha inserito all'interno del suddetto reparto una serie di operatori che presentano difficoltà e limitazioni psico-fisiche di differente tipologia al fine di garantire loro un'occupazione adeguata e sicura per il loro stato, promuovendone e incentivandone così l'integrazione e la dignità sociale e lavorativa, mantenendo comunque un alto livello di efficienza della catena produttiva.

3.1.2 Stoccaggio

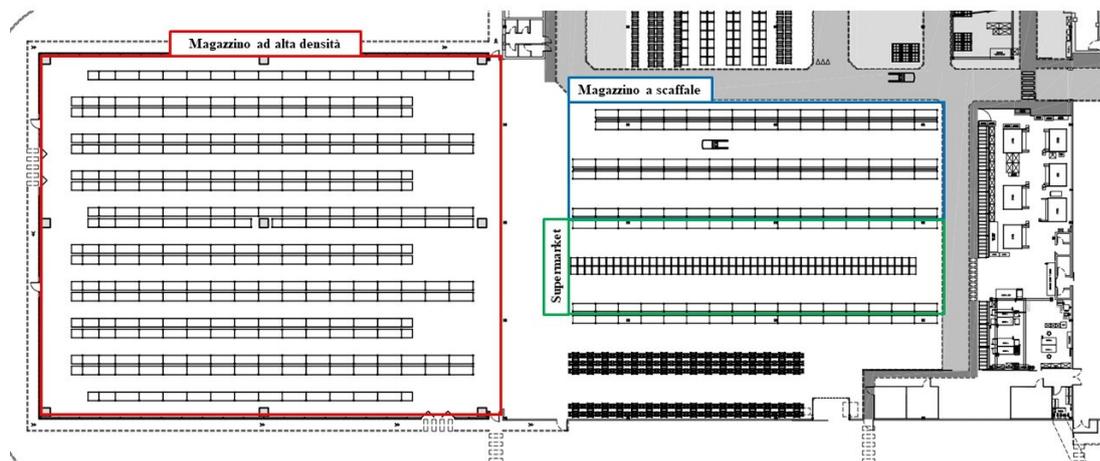


Figura 3.6: Layout area di stoccaggio a magazzino

La zona adibita allo stoccaggio a magazzino delle tre categorie principali di materiali impiegati nella produzione dello stabilimento, ovvero i piccoli componenti (minuteria), i componenti di media grandezza che vengono kittati e i componenti di grosse dimensioni, si compone di: un'area di magazzino dedicata allo stoccaggio principalmente della minuteria, un'area per lo stoccaggio e la preparazione dei kit dei

materiali di medie dimensioni, ovvero il supermarket, e, infine, un'area per lo stoccaggio delle casse intere dei componenti di grandi dimensioni.

Stoccaggio casse intere

Per casse intere vengono designate delle casse di rete metallica di dimensione 1060x1060x1020 tipicamente utilizzate per il contenimento nello stoccaggio e movimentazione di tutti quei componenti di grandi dimensioni e di elevato peso unitario (come calotte, travi, mozzi, scatole cambio etc.), provenienti dalla fonderia e che quindi necessitano sempre di una lavorazione meccanica prima del montaggio. Tali casse vengono usualmente stoccate nel magazzino ad alta intensità (MAD), posizionato, come si può osservare dal layout di Figura 3.6, a fianco sia del magazzino scaffalato che del supermarket, e formato da 18 file di scaffali con 50 posizioni e su 12 o 13 livelli, per un totale di 10.470 posti pallet.

$$\begin{aligned}
 N_{slot_{MAD}} = & 18 \text{ file} * 41 \text{ posizioni} * 12 \text{ livelli} + 9 \text{ file di pettine} * 9 \text{ posizioni} \\
 & * 1 \text{ livello di INB} + 9 \text{ file di pettine} * 9 \text{ posizioni} \\
 & * 2 \text{ livelli di OUT} + 9 \text{ file del pettine} * 9 \text{ posizioni} \\
 & * 9 \text{ livelli rimanenti} + \text{posizioni extra} = \mathbf{10.470}
 \end{aligned}$$

La scaffalatura del MAD risulta disposta “a pettine”, ovvero dalla prima fila e in maniera alternata si ha un prolungamento della scaffalatura per 9 posizioni che funge da zona di interscambio dove posizionare il materiale in ingresso al magazzino e il materiale in uscita. In questo modo si crea quindi una zona di carico e scarico che permette di velocizzare le operazioni di stoccaggio e prelievo al MAD e dal MAD e, essendo proprio posizionata sui livelli più bassi delle estremità del pettine, risulta di fatto totalmente fruibile sia dal carrello trilaterale che opera unicamente al MAD sia dai carrelli elevatori frontali e monolaterali, tipicamente assegnati a tutte le altre operazioni di logistica. L'asservimento da tale tipologia di magazzino avviene “su chiamata” e per zona tramite tre carrelli trilaterali, i quali, in base alla chiamata effettuata, prelevano le UDC richieste dalla corsia della zona in cui stanno operando e le posizionano nell'area IN/OUT del pettine o direttamente sul pavimento, dove i carrellisti di competenza possano poi prelevarla, sia che si tratti di minuteria, di casse intere o di casse destinate al kittaggio. È importante in conclusione precisare che

nonostante lo stoccaggio delle casse intere sia unicamente assegnato al magazzino MAD, quest'ultimo ospita anche alcune UDC dei codici della minuteria o del kittaggio che non sono altrimenti stoccabili nelle corrispettive zone di appartenenza.



Figura 3.7: Magazzino ad alta densità

Stoccaggio della minuteria

Nella realtà aziendale di Carraro viene comunemente definita “minuteria”, oltre alle classiche viti, bulloni, spessori e componenti simili, una serie di piccoli componenti che tipicamente è maneggiabile con una mano e che è possibile inserire all'interno di cassette di plastica di massimo 200x350x200, quali ad esempio flange, cuscinetti, bussole, sensori, ma anche ingranaggi e parti di media taglia con dimensioni fino a qualche decina di centimetri. Tali componenti, fondamentali nell'alimentazione di linea per i pezzi di piccole dimensioni e, per una buona parte dei casi, ad alta ripetitività, vengono gestiti a bordo linea in piccole cassette di plastica o di cartone che vengono rimpiazzate non appena vengono esaurite. La zona di magazzino predisposta allo stoccaggio di tale componentistica è la zona dell'ACEMA e la zona di magazzino a scaffale, le quali si posizionano: nel caso dell'ACEMA a fianco dell'accettazione, davanti alla zona di ricondizionamento; nel caso del magazzino a scaffale invece davanti all'ACEMA, a fianco del magazzino ad alta intensità e dietro al supermarket. È importante specificare fin da subito come in realtà la zona dell'ACEMA non sia effettivamente una zona adibita allo stoccaggio della minuteria

in senso proprio, risulta invece una zona in cui i pallet contenenti tali codici e provenienti dall'accettazione, muniti di opportuna etichetta secondo le modalità descritte in §3.1.1, vengono momentaneamente posizionati nell'attesa che i carrellisti di dovere li prelevino per stocarli successivamente nel magazzino a scaffale, il quale di fatto è adibito proprio a tale scopo. È frequente che l'ACEMA funga da buffer di pre-stoccaggio per il magazzino scaffalato, a causa della mancanza di slot liberi a scaffale. La pavimentazione dell'ACEMA risulti di fatto un'estensione del magazzino a scaffale dove, secondo le modalità che verranno descritte in §3.2.3, gli operatori devono cercare i componenti per il picking qualora dovessero risultare ubicati in quella zona di magazzino.

La zona di magazzino a scaffale, usualmente dedicata alla minuteria ad esclusione di alcune porzioni delle corsie più lontane dall'ACEMA, assegnate anche ai componenti gestiti in kit o JIS (Just In Sequence) come si vedrà nella prossima sezione, risulta composta da tre scaffali regolabili a 4 livelli e 16 campate⁴³ su due file per ciascuno (una frontale e una posteriore), separati tra loro da due corsie larghe 3,5 metri e con una corsia sempre di 3,5 m dall'ACEMA. Ponendosi con l'ACEMA alle spalle le file della scaffalatura dedicate allo stoccaggio della minuteria sono numerate progressivamente dalla 1 alla 5, mentre la fila 6, assieme ai successivi scaffali, non sono dedicate alla minuteria; i livelli vengono invece indicati con una lettera alfabetica progressivamente dal basso verso l'alto a partire dalla A; le posizioni, infine, sono numerate ponendosi con il magazzino ad alta intensità alle spalle con un numero progressivo da 1 a 48, per un totale di 16 campate (considerando 3 posizioni per campata). Il numero totale di slot o posti pallet risulta pertanto:

$$N_{slot_{scaffale}} = 4 \text{ file} * 48 \text{ posizioni} * 4 \text{ livelli} + 1 \text{ fila} * (48 - 3) \text{ posizioni} * 4 \text{ livelli} = 768 + 180 = \mathbf{948 \text{ slot}}$$

Questo è dunque il numero totale di slot (o posti pallet) disponibili nel magazzino scaffalato dedicato alla minuteria, tenendo conto del fatto che per la fila 1 la prima campata non è presente.

⁴³ Per campata si definisce la porzione di posti pallet compresi tra due colonne adiacenti, nel nostro caso una campata corrisponde a tre posti pallet.



Figura 3.8: Magazzino a scaffale

In base a questa suddivisione viene associata ad ogni posto pallet a scaffale una specifica ubicazione che permette, fisicamente e a sistema, di risalire univocamente alla specifica fila, posizione e livello, del tipo:

R04001004A

dove leggendo da sinistra a destra R04 è la zona di magazzino (in questo caso il magazzino a scaffale), 001 è la fila, 004 è la posizione nella fila e A è il livello per la data posizione nella data fila. I codici della minuteria a scaffale vengono stoccati mediante pallet o cassa di ferro, a seconda che abbiano subito un ricondizionamento o meno: nel primo caso i codici arrivano dal fornitore in scatole di cartone contenute in uno o più pallet, i quali possono essere omogenei, nel caso in cui contengano scatole tutte dello stesso codice, o eterogenei, nel caso in cui, nonostante provengano dallo stesso fornitore, sono presenti scatole con codici differenti; nel secondo caso i codici arrivano in casse di legno le quali devono necessariamente essere riconvertite nell'area di ricondizionamento come illustrato in §3.1.1. Per lo stoccaggio dei codici della minuteria gestiti in casse di ferro, i quali costituiscono un percentuale minore rispetto alla totalità dei piccoli componenti, sono state dedicate in quasi tutta la loro interezza le file 4 e 5, mentre le altre 3 file sono unicamente dedicate a tutti gli altri codici, quelli cioè contenuti in scatole di cartone all'interno di pallet.

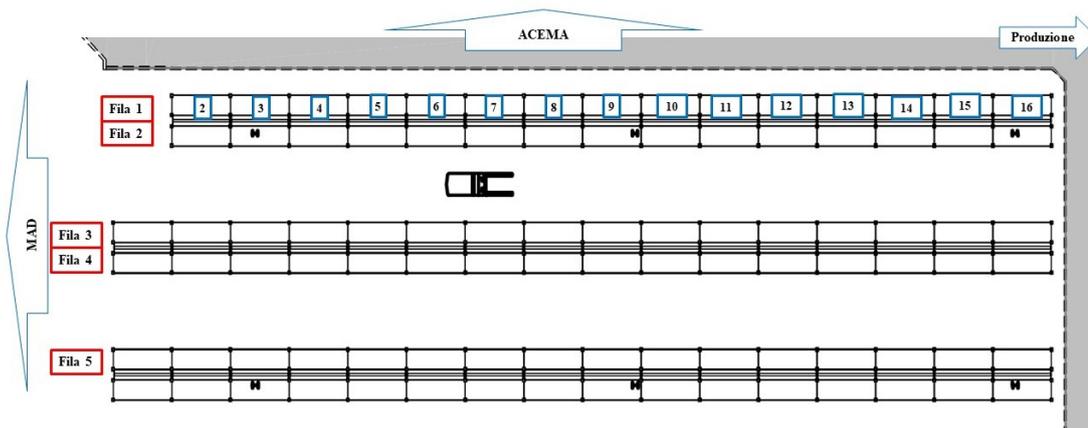


Figura 3.9: Layout magazzino a scaffale

Se per i codici a pallet per ogni slot a scaffale è presente un unico pallet, che può comunque contenere fino ad una decina di materiali differenti, per i codici in cassa di ferro ogni slot è in grado di contenere quattro casse, ovvero due coppie di casse impilate tra di loro e posizionate una di fronte all'altra, permettendo da un lato di massimizzare la capacità di ogni slot, ma rendendo conseguentemente più lente le operazioni di stoccaggio e picking per le casse sotto e retrostanti dovendo movimentare prima tutte le altre casse che ne ostruiscono l'estrazione e l'inserimento.

Supermarket

L'area del supermarket, come si vede dal layout di Figura 3.6, si posiziona tra gli ultimi due scaffali del magazzino scaffalato e a fianco del magazzino ad alta intensità, e si occupa della creazione dei cosiddetti kit di alimentazione di alcune linee di assemblaggio secondo la logica PULL del "Just In Sequence" per un ristretto gruppo di componenti di media grandezza. Per kit, nella realtà aziendale di Carraro, si intende l'alimentazione del materiale secondo la sequenza di linea rispettando le quantità previste per ogni componente e l'ordinamento. Operativamente l'attività è guidata dal MES aziendale e il materiale kittato viene disposto su carrelli secondo la sequenza di linea considerando la copertura in minuti di linea che ogni carrello deve contenere. L'area del supermarket risulta composta da un'isola centrale in cui sono disposte su un unico livello due file di singole UDC (casse in ferro ricondizionate e casse di cartone direttamente provenienti dal fornitore), separata da ambo i lati da una corsia

di 3,7 metri da uno scaffale costruttivamente identico a quelli del magazzino scaffalato ma disposto invece su soltanto 3 livelli.

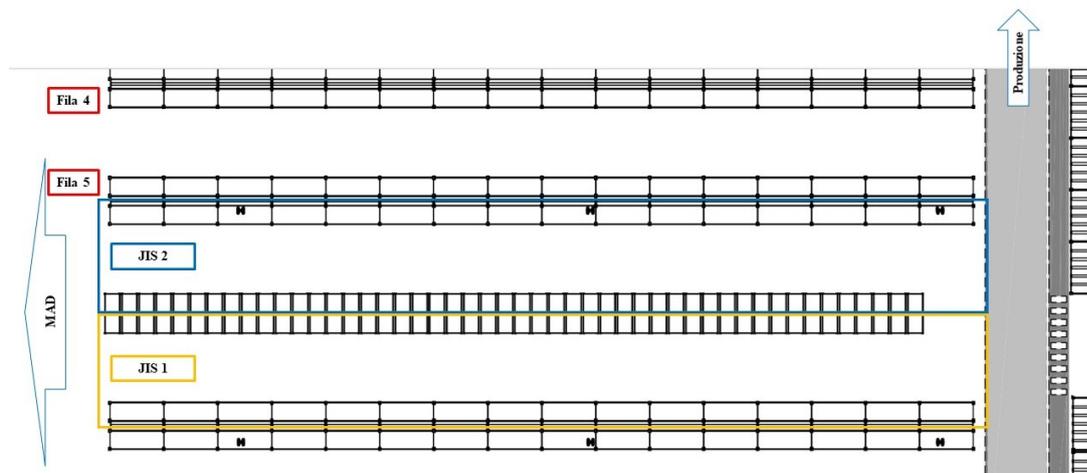


Figura 3.10: Layout del supermarket

A livello logistico il supermarket risulta suddiviso in maniera netta tra due differenti famiglie di kit: “JIS 1”, comprendente le famiglie dei seguenti componenti: martinetti, doppi giunti e aste guida, e “JIS 2”, comprendente coppie coniche, scatole differenziali e specifici ingranaggi; disposte rispettivamente, come si vede dal layout di Figura 3.10, sulla metà di isola e lo scaffale adiacente di destra e di sinistra.

Trattandosi di componenti tirati dalla linea di assemblaggio, al centro dell'isola centrale è posto uno schermo collegato al soffitto del magazzino che permette agli operatori dedicati alla creazione dei kit di seguire lo stato sull'alimentazione della specifica linea per lo specifico kit, questo avviene, relativamente alla missione specifica, con l'assegnazione di un bollino colorato di:

- Verde, se la creazione e l'invio dei kit, ovvero il completamento delle missioni, risulta sincronizzata e coerente con la domanda dalla linea di assemblaggio;
- Giallo, se una missione che deve essere preparata non è ancora confluita nella determinata linea di assemblaggio;
- Rosso, se una missione non ancora ultimata è vicina alla sua effettiva richiesta nella linea di assemblaggio, determinando quindi per quel kit una situazione di urgenza.



Figura 3.11: Supermarket

La distribuzione dei componenti a scaffale e sull'isola viene gestita autonomamente dagli operatori del supermarket in modo da posizionare nell'isola e nei livelli inferiori della scaffalatura i codici che nella lista di kittaggio risultano a richiesta imminente o comunque prossima all'interno della stessa giornata lavorativa. I kit vengono preparati manualmente dagli operatori nelle corsie del supermarket in carrelli sormontati da un paretale, disponendo al loro interno i componenti nelle quantità e nella sequenza esattamente schedulata per la specifica linea di assemblaggio che li richiede, e separando i pezzi tra loro da strisce di cartone gialle; inviandoli infine alla linea agganciati ad un trenino, il quale movimentata dal supermarket alla linea i carrelli pieni e viceversa per i carrelli vuoti.

Oltre alle famiglie di JIS 1 e JIS 2 è presente un terzo tipo di alimentazione gestito con la logica del supermarket ma che viene creato in contenitori e carrelli differenti e non in sequenza, i cui componenti sono ubicati nelle ultime campate degli scaffali di fila 4 e 5 del magazzino a scaffale (R04). Tale famiglia rappresenta l'alimentazione dei gruppi albero per la creazione delle trasmissioni di linea 4, i cui componenti (ingranaggi e alberi) vengono raggruppati in ceste metalliche, in previsione di essere tassativamente lavati prima dell'assemblaggio, non per sequenza ma per tipologia di gruppo albero ottenibile, e posizionate impilandole all'interno di specifici carrelli.

3.1.3 Produzione

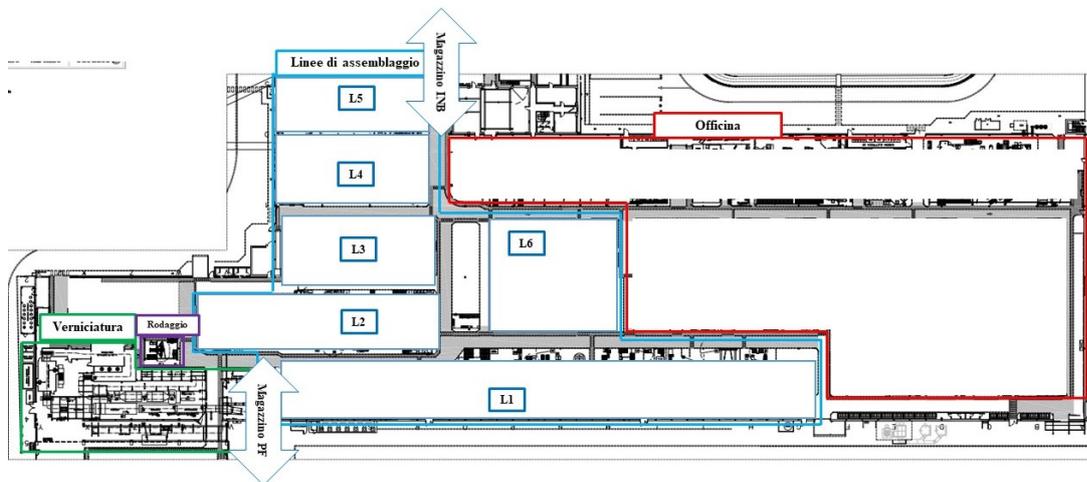


Figura 3.12: Layout area della produzione

La parte di produzione, il vero e proprio fulcro produttivo dello stabilimento di Drive Tech di Campodarsego, risulta posizionata tra il magazzino componenti l'area di stoccaggio a magazzino e il magazzino prodotto finito, ed è composta dall'officina, dove avviene la totalità delle lavorazioni meccaniche e il lavaggio dei componenti prodotti internamente, dalle linee di assemblaggio, e, infine dal reparto di verniciatura e rodaggio post-assemblaggio.

Officina

I pezzi di grandi dimensioni ed elevato peso, come ad esempio travi, scatole cambio, scatole trasmissione, calotte, mozzi e supporti differenziali, pervengono allo stabilimento come grezzo di fusione e necessitano sempre di almeno una lavorazione meccanica. Le lavorazioni meccaniche sono svolte nella stragrande maggioranza dei casi internamente allo stabilimento di Drive Tech Campodarsego nell'area di officina, la quale si posiziona nella zona di produzione in testa alle linee di assemblaggio; solo in rarissimi casi i pezzi vengono lavorati dal fornitore e pervengono già finiti e pronti per l'assemblaggio. Trattandosi di pezzi unicamente in ghisa, i quali possono essere pezzi destinati al montaggio, ai ricambi o costituire dei prototipi, è importante far notare che tutte le macchine dell'officina dello stabilimento di Campodarsego sono caratterizzate per lavorare soltanto tale materiale (le lavorazioni dell'acciaio, per

esempio, avvengono nello stabilimento di SIAP a Maniago, in provincia di Pordenone) e unicamente per asportazione di truciolo. Le macchine per le lavorazioni meccaniche possono fondamentalmente essere suddivise in 3 grandi gruppi:

- Centri di lavoro
- Macchine per la tornitura
- Macchine per dentatura, stozzatura e brocciatura

I centri di lavoro eseguono principalmente operazioni di fresatura per una grande varietà di pezzi e lavorazioni, essendo contraddistinte da una grande automatizzazione e flessibilità, e potendo eseguire lavorazioni fino a 5 assi. Si tratta di lavorazioni con tempi ciclo anche superiori all'ora e con tempi di attrezzaggio altrettanto onerosi, dove la presenza dell'operatore si limita al carico/scarico dei pezzi e al supervisionare l'operato delle macchine. Le macchine per la tornitura eseguono tutte quelle lavorazioni meccaniche assialsimmetriche, come ad esempio la foratura, e costituiscono, assieme ai centri di lavoro, una buona percentuale delle macchine dell'officina. Le macchine per la dentatura, la stozzatura e la brocciatura permettono di ottenere dei profili scanalati nel caso di superfici esterne o nel caso delle superfici di fori e cavità interne, sia cieche che passanti. Vi è infine una sottocategoria, non imputabile a nessuno dei 3 precedenti gruppi, che riguarda le macchine costruite ad hoc per le lavorazioni delle travi che avvengono nello stabilimento: si tratta di macchine molto complesse multi utensile e a ridotta flessibilità (poiché in memoria hanno pochi programmi per un ridotto numero di tipi di trave), le quali sono in grado di ottenere in pochi minuti il complicato profilo finale della trave di un assale con un'unica lavorazione utilizzando fino a 5 utensili differenti contemporaneamente.

Ogni postazione viene presidiata da un operatore, il quale ha il compito di caricare, presidiare e scaricare la macchina, e viene dotata di almeno un computer tramite cui l'operatore può monitorare lo stato di avanzamento delle lavorazioni nel software MES⁴⁴ e trovare la documentazione fondamentale sui pezzi da lavorare, come i disegni tecnici, i piani di reazione⁴⁵, lo schema macchina, gli strumenti di misura necessari e

⁴⁴ Manufacture Execution System, per monitorare e gestire in tempo reale la produzione e il Work in Progress dello stabilimento; in Carraro viene utilizzato il software SAD.

⁴⁵ Una tabella che illustra all'operatore come intervenire nelle differenti casistiche dei problemi che possono insorgere durante il suo operato.

i piani di controllo⁴⁶. In generale le macchine dell'officina operano a ciclo continuo con soltanto 4 ore di mancata supervisione da parte degli operatori, salvo alcune lavorazioni. Ogni pezzo prima di essere lavorato subisce sempre un controllo dimensionale da parte dell'operatore, secondo i piani di controllo, e a volte, ogni tot pezzi, può essere mandato direttamente nella sala metrologica dell'area del controllo qualità per delle verifiche più approfondite e specifiche, non altrimenti eseguibili dall'operatore. Il part program delle lavorazioni viene eseguito dai programmatori CNC competenti e solo in alcuni rari casi viene richiesto agli operatori di intervenire con l'inserimento di alcuni parametri, secondo opportune istruzioni dettagliate.

A fine lavorazione ogni pezzo deve essere lavato per rimuovere i trucioli, ciò può avvenire già all'interno della macchina, come ad esempio per i centri di lavoro, oppure mediante le due lavatrici dello stabilimento, le quali sono automatizzate ma necessitano di essere caricate e scaricate manualmente dagli operatori. A causa della ridotta capacità rispetto al volume di pezzi da processare e della collocazione all'interno dell'area di officina, le lavatrici costituiscono vero e proprio collo di bottiglia nel flusso logistico di questo tipo di materiali.

Linee di assemblaggio

Di fronte all'officina, dietro alla verniciatura e al banco di rodaggio e tra il magazzino inbound e outbound si trova il cuore pulsante della produzione dello stabilimento di Drive Tech di Campodarsego: le linee di assemblaggio. Le linee possono essere suddivise in 5 linee principali (L1, L2, L3, L4 e L5) e 4 linee minori di pre-montaggio (ICC, ICF, IAR e ITB) che riforniscono le altre linee, sia principali che minori. La sostanziale differenza tra le due tipologie di linea sta dunque nell'output: per le linee principali, ad esclusione della linea 5 e di uno specifico tipo di assale per linea 2, l'output costituisce un prodotto finito, trasmissione o assale che sia, il quale può essere direttamente versato nel magazzino prodotto finito, a verniciatura e rodaggio avvenuto; mentre nel caso delle linee minori l'output costituisce un sotto assieme che diviene l'input per un'altra linea minore o direttamente per una linea principale di assemblaggio. Il motivo di questa suddivisione sta nel fatto che l'assemblaggio dei

⁴⁶ Illustrano cosa è necessario misurare sul pezzo, con quale frequenza e tramite quale strumento.

prodotti delle linee di pre-montaggio richiedono un certo spazio e una certa cadenza che renderebbe difficoltoso il loro inserimento direttamente in linea. È quindi presente, come si può osservare dal layout di Figura 3.12, un'isola centrale in cui sono disposte le 4 linee di pre-montaggio, la quale si posiziona a fianco della linea 1, di fronte e a fianco della parte terminale delle lavorazioni meccaniche e di fronte alle linee 2, 3, 4 e 5.

Vengono presentate ora di seguito le varie linee spiegandone i prodotti in output e specificandone le relative cadenze:

- Linea 1

La linea 1 costituisce la linea più lunga dello stabilimento e si occupa dell'assemblaggio di **assali sterzanti semplici** di varia tipologia e dimensione e del completamento degli assali molleggiati provenienti dalla linea 5. Si tratta di una linea rettilinea molto snella e relativamente semplice poiché, vista la sua grande estensione, è infatti stato possibile alleggerire notevolmente negli anni il bordo linea, sia a livello di banchi di pre-montaggio e attrezzatura che di alimentazione e flusso dei materiali.

- Linea 2

La linea 2 si occupa dell'assemblaggio di **assali sterzanti complessi monolitici e modulari** di varia tipologia e dimensione e del completamento degli assali molleggiati provenienti da linea 5, qualora non siano inviati in linea 1. Si tratta di una linea rettilinea estremamente complicata a causa sia della complessità degli assali assemblati sia dell'estremamente ridotta estensione. Proprio a causa di quest'ultima è stato necessario raggruppare tutte le operazioni di assemblaggio nei primi metri della linea, per lasciare spazio nella parte terminale alle operazioni di collaudo e verifica, rendendo estremamente risicati il posizionamento dei materiali, delle stazioni di pre-montaggio e dell'attrezzatura nonché il flusso dei materiali e la movimentazione degli operatori in linea. Per una ridotta cadenza di pochi assali al giorno in linea 2 viene anche pre-assemblato l'assale molleggiato "AXION" destinato alle macchine agricole superiori a 150CV di casa Renault (Claas), il quale poi viene momentaneamente stoccato nel magazzino prodotto finito in previsione di essere successivamente completato in un'opportuna zona a fianco dell'uscita della stessa linea 2.

- Linea 3

La linea 3 si occupa dell'assemblaggio di **assali rigidi monolitici e modulari**, ovvero di tutti quegli assali non sterzanti che tipicamente costituiscono l'assale posteriore di una macchina agricola o anche quello anteriore nel caso di specifiche macchine per il movimento terra. Si tratta di una linea a passo continuo con forma circolare oblunga in cui l'entrata e l'uscita di materiali, sotto-assemblati e prodotti finiti coincide. La cadenza è strettamente vincolante trattandosi di una linea mantenuta in costante movimento⁴⁷.

- Linea 4

La linea 4 si occupa dell'assemblaggio delle **trasmissioni**. Si tratta di una linea circolare a passo continuo, come la precedente, dove però l'ingresso non coincide con l'uscita, poiché gli ingranaggi e gli alberi in entrata vanno dapprima lavati in un'opportuna isola di lavoro, mentre le trasmissioni complete in uscita vengono agganciate ad una rotaia a ricircolo che le movimentata fino al reparto di flussatura in fondo alla linea. In testa alla linea principale, a fianco all'area dove avviene il flussaggio delle trasmissioni, vi è una piccola linea a sé stante dove vengono prodotte delle particolari trasmissioni a ridottissima cadenza giornaliera, si tratta delle trasmissioni colloquialmente definite "a motosega".

- Linea 5

La linea 5 si occupa del **pre-montaggio degli assali molleggiati per macchine agricole**, i quali poi vengono terminati per il gruppo rotante in linea 1 o 2. La necessità di un'intera linea di pre-assemblaggio, a discapito del classico pre-montaggio a bordo linea, nasce dall'estrema complessità costitutiva degli assali molleggiati e dai loro tempi di assemblaggio, notevolmente maggiori rispetto a quelli degli assali delle altre linee. Gli assali premontati in questa linea risultano dunque incompleti per quanto riguarda il gruppo rotante, il loro completamento avviene dunque con un trasferimento in linea 1 o in linea 2.

⁴⁷ La cadenza risulta strettamente vincolante per questa linea poiché, essendo a passo continuo, un'eventuale mancata operazione può tradursi o in un fermo linea, affinché venga completata tempestivamente, o in un riversamento dell'assale incompleto nel magazzino prodotto finito, prevedendone un successivo rientro in linea o il completamento nel reparto ripristini e completamento.

- Linea ICC (o linea 6)

La linea ICC (o linea 6) si occupa del montaggio di **corpi centrali e supporti differenziali** che costituiscono un sub-assemblato necessario per alimentare linea 1, linea 2 e linea 3. La linea è costituita due linee ad “L” parallele e adiacenti tra loro dove vengono premontati i corpi centrali e i supporti differenziali in tiro rispetto alle linee che alimentano. Per quanto le due linee parallele dovrebbero fornire in output un mix 1:1 di prodotti rispetto alla domanda delle linee principali, ciò non è possibile per due motivi: trattandosi di un premontaggio la linea 6 si trova sempre leggermente in anticipo rispetto alle linee principali, risulta quindi necessario predisporre un buffer di disaccoppiamento; inoltre le due linee risultano non sincronizzate anche tra di loro, poiché i tempi di assemblaggio di un supporto differenziale sono nettamente differenti da quelli di un corpo centrale.

- Linea ICF

La linea ICF si occupa del montaggio di **cilindri freno**, i quali costituiscono un sub-assemblato necessario per alimentare le linee principali montandolo assieme al corpo centrale negli assali modulari. Dovrebbe a livello teorico, pertanto, risultare in sincronia con la cadenza dei corpi centrali di linea 6.

- Linea ITS

La linea ITS si occupa del montaggio dei **gruppi treno**.

- Linea ITB

La linea ITB si occupa dell'assemblaggio delle **scatole di riduzione**, le cosiddette “TB”, le quali fungono da alimentazione delle linee principali. Si tratta di una linea abbastanza piccola e contenuta che, oltre alla zona centrale delle linee dei pre-montaggi, è presente anche a bordo della linea 1 e della linea 2.

Tutte le linee sono accomunate dallo stesso tipo di alimentazione e disposizione a bordo linea dei materiali e dei codici di assemblaggio in generale, principalmente suddivisibile in tre categorie:

1. Componenti di grandi dimensioni, sono i grezzi di fusione che vengono lavorati nell'officina e posizionati all'interno di casse a rete metallica in

specifiche zone e buffer direttamente a bordo linea o nelle stazioni di pre-assemblaggio di linea;

2. Componenti in sequenza, si tratta di componenti di medie dimensioni che vengono spediti e posizionati in linea con un treno di carrelli esattamente nella sequenza del mix produttivo schedulato per quella linea;
3. Piccoli componenti, si tratta di componenti piccoli o molto piccoli che alimentano ogni linea (principale e non) all'interno di scatole di plastica o cartone posizionate su scaffali normali e/o a gravità, la minuteria per l'appunto.

All'inizio delle operazioni di assemblaggio, per ciascun prodotto, assale o trasmissione che sia, viene creata e attaccata una targhetta metallica sullo stesso recante un codice identificativo numerico a 14 cifre:

- Le prime 6 cifre costituiscono il “PART NUMBER”, ovvero il codice numerico inequivocabile associato a quello specifico tipo di prodotto, quello che a sistema riconosce il codice per quel tipo di prodotto finito;
- Le ultime 8 cifre costituiscono il “SERIAL NUMBER” (o MATRICOLA), ovvero il numero progressivo che viene associato al singolo prodotto e che permette di risalire ad importanti informazioni durante e post-produzione come, ad esempio, il lotto di produzione specifico.

Verniciatura e rodaggio

Una volta usciti dalle varie linee di assemblaggio, gli assali e le trasmissioni vengono verniciati, salvo rari casi in cui invece non è volutamente previsto. Nel caso di linea 1 la verniciatura costituisce la normale prosecuzione del flusso, essendo la rampa del reparto per la verniciatura contigua rispetto alla parte terminale del nastro della linea, mentre per i prodotti provenienti dalle altre linee è previsto un buffer proprio a fianco della rampa. Affinché assali e trasmissioni facciano il loro ingresso nel reparto della verniciatura è necessario che gli operatori di competenza provvedano ad agganciarli ad una rotaia automatizzata a velocità costante che ne regola il passaggio per l'intero tragitto. La priorità con cui gli assali e le trasmissioni vengono verniciate è di solito tirata dal sollecito dell'ufficio spedizioni del magazzino outbound in base all'urgenza dello specifico prodotto relativamente alla richiesta del cliente. Prima della verniciatura effettiva, i pezzi durante il loro passaggio sulla rotaia, al termine della

rampa di salita, vengono dapprima lavati, successivamente subiscono gli opportuni trattamenti termici, poi vengono manualmente coperte con nastro adesivo le parti che non si desidera verniciare, e, infine, scendono verso le camere stagne in cui avviene la verniciatura da parte di operatori (muniti degli opportuni DPI) piuttosto che attraverso robot. Una volta terminata la verniciatura gli assali e le trasmissioni passano nel forno di asciugatura.

Successivamente alla verniciatura, per gli assali (di qualsiasi tipologia) viene effettuato il rodaggio al banco prova dove, simulando le condizioni reali di utilizzo dello stesso su di una macchina agricola, movimento terra o altro, viene testata la sua corretta funzionalità. Il banco di rodaggio presenta tuttavia una capacità molto ridotta rispetto al volume delle linee, costituendo così un collo di bottiglia del processo intero di produzione; proprio per questo è necessariamente presente un buffer di disaccoppiamento localizzato nella zona del magazzino di prodotto finito più vicina al reparto di verniciatura e al banco di rodaggio, ai quali è collegato da un corridoio proprio passando al di sotto della rampa della verniciatura.

3.1.4 Magazzino prodotto finito

Il magazzino prodotto finito risulta posizionato esattamente a fianco della verniciatura, la quale di fatto termina proprio all'interno dello stesso, e risulta composto da: una zona di buffer dei prodotti da rodare, ripristinare, controllare e/o completare, posta davanti all'uscita della verniciatura e al corridoio di comunicazione con la produzione; la parte di magazzino dei prodotti finiti, ovvero quelli effettivamente versati a magazzino a sistema; e il reparto di ripristini e completamento. L'ingresso del magazzino prodotto finito è costituito da: una luce di collegamento con la produzione, posta proprio sotto la rampa della verniciatura, dove i principali flussi che la attraversano risultano un flusso in uscita per gli assali da rodare o di tutti quei prodotti che devono essere rilavorati, controllati o terminati (come nel caso degli assali "AXION" di linea 2); nonché dall'uscita della verniciatura, dove il flusso, il quale risulta unicamente in entrata per il magazzino prodotto finito, è composto sia da assali che da trasmissioni appena verniciate. L'uscita del magazzino outbound è posizionata oppositamente al suo ingresso ed è composta da tre slot di uscita a rampa: due per il

carico mediante camion e uno per il carico mediante container; il flusso dunque è principalmente composto da assali e trasmissioni destinate al cliente finale, salvo i casi di reso in cui il cliente restituisce uno o più prodotti in seguito all'insorgere di problemi post vendita. Gli assali e le trasmissioni, sia che siano riversate a magazzino, sia che siano in attesa di rodaggio o altro, sono posizionati in coppia su dei rack metallici impilabili tra di loro, mentre per la spedizione possono essere posizionati sempre sullo stesso rack metallico oppure essere posizionati su imballi differenti smaltibili, come rack e casse di legno. Questa suddivisione deriva da un lato dalla necessità da parte dell'azienda, vista l'onerosità dei rack metallici, di diminuire il valore a magazzino costituendo per essi un vero e proprio "vuoto a rendere"; dall'altro lato dalla necessità da parte di specifici clienti, data la presenza di dazi doganali e limitazioni burocratiche particolarmente sfavorevoli per la messa in atto di una simile politica, di ricevere i prodotti mediante imballi di poco valore facilmente smaltibili. Nel primo caso i rack metallici costituiscono un conto deposito⁴⁸ presso il cliente dal momento della spedizione, quando assieme al prodotto risultano anch'essi venduti allo stesso, fino a quando vengono poi rivenduti e quindi rispediti all'azienda in ottica di essere utilizzati per le future spedizioni; mentre nel secondo caso si utilizzano casse di legno di piccola dimensione, nel caso di componentistica, piccoli prodotti e ricambi, e di grande dimensioni nel caso di assali e trasmissioni, i quali sono opportunamente fissati su rack di legno.

Lo stoccaggio dei prodotti finiti che sono effettivamente versati e registrati a magazzino avviene senza una logica e una preferenza, non essendo presente né fisicamente né a sistema una caratterizzazione dell'ubicazione, come invece avviene per il magazzino componenti e alcune zone della produzione. Anche il prelievo di fatto, a parità di prodotto, risulta casuale e non dovuto a politiche preferenziali di un qualche tipo (per esempio LIFO piuttosto che FIFO⁴⁹), aspetto che tuttavia non risulta particolarmente critico non presentando i prodotti problemi di una qualche tipo di senescenza (es. ossidazione, degradazione dei componenti, etc.). Risulta particolarmente critico però, da parte degli operatori che ne effettuano il picking, il

⁴⁸ In questo modo per l'azienda è possibile diminuire il valore a magazzino (anche di parecchie centinaia di migliaia di euro) e aumentare lo spazio disponibile nel magazzino outbound.

⁴⁹ Secondo la logica FIFO (First In First Out) il primo prodotto che è stato depositato risulta anche il primo ad essere prelevato, mentre per la logica LIFO (Last In First Out) il primo prodotto ad essere prelevato è di fatto l'ultimo che è stato depositato.

riconoscimento degli specifici prodotti a magazzino, data la mancanza di una specifica suddivisione in slot della zona di stoccaggio e la conseguente assegnazione a sistema degli stessi (data la sua matricola e il suo *part number*) a ciascuno slot.

Tra la zona di magazzino dove vengono posizionati gli assali da rodare, revisionare etc., e la zona degli assali e delle trasmissioni riversate come prodotto finito è presente un reparto dei ripristini e dei completamenti, il quale funge da collo di bottiglia di conferma definitiva prima che il prodotto diventi effettivamente un prodotto da spedire e pronto per l'utilizzo su campo. In tale reparto sono presenti differenti isole di lavoro specializzate nel:

- **Ripristino** di assali (o trasmissioni) in seguito a difetti riscontrati nel pre e post verniciatura;
- **Completamento** di assali, ovvero quando da un assale vengono smontati tutti quei componenti che non possono passare all'interno della verniciatura (ad esempio la pinza freno di un assale) a causa della temperatura del forno (circa 80°C);
- **Controllo** di assali (o trasmissioni) di cui viene segnalato un difetto o un'anomalia.

Quando per il prodotto viene ultimata l'operazione nella specifica isola del reparto ripristino e completamento, avviene il suo effettivo versamento a sistema come prodotto finito, così come successivamente al rodaggio che può comunque essere accomunato alle operazioni di questo reparto anche se si posiziona nell'area terminale della produzione.

A livello informatico il flusso del prodotto finito si origina a partire dalla "schedule" del cliente, la quale, dopo essere stata inviata all'ufficio commerciale, viene inserita in SAP se i lead time del prodotto richiesto sono in linea con l'aspettativa del cliente. Nel caso in cui il cliente chieda degli anticipi o posticipi sui tempi prestabiliti la fattibilità della richiesta cliente viene verificata dall'ufficio logistica sulla base dei vincoli di capacità produttiva e dei vincoli della supply chain di fornitura. L'ordine cliente se accettato dall'ufficio logistica diventa poi un ordine di produzione pianificato e rilasciato prima che diventi disponibile per la schedulazione di linea nel breve termine. L'ufficio del magazzino outbound, oltre alla gestione delle spedizioni, ha il fondamentale compito di sollecitare e tirare la produzione di assali e trasmissioni

a monte, sia che questi siano nelle fasi terminali della verniciatura, sia che siano all'inizio della linea di assemblaggio o sia che siano schedulati ma non ancora in produzione effettiva. Il WIP (Work in Progress), inteso come l'insieme di tutti i prodotti in uno stato intermedio tra l'entrata in linea e il versamento a magazzino, è monitorabile tramite il software MES "SAD", il quale permette di conoscere l'esatta posizione nella catena produttiva del prodotto dato il suo numero seriale. Questo è possibile per lo specifico prodotto in quanto nel primo istante nella linea di assemblaggio, successivamente all'applicazione della targhetta metallica con il codice identificativo a 14 cifre, l'operatore di linea provvede a scansionarne il codice a barre caricandolo così nel MES, mentre nei successivi step più importanti di assemblaggio avvengono altre "bippate" del codice per aggiornarne lo stato del WIP.

Al momento del ricevimento dell'ordine l'ufficio spedizioni (o ufficio outbound), in base a quelle che sono le giacenze a magazzino e il WIP, si adopera per prenotare i camion in base a quelli che sono i tipici lead time di produzione (nel caso in cui l'ordine non sia interamente presente a magazzino nelle quantità e nel mix richiesto). Al loro arrivo i camion, dopo essersi annunciati alla porta carraia, attendono di essere chiamati per caricare la merce di competenza, successivamente al suo prelievo e alla sua preparazione, ricevendo infine la bolla timbrata a processo ultimato. La quantificazione dei camion necessari e la preparazione della lista di prelievo per il determinato cliente avvengono, a partire dall'ordine, tramite opportuni fogli Excel, i quali vengono poi consegnati al carrellista che ne effettuerà il picking e il carico sul camion/container. Una volta preparato il mix di prodotti richiesto dal cliente sulla rampa di carico, il carrellista procede con la scansione del codice identificativo con lo scopo di verificare che il materiale non sia scarto o contraddistinto da un errore, in caso negativo viene visualizzato il messaggio "consegna completata". Per quest'ultima verifica appare fondamentale il gestionale SAP, il quale, seppur totalmente cieco sul WIP in carico permette di tenere traccia di tutte le giacenze per quanto riguarda materie prime, semilavorati, sotto assiemi e prodotti finiti, e dei relativi stati e segnalazioni associati.

3.2 Flussi di materiale

I flussi di materiale dal magazzino alle linee di assemblaggio sono suddivisibili in tre flussi principali: quello delle casse intere in linea, quello del “kittaggio” o JIS (Just In Sequence) e quello della minuteria. Al fine di comprendere efficacemente i tre flussi appare opportuno procedere dapprima con una tecnica di mappatura che consenta di rappresentarli in maniera lineare e ad alto livello, senza cioè scendere troppo nel dettaglio delle singole; procedendo successivamente, una volta individuati i flussi di maggior interesse per il progetto svolto e le relative operazioni più critiche, con una mappatura che abbandoni la linearità e la semplificazione in favore di una rappresentazione a basso livello che entri nel dettaglio delle singole operazioni. Trattandosi di un capitolo puramente descrittivo che funge da introduzione per la rappresentazione dettagliata dello stato “AS IS” della parte di logistica che è stata oggetto del progetto sviluppato nel presente elaborato scritto, i tre flussi sopracitati saranno descritti dunque ad alto livello e rappresentati mediante *SIPOC diagram*.

Prima di procedere con la mappatura ad alto livello dei tre flussi principali occorre opportuno presentare prima qualche dato che permetta di dare un ordine di grandezza al flusso in entrata allo stabilimento e come poi si direziona verso le varie zone di stoccaggio o direttamente al montaggio.

<i>Provenienza</i>	<i>Destinazione</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>
Magazzino EXT	Accettazione	350	trasferimenti ⁵⁰ /giorno	215	pallet ⁵¹ /giorno
Accettazione	Z01	146	trasferimenti/giorno	60	pallet/giorno
Accettazione	MAD	119	trasferimenti/giorno	102	pallet/giorno
Accettazione	Montaggio	55	trasferimenti/giorno	15	pallet/giorno

Tabella 3.1: Flusso in entrata e uscita dall'area dell'accettazione

⁵⁰ Per trasferimento si intende lo spostamento fisico e a sistema di una UDC da un'ubicazione di provenienza ad una di destinazione.

⁵¹ Per l'unità di misura pallet si è calcolato possa contenere circa 15 UDC nel caso della minuteria e un'unica UDC nel caso delle casse intere o delle casse di ferro del supermarket.

Per il calcolo del seguente flusso medio (e per quello delle successive tabelle del paragrafo) è stato analizzato lo storico in SAP dei trasferimenti all'interno del plant nel mese di ottobre e novembre 2022.

Per Z01 si indica a sistema la zona di magazzino contabile che comprende il magazzino a scaffale (R04), il supermarket (R04 per lo scaffale e PIK per l'isola) e altre zone non interessanti per il progetto quali lavaggio, controllo qualità, etc.

3.2.1 Casse intere in linea

Come già spiegato nel precedente paragrafo, le casse intere sono delle casse di rete metallica di dimensione 1060x1060x1020 che vengono utilizzate per il contenimento nello stoccaggio e movimentazione di tutti quei componenti di grandi dimensioni e molto pesanti (come calotte, travi, mozzi, trombe, etc.) che provengono dalla fonderia e che quindi possono necessitare di essere lavorati alle macchine utensili, componenti per cui di fatto non è possibile una gestione né in cassette, come nel caso della minuteria, né tramite kittaggio in carrelli. Le casse intere costituiscono sempre un'unica UDC poiché contengono lo stesso tipo di componente e, proprio per questo, al loro esterno è applicata un'unica etichetta⁵² (UDC). Esse risultano sempre stoccate al magazzino ad alta densità salvo casi differenti in cui ad esempio subiscono un controllo qualità, una lavorazione meccanica, una rilavorazione o un lavaggio, trovandosi dunque ubicate nei buffer delle aree in cui avvengono le operazioni appena elencate. Il flusso descritto in questo sotto paragrafo tratterà soltanto del flusso fisico e informatico delle casse intere dalla zona in cui sono ubicate, qualsiasi essa sia, ma sempre verso la linea di assemblaggio, tralasciando tutti quei flussi che invece si dirigono verso le aree sopracitate, dove cioè i pezzi subiscono un'operazione differente dal puro assemblaggio o pre-assemblaggio.

Il flusso delle casse intere in linea è tirato direttamente dal MES che elabora delle liste di prelievo a magazzino (in Excel) a fronte dei fabbisogni di linea sui successivi 2/3 giorni. La lista viene elaborata dagli operatori in ufficio inbound che la suddividono per famiglie di componenti (ogni fila di scaffale del magazzino è dedicata allo stoccaggio di una specifica famiglia) e in seguito viene distribuita agli operatori addetti

⁵² Per la procedura di assegnazione dell'etichetta (UDC) si veda la sezione di §3.1.1 dedicata all'accettazione.

al picking con carrello trilaterale. Il materiale viene quindi prelevato sulla base di questa lista e depositato sulle baie di uscita del magazzino rendendolo disponibile e prelevabile ai carrellisti dedicati all'alimentazione di ciascuna linea. Quest'ultimi ricevono dall'ufficio schedulazione di linea il piano di linea della giornata con dettaglio dei componenti che ciascuno di loro deve rendere disponibili in linea e l'orario di fabbisogno.

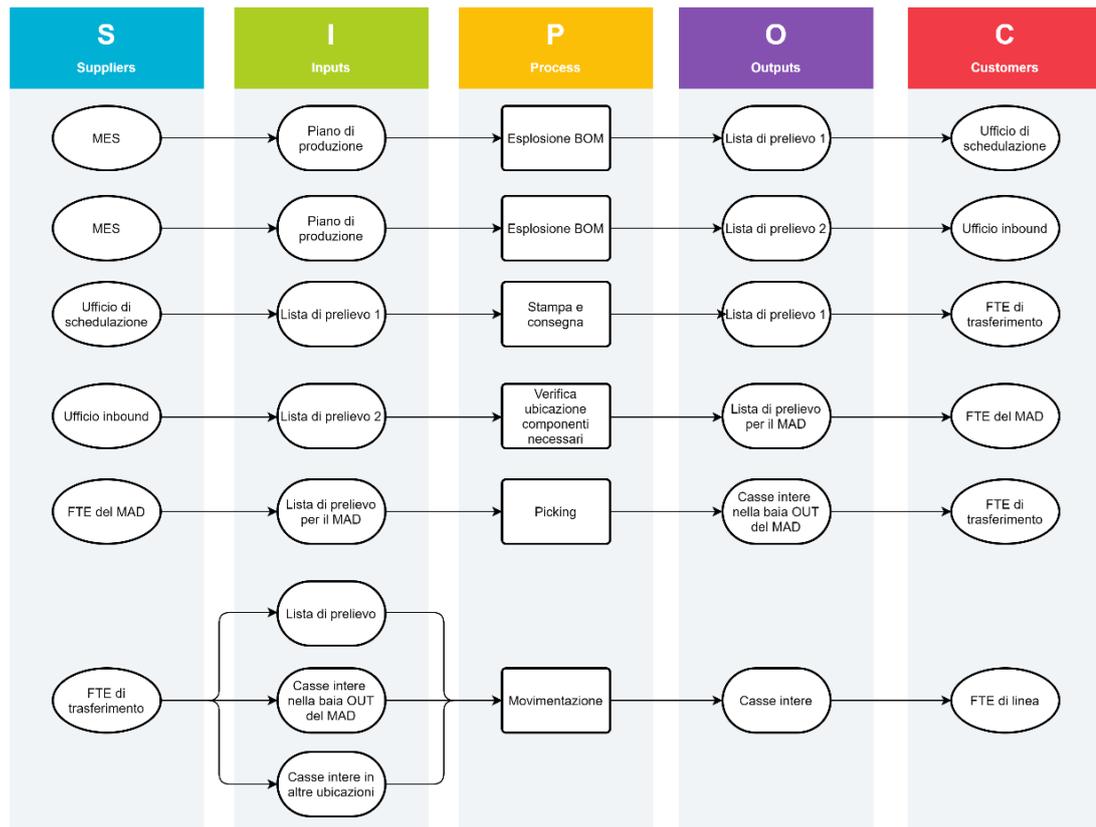


Figura 3.13: Diagramma SIPOC per il flusso delle casse intere in linea

Le casse intere, una volta prelevate dal grande buffer comune, sono posizionate a bordo linea in appositi spazi creando, per ciascuna zona della linea in cui sono richiesti i grossi componenti, un piccolo buffer in entrata di casse piene, secondo le sequenze di montaggio della linea, e un piccolo buffer di uscita con le casse vuote. Le casse effettivamente utilizzate vengono posizionate all'occorrenza dal carrellista su di un supporto meccanico idraulico regolabile nell'altezza, questo al fine di agevolare l'operatore nel caso debba effettuare una qualche operazione sul pezzo, da cui poi lo stesso preleva i pezzi mediante l'ausilio di un gancio meccanico. Il flusso di casse intere dal buffer in entrata alla stazione di bordo linea al supporto meccanico e quello dal supporto meccanico al buffer in uscita della stazione viene gestito unicamente dal

carrellista di linea, così come il trasferimento delle casse dal magazzino ad alta intensità al buffer comune e quello dal buffer comune a quello in entrata di bordo linea. Il materiale una volta prelevato dalle baie di IN/OUT del magazzino dal carrellista e trasferito in SAP all'area di montaggio perde l'UDC.

A livello quantitativo il flusso di casse intere dal magazzino ad alta intensità al montaggio, considerando una giornata media lavorativa di otto ore, può essere esprimibile dalla seguente tabella:

<i>Provenienza</i>	<i>Destinazione</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>
MAD	Montaggio	137	casse intere/giorno

Tabella 3.2: Flusso delle casse intere in linea

3.2.2 JIS

Il flusso del kittaggio o JIS (Just In Sequence) riguarda tutti quei materiali che vengono gestiti in logica PULL in “kit” che alimentano le linee di assemblaggio seguendo esattamente la sequenza di produzione sia nelle quantità che nella sequenza con cui i singoli pezzi vengono assemblati per lo specifico mix produttivo di linea. Tipicamente un kit è formato da un piccolo numero di carrelli collegati tra loro (5) e sormontati da un parietale, al cui interno vengono posizionati i componenti, separati da bande di cartone in modo da seguire perfettamente nella quantità e nella sequenza richiesta il mix produttivo schedulato. Si tratta di pochi carrelli (per un totale di circa 10-15 pezzi) poiché, successivamente ad un attento e approfondito studio svolto in precedenza, è stata dimensionata, sulla base della cadenza delle linee servite, la quantità esatta di pezzi per kit tale da coprire il tempo totale di asservimento della linea, l'insieme cioè dei tempi di creazione del kit, trasporto dei carrelli con il kit in linea, scarico degli stessi a bordo linea, prelievo dei carrelli vuoti dei precedenti kit e infine trasferimento di quest'ultimi al supermarket. Come già anticipato nel paragrafo precedente nella descrizione del supermarket, ovvero la zona di magazzino dove vengono creati i kit del JIS, le principali famiglie di kit sono due:

- JIS 1, composta da martinetti, aste guida e doppi giunti, serve le linee di assemblaggio 1 e 2;

- JIS 2, composta da coppie coniche, scatole differenziali e ingranaggi di vario tipo, serve la linea 6.

Oltre a queste due macro famiglie di kit è inoltre presente una terza famiglia minore di componenti composta dagli ingranaggi e dagli alberi che alimentano la linea 4 nella creazione dei vari gruppi albero differenti che compongono una trasmissione. Tali componenti non sono posizionati in carrelli come quelli di JIS 1 e JIS 2, come già spiegato nella sezione dedicata di §3.1.2, quanto piuttosto all'interno di scatole in rete metallica funzionali al lavaggio dei componenti pre-montaggio, le quali vengono impilate in un carrello, e assemblate secondo la coerenza dei componenti nella creazione del gruppo albero di riferimento, non più in base alla sequenza di assemblaggio. Il flusso dei componenti a JIS⁵³, trattandosi di una logica PULL, inizia sempre con la schedulazione della produzione eseguita dall'ufficio di schedulazione sulla base del piano di produzione a breve termine, la quale, tramite il MES e attraverso i vincoli stabiliti, viene tradotta in una lista di prelievo per la specifica linea, per un certo numero e tipologia di componenti, per una ben stabilita sequenza di assemblaggio. Tale lista di prelievo, recante anche le informazioni sul lato di montaggio del pezzo (ad esempio asta guida destra o sinistra), viene inviata per via informatica dal sistema agli operatori del supermarket, i quali visualizzano la sequenza del kit da creare in un tablet (nel caso di JIS 1) o a computer (nel caso di JIS 2), mentre lo stato attuale sull'alimentazione di linea per entrambe le famiglie, relativamente al WIP della linea, può essere monitorato in tempo reale sul monitor posto sopra l'isola del supermarket secondo la fenomenologia già spiegata nella sezione dedicata al supermarket. Al termine del picking di ciascuna micro-famiglia di materiale (nel caso di JIS 1 AG-dx (aste guida destre), AG-sx (aste guida sinistre), DG-dx (doppi giunti destri), DG-sx (doppi giunti sinistri), M (martinetti)) viene generata in automatico una stampa che indica la posizione dello specifico materiale sul carrello, la quantità necessaria e l'UDC da cui è stato prelevato. A kittaggio ultimato per la specifica famiglia (JIS 1 o JIS2), una lista di riepilogo contenente l'elenco di tutti i componenti contenuti nel kit, viene poi inserita all'interno di uno dei carrelli del kit ma che non funge da conferma finale⁵⁴ del kit, poiché quest'ultima è già possibile dalla lista a

⁵³ Per semplicità esplicativa vengono presi in considerazione nella trattazione successiva del sotto paragrafo soltanto i flussi di JIS 1 e JIS 2, costituendo il volume maggiore del "kittaggio".

⁵⁴ La conferma finale a picking ultimato è l'unico modo per concludere la missione di prelievo, questo per fornire una maggiore sicurezza agli operatori del supermarket nel commettere errori ma anche per

tablet, ma serve soltanto nel caso di un rientro del kit dalla linea per verificare i componenti non utilizzati che sono effettivamente presenti nel carrello. Nel caso di JIS 2 di su un monitor l'operatore vede in sequenza i lotti da processare e su ciascun lotto possono esserci varie missioni JIS "pending". Nel monitor tramite spunta di colore diverso viene passata agli operatori l'informazione circa lo stato di completamento di quello specifico lotto:

- Verde, se il lotto è ultimato e pronto al trasferimento;
- Giallo, se il lotto è in fase di completamento;
- Rosso, se il lotto è stato evaso ma con dei codici materiale mancanti; in questo caso l'ufficio di schedulazione è in possesso di maggiori informazioni rispetto agli operatori del supermarket e, come tale, è in grado di sapere se il materiale mancante è in arrivo o se il lotto è da accantonare per dare la precedenza ad altri lotti.

La disposizione dei codici di kittaggio all'interno del supermarket viene gestita e ottimizzata autonomamente dagli stessi operatori, i quali, sulla base delle informazioni dategli dall'ufficio di schedulazione sui successivi kit nell'orizzonte temporale della giornata stessa (o al massimo di quella successiva), posizionano i codici più prossimi sull'isola centrale e sui livelli inferiori degli scaffali del supermarket, mentre i codici non necessari vengono spostati sui ripiani più alti o direttamente al magazzino ad alta intensità. Agli operatori dedicati al kittaggio viene infatti data la lista del materiale da abbassare da magazzino all'area di kittaggio a fronte dei fabbisogni della giornata. Anche questa lista di prelievo viene elaborata dal MES. In questa lista di prelievo con dei bollini viene indicato lo stato del materiale:

- Verde, se sugli scaffali del supermarket è già presente tutto il materiale necessario;
- Giallo, se il materiale presente a scaffale non è sufficiente a coprire le prossime missioni.

Poiché, visto il poco spazio dedicato alle SKUs (Stock Keeping Units)⁵⁵ dei codici del kittaggio, accade usualmente che sia l'isola che gli scaffali si saturino velocemente,

fornire una garanzia agli operatori di linea sul corretto eseguitamento del kit in base alla produzione corrente.

⁵⁵ Per Stock Keeping Units si intende l'unità che contiene uno o più materiali: nel caso della minuteria il pallet o le casse, nel caso del kittaggio le casse e nel caso dei grossi componenti le casse intere.

all'interno della lista dei materiali necessari per i prossimi kit (e relativo bollino verde o giallo) viene anche fornita agli operatori l'informazione su quali sono i materiali già presenti nel supermarket che però non saranno necessari per i prossimi kit, così da favorirne l'un-picking.

I principali motivi per cui si è scelta una gestione come quella appena descritta per questo tipo di componenti sono stati: in primis, la possibilità di ottenere un bordo linea molto più leggero e snello, permettendo all'operatore di essere più preciso ed efficiente ricevendo i pezzi nell'esatta sequenza con cui è stato schedato l'avanzamento dei prodotti sulla linea di assemblaggio; mentre, in seconda istanza, la possibilità di tracciare per ciascuno seriale di prodotto finito il lotto effettivamente montato per le famiglie di componenti interessate da questa modalità di asservimento. Quest'ultimo aspetto, particolarmente sensibile ai principali clienti del gruppo, si è infatti rivelato di importanza cruciale per assicurare proprio ai clienti, ma anche al gruppo, una tempestiva tracciabilità a partire dal numero seriale del prodotto che rivela delle problematiche di qualche tipo del componente incriminato, potendo risalire a importanti informazioni di quest'ultimo (collegate all'UDC) come il fornitore, la data, il lotto, l'indice di revisione, l'ordine di acquisto e altro. La tracciabilità è resa dunque possibile dal fatto che, nel caso di JIS 1, con la conferma del picking di ciascun componente e la sua successiva conferma a sistema, la UDC di ogni componente viene agganciata con la conferma finale in automatico al numero seriale dell'assale a cui verrà assemblato in linea. Analogamente, per JIS 2, è possibile collegare la UDC dei componenti al numero seriale del prodotto finale ma dovendo fare un passaggio in più: trattandosi di una linea di pre-montaggio le UDC dei componenti vengono agganciate prima al numero seriale del prodotto intermedio, corpo centrale o supporto differenziale che sia, per poi associarsi a loro volta al numero seriale del prodotto finale una volta assemblate nella effettiva linea finale. Allo stesso modo avviene anche per il kittaggio della linea 4, dove ogni gruppo albero viene "riversato"⁵⁶ a magazzino come unico codice per poi essere associato al numero seriale della trasmissione finale che esce dalla linea di assemblaggio.

⁵⁶ Il gruppo albero viene trattato nella distinta base della trasmissione come unico codice, per questo motivo dunque una volta ultimato il suo pre-assemblaggio deve essere registrata a sistema come nuovo codice unico.

È importante sottolineare che, proprio per mantenere questa tracciabilità, una volta confermata una missione di kittaggio, i codici contenuti nel kit si agganciano al numero seriale dell'assale (o della trasmissione) da produrre e, in questo modo, risulta impossibile agli schedulatori di linea modificare la sequenza se non con un bypass approvato dal responsabile logistico.

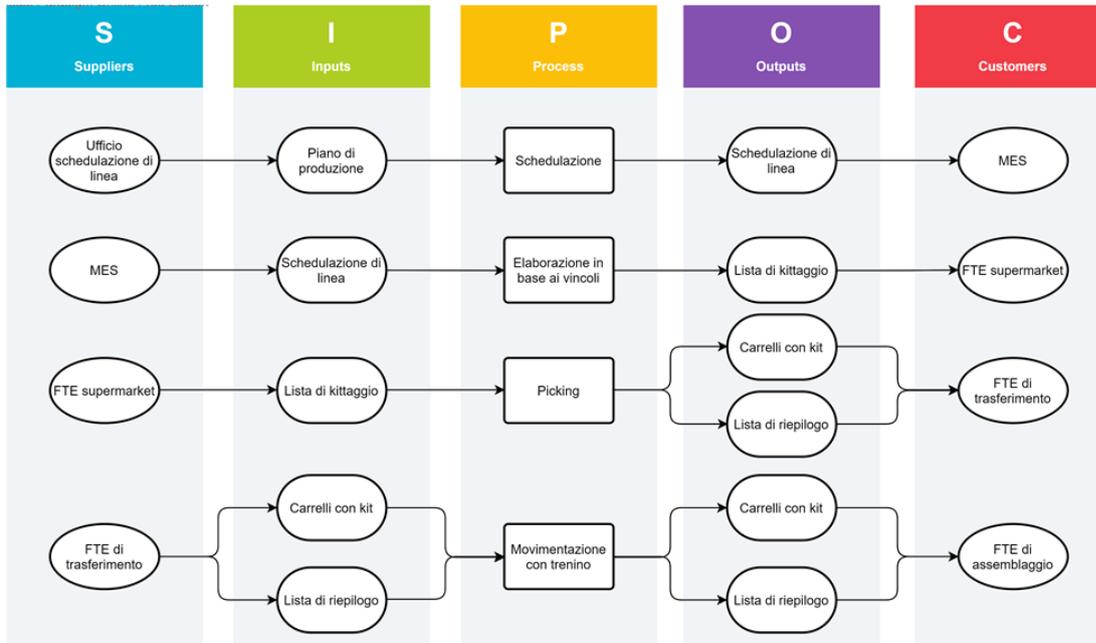


Figura 3.14: Diagramma SIPOC per il flusso JIS 1

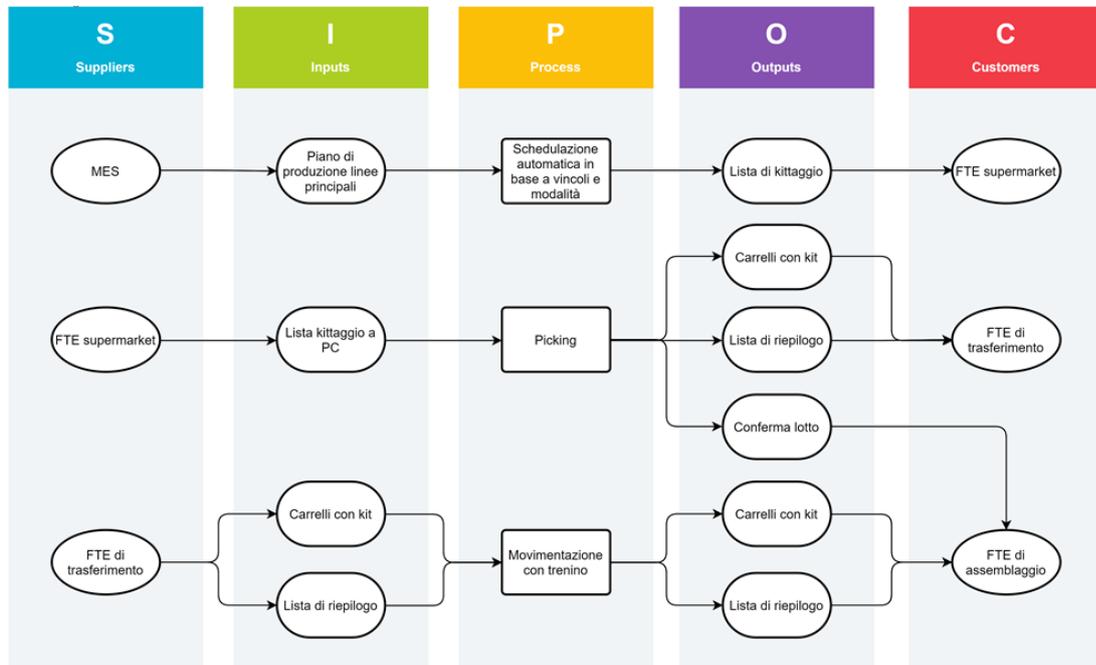


Figura 3.15: Diagramma SIPOC per il flusso JIS 2

Dal punto di vista quantitativo i flussi di materiale delle due famiglie di JIS verso le corrispettive linee di montaggio possono essere esprimibili, considerando una giornata lavorativa di 8 ore, secondo la seguente tabella:

<i>Famiglia</i>	<i>Linea</i>	<i>Copertura di un vagone</i>	<i>U.d.m.</i>	Media trasferimenti giornaliera	<i>u.d.m.</i>
JIS 1	L1	40	min	12	trasferimenti/giorno
	L2	80	min	6	trasferimenti/giorno
JIS 2	L6	30	min	16	trasferimenti/giorno

Tabella 3.3: Trasferimenti dal supermarket alla linea per le famiglie di JIS

Per quanto riguarda invece la quantificazione dei flussi di materiali nel refilling quotidiano del supermarket, ovvero quando viene spostato dal MAD al supermarket e viceversa ciò che è rispettivamente necessario e non necessario per le missioni schedate per la giornata successiva, viene presentata la seguente tabella:

<i>Provenienza</i>	<i>Destinazione</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>
Supermarket	MAD	7	trasferimenti/giorno
MAD	Supermarket	38	trasferimenti/giorno

Tabella 3.4: Refilling giornaliero del supermarket dal MAD

3.2.3 Minuteria

Il flusso della minuteria, ovvero dei piccoli componenti, inizia con il fabbisogno dei suddetti codici dalla linea di assemblaggio allorquando vengono svuotati del tutto i contenitori posti negli scaffali e nei SAG (scaffali a gravità) di bordo linea dedicati ai piccoli componenti. Tali contenitori sono costituiti da: cassette in plastica, le quali costituiscono un “vuoto a rendere” dalla linea al magazzino dove, inviate una volta vuote, vengono riempite manualmente e poi riportate in linea; oppure da scatole di cartone, le quali vengono invece inviate in linea direttamente per come arrivano nei pallet dal fornitore e, quindi, una volta svuotate vengono anche smaltite. Sia che questi codici siano gestiti con cassette di plastica sia che siano gestiti direttamente in scatole di cartone, l’approvvigionamento della linea avviene dunque in logica puramente PULL, ovvero è il fabbisogno della linea a chiamare e quindi “tirare” i materiali dal magazzino secondo le tipologie e le quantità opportune. Tutti i codici della minuteria

vengono quindi “chiamati”, linea per linea, successivamente all’esaurimento del contenitore con cui sono disposti nei relativi SAG mediante la creazione a sistema, da parte dell’operatore incaricato, di una missione di prelievo (MP) per ciascun materiale necessario. Tale MP costituisce a sistema una riga in cui assieme all’informazione del codice del materiale richiesto e alla quantità necessaria, sono presenti altre informazioni fondamentali quali l’ubicazione dove trovare a magazzino il materiale, il codice dell’unità di carico (UDC) di tale materiale e la micro-ubicazione associata in linea, ovvero la sigla dello scaffale a cui appartiene la scatola col suddetto materiale.

Per creare tali MP, l’operatore incaricato deve passare in rassegna uno ad uno gli scaffali di linea lancia una missione di prelievo per ogni materiale nel caso in cui è presente un contenitore in plastica vuoto o nel caso in cui sia presente spazio per almeno una scatola di cartone nuova, a seconda che i codici siano gestiti in plastica o in cartone. Una volta creata la MP, i contenitori vuoti vengono posti su di un apposito carrello sormontato da un pallet e da un parietale che viene poi posizionato fuori dalla linea, così da permettere ai carrellisti incaricati di prelevarlo con il carrello elevatore per portarlo al magazzino dove avverrà la successiva fase di picking.

Ubicazione	Corsia	T.cre. MP	PRY	Microub.	Materiale	Descrizione	UDC	Q.ta ric.	UM	Barcode prelievo	BOX	CONTANR	P.QTY
R04001008B	001	10:21:09		L1SG2C	126923	VITE AUTOBLOCCANTE M16X2X38 10.9 ACCIAIO	1000928641	200	PZ	 0020000322864	C	M	100
R04001020C	001	10:11:00		L1SG4A	133548	GHIERA M24X1.5	1000935824	250	PZ	 0020000322835	P	M	40
R04001031D	001	10:22:21		L1SG3C	128629	MOLLA TAZZA 61x43x0.9 102.4 / MOLLA A TA	1000942294	1.007	PZ	 0020000322865	C	M	500
R04001041A	001	10:29:38		L1SG10D	143620	TAPPO MAGNETICO M24X1.5	1000943128	400	PZ	 0020000322874	C	M	200
R04002013D	002	10:16:33		L1SG3B	144557	BOCCOLA KING PIN 35X47X18.5	1000922289	260	PZ	 0020000322859	P	M	180
R04002032C	002	10:27:14		L1SG12D	116530	VITE FORATA Fe/Zn 5C 1A UNI ISO 2081	1000940980	150	PZ	 0020000322871	C	M	100
R04002034B	002	08:18:43		L1SG5D	120717	ANELLO TENUTA 50X60X4 NBR R10F	1000942036	45	PZ	 0020000322815	P	P	80
R04003003A	003	10:14:55		L1SG4B	127924	VITE AUTOBLOCCANTE M12X1.75X25 10.9 ACCI	1000926019	500	PZ	 0020000322849	C	M	250

Figura 3.16: Esempio di una pagina di report delle missioni di prelievo (RMP)

La lista contenente le missioni di prelievo lanciate a sistema per la specifica linea viene dunque riordinata e stampata dall’ufficio di magazzino competente e consegnata agli operatori di magazzino dedicati al picking della minuteria, i quali si coordinano sul come suddividersi i carrelli interi o le scatole dello stesso carrello da riempire e/o prelevare (a seconda che il materiale sia gestito in plastica o cartone). Munito della stampa della lista delle missioni di prelievo, chiamata report delle missioni di prelievo (RMP), l’operatore procede dunque con le operazioni di picking per i codici e le

quantità riportati in ciascuna riga del report, che consistono nelle macro-attività di: prelievo dell'UDC dall'ubicazione associata, travaso (nel caso in cui si tratti di scatole di plastica), conferma della missione di prelievo e riposizionamento della SKU nell'ubicazione da cui è stata prelevata.

Come si può osservare dall'esempio di report delle missioni di prelievo riportato in Figura 3.16, oltre alle informazioni già elencate in precedenza, sono presenti per ogni MP l'informazione relativa alla fila di scaffalatura (sotto la voce di "corsia")⁵⁷, l'orario di creazione della MP, uno slot per segnalare la priorità, una descrizione del tipo di materiale, l'unità di misura della quantità (tipicamente è sempre in pezzi), un codice a barre specifico per la MP e fondamentale per la sua conferma di avvenuto prelievo a sistema, il tipo di scatola (plastica "P" o cartone "C"), la dimensione di quest'ultima (piccola, media o grande) e infine la quantità calcolata per quel tipo e quella dimensione di contenitore. L'informazione sull'ubicazione dell'UDC associata al materiale della specifica MP è fondamentale per consentire all'operatore di orientarsi nel magazzino e direzionarsi correttamente verso l'ubicazione segnalata, in particolare, in base alla suddivisione degli scaffali per livello, posizione e fila vista in §3.1.2, se il materiale non è in ACEMA ma in R04, l'operatore è in grado di capire dalla stringa di codice qual è la fila, la posizione e il ripiano dov'è ubicata la UDC del materiale da prelevare. In particolare data la stringa di codice dell'ubicazione

R04001004A

leggendo da sinistra a destra R04 è la zona di magazzino, 001 è la fila (o "corsia" nel RMP), 004 è la posizione nella fila e A è il livello per la data posizione per la data fila; per comodità di visualizzazione l'informazione sulla fila viene riportata anche sulla seconda colonna del RMP. In base alle informazioni elencate e alla procedura esplicitata gli operatori di magazzino assegnati alla minuteria procedono dunque con il riempimento di tutti i contenitori di plastica e con il prelievo di tutte le scatole di cartone richiesti dalle MP e, salvo l'insorgere di complicazioni che verranno analizzate nel dettaglio nel successivo capitolo, una volta ultimato il picking o pongono il carrello con i contenitori pieni (CP) in una zona che non risulti d'intralcio in attesa che un carrellista lo porti alla linea specifica, oppure possono essere loro stessi a portarvelo.

⁵⁷ La nomenclatura "corsia" può risultare fuorviante poiché si riferisce in senso fisico alla fila della scaffalatura, come già descritto in §3.1.6, e non all'effettiva corsia tra due scaffalature.

Ad ogni modo, lo stato della MP nel gestionale SAP risulta “P” (prelevato) nel momento in cui viene ultimato e confermato il picking per ogni riga di missione del RMP da parte dell’operatore assegnato, mentre la conferma “X” di prelievo del carrello di CP e trasferimento alla linea di montaggio designata viene data dall’operatore che si occupa del trasferimento; anche se di solito è comune pratica che l’operatore che ultima il picking dia anche tale conferma di default, in favore di un alleggerimento della procedura con conseguente riduzione dei tempi totali. Il carrello con i contenitori pieni (plastica o cartone che sia) trasferito viene infine scaricato dall’operatore di linea incaricato, lo stesso che lancia le missioni di prelievo, che si adopera per rifornire opportunamente i corrispettivi scaffali di linea, i quali saranno poi utilizzati dagli operatori di linea dedicati alle operazioni di assemblaggio.

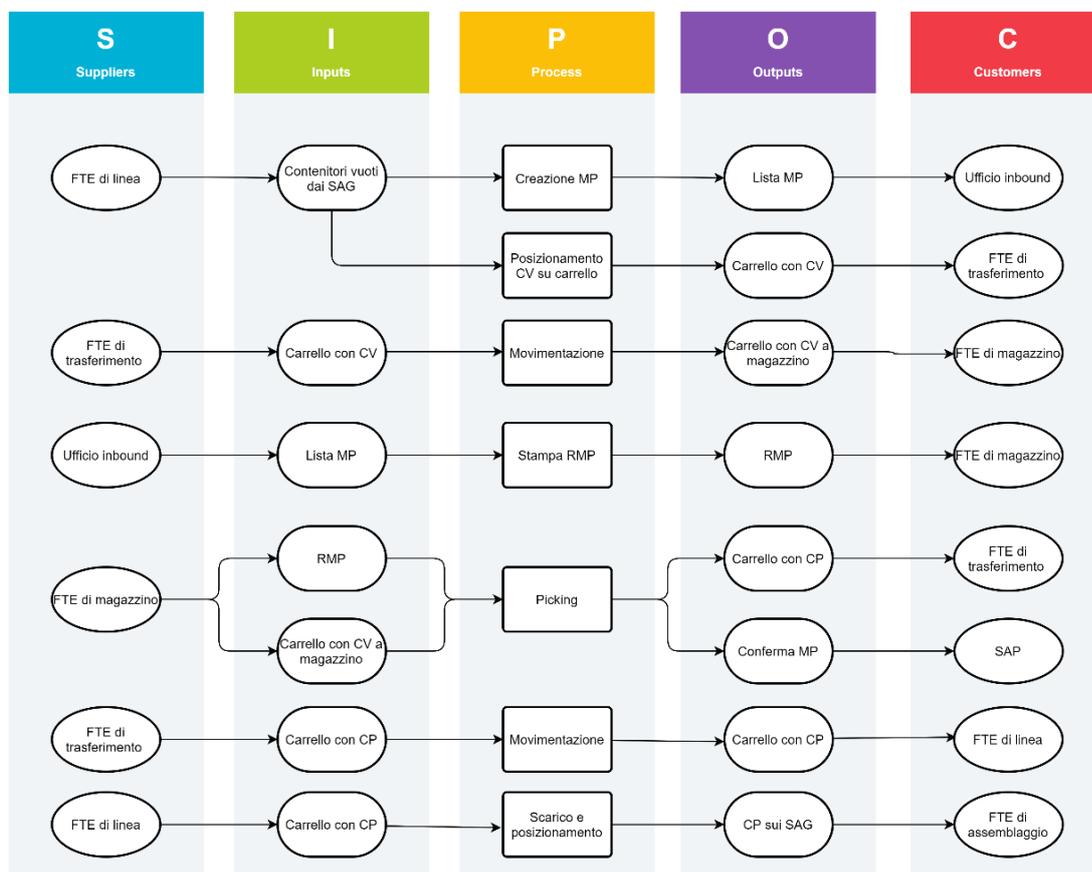


Figura 3.17: Diagramma SIPOC per il flusso della minuteria

A livello quantitativo, considerando una giornata lavorativa media di otto ore, il flusso della minuteria risulta esprimibile secondo i dati contenuti nella seguente tabella:

<i>Provenienza</i>	<i>Destinazione</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>	<i>Media trasferimenti giornaliera</i>	<i>u.d.m.</i>
Scaffale	Montaggio	391	trasferimenti/giorno	26	pallet/giorno
Accettazione	Montaggio	29	trasferimenti/giorno	2	pallet/giorno
MAD	Montaggio	21	trasferimenti/giorno	1	pallet/giorno
Accettazione	Scaffale	92	trasferimenti/giorno	6,2	pallet/giorno
MAD	Scaffale	15	trasferimenti/giorno	1	pallet/giorno

Tabella 3.5: Flusso della minuteria

Si tratta nei primi tre casi del flusso di piccoli componenti che dalle aree di stoccaggio alimentano le linee rispettivamente dal magazzino a scaffale, dall'area di accettazione dell'ACEMA e dal magazzino ad alta densità, mentre negli ultimi due casi si tratta del flusso che alimenta la riserva dei piccoli componenti a scaffale a partire dall'ACEMA e dal MAD rispettivamente.

In questa tabella, differentemente dalle precedenti, si è analizzato nel caso dei tre flussi dal magazzino verso la linea lo storico delle missioni di prelievo estratto da SAP nel periodo da gennaio a ottobre 2022, calcolando per ciascun flusso la quantità di scatole movimentate. È importante precisare che l'unità di misura trasferimenti al giorno e pallet al giorno risulta in questo caso differente dalle precedenti tabelle e dalle ultime due righe di questa tabella, poiché ora non si sta più assumendo che per ogni riga di trasferimento sia movimentata una UDC nella sua interezza, bensì una sua frazione o un suo multiplo. Mentre nei flussi uscenti dall'accettazione venivano movimentate UDC piene appena ricevute dal fornitore, nei flussi che alimentano le linee per i piccoli componenti occorre distinguere tra i contenitori in cartone, i quali corrispondono di fatto alla precedente distinzione dell'UDC, e i contenitori di plastica da riempire, i quali non necessariamente tengono esattamente la stessa quantità dell'UDC ricevuta dal fornitore⁵⁸. In questo caso dunque, l'unità di misura per i flussi che alimentano il montaggio considera che un pallet (cioè il carrello che viene riempito durante il picking) sia in grado di contenere circa 15 UDC intese come contenitori di componenti sia di cartone che di plastica.

⁵⁸ Se per esempio una determinata UDC a magazzino contiene 100 pezzi e quel materiale viene lanciata una missione da 50 pezzi in contenitori di plastica che ne tengono 25, vorrà dire che dall'accettazione si vede un flusso in uscita di 1 UDC verso un'area di stoccaggio specifica, mentre da quest'ultima verso il montaggio si vedrà un flusso di 2 scatole; mentre di fatto metà dell'UDC è ancora presente a magazzino e può a sua volta creare un altro flusso di 2 scatole ulteriori.

Capitolo 4

Situazione “AS IS” della minuteria

Nel seguente capitolo viene presentata in maniera dettagliata la situazione attuale (o “AS IS”) del vero focus del progetto svolto: la gestione dei piccoli componenti nel loro flusso di alimentazione delle linee di assemblaggio.

Nel primo paragrafo verrà pertanto presentato il progetto che è stato seguito durante l’esperienza di tirocinio semestrale effettuato presso Carraro Group, descrivendone il focus e mostrandone gli obiettivi attesi dall’azienda con la definizione dei KPI⁵⁹ e dei vincoli presenti, dovuti per esempio a spazio e attrezzature, il tutto sempre nella fondamentale ottica di un ritorno dell’investimento.

Nel secondo paragrafo saranno approfonditi i principali aspetti della gestione dei piccoli componenti (la “minuteria” per l’appunto) relativamente alla loro politica di stoccaggio a magazzino, al tipo di contenitore che viene utilizzato per l’alimentazione di linea, al tipo di buffer che ne alimenta il fabbisogno per le varie linee, alla logica PULL con cui si genera il flusso tra magazzino e linee, concludendo, infine, con la descrizione dell’assegnazione degli operatori impiegati nelle varie mansioni che riguardano tale gestione.

Nel terzo e quarto paragrafo vengono rispettivamente approfondite, con maggiore dettaglio rispetto al precedente capitolo, le principali attività cardine del flusso della minuteria: il lancio delle missioni di prelievo e la corrispondente distribuzione dei contenitori pieni e il picking.

Nel quinto paragrafo vengono presentati i dati ricavati e le analisi svolte su di essi per quanto riguarda l’assegnazione ai codici della minuteria di una classe d’importanza ABC, la suddivisione nella gestione del tipo di contenitore con cui i materiali della minuteria alimentano le linee, l’analisi sui tempi delle singole task associate all’attività

⁵⁹ Key Performance Indicator, parametro di controllo dell’efficientamento delle attività legate all’area di intervento del progetto.

di picking, la distribuzione della giacenza attuale per i suddetti codici calcolandone l'indice di accesso agli spazi interessati del magazzino e la distribuzione per classe sugli stessi, per concludere, infine, con l'analisi a basso livello del flusso nella sua interezza suddividendolo in due macro fasi (lancio MP e picking) e creando per ciascuna una Swim Lane Chart.

A conclusione del capitolo vengono riportate nel sesto e ultimo capitolo le principali criticità riscontrate sia durante l'osservazione e la raccolta dati che durante l'effettiva rielaborazione dei dati stessi e delle informazioni raccolte ed inerenti alle attività di picking, di lancio delle missioni, di distribuzione e alla politica attuale di stoccaggio.

4.1 Presentazione del progetto e dei vincoli

Il progetto che è stato seguito durante l'esperienza di stage presso lo stabilimento di Carraro Drivotech S.p.A. a Campodarsego ha riguardato l'ottimizzazione della gestione dei piccoli componenti relativamente al loro stoccaggio a magazzino, al loro picking e alla loro alimentazione di linea. Il progetto, di grande importanza per l'azienda, ha avuto il preciso intento di ripensare le logiche e i sistemi di una gestione per molti aspetti inefficiente e obsoleta rispetto all'avanguardia e all'efficienza che contraddistingue l'attuale stato dell'arte sui sistemi logistici, riorganizzando ed efficientando le risorse attualmente in possesso dell'azienda (sia a livello di risorse umane che di strutture e mezzi) fino a proporre anche nuovi investimenti su strutture e mezzi all'avanguardia. Gli **obiettivi del progetto** fissati dall'azienda per ottimizzare la gestione di tali componenti (la "minuteria") sono stati:

- Ri-layout del magazzino
- Ri-valutazione delle politiche di stoccaggio
- Ottimizzazione del picking considerando il consumo medio e la frequenza di consumo
- Ottimizzazione del routing interno in termini di numero di operatori (FTE) dedicati al picking
- Ottimizzazione del routing interno in termini di numero di operatori (FTE) dedicati all'alimentazione di linea

mentre il **KPI** cardine per misurare la bontà dei miglioramenti proposti è stato fissato, sempre dall'azienda, sul **numero di FTE⁶⁰ dedicati alle attività della minuteria**.

In prima istanza è stato analizzato minuziosamente lo stato attuale (“AS IS”) della gestione per i piccoli componenti descrivendo al dettaglio le attività fondamentali che ne regolano il flusso dal magazzino alla linea e viceversa, fornendo dei dati oggettivi frutto di numerose misurazioni ed elaborazioni dei dati ricavati ed estratti.

In seconda istanza, a partire dallo stato attuale della gestione dei piccoli componenti è stato sviluppato lo stato futuro (“TO BE”) maturando delle proposte di miglioramento e ridefinizione secondo gli spunti dallo stato dell'arte attuale, le idee personali e i suggerimenti delle figure con cui si è stato coordinato lo sviluppo del progetto. Le proposte di ottimizzazione e ridefinizione delle risorse attuali dedicate piuttosto che dei nuovi investimenti per nuove strutture e/o mezzi dedicati sono stato ovviamente formulate sulla base dei **vincoli** imposti dall'azienda in termini di:

- Spazio; dovendo rispettare la cubatura degli spazi dedicati nel caso di ridefinizione e riposizionamento delle strutture dedicate allo stoccaggio e all'alimentazione di linea, nonché il numero di posti pallet nel caso di ridefinizione delle politiche di stoccaggio a magazzino per le strutture attuali;
- Ritorno dell'investimento; dovendo giustificare un qualsiasi nuovo investimento per nuove strutture e/o mezzi in base ad un ritorno entro 5 anni rispetto al valore monetario corrispondente agli FTE risparmiati.

Il progetto è stato condotto, in tutte le sue fasi, sotto la supervisione dell'Ing. Valentina Visentin, logistic specialist dell'ufficio “off-highway logistics” di gruppo, e mediante il frequente coordinamento con i responsabili di competenza, come il responsabile del magazzino e il responsabile dell'ufficio inbound, nonché mediante la preziosa collaborazione del responsabile dei magazzinieri e dei magazzinieri stessi direttamente interessati alle effettive attività, sia di linea (impiegati nel lancio delle missioni di prelievo, nel trasferimento del carrello da riempire e nella distribuzione dei contenitori pieni) che di magazzino (responsabili del picking e dello stoccaggio della minuteria).

⁶⁰ Full Time Equivalent, viene indicato un operatore a tempo pieno.

4.2 La minuteria

Come già ampiamente visto nel precedente capitolo, nella realtà aziendale di Carraro viene comunemente definita “minuteria”, oltre alle classiche viti, bulloni, spessori e componenti simili, una serie di piccoli componenti che tipicamente è maneggiabile con una mano e che è possibile inserire all’interno di cassette di plastica di massimo 200x350x200, quali ad esempio flange, cuscinetti, bussole, sensori, ma anche ingranaggi e parti di media taglia con dimensioni fino a qualche decina di centimetri per pesi unitari superiori al kilogrammo. Si tratta di materiali fondamentali nell’alimentazione di tutte le linee l’assemblaggio, dalle linee principali alle linee di pre-assemblaggio, per un totale di 1857 codici differenti. Nel terzo capitolo è già stata anticipata la caratterizzazione del contenitore con cui i suddetti codici vengono inviati in linea, così come quella delle aree e delle strutture dove vengono stoccati a magazzino e a bordo linea; saranno ora, nei prossimi sottoparagrafi del paragrafo, esplorate le logiche decisionali con cui avviene la scelta di un contenitore o di una zona di stoccaggio a scapito dell’altra, evidenziandone i pro e i contro. Sarà poi illustrata quella che è la logica PULL che traina l’alimentazione delle linee per i piccoli componenti, concludendo con l’elenco degli operatori (FTE) attualmente assegnati alla gestione della minuteria in base alle rispettive attività di competenza.

4.2.1 Stoccaggio

Tutti i codici della minuteria passano necessariamente per la zona dell’accettazione dove, dopo una sosta più o meno lunga in 902 (magazzino esterno per la merce in entrata), vengono etichettati e successivamente posizionati nella zona dell’ACEMA secondo le procedure descritte in §3.1.1, salvo che debbano essere ricondizionati. Essendo la zona dell’ACEMA un buffer di pre-stoccaggio, per le unità di carico (UDC) dei codici di minuteria, viene di solito necessariamente prevista un’ubicazione di destinazione al magazzino a scaffale o al magazzino ad alta densità (MAD)⁶¹. La preferenza di stoccaggio per tali codici risulta sempre il magazzino a scaffale,

⁶¹ Per la caratterizzazione delle zone di stoccaggio appena citate si rimanda a §3.1.2 e al layout di Figura 3.6.

lasciando invece il magazzino ad alta densità come magazzino di scorta qualora non vi fosse spazio altrove, mentre il posizionamento in uno specifico slot dello scaffale avviene in base alla disponibilità al momento dello stoccaggio senza una politica preferenziale di qualche tipo. L'unica politica di differenziazione che vige è tra le UDC normali e quelle ricondizionate, dove quest'ultime sono unicamente stoccate nelle file 4 e 5 del magazzino scaffalato, ma sempre in base agli slot liberi.

Per favorire le operazioni di stoccaggio, gli operatori di magazzino assegnati alla minuteria ottimizzano gli slot liberi a scaffale perseguendo le due seguenti attività:

- Spostamento; attività per cui le UDC non ricondizionate vengono raggruppate all'interno di pallet eterogenei parzialmente vuoti;
- Compattamento; attività per cui due o più UDC dello stesso materiale vengono unite mediante ricondizionamento in un'unica UDC omogenea⁶².

In entrambi i casi si ha uno spostamento fisico del materiale da un'ubicazione ad un'altra, mentre solo nel secondo caso si ha un cambio a sistema e fisico dell'etichetta (UDC). Queste due attività che hanno il fondamentale compito di liberare slot a scaffale per il successivo stoccaggio delle UDC di minuteria vengono di solito svolte nei momenti della giornata liberi da altre occupazioni⁶³ o al sabato mattina.

Nonostante dunque la priorità di stoccaggio per la minuteria sia verso il magazzino a scaffale, accade spesso che i codici rimangano nella zona dell'ACEMA costituendo una zona di magazzino alternativa qualora una missione di prelievo (MP) si agganci alle UDC ivi presenti prima che queste possano essere stoccate a scaffale o al MAD. Questo ha enormi svantaggi in quanto porta a saturare il buffer di pre-stoccaggio trasformandolo in un collo di bottiglia e rendendo il picking in tale area particolarmente difficoltoso e lungo poiché, trattandosi di materiali in attesa di essere stoccati, non è presente per essi a sistema un'ubicazione precisa e registrata, all'interno della zona contabile "R02 ACEMA". Anche lo stoccaggio al magazzino ad alta densità risulta in parte problematico per il picking poiché, trattandosi di un magazzino in cui vi è un costante e ingente flusso di casse intere nonché un minore flusso di refilling

⁶² Per la caratterizzazione dei pallet eterogenei ed omogenei si veda §3.1.1.

⁶³ Ad esempio nel caso in cui non risulti necessario il picking per nessuna linea o non serva stoccare nessuna SKU.

del supermarket, può causare o subire ritardi nell'approvvigionamento dei materiali in generale.

4.2.2 Tipo di contenitore

I codici di minuteria vengono inviati alle linee di assemblaggio principalmente mediante due tipi di contenitore:

- Scatole di plastica; di dimensione “piccola, “media” e “grande”, le quali sono riempite manualmente dagli operatori addetti al picking;
- Scatole di cartone; corrispondenti all'imballo primario originale proveniente direttamente dal fornitore di dimensione variabile nei limiti dimensionali degli scaffali di linea.

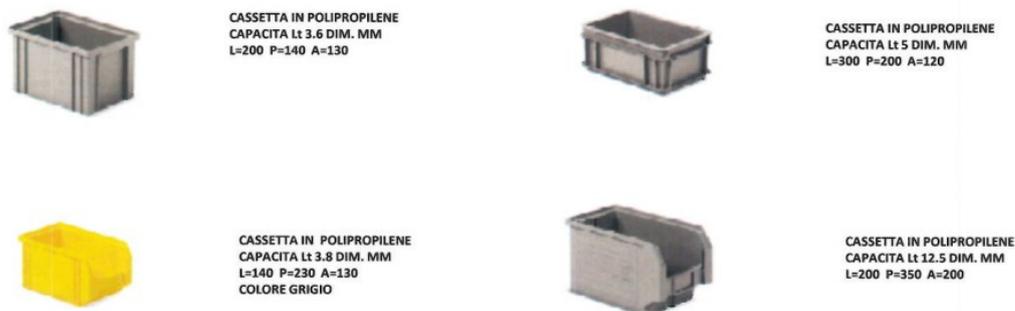


Figura 4.1: Esempio di scatole in plastica

In pochissimi casi sono previsti contenitori differenti che non saranno tuttavia oggetto di analisi. Il principale motivo di discriminazione tra la scelta di un tipo di contenitore a scapito dell'altro risiede dunque nella compatibilità dell'imballo primario⁶⁴, con cui il contenitore perviene dal fornitore, rispetto allo spazio effettivamente presente negli scaffali di bordo linea che accolgono i codici della minuteria. La capienza di ogni scatola, oltre che dalla sua dimensione, dipende chiaramente anche dalla dimensione dei pezzi stessi: può essere di pochi pezzi nel caso di ingranaggi, bussole, cuscinetti o altri componenti di media dimensione, o di centinaia di pezzi fino anche al migliaio nel caso di componenti di piccole dimensioni come viti, spessori, guarnizioni, dadi e

⁶⁴ L'imballo primario è l'imballo che è a contatto diretto con il materiale, e può essere costituito da una scatola di cartone, da una cassa di legno, da uno scatolone di cartone, etc.

altri. È importante sottolineare che ogni codice può essere gestito secondo tipo di contenitore e dimensioni del contenitore differenti in linee differenti ma anche all'interno della stessa linea di assemblaggio. A tal riguardo è stata condotta in precedenza un'attenta analisi per calcolare i pezzi che ogni contenitore per ogni scaffale di linea è in grado di alloggiare dato lo specifico materiale associato, informazione che è visualizzabile nell'ultima colonna del report delle missioni di prelievo (si veda Figura 3.16) per chi effettua il picking e al terminalino della pistola SAP per chi lancia le missioni di prelievo (si vedrà nel dettaglio la procedura in §4.3).

Com'è facile intuire i vantaggi dell'utilizzo del cartone rispetto alla plastica sono predominanti, è infatti possibile per tutti i codici gestiti in cartone chiamarne l'approvvigionamento nello specifico scaffale di linea senza di fatto inviare il contenitore da riempire al magazzino annullandone di fatto integralmente le operazioni di travaso manuale che, come si vedrà nel dettaglio in §4.5 dai risultati delle analisi svolte proprio sulle operazioni di picking, sono responsabili di quasi 1/3 dei tempi totali di picking (considerandone anche le attività direttamente collegate). Di contro l'utilizzo del cartone causa un accumulo di imballo riciclabile che, come tale, va opportunamente smaltito prima dagli operatori dell'assemblaggio nelle opportune casse a bordo linea e poi dai carrellisti di linea che movimentano tali casse contenenti imballi e altri materiali da smaltire, e un'ambiguità nel lancio delle missioni, come verrà chiarificato nelle successive sezioni.

È importante precisare in conclusione che nel caso di un materiale gestito in cartone la scatola che viene inviata in linea è sempre una UDC, poiché essa viene prelevata a magazzino e inviata per com'è stata ricevuta ed etichettata in accettazione, mentre nel caso di un materiale gestito in plastica la cassetta con cui viene inviato può corrispondere ad una UDC, nel caso in cui tutta la UDC sia stata travasata all'interno, ad una parte di UDC, nel caso ne sia stata travasata una parte, o a più UDC, nel caso in cui all'interno della cassetta vi siano state travasate più UDC.

4.2.3 Scaffali a gravità

Sia che la minuteria sia gestita in contenitori di cartone o di plastica essa viene posizionata a bordo linea in scaffali a gravità (SAG) di differenti dimensioni o in scaffali classici che fungono di fatto da buffer per la linea nell'alimentazione dei

piccoli componenti. Nonostante la casistica dei SAG sulle linee sia di fatto paragonabile quantitativamente rispetto agli scaffali classici, all'interno di questo elaborato scritto in molte sezioni verrà nominato unicamente lo scaffale a gravità alludendo però comunque in generale alla struttura in cui vengono posizionati i contenitori di minuteria qualunque essa sia.



Figura 4.2: Esempio di scaffale a gravità in cui sono presenti codici di minuteria sia in cartone che in plastica

Gli scaffali sono posizionati in varie posizioni a bordo delle linee e costituiscono un buffer per la minuteria da cui le varie scatole vengono prelevate all'occorrenza dagli operatori dell'assemblaggio e posizionate appositamente sulla determinata postazione di lavoro. Ciascun SAG è stato dimensionato in base alla cadenza della linea che alimenta in modo tale da coprire il fabbisogno di piccoli componenti per il lead time di approvvigionamento degli stessi a meno di un fattore di sicurezza, ovvero nei tempi che prevedano ampiamente lo smaltimento del contenitore o il suo posizionamento sulla guida inferiore del SAG a seconda che sia cartone o plastica rispettivamente, il lancio delle missioni di prelievo, il posizionamento dei contenitori vuoti di plastica sull'opportuno carrello, il trasferimento dello stesso al magazzino, il picking, il trasferimento in linea del carrello con i contenitori pieni (sia di plastica che di cartone) e, infine, la distribuzione di tali contenitori. Mentre per il classico scaffale i contenitori di plastica una volta svuotati vengono impilati e posizionati a lato o su un ripiano vuoto, negli scaffali a gravità è presente una guida centrale a rulli posta inferiormente dove poter posizionare i contenitori vuoti in modo che scivolino verso la parte retrostante dello scaffale. I livelli superiori dei SAG sono invece costituiti da guide

inclinate in senso inverso rispetto alla guida inferiore e anch'esse a rulli, le quali permettono l'approvvigionamento dei contenitori di minuteria dalla parte retrostante dello scaffale. Ogni guida delle rulliere è associata ad uno specifico materiale e in base a questo è applicata un'etichetta con il numero del materiale e un codice a barre identificativo in corrispondenza della guida sia frontalmente che posteriormente. L'etichetta frontale è necessaria per gli operatori di assemblaggio per comprendere da dove prelevare il materiale necessario, mentre quella posteriore è necessaria per gli operatori di linea incaricati del lancio delle missioni e dell'approvvigionamento dei SAG per comprendere di quali materiali è necessario lanciare una missione (nel caso del cartone) e dove posizionare i contenitori consegnati dal magazzino a picking ultimato (sia per la plastica che per il cartone). È poi presente lo stesso tipo di etichetta anche su ciascuna scatola di plastica così da permettere a chi lancia le missioni per quel materiale di farlo in base ai contenitori di plastica vuoti che trova sul retro dei SAG, nonché per permettere a chi svolge il picking di sapere esattamente quale contenitore riempire per lo specifico materiale della riga di RMP.

Tutti i SAG (e scaffali classici) di linea sono contrassegnati da un codice identificativo tipicamente formato da: il numero/nome di linea, la posizione numerica preceduta dalla dicitura relativa al tipo di scaffale (ad esempio "SG" per SAG o "SC" per scaffale) e la zona della linea (A, B, C, ...). Se ne veda un esempio:

LISGIA

L1 è la linea, SG indica uno scaffale a gravità e 1 è la posizione del SAG nella zona A (prima zona a partire dalla testa della linea). Questa costituisce la nuova nomenclatura delle "microubicazioni", ovvero dei SAG di linea, la quale risulta fondamentale all'operatore che approvvigiona i SAG di bordo linea per comprendere in quale scaffale posizionare la suddetta scatola, leggendola nell'apposita etichetta colorata incollata sul contenitore nel caso della plastica e dalla colonna corrispondente del RMP nel caso dei contenitori di cartone. Precedentemente i SAG erano nominati senza alludere alla zona della linea ma solo per numeri successivi rendendone di fatto molto più lento e difficoltoso l'approvvigionamento, soprattutto per gli operatori meno esperti. La microubicazione associata allo specifico scaffale, fondamentale anche per la procedura di lancio delle missioni di prelievo oltre che per la distribuzione come si vedrà nel prossimo paragrafo, è visualizzabile da un foglio A4 plastificato posto sopra

lo scaffale (come si può intravedere in Figura 4.2) e da una o più etichette contraddistinte da un codice a barre posizionate sul telaio dello scaffale, a seconda del lato da cui avviene la procedura di lancio delle missioni. Tipicamente il lancio avviene sulla parte retrostante del SAG e dunque l'etichetta identificativa è posizionata proprio da questo lato, mentre accade a volte però che lo scaffale sia posizionato in modo tale da obbligare che la procedura di lancio avvenga frontalmente e l'etichetta risulta dunque posizionata sul telaio frontale dello scaffale.

I SAG sono in totale 236 e risultano distribuiti tra le varie linee di assemblaggio nel modo riportato dal seguente grafico.

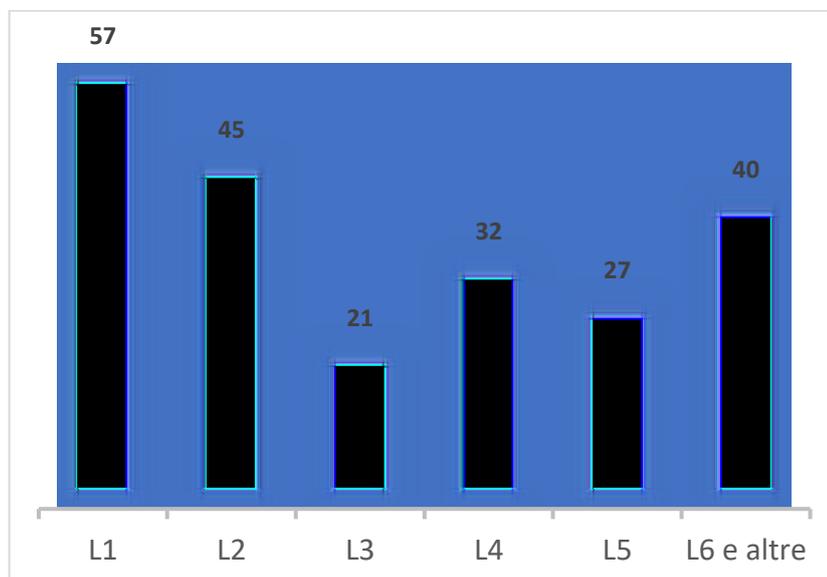


Figura 4.3: Suddivisione dei SAG tra le linee

4.2.4 Logica PULL del flusso

Come già anticipato in §3.2.3, il flusso della minuteria si origina dal fabbisogno dei vari SAG di linea che tirano il materiale dal magazzino nelle quantità e tipologie necessarie al momento del lancio delle missioni di prelievo qualora venga esaurito uno o più contenitori. Le missioni di prelievo sono il segnale a livello informatico che è necessario da magazzino un approvvigionamento per quel materiale, nelle specifiche quantità e per il dato SAG di linea, mentre il carrello con i contenitori vuoti costituisce il “vuoto a rendere” con cui mandare tale materiale alla linea. Il flusso di materiale per i piccoli componenti dal magazzino alla linea avviene di fatto in logica puramente PULL, dove la linea tira il materiale in base al fabbisogno dovuto al suo WIP inviando

un “kanban informatico” costituito appunto dalla missione di prelievo registrata su SAP e un kanban fisico costituito dal contenitore vuoto (solo nel caso della plastica), che a procedura di lancio MP ultimata per la specifica linea confluiscono in un unico kanban informatico costituito dal report delle missioni di prelievo e un unico kanban fisico costituito dal carrello con i contenitori vuoti (sempre nel caso della plastica).

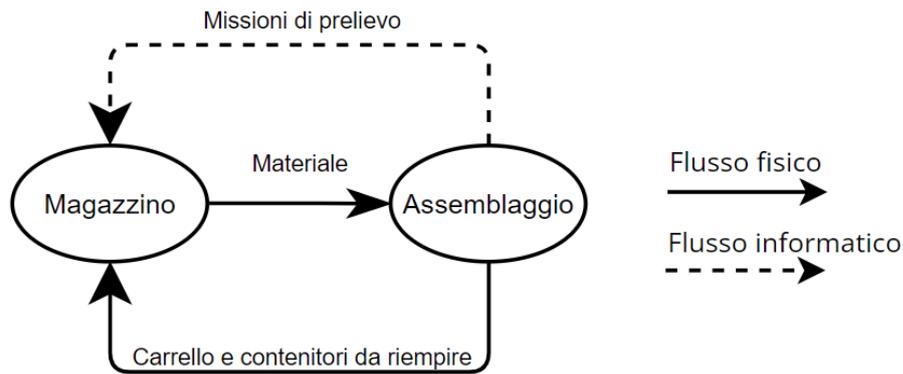


Figura 4.4: La logica PULL dell'alimentazione di linea per la minuteria

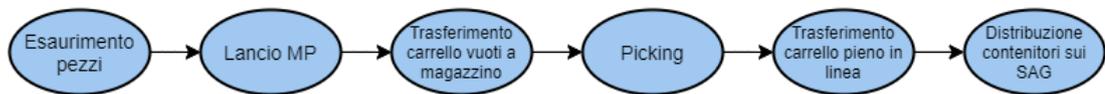


Figura 4.5: Attività fondamentali del processo di alimentazione delle linee per la minuteria

Il flusso si origina a partire dall'esaurimento dei pezzi nei contenitori dei vari scaffali di linea, mentre successivamente, linea per linea, avviene il lancio delle missioni di prelievo e il posizionamento dei contenitori vuoti di plastica sul carrello adibito⁶⁵, il quale sarà poi trasferito a magazzino tramite carrello elevatore. A magazzino, a partire dal report delle missioni di prelievo lanciate per la linea da asservire, viene effettuato il picking riempiendo il carrello con i contenitori di plastica pervenuti vuoti e riempiti e con le scatole di cartone piene. Il carrello pieno viene poi trasferito dal magazzino

⁶⁵ È importante fare presente che il carrello da riempire viene inviato dalla linea al magazzino solo nel caso dei contenitori di plastica che costituiscono il kanban fisico, nel caso del cartone viene solamente creato il kanban informatico del RMP mentre il carrello viene ricavato al magazzino dagli operatori del picking.

alla linea specifica con le stesse modalità e mezzi con cui era stato trasferito dalla linea al magazzino e lì vengono distribuiti i vari contenitori sui vari scaffali di linea.

4.2.5 Suddivisione FTE dedicati

Nelle attività legate alla gestione della minuteria nel flusso tra il magazzino e la linea di assemblaggio sono attualmente impiegati 8 operatori a tempo pieno (FTE) suddivisi nel seguente modo:

- 4 operatori sono incaricati del lancio delle missioni di prelievo, della distribuzione nei SAG di linea dei contenitori che pervengono pieni negli appositi carrelli dal magazzino e del trasferimento del carrello con i vuoti al magazzino;
- 3 operatori sono incaricati di effettuare il picking e gestire lo stoccaggio nelle modalità viste in §4.2.1;
- 1 operatore è assegnato alla linea 5 e si occupa personalmente di rifornire la stessa per i piccoli componenti recandosi a magazzino ed effettuando autonomamente il picking.

Più nel dettaglio, i 4 operatori assegnati al lancio delle MP e alla distribuzione dei contenitori pieni (CP) si occupano di lanciare per la totalità della linea o delle linee a cui sono assegnati le missioni di prelievo corrispondenti a tutti i contenitori vuoti (nel caso della plastica) o a tutti gli slot liberi sulle varie rulliere (nel caso del cartone) che trovano sui SAG, mentre negli altri momenti si occupano di rifornire i vari scaffali con le rispettive scatole piene consegnate dal magazzino. Questi risultano a loro volta suddivisi nel seguente modo:

- 1 operatore per linea 1
- 1 operatore per linea 2
- 1 operatore per linea 3 e linea 4
- 1 operatore per linea 6 e le minori (ICF, ITB e ITS)⁶⁶

È possibile osservare dalla distribuzione del numero di SAG in §4.2.3 che questi 4 operatori risultano distribuiti in maniera abbastanza omogenea tra le linee per quanto

⁶⁶ Per comodità tutte le linee di pre-montaggio saranno d'ora in avanti indicate come L6.

riguarda il numero di scaffali, ad eccezione della linea 1 con un numero totale di 57 scaffali.

I 3 operatori assegnati al picking di magazzino e alle altre operazioni intimamente collegate a questo (come appunto lo stoccaggio e la sua ottimizzazione) svolgono di fatto gli uni rispetto agli altri le stesse attività, l'unica differenziazione può essere dovuta ad una spartizione del lavoro gestita autonomamente dai tre operatori in base al carico di carrelli da riempire portati a magazzino.

Ai fini dell'obiettivo cardine del progetto di diminuire il numero di operatori assegnati alla gestione del flusso della minuteria tra il magazzino e la linea, pari a 8, è stato volutamente trascurato l'operato dell'FTE assegnato a linea 5⁶⁷, portando dunque a **7 FTE il KPI di partenza del progetto.**

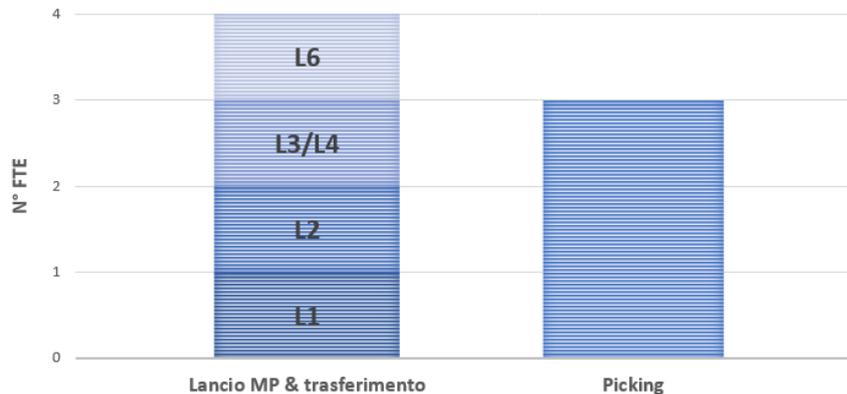


Figura 4.6: Distribuzione FTE assegnati alla minuteria

Considerati questi 7 FTE, in base alle numerose osservazioni eseguite e all'analisi dei dati ricavati ed estratti dallo storico di SAP è possibile presentare un'efficace rappresentazione visuale della distribuzione attuale all'interno di una giornata lavorativa delle attività principali di lancio MP, distribuzione e picking linea per linea mediante diagramma di Gantt.

È importante sottolineare che la collocazione e la durata temporale delle attività appena rappresentate in Figura 4.7, non essendo schedate a priori secondo una logica PUSH ma condotte in logica PULL sulla base del WIP e sul corrispondente fabbisogno

⁶⁷ Questo in quanto l'operatore di linea 5 oltre all'alimentazione della minuteria è incaricato di gestire anche l'alimentazione degli altri componenti che non sono stati oggetto di analisi per il progetto.

che ne consegue, risultano di fatto un dato medio frutto di un'interpolazione dei dati dello storico di SAP e delle interviste condotte agli FTE direttamente coinvolti e/o dei corrispettivi responsabili.

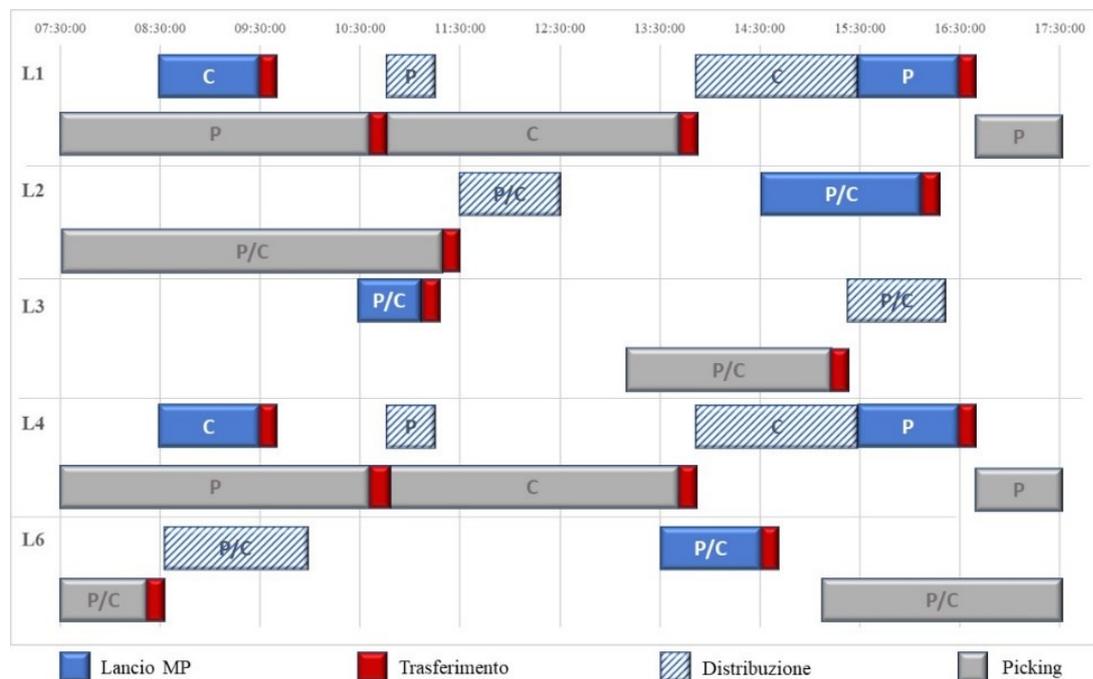


Figura 4.7: Diagramma di Gantt per la distribuzione delle attività inerenti al flusso della minuteria differenziate a seconda che si tratti di contenitori di plastica (P) e/o cartone (C)

In generale è possibile comunque affermare che per le principali attività del flusso di alimentazione della minuteria la durata temporale media per ciascuna linea (o gruppo di linee, in base alla suddivisione di Figura 4.6) considerando un singolo operatore per ciascuna attività risulta:

- Per il **lancio delle missioni** di prelievo circa **60 minuti**, valore che può variare tra valori massimi di 80÷90 minuti per L2 e valori minimi di 30 minuti per L3;
- Per il **trasferimento** sia in entrata che in uscita dalla linea del carrello con i pieni o i vuoti circa **10 minuti**, onnicomprensivi delle attese del carrello e dell'effettiva movimentazione;
- Per il **picking** circa **480 minuti** considerando un RMP tipico di 7÷9 pagine con 9 righe (missioni) per ognuna⁶⁸;

⁶⁸ In realtà è pratica comune che i RMP più copiosi siano suddivisi tra almeno due FTE dedicati al picking con conseguente diminuzione delle tempistiche medie di un operatore nell'attività. È infatti stato considerato un tempo di circa 4 ore per la sola plastica e di 3 ore per il solo cartone.

- Per la **distribuzione** dei contenitori pieni circa **60 minuti** con valori massimi nel caso del cartone di 90÷150 minuti e valori minimi nel caso della plastica di 30 minuti.

4.3 Lancio delle missioni di prelievo e distribuzione

Vengono ora descritte nel seguente paragrafo le attività responsabili dell'alimentazione della linea per i piccoli componenti: il lancio delle missioni di prelievo, per chiamare le scatole piene dal magazzino, e la distribuzione dei contenitori pieni sui vari scaffali.

Lancio delle missioni di prelievo

L'attività di lancio delle missioni di prelievo viene svolta dagli operatori di linea assegnati alla gestione dell'alimentazione della minuteria per la specifica linea o linee e consiste nella creazione del "kanban informatico" costituito dal report delle missioni di prelievo (RMP) a sistema e del "kanban fisico" costituito dal carrello da riempire con i contenitori vuoti pronto al trasferimento a magazzino (solo nel caso della plastica).

Per lanciare le missioni di prelievo (MP) l'operatore incaricato provvede in maniera ciclica, secondo la distribuzione media delle attività presentata nel diagramma di Figura 4.7, a verificare SAG per SAG quali siano i materiali da rifornire, sia che si tratti di scatole di cartone sia che si tratti di cassetine di plastica, registrando per ognuno una MP su SAP tramite la pistola a radiofrequenze; la missione a sistema sarà poi raggruppata nel RMP che, una volta stampato, verrà consegnato agli operatori incaricati per il picking a magazzino. Passando in rassegna tutti i SAG della linea/e di competenza l'operatore provvede a lanciare una missione per lo specifico materiale nei casi in cui:

- Per le scatole di cartone, vi è spazio per almeno un'altra scatola sulla fila/e della rulliera corrispondente a quel materiale;

- Per le scatole di plastica, vi sono dei contenitori vuoti nella parte posteriore dello scaffale, dove vi è la rulliera di uscita contenitori posta sulla parte bassa dello stesso.

Queste sono le uniche due casistiche in cui vengono lanciate delle missioni di prelievo per un codice della minuteria gestito a SAG, se non si verifica nessuna delle due condizioni appena elencate allora vuol dire che il SAG non necessita di essere rifornito per quello specifico materiale.

Sono tuttavia presenti a bordo linea alcuni scaffali o altre zone in cui vi sono dei codici della minuteria che non sono gestiti né a missione né nelle classiche scatole quanto piuttosto in contenitori che vengono alimentati autonomamente dagli operatori assegnati al lancio delle missioni e alla distribuzione. Si tratta di contenitori quali casse di ferro prelevate e portate direttamente in linea dal magazzino (scaffale o MAD) e cassette di plastica di forma differente dalle classiche per cui l'operatore preleva la SKU dal magazzino e ne effettua il travaso a bordo linea.

È importante sottolineare che qualsiasi operazione di alimentazione delle linee svolta con l'ausilio della pistola SAP riguarda unicamente i codici della minuteria, essendo sia il flusso delle casse intere che dei kit, come si è visto in §3.2, gestiti in maniera totalmente differente, seppur sempre in logica PULL.

Come primo step per la creazione di una missione di prelievo l'operatore, munito di pistola a radiofrequenze, deve operare una selezione tra le voci visualizzate sul display della stessa di:

- *Utilities*, che consente di modificare e configurare le funzionalità del terminalino, ma soltanto collegando la pistola tramite cavo ad un pc e a chi di competenza;
- *Entrata merci*, che consente di registrare i materiali in entrata;
- *Trasferimenti*, che consente di gestire il flusso dei codici della minuteria nel lanciare le missioni di prelievo, nel confermare a picking avvenuto e, infine, nel confermare l'effettivo trasferimento in linea;
- *Uscita merci*, che consente di registrare i materiali in uscita;
- *Inventario*, che permette di inventariare lo stabilimento, procedura che tipicamente avviene nel periodo delle festività natalizie per circa 3 giornate;

- *Interrogazioni*, che permette di vedere quali sono le ubicazioni associate alle UDC proposte per uno specifico materiale a partire dal suo codice (digitandolo o scansionandone il codice a barre direttamente).

Una volta selezionata la voce *trasferimenti*, si apre una triplice scelta tra *creazione MP*, *conferma MP* e *conferma OT*⁶⁹, e, dopo aver confermato la prima voce, si apre la pagina fondamentale per ogni creazione di una MP che vede due principali informazioni da inserire: il codice del materiale richiesto e la microubicazione in linea, ovvero la sigla identificativa del SAG in cui è contenuto il materiale. A questo punto l'operatore scansiona il codice a barre del materiale, presente sulla scatola di plastica o posta sul retro dello scaffale sull'etichetta della fila associata sulla rulliera, riempiendo quindi in automatico la casella che chiede il codice del materiale (in alternativa è possibile digitarlo manualmente, ma per praticità viene sempre scansionato salvo il codice a barre non risulti illeggibile per motivi di qualche sorta), mentre per riempire la casella che chiede la microubicazione in linea è sufficiente scansionare il codice a barre associato al SAG e posto sulla targhetta apposita applicata al suo telaio.

Una volta riempita con le informazioni richieste, in questa prima pagina viene visualizzato il tipo di scatola (P o C) e la dimensione della stessa, si apre poi, dopo la conferma, una successiva finestra la quale mostra le UDC disponibili per quel materiale elencate a coppie e disposte nell'ordine con cui sono state create dalle meno recenti alle più recenti (quindi in base al numero di UDC progressivo), questo perché date le ridotte dimensioni del display del terminalino non è possibile visualizzare più di due UDC (con le relative informazioni) alla volta. Oltre al numero dell'UDC vengono presentate, per ciascuna voce, le relative informazioni sulla quantità di pezzi disponibili, il tipo di magazzino, il codice e la descrizione del materiale, mentre nella parte inferiore viene visualizzata la quantità calcolata e registrata a sistema per quel tipo e dimensione di scatola, così da suggerire agli operatori, sia nel lancio delle MP sia nel picking, la quantità di scatole necessaria per coprire un dato fabbisogno.

La schermata appena descritta presenta per ciascuna UDC due caselle completabili: una in cui viene mostrata la quantità di pezzi per quell'UDC e una di conferma a fianco

⁶⁹ Ordine di trasferimento, viene confermato quando il carrello con i contenitori pieni (plastica o cartone) viene trasferito in linea.

del numero di UDC; l'operatore assegna una "X" alla casella di conferma se l'intera quantità dell'UDC è necessaria, mentre digita manualmente una nuova quantità sulla prima casella nel caso in cui sia necessaria una quantità inferiore⁷⁰. Nel caso in cui il materiale sia richiesto con urgenza è presente in tale finestra una casella spuntabile che indica la priorità dello stesso, visualizzabile poi dall'operatore di picking nella colonna corrispondente del RMP. Nel caso in cui le prime due UDC che vengono proposte non siano ritenute opportune dall'operatore, egli può scorrere la lista per verificare la convenienza di altre UDC; tipicamente questo avviene nel caso in cui le prime proposte non siano nel magazzino Z01 (scaffale) quanto piuttosto in R02 (accettazione) o in Z07 (MAD). Questo, nonostante le UDC siano proposte dal sistema volutamente in base alla data di creazione in logica LIFO⁷¹, viene usualmente perseguito dagli operatori che lanciano le missioni al fine di selezionare opportunamente la provenienza dell'UDC in modo da ottimizzare e facilitare le operazioni di picking e la rotazione dei codici a magazzino secondo le seguenti considerazioni:

- L'ubicazione in Z01 viene sempre preferita a quelle in R02 e Z07 per la semplicità di prelievo;
- A parità di zona del magazzino, vengono preferite UDC che siano già state parzialmente svuotate, anche se non soddisfano a pieno la quantità di pezzi necessaria, così da attuare una logica parzialmente LIFO per liberare maggiori slot a magazzino ed evitare che il materiale si deteriori (ad esempio ossidandosi, impolverandosi o altro);
- Se per un materiale la prima ubicazione proposta è in Z07, viene scorsa la lista per cercare delle UDC in Z01 o al massimo in R02, anche se a sfavore dei codici più datati;
- Tra Z07 e R02 viene prediletta la zona dell'accettazione per la maggiore praticità e velocità nel picking sempre a sfavore dei codici più datati.

Nel caso in cui per il materiale per si vuole lanciare una MP non sia presente nessuna UDC a magazzino (nemmeno in entrata), successivamente alla schermata di conferma

⁷⁰ Nel caso in cui l'operatore provi ad inserire una quantità superiore a quella effettivamente contenuta in quell'UDC viene visualizzato un messaggio di errore.

⁷¹ Last In First Out, logica per cui i pezzi che sono i più datati al magazzino vengono prediletti nel prelievo rispetto ai codici più recenti.

del codice e della microubicazione, non viene più visualizzato l'elenco delle UDC proposte, non essendocene nessuna, quanto piuttosto una schermata per la creazione di una "missione a zero". Una missione a zero consiste nel creare una chiamata differente da una MP per un codice che non è presente in nessuna ubicazione (ad eccezione del montaggio) e per una certa quantità che viene inserita dall'operatore, indipendente dalla dimensione delle scatole in cui viene tipicamente contenuto. A supporto dell'operatore si apre dunque una finestra dove inserire la quantità di pezzi richiesti per quel materiale, quantità che di solito viene inserita pari a quella che è esattamente contenibile nel contenitore specifico nel caso in cui l'operatore abbia sufficiente esperienza, o pari ad una quantità di default di 100 pezzi nel caso in cui l'operatore abbia meno esperienza e non sappia dunque quanti pezzi ci stanno esattamente per quel materiale nella scatola specifica associata.

I contenitori vuoti per cui è appena stata lanciata la missione a zero, nel caso di materiali gestiti in plastica, vengono posizionati sempre sul retro dello scaffale ma a testa in giù così da permettere a chi lancia le MP di riconoscerli ed evitare di lanciare una nuova missione a zero per lo stesso codice⁷². Successivamente avviene che gli operatori di linea verifichino tramite la voce interrogazioni al terminalino dopo circa 2/3 giorni se per quel materiale compare una UDC proposta, oppure è lo stesso ufficio di magazzino a comunicarlo alla linea e, in entrambi i casi, appena il materiale è disponibile il prelievo avviene direttamente per mano dell'operatore che lancia le missioni, il quale porta i contenitori da riempire (nel caso di plastica) al magazzino, senza passare per il classico carrello di contenitori vuoti, o si reca a prelevare le scatole (nel caso del cartone).

Come avviene per la verifica dei SAG che effettua l'operatore prima di creare una MP, anche la procedura che segue la creazione della MP risulta leggermente differente a seconda che si tratti di codici gestiti a cartone piuttosto che a plastica, in quanto mentre per i codici a cartone risulta sufficiente la creazione della MP, poiché non appena la scatola viene terminata viene anche smaltita dagli stessi operatori di assemblaggio, per i codici di plastica, oltre alla creazione della MP, occorre prelevarne le scatole vuote dalla parte posteriore del SAG per scansionarne il codice a barre posizionandole poi sul carrello che andrà trasferito al magazzino per il picking. Questa sottile differenza

⁷² Ad ogni modo se un operatore prova a lanciare una missione a zero per un materiale per cui ne è già presente una a sistema viene mostrato a display un messaggio che lo segnala.

si traduce chiaramente in tempistiche di lancio delle MP per il singolo contenitore differenti a seconda della tipologia di scatola, differenza che viene ulteriormente amplificata dal fatto che le scatole in plastica presenti a bordo linea sono ben più numerose di quelle di cartone.

È pratica consolidata per molte linee diversificare il lancio delle missioni per consentire agli operatori di magazzino di sapere se si tratti di codici gestiti in cartone o in plastica, qualora l'informazione non sia presente nel RMP:

- In L1 e L4 il lancio delle MP viene effettuato all'inizio della mattinata per i materiali in cartone e nel pomeriggio per i materiali in plastica; questo anche per alleggerire il carico evitando di creare report più lunghi di 7/9 pagine. Alla linea 4 viene tuttavia data la precedenza nel picking trattandosi di una linea con dei SAG meno capienti rispetto alla L1.
- In L2 e L3 il lancio delle MP avviene nello stesso momento della giornata ma su due microubicazioni fisse differenti, una per i contenitori di plastica e una per i contenitori di cartone.

Questa suddivisione può avvenire in base alla scelta degli operatori di linea sulla base di:

- Necessità, nel caso in cui per alcuni codici in determinati scaffali al terminalino non sia visualizzabile il tipo di contenitore. In questo caso il lancio avviene in due momenti distinti della giornata o per SAG fissi differenti così da fornire agli operatori di magazzino l'informazione sul tipo di contenitore, la quale non è presente a sistema e quindi sul RMP o non lo è in maniera univoca.
- Comodità, nel caso in cui gli operatori di linea scelgono di lanciare le missioni per quel tipo di contenitore in momenti differenti della giornata nonostante comunque a sistema sia presente l'informazione per alleggerire le operazioni di picking; è il caso ad esempio di L1.

Come è facile intuire una gestione di questo tipo porta a creare molti spostamenti sovrabbondanti degli operatori incaricati del lancio delle MP, i quali durante il lancio delle missioni ripercorrono la linea nella sua intera lunghezza almeno due volte al giorno (e lo stesso di conseguenza per la distribuzione dei pieni).

È utile far presente che una volta che un operatore lancia una MP per un codice, l'UDC selezionata viene bloccata a sistema, ergo nel tentativo di lanciare una MP per lo stesso materiale, per esempio nel caso di una successiva scatola, qualunque operatore non sarebbe in grado di visualizzare la stessa UDC, poiché appunto è stata bloccata, quanto piuttosto le UDC alternative. Proprio per questo motivo è pratica comune degli operatori dedicati al lancio delle MP raggruppare le scatole dello stesso materiale per creare una missione unica calcolando la quantità totale di pezzi contenibili, in base alla quantità consigliata a sistema o in base all'esperienza maturata. Nel caso in cui l'operatore dimentichi di lanciare una delle scatole dello stesso codice, per distrazione sua o per ritardo nel consegnargliela da parte degli operatori dell'assemblaggio, questa viene semplicemente posta nel carrello con i contenitori vuoti di plastica nella speranza che l'operatore dedicato al picking provveda a riempire anche quella, oltre a quelle per cui è stata regolarmente lanciata la MP.

Distribuzione

Terminato il lancio delle MP lo stesso operatore della linea/e provvede anche al trasferimento a magazzino nella zona adibita di "IN" (visibile nel layout di Figura 4.8) del carrello con i contenitori vuoti nel caso della plastica, mentre nel caso del cartone questa operazione non è necessaria in quanto gli operatori di picking provvedono autonomamente a procurarsi un carrello per inserirvi le scatole di cartone piene. Non appena vengono trasferiti alla linea uno o più carrelli riempiti è l'operatore stesso che ne aveva lanciato le missioni (il "magazziniere di linea") ad effettuarne la distribuzione sui corrispettivi scaffali a bordo linea, in base alla sua disponibilità in quell'istante. Di media, come si può vedere dal digramma di Gantt in Figura 4.7, il trasferimento del carrello con i pieni avviene (in una situazione ottimale senza complicazioni) dopo mezza giornata a partire dal termine del lancio di tutte le missioni di prelievo per la linea/e. Se la chiamata avviene nella mattina, come nel caso dei contenitori di cartone per le linee 1 e 4 ci si aspetta dunque che il carrello con i pieni venga consegnato entro il pomeriggio, presupponendone la distribuzione avvenga dunque entro il termine della giornata lavorativa; mentre nel caso la chiamata avvenga nel primo pomeriggio, sempre riferendosi al caso di linea 1 e 4, ci si aspetta di ricevere

il carrello con i pieni entro la mattina successiva, in modo da distribuirlo prima di lanciare le nuove MP per il cartone o subito dopo.

Come si può intuire facilmente, se la situazione attuale fosse sempre priva di complicazioni ogni magazziniere di linea risulterebbe tutt'altro che saturato all'interno della giornata lavorativa, mentre risulta invece saturato al punto che molte volte le attività canoniche legate all'alimentazione della minuteria vengono ritardate e/o interrotte, così come possono esserlo a causa del picking a magazzino. Il magazziniere di linea è infatti spesso occupato, oltre alle attività canoniche del lancio, della distribuzione e dell'alimentazione autonoma di altri piccoli componenti non gestiti a missione, nel gestire le emergenze legate alla priorità di materiali che vengono richiesti in linea ma che non sono presenti né a scaffale né sui carrelli dei pieni appena consegnati. Questo avviene nei casi in cui per il materiale:

- è stata lanciata una missione ma non è ancora arrivato il pieno, dunque il magazziniere di linea si reca a magazzino a prelevarlo lui stesso (o in pochi casi drastici lo preleva da altre linee);
- è stata lanciata una missione a zero e ne viene segnalata la disponibilità, dunque il magazziniere si reca a prelevarlo;
- non è ancora stata lanciata una missione ma il materiale viene richiesto in linea data la sua assenza a scaffale, dunque il magazziniere si reca a prelevarlo a magazzino (o in altre linee).

Questi tipi di alimentazione eccezionale, così come l'alimentazione dei piccoli componenti speciali non gestiti a missione, vengono registrati su SAP tramite la pistola come una semplice movimentazione (tipicamente da Z01 a MONT).

4.4 Attività di picking

L'attività di picking per i codici di assemblaggio di piccole dimensioni ha sempre inizio con la stampa del report delle missioni di prelievo (RMP)⁷³ lanciate dal magazziniere di linea e il trasferimento del carrello con i contenitori vuoti ad opera

⁷³ Se ne veda un esempio in Figura 3.16 o nelle Appendici A in fondo all'elaborato.

dello stesso. All'interno del report per ogni riga di missione è presente il codice dell'ubicazione associata al codice richiesto, la fila dell'ubicazione (denominata corsia), l'ora di creazione della missione di prelievo (MP), la microubicazione destinata in linea (ovvero la sigla del SAG in linea a cui è associato quello specifico contenitore da riempire), il codice del materiale richiesto, la descrizione di quest'ultimo, il codice numerico dell'UDC a cui è assegnato il materiale, la quantità richiesta, l'unità di misura della quantità richiesta (tipicamente pezzi), il codice a barre per il prelievo, il tipo di contenitore ("P" se di plastica e "C" se di cartone), la dimensione del contenitore ("P" piccola, "M" media e "G" grande) e infine la quantità di pezzi calcolata per quel codice e quei specifici tipo e dimensione di contenitore.

Una volta stampato il report delle missioni di prelievo, ciascuno relativo ad una specifica linea di assemblaggio, viene consegnato dal responsabile competente agli operatori assegnati al picking dei piccoli componenti (salvo i casi in cui sono loro stessi a stamparlo) che, in maniera del tutto autonoma, si coordinano per decidere come suddividersi il carico di lavoro: tipicamente se la lista di prelievo per una linea è particolarmente lunga il lavoro viene parallelizzato da almeno due operatori. Successivamente al coordinamento l'operatore effettua una verifica e il riposizionamento dei contenitori vuoti (CV) presenti nel carrello controllandone la quantità e la tipologia in base a quanto contenuto nella lista cartacea.

Una volta effettuata questa prima verifica, l'operatore procede poi con il passaggio in rassegna di tutte le righe del report alla ricerca delle missioni di prelievo agganciate a UDC ubicate al magazzino ad alta densità per, in caso affermativo, chiamarle già da subito agli operatori competenti del MAD. Ciò avviene tramite un appunto cartaceo consegnato all'operatore del MAD con la lista delle UDC da prelevare e la loro ubicazione in modo che quest'ultimo possa provvedere al loro prelievo mentre l'operatore del picking procede con il prelievo e il travaso delle UDC nelle altre ubicazioni (R04 e ACEMA). Una volta prelevate, le UDC dalla scaffalatura del MAD vengono posizionate tramite il carrello trilaterale nella zona INB del pettine o direttamente a terra dove, in un successivo momento, l'operatore di picking che ne aveva effettuato la chiamata può prelevarle autonomamente mediante carrello frontale o monolaterale.

In parallelo al prelievo delle UDC ubicate al magazzino ad alta intensità, l'operatore di picking procede dunque con le effettive attività di picking, le quali possono essere schematizzate nelle macro attività di:

- Ricerca e prelievo dell'UDC dalla posizione a magazzino associata (ACEMA e R04);
- Travaso manuale;
- Conferma della MP;
- Riposizionamento della SKU contenente l'UDC desiderata nell'ubicazione associata.

È importante sottolineare fin da subito come la differente gestione dei contenitori tra plastica e cartone presupponga quindi delle operazioni di picking differenti: nel primo caso l'operatore dedicato, oltre alla normale ricerca e prelievo della UDC corrispondente al codice richiesto, deve anche effettuare un travaso manuale dei componenti dalla UDC al contenitore vuoto e il successivo riposizionamento della SKU contenente tale UDC nell'ubicazione di magazzino da cui è stata prelevata; mentre nel secondo caso è sufficiente la ricerca e il prelievo dell'UDC associata, in quanto la scatola sarà inviata in linea direttamente così com'è, e il riposizionamento della SKU. Anche il differente posizionamento dell'UDC tra scaffale e ACEMA e all'interno dello stesso scaffale risulta differenziante per le effettive attività di picking: nel caso in cui l'UDC sia ubicata in ACEMA o nel primo livello della scaffalatura l'operatore effettua il picking a piedi senza l'ausilio del carrello elevatore (frontale o monolaterale che sia) prelevando e riposizionando manualmente l'UDC; nel caso in cui invece l'UDC sia ubicata sui livelli della scaffalatura superiori al primo è necessario effettuarne il prelievo e il riposizionamento tramite il carrello elevatore.

Come si è visto, una missione di prelievo viene lanciata dall'operatore di linea assegnato per una specifica quantità e per una o più UDC specifiche di un materiale e, dunque, l'operatore di magazzino incaricato di effettuarne il picking si reca proprio in quell'ubicazione per prelevarne la UDC o le UDC agganciate per le quantità richieste. Accade a volte però che, per una discrepanza tra il dato reale e le informazioni presenti a sistema su SAP, la quantità presente nell'UDC agganciata per quella MP non sia sufficiente a coprire il fabbisogno per quel materiale e la data linea costringendo quindi l'operatore di picking a cercare un'altra UDC a magazzino per soddisfare la quantità

richiesta. Tramite la pistola SAP l'operatore è in grado di "interrogare" il sistema selezionando l'opzione *interrogazioni* e scansionando il codice a barre del materiale presente sull'UDC che ha prelevato potendo visualizzare tutte le altre UDC in che ubicazione sono posizionate e per che quantità (dichiarata); a questo punto l'operatore si annota a penna sul RMP l'ubicazione dell'UDC che decide di prelevare per soddisfare il fabbisogno del dato materiale. Sempre a causa di incongruenze tra il dato fisico e quello a sistema può verificarsi la situazione per cui l'operatore di picking si reca nell'ubicazione associata all'UDC agganciata per scoprire, solo una volta prelevata la SKU, che l'UDC non è realmente presente. Si tratta dunque di una falsa giacenza, la quale viene opportunamente notificata dall'operatore tramite appunto cartaceo all'ufficio inbound che, successivamente ad un'attenta analisi inventariale del magazzino, aggiorna la giacenza a sistema cambiandone il numero o cancellandola del tutto. Se il materiale non è presente in nessuna ubicazione registrata si tratta di una rottura di stock, la quale viene ugualmente segnalata dall'operatore di picking nelle stesse modalità all'ufficio inbound che, in caso di effettiva mancanza del materiale provvede con la creazione di una missione a zero.

Supponendo di considerare una classica operazione di picking (tralasciando le chiamate al MAD) per una riga del report (cioè per una missione di prelievo) per un materiale gestito in plastica le operazioni che effettua l'operatore risultano in ordine logico:

1. Spostamenti con il carrello elevatore (CE) per raggiungere un'ubicazione o per effettuare manovre di qualsiasi tipo senza carichi sulle forche;
2. Movimentazioni del carrello con i contenitori vuoti (e quelli già riempiti) tramite il CE;
3. Prelievo della SKU dall'ubicazione associata;
4. Ricerca del contenitore vuoto da riempire;
5. Ricerca dell'UDC all'interno della SKU (nel caso di pallet eterogenei);
6. Movimento a piedi;
7. Travaso del materiale all'interno del CV dall'UDC;
8. Conferma della MP mediante l'apposita procedura con la pistola SAP;
9. Posizionamento del contenitore pieno (CP) sul carrello;
10. Riposizionamento della SKU nella sua ubicazione.

Chiaramente nel caso di un materiale gestito in cartone risultano non necessarie le attività di ricerca del contenitore vuoto, travaso e posizionamento del contenitore pieno, mentre nel caso di un'UDC ubicata in ACEMA non sono necessarie tutte le attività che prevedono l'utilizzo del CE come per il caso in cui l'UDC sia ubicata sui primi livelli della scaffalatura, ad eccezione in quest'ultimo caso delle movimentazioni del carrello con i contenitori vuoti.

Nel caso dell'attività di conferma della missione di prelievo con la pistola SAP è utile approfondire le procedure di conferma della MP al terminalino e le differenti operazioni nelle varie casistiche:

- Normale funzionamento

È il caso in cui il materiale è presente nella corretta quantità e nell'ubicazione associata all'UDC agganciata. La procedura standard per confermare la missione consiste nel selezionare sul display la voce *trasferimenti* e successivamente *conferma MP*, scannerizzando tramite il puntatore della pistola SAP il codice a barre dal report delle missioni di prelievo (RMP) corrispondente al materiale che si deve travasare o si è già travasato, tipicamente prima di scendere dal carrello ed iniziare il travaso o appena finito quest'ultimo. In questo modo sul display della pistola si apre una pagina in cui sono presenti due barre bianche da compilare: una con il numero di UDC e una con la quantità da prelevare o già prelevata. A questo punto l'operatore scannerizza il codice a barre dell'UDC corrispondente, andando così a riempire in automatico la prima casella bianca, mentre la seconda, recante la quantità prelevata va compilata manualmente con la tastiera apposita. Infine viene data la conferma con un'ultima sparata sul barcode dell'UDC e due click di conferma sui relativi comandi a tastiera (F4). Può capitare che scannerizzando il barcode dell'UDC non venga visualizzato a schermo né il numero di UDC corrispondente né la quantità totale che dovrebbe essere contenuta in questa; questo vuol dire che l'UDC risulta pertanto vuota e l'operatore è costretto a cercare il codice in posizioni alternative del magazzino.

- Materiale mancante

Il caso in cui un carrellista si reca in una specifica ubicazione del magazzino ed estrae la SKU corrispondente all'ubicazione registrata a sistema per il codice richiesto rendendosi però conto, una volta abbassato, che il codice

richiesto non è presente tra le scatole, in questo caso è registrata quindi una falsa ubicazione del materiale. In questo caso, oltre a comunicare la situazione all'ufficio inbound, l'operatore tramite la voce *interrogazioni* è costretto a digitare manualmente il codice sul display per verificare a sistema se sono presenti altre posizioni registrate nel magazzino per quel codice.

- Missione “parziale”

È il caso in cui l'operatore riempie la cassetta in vari step con differenti UDC o la riempie in quantità differente da quanto richiesto nella missione (ad esempio la cassetta tiene 500pz anziché i 200pz consigliati in base al tipo di codice e di scatola utilizzata). In questo caso l'operatore conferma la normale MP per la quantità richiesta e crea una “missione parziale”, la quale consiste nel cambiare ubicazione ad una certa quantità di pezzi di uno specifico materiale dal magazzino contabile all'area di montaggio (MONT), cioè dichiara a sistema il trasferimento di un certo numero di pezzi non registrato da una missione esplicita.

- Missione "fantasma"

Quando arrivano delle scatole da riempire ma non sono state lanciate a sistema delle MP, è il caso in cui il magazziniere di linea ha già lanciato una missione di prelievo per un materiale e si accorge di altri contenitori vuoti per lo stesso non conteggiati nella quantità totale di pezzi richiesta. In questo caso l'operatore non crea una vera e propria MP, ma la procedura è semplicemente quella di cambiare l'ubicazione del codice (nella quantità opportuna) dalla posizione del magazzino contabile in cui era (ad esempio R04) alla posizione "MONT" come nelle missioni parziali.

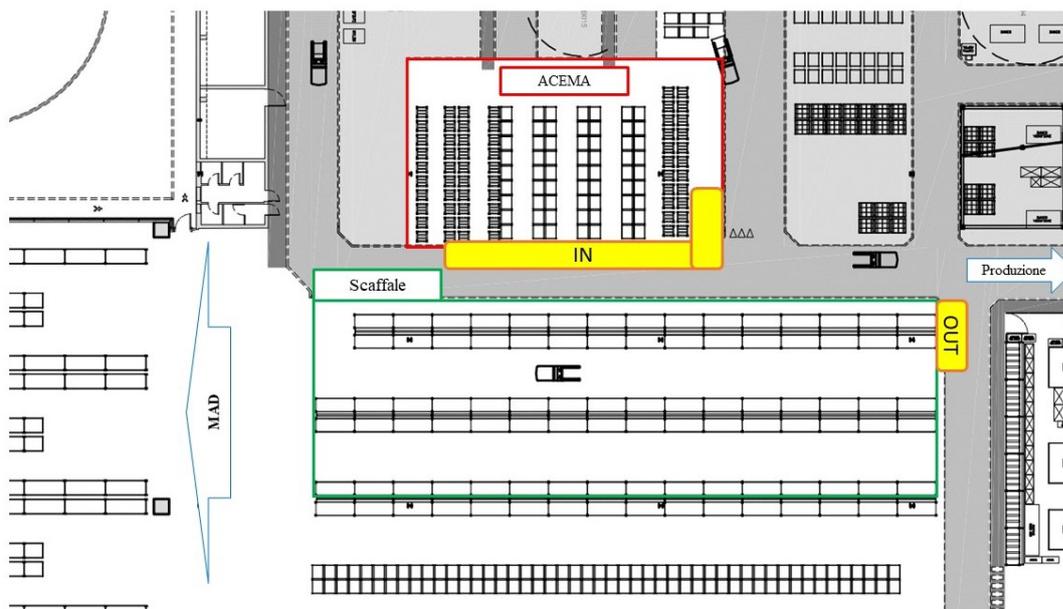


Figura 4.8: Zona di stoccaggio della minuteria con zone di IN e OUT dei carrelli rispettivamente da riempire e già riempiti

Una volta riempiti, i carrelli con i contenitori pieni, plastica o cartone che siano, vengono posizionati nella zona adibita di “OUT” (visibile in Figura 4.8) dove vengono agganciati al treno rimorchiatore e trasferiti da un operatore di trasferimento (estraneo alle operazioni sia di picking che di lancio delle MP e distribuzione dei CP) fino alle rispettive linee di assemblaggio.

4.5 Analisi dati

Vengono ora presentati nel seguente capitolo i dati ricavati e le analisi svolte frutto delle osservazioni, delle interviste e dell’extrapolazioni dei dati effettuati durante il progetto svolto per quanto concerne lo stato attuale della gestione della minuteria.

4.5.1 Analisi ABC

Come primo step dell’analisi dei dati relativi alla descrizione della situazione attuale (“AS IS”) della gestione dei codici di minuteria risulta opportuno partire da un’analisi ABC incrociata allo scopo di suddividere fin da subito i suddetti materiali in classi

d'importanza in base al loro consumo medio e alla frequenza di consumo dallo storico delle MP eseguite nel periodo tra gennaio e ottobre 2022 estratto da SAP.

L'analisi è stata condotta svolgendo dapprima due analisi ABC semplici sullo storico in esame considerando per ogni materiale come valore d'impiego rispettivamente il consumo medio in termini di numero di scatole inviate in linea e la sua frequenza di consumo, mentre successivamente le due analisi sono state incrociate allo scopo di ottenere 9 classi di importanza considerando contemporaneamente consumo medio e frequenza di consumo.

Analisi ABC semplice sul consumo medio

Per la prima analisi ABC semplice è stato considerato come valore d'impiego, ovvero come consumo medio, il **numero totale di scatole inviate in linea** per ciascun materiale nel periodo temporale dello storico esaminato, il quale è stato calcolato secondo la seguente formula:

$$N^{\circ} \text{ scatole} = \frac{Q}{q}$$

come rapporto tra la quantità di pezzi richiesti nella riga di missione e il numero di pezzi calcolato per il tipo di scatola e la sua taglia (si veda il report in Figura 3.16). Viene fatto presente che, non essendo l'informazione sulla quantità di pezzi calcolata per il determinato contenitore sempre presente per ciascuna riga di missione, per alcuni materiali il dato q è stato approssimato analizzando la comunanza con altri materiali per peso unitario e tipologia.

Una volta calcolato il consumo in numero di scatole inviate per ciascun materiale, è stato calcolato il valore d'impiego in percentuale come rapporto tra le scatole totali per quel materiale e le scatole totali, riordinando poi i materiali per valore d'impiego percentuale crescente e calcolando infine il valore d'impiego in percentuale cumulato. Da qui, fissando le soglie del valore d'impiego in percentuale cumulato pari a 70/25/5%, è stato possibile suddividere i materiali in tre classi d'importanza nel seguente modo:

1. **Classe A**, responsabile del 70% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al 70% del consumo

totale di scatole inviate all'interno del periodo temporale considerato e pari al **17% dei codici totali**;

2. **Classe B**, responsabile del 25% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al 25% del consumo totale di scatole inviate all'interno del periodo temporale considerato e pari al **32,6% dei codici totali**;
3. **Classe C**, responsabile del 5% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al restante 5% del consumo totale di scatole inviate all'interno del periodo temporale considerato e pari al **50,4% dei codici totali**.

CLASSE	Soglia Val. d'imp. % cumulato	Quantità codici	Copertura codici %
A	70%	225	17%
B	25%	430	32,6%
C	5%	665	50,4%

Tabella 4.1: Analisi ABC sul consumo in numero di scatole inviate

Per valutare il consumo medio di ciascun codice della minuteria è stato considerato il numero di scatole inviate in linea piuttosto del numero di pezzi, questo poiché, essendo i materiali estremamente variabili nelle dimensioni contenitori, si può avere un numero di scatole inviate in linea estremamente differente a parità di numero di pezzi. Si pensi, ad esempio, ad una vite e un ingranaggio con lo stesso consumo medio in numero di pezzi: il numero di scatole inviate sarà nettamente maggiore nel caso dell'ingranaggio, potendo ogni scatola contenerne meno di una decina di pezzi, mentre sarà minore nel caso della vite, potendo contenerne la scatola centinaia di pezzi. Ciò risulta opportuno perché, come si è visto nel precedente capitolo, i flussi corrispondenti ai piccoli componenti vengono quantificati in pallet⁷⁴/gg piuttosto che in pezzi al giorno.

Occorre ora opportuno specificare che all'interno dello storico delle MP estratto da SAP sono presenti dei codici gestiti a missione ma che non risultano essere minuteria mentre sono presenti dei codici di minuteria per cui non sono state lanciate delle

⁷⁴ Viene ricordato che nell'unità di misura di un pallet si considera possano essere contenuti circa 15 scatole (di plastica o cartone).

missioni nell'intervallo temporale considerato. In base a ciò è stato dunque necessario correggere l'analisi esaminando l'"info point" della minuteria, un file Excel cioè dove sono stati nel tempo mappati tutti i codici della minuteria gestiti a SAG (e quindi a missione), eliminando i materiali erroneamente considerati come minuteria e accorpando dall'altro lato tutti i materiali della minuteria non registrati dalle missioni dello storico ma comunque presenti sui SAG di linea (e a magazzino), assegnando questi ultimi di default alla classe C.

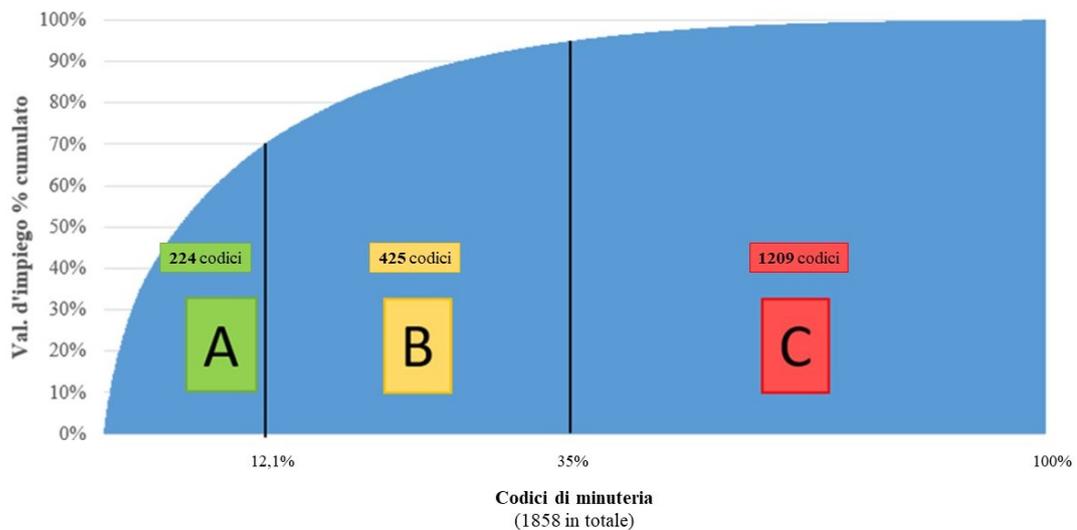


Figura 4.9: Curva di Pareto per i codici della minuteria sul numero di scatole inviate in linea

Operate le opportune correzioni, i materiali sono dunque risultati suddivisi nelle tre classi per:

1. **224** materiali di **classe A**, pari al 12,1% del totale e responsabili del 70% del valore d'impiego totale;
2. **425** materiali di **classe B**, pari al 22,9% del totale e responsabili del 25% del valore d'impiego totale;
3. **1209** materiali di **classe C**, pari al 65% del totale e responsabili del 5% del valore d'impiego totale.

Analisi ABC semplice sulla frequenza di consumo

Per la seconda analisi ABC semplice è stato considerato come valore d'impiego la **frequenza di consumo**, ovvero la quantità di righe di missione per ciascun materiale all'interno dello storico esaminato. Ripetendo la medesima procedura del precedente caso e fissando le soglie del valore d'impiego in percentuale cumulato pari a

60/30/10%, è stato possibile suddividere i materiali in tre classi d'importanza nel seguente modo:

1. **Classe A**, responsabile del 60% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al 60% delle movimentazioni totali all'interno del periodo temporale considerato e pari al **19,1% dei codici totali**;
2. **Classe B**, responsabile del 30% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al 30% delle movimentazioni totali all'interno del periodo temporale considerato e pari al **28,8% dei codici totali**;
3. **Classe C**, responsabile del 10% del valore d'impiego in percentuale cumulato, comprendente tutti quei materiali cioè che contribuiscono al 10% delle movimentazioni totali all'interno del periodo temporale considerato e pari al **52,1% dei codici totali**.

CLASSE	Soglia Val. d'imp. % cumulato	Quantità codici	Copertura codici %
A	60%	252	19,1%
B	30%	380	28,8%
C	10%	688	52,1%

Tabella 4.2: Analisi ABC sulla frequenza di consumo in numero di movimentazioni

Uniformando come prima i risultati confrontando i codici contenuti nell'infopoint, i materiali risultano suddivisi nelle tre classi per:

1. **248** materiali di **classe A**, pari al 13,3% del totale e responsabili del 60% del valore d'impiego totale;
2. **372** materiali di **classe B**, pari al 20% del totale e responsabili del 30% del valore d'impiego totale;
3. **1238** materiali di **classe C**, pari al 66,6% del totale e responsabili del 10% del valore d'impiego totale.

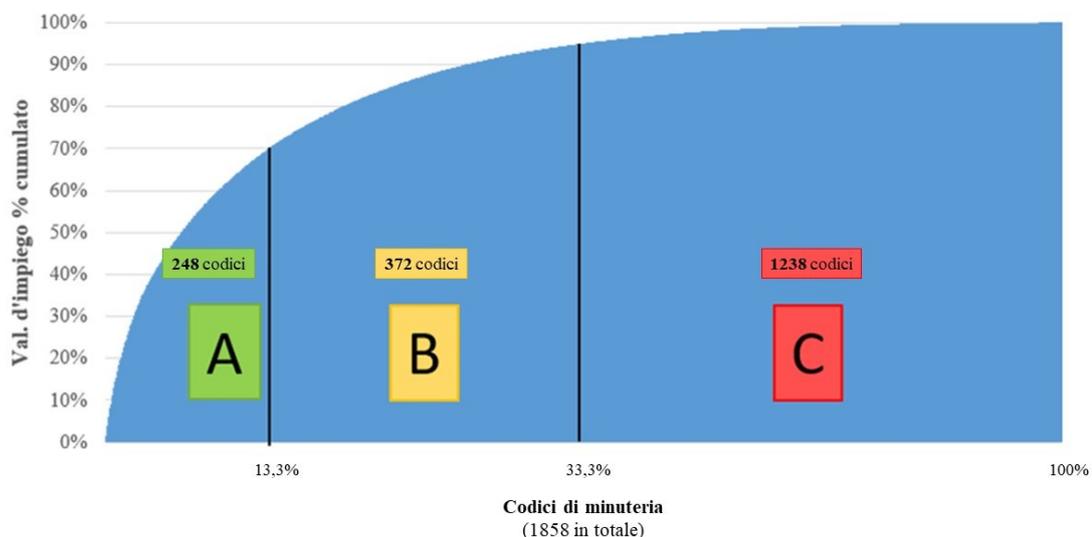


Figura 4.10: Curva di Pareto per i codici della minuteria sul numero di scatole inviate in linea

Analisi ABC incrociata

Le due precedenti analisi ABC sono state dunque unite in un'analisi ABC incrociata in modo da creare 9 classi di importanza combinando il consumo medio e la frequenza di consumo.

		Consumo medio			
		A	B	C	totale
Frequenza di consumo	A	167 codici	70 codici	11 codici	248 codici
	B	52 codici	264 codici	56 codici	372 codici
	C	5 codici	91 codici	1142 codici	1238 codici
	totale	224 codici	425 codici	1209 codici	1858 codici

Tabella 4.3: Analisi ABC incrociata su consumo medio e frequenza di consumo

Le classi sulla diagonale della tabella (AA, BB e CC) indicano dei codici che presentano un consumo medio e una frequenza di consumo pressoché paragonabili e rispettivamente alti, medi e bassi. Interessante risultato dell'analisi ABC incrociata risultano tuttavia le classi che abbinano una classe alta da un lato con una medio/bassa dall'altro:

- AB e AC, rappresentano dei codici della minuteria per cui la frequenza di consumo è elevata (classe A) mentre il consumo medio è rispettivamente medio (classe B) o basso (classe C);

- BA, CA, rappresentano dei codici della minuteria per cui il consumo medio è elevato (classe A) mentre la frequenza di consumo è rispettivamente media (classe B) o bassa (classe C).

4.5.2 Suddivisione tipo di contenitore

Come ampiamente visto, i piccoli componenti sono in generale gestiti o in contenitori di plastica o nella scatola di cartone originale del fornitore, presupponendo differenti modalità e tempistiche sia nel lancio delle missioni di prelievo e distribuzione che nel picking a magazzino; solo in pochi casi sono gestiti diversamente.

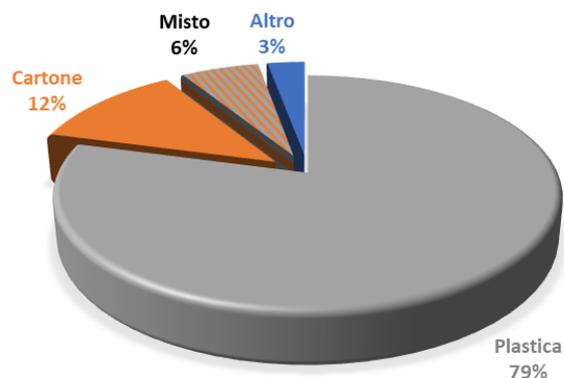


Figura 4.11: Suddivisione dei codici di minuteria in base al tipo di scatola con cui vengono gestiti

Come si può osservare dal diagramma a torta di Figura 4.11 dei 1857 codici totali di minuteria presenti in infopoint si ha il:

- **79%** dei codici gestiti in **plastica**
- **12%** dei codici gestiti in **cartone**
- **6%** dei codici gestiti sia in plastica che in cartone a seconda del SAG e della linea
- **3%** dei codici inviati in linea con altri tipi di contenitore

È possibile fare delle considerazioni sulla situazione “AS IS” per quanto riguarda la gestione dei contenitori con cui i piccoli componenti alimentano le linee di assemblaggio analizzandone per ciascuna tipologia la distribuzione delle tre classi d’importanza A, B e C calcolate sulla base del numero di scatole inviate in linea.

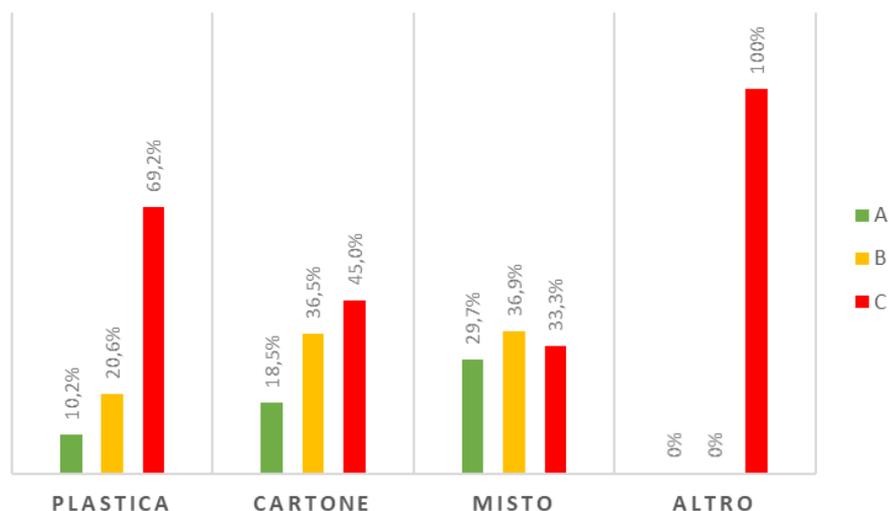


Figura 4.12: Suddivisione delle classi ABC sul consumo medio per tipologia di contenitore

Si osserva che i codici gestiti esclusivamente in plastica, pari al 79% della totalità dei codici di minuteria considerati, sono per la maggior parte codici che in linea inviano poche scatole (classe C appunto), mentre i codici gestiti esclusivamente in cartone e in maniera mista, pari rispettivamente al 12% e 6% della totalità dei codici di minuteria considerati, sono codici che per più di metà inviano molte scatole in linea (classe A e B), mentre i codici gestiti in altra maniera sono tutti a bassa rotazione (classe C).

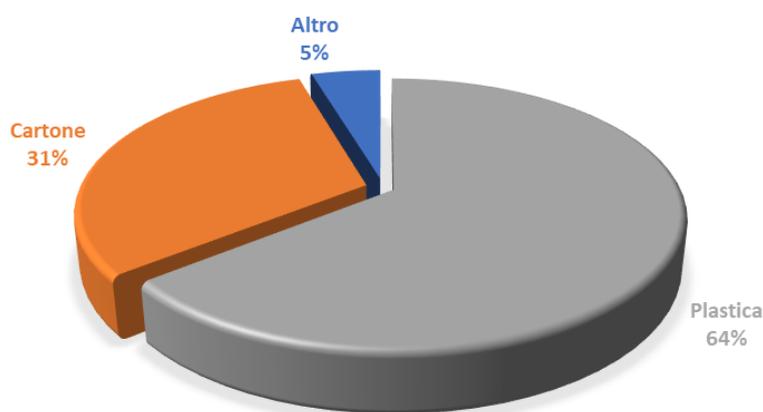


Figura 4.13: Suddivisione per tipologia della totalità delle scatole inviate in linea nel periodo analizzato

Per quanto riguarda invece la totalità delle scatole mandate in linea in base allo storico analizzato (lo stesso da cui sono state determinate le tre classi) si può osservare un considerevole aumento della quota parte del cartone, conseguenza infatti della considerevole componente dei codici di classe A e B nella gestione a cartone rispetto a quella in plastica.

La totalità delle scatole inviate in linea risulta essere costituita:

- Per il 64% da contenitori di plastica;
- Per il 31% da contenitori di cartone;
- Per il 5% da contenitori di altro tipo.

Come già spiegato nei precedenti paragrafi e capitoli la gestione in contenitori di cartone permette di ridurre notevolmente i tempi di picking dei materiali nonché, seppur in minore misura, i tempi di lancio delle missioni di prelievo, mentre di contro rallenta la procedura di distribuzione.

4.5.3 Tempi di picking

Successivamente alla suddivisione dei codici di minuteria in tre classi di importanza in base al numero totale di scatole inviate in linea nella finestra temporale dello storico analizzata e successivamente alla suddivisione per tipo di contenitore di tali scatole inviate proprio nel medesimo intervallo, è stata effettuata un'approfondita analisi delle attività di picking a magazzino per i piccoli componenti chiamati a missione al fine di determinarne la cubatura percentuale delle varie task sul tempo totale dell'attività.

L'analisi è stata condotta:

- In **5 sessioni**;
- Per un totale di **3 ore e 40 minuti** di effettiva attività (pause escluse);
- Per **3 linee** alimentate differenti (L1, L2 e L4);
- Osservando **1 FTE**.

In realtà, prima di procedere con la misura dei tempi, le attività di picking sono state dapprima osservate in differenti giornate allo scopo di comprenderne a fondo il processo per poi discretizzare le macro-attività già citate in §4.4 di:

- Ricerca e prelievo dell'UDC dalla posizione a magazzino associata (ACEMA e R04)
- Travaso manuale
- Conferma della MP
- Riposizionamento della SKU contenente l'UDC desiderata nell'ubicazione associata

in 9 operazioni fondamentali in grado di riassumere e approfondire il susseguirsi delle attività legate al picking dei piccoli componenti descritto nel precedente paragrafo. Le 9 operazioni fondamentali che discretizzano l'attività di picking a magazzino per i piccoli componenti gestiti a missione risultano le seguenti.

1. Spostamenti con il carrello elevatore

Comprende tutte quelle micro attività che l'operatore svolge a bordo del carrello elevatore senza avere nulla sulle forche, come ad esempio il raggiungimento dell'ubicazione a magazzino desiderata o le varie manovre di posizionamento all'interno di una corsia prima di svolgere qualsiasi altra task.

2. Movimentazioni del carrello da riempire

Riguarda il carrello contenente i contenitori vuoti di plastica da riempire o da riempire con le scatole di cartone e comprendente tutte quelle attività quali inforcamento, sollevamento, abbassamento e movimentazione che l'operatore svolge a bordo del carrello elevatore e con il carrello dei contenitori/scatole sulle forche.

3. Prelievo e riposizionamento della SKU contenente l'UDC desiderata

L'insieme delle attività quali sollevamento, inforcamento, abbassamento e movimentazione che l'operatore svolge a bordo del carrello elevatore per prelevare e poi riposizionare il pallet o la cassa contenente il materiale desiderato; sono svolte sia con la SKU sulle forche del CE sia senza (subito dopo averla riposizionata e prima di prelevarla).

4. Ricerca del materiale

Sia essa a bordo del carrello elevatore o a terra, consiste nella ricerca visiva e tattile da parte dell'operatore dell'UDC corrispondente, sia essa contenuta in una SKU omogenea (pallet o cassa di ferro ricondizionata) piuttosto che in una SKU eterogenea (pallet). Qui l'operatore tipicamente ricerca visivamente il codice numerico identificativo del materiale necessario per cui è stata agganciata a sistema nel lancio della MP una UDC per quell'ubicazione specifica, il quale risulta presente sull'etichetta assieme al numero di UDC ma, diversamente da quest'ultimo, risulta stampato a caratteri maggiori e dunque più facilmente leggibile (come si può vedere dalla Figura 3.3).

5. Ricerca e prelievo del contenitore vuoto necessario

Dove l'operatore deve cercare tra i contenitori impilati nel parietale sul pallet del carrello da riempire la scatola con il codice del materiale corrispondente alla missione. Tipicamente, nonostante i contenitori vuoti siano impilati in maniera casuale solamente raggruppandoli per codici comuni, l'operatore è in grado di riconoscere, grazie all'esperienza e all'indicazioni sulla dimensione del contenitore presenti nella riga del report delle missioni di prelievo, il giusto contenitore tra tutti per dimensioni da riempire andando soltanto poi a cercare quello con il codice del materiale corrispondente stampato sopra.

6. Travaso

L'attività di prelievo manuale (o tramite magneti) e riempimento dei pezzi nei contenitori di plastica presenti all'interno del carrello. L'attività avviene tipicamente movimentando a mano la scatola da riempire fino alla SKU (pallet o cassa a seconda del caso) nella sua ubicazione nel caso in cui si trovi in ACEMA e nei livelli inferiori del magazzino a scaffale, o sulle forche del carrello elevatore nel caso in cui sia prelevata dai livelli superiori a quella inferiore tramite l'ausilio del CE. Venendo richiesto dalla linea di assemblaggio un ben preciso quantitativo di pezzi per ciascun materiale, l'operatore che ne effettua il picking è tenuto a contarli nonostante a volte ciò non sia possibile per esempio nel caso di componenti molto piccoli (viti, dadi, spessori, etc.) che vengono chiesti in grande numero (da qualche centinaio fino a qualche migliaio) o non sia necessario nel caso di componenti che all'interno della scatola originale sono già divisi (mediante sacchetti ad esempio) in un ben preciso numero;

7. Riposizionamento del contenitore pieno

L'attività per cui l'operatore dopo aver prelevato il contenitore associato al materiale necessario e dopo averlo adeguatamente riempito lo riposiziona nel carrello in modo da ottimizzare gli spazi e da posizionare sul fondo tutti i pieni lasciando in superficie i vuoti;

8. Conferma missione di prelievo

L'attività per cui l'operatore, a travaso ultimato nel caso di contenitori di plastica da riempire o a prelievo ultimato nel caso di scatole di cartone, tramite la pistola SAP conferma l'avvenuto e corretto prelievo della specifica MP per il materiale richiesto, dalla UDC proposta e nella quantità richiesta, applicando poi tipicamente un segno a penna sulla lista cartacea fissata sul posto di guida

del carrello elevatore per tenere segno delle MP già eseguite. È importante sottolineare l'estrema importanza di questa attività poiché permette di assicurare la coerenza tra il flusso informatico in SAP e il flusso fisico, mantenendo un database aggiornato e affidabile sulla giacenza del magazzino.

9. Chiamata al magazzino ad alta intensità

L'attività per cui l'operatore, dopo aver passato in rassegna tutte le pagine del RMP di cui si è fatto carico, effettua una chiamata al MAD qualora vi siano uno o più missioni che hanno agganciato una o più UDC contenute proprio in tale zona del magazzino. Ciò avviene tramite "prenotazione" lasciando all'operatore di competenza per le rispettive corsie del MAD un foglio cartaceo con le informazioni necessarie sul codice richiesto e l'ubicazione associata e, una volta avvenuto il prelievo e posizionato il codice sui livelli di OUT della scaffalatura o direttamente a terra, l'operatore di picking può recarsi a ritirare la SKU.

Per effettuare l'analisi dei tempi delle attività di picking queste 9 operazioni fondamentali sono state convertite in 10 task ripetibili, le quali sono state cronometrate mediante un'apposita funzione macro del software Excel.

Le dieci task sono quindi state caratterizzate nel seguente modo associando ad ognuna un'immagine stilizzata che rappresenti intuitivamente l'attività eseguita:

1. **Percorrenza raggiungimento ubicazione**, rappresenta tutte le attività descritte da "Spostamenti con il carrello elevatore";



2. **Spostamento pallet contenitori vuoti**, rappresenta tutte le attività descritte da "Movimentazioni del carrello da riempire";



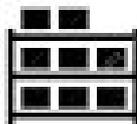
3. **Sollevamento, inforcamento e abbassamento**, rappresenta tutte le attività descritte da “Prelievo e riposizionamento della SKU contenente l’UDC desiderata”;



4. **Ricerca materiale**, rappresenta tutte le attività descritte dall’omonima voce del precedente elenco;



5. **Ricerca contenitore vuoto**, rappresenta tutte le attività descritte da “Ricerca e prelievo del contenitore vuoto necessario”;



6. **Travaso**, rappresenta tutte le attività descritte dall’omonima voce del precedente elenco;



7. **Posizionamento contenitore pieno**, rappresenta tutte le attività descritte da “Riposizionamento del contenitore pieno”;



8. **Conferma MP**, rappresenta tutte le attività descritte da “Conferma missione di prelievo”;



9. **Movimento a piedi**, rappresenta tutte le attività di movimento che l'operatore svolge a terra in funzione di eseguire una delle precedenti task, quali cercare il materiale, movimentare il contenitore da riempire o già pieno, movimentare la pistola SAP, etc.;



10. **Complicazioni varie (con aggiunta di nota)**, in cui sono state riassunte tutte le situazioni di problema, sia sistematiche e quindi non prevedibili che sistematiche, che causano un rallentamento o interruzione delle precedenti task, esplicandole poi nel dettaglio con una nota all'occorrenza al fine di cogliere l'insorgere di problematiche e disagi nell'organizzazione ed esecuzione delle attività di picking dei componenti di piccole dimensioni per formulare le opportune proposte di miglioramento.



Viene ora di seguito presentata la tabella raffigurante la cubatura in percentuale di ciascuna delle 10 task rispetto al tempo totale di misurazione effettiva (3 ore e 40 minuti) elencandole in ordine logico rispetto alla loro normale esecuzione per ciascuna missione (o riga del report):

Descrizione task	Cubatura
PERCORRENZA RAGGIUNGIMENTO UBICAZIONE	9,6%
SPOSTAMENTO PALLET CONTENITORI VUOTI	6,2%
SOLLEVAMENTO + INFORCAMENTO + ABBASSAMENTO	13,3%
RICERCA MATERIALE	7,5%
RICERCA CONTENITORE VUOTO	6,4%
TRAVASO	18,8%
MOVIMENTO A PIEDI	6,2%
CONFERMA MP	17,6%
POSIZIONAMENTO CONTENITORE PIENO	3,8%
COMPLICAZIONI (CON AGGIUNTA DI NOTA)	10,6%

Tabella 4.4: Cubatura percentuale delle varie task del picking sui tempi totali di misurazione nello stato AS IS

Come è chiaramente visibile dai dati ottenuti le attività maggiormente dispendiose in termini di tempo risultano essere: il **travas**o, attività imprescindibile nel caso dei contenitori in plastica che risulta tuttavia particolarmente lenta e inefficiente nel caso di alcuni componenti specifici (come verrà spiegato nel paragrafo conclusivo di questo capitolo), la **conferma delle MP**, procedura estremamente lenta e ridondante per il grande numero di operazioni e conferme necessarie al terminalino, e il **prelievo e riposizionamento della SKU contenente l'UDC desiderata**, attività fondamentale per tutte le UDC che si trovano ubicate su tutti i livelli superiori al primo. Un ulteriore

considerazione è doverosa per quanto riguarda la cubatura delle attività di **spostamenti vari con il CE** pari a circa il 10% dei tempi totali, la quale suggerisce un'inefficienza dovuta all'eccessiva abbondanza di movimentazioni e manovre del carrello elevatore, e per quanto riguarda la cubatura delle **complicazioni** insorte, pari anch'essa a circa il 10% dei tempi totali, per problematiche di varia tipologia che saranno presentate nell'ultimo paragrafo del capitolo.

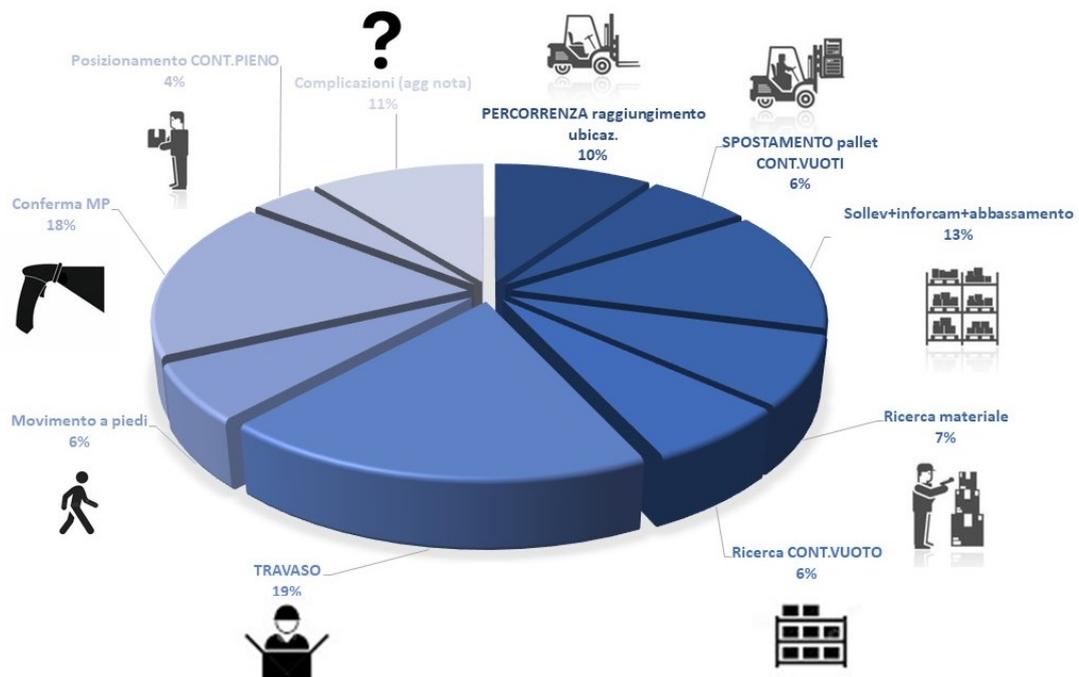


Figura 4.14: Diagramma a torta della cubatura percentuale delle varie task del picking sui tempi totali di misurazione nello stato AS IS

4.5.4 Distribuzione della giacenza

Dopo aver determinato le classi d'importanza di tutti i codici della minuteria gestiti a missione e presenti nell'infopoint, vedendone la suddivisione per quanto concerne il tipo di contenitore adottato e dopo aver analizzato le operazioni e i relativi tempi di picking per i suddetti codici, sono stati analizzati l'indice di accesso per il magazzino scaffalato delle varie missioni di prelievo all'interno della stessa finestra temporale delle precedenti analisi (da gennaio a ottobre 2022) e la distribuzione delle UDC secondo la classe di importanza sul consumo medio assegnata al materiale sulla foto istantanea della giacenza di una giornata tipo.

Indice di accesso al magazzino scaffalato

Dallo storico estrapolato da SAP relativamente a tutte le missioni di prelievo nel periodo da gennaio a ottobre 2022 è stato dunque calcolato l'indice di accesso per le varie zone del magazzino dove risulta stoccata la minuteria, dettagliandolo poi ulteriormente per quanto riguarda il magazzino a scaffale per ciascuna fila e ciascun livello. L'indice di accesso i -esimo è stato calcolato per ciascuna area secondo la formula:

$$IA_i = \frac{\text{Accessi}}{\text{Area considerata}}$$

e rappresentato poi in un diagramma a torta come percentuale relativa al numero totale degli accessi (dunque delle missioni di prelievo) all'intera area del magazzino.

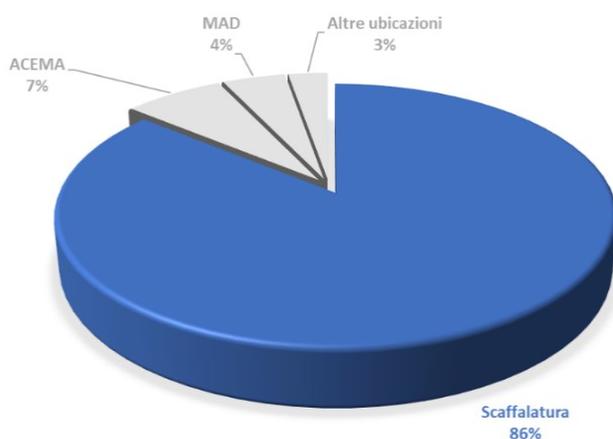


Figura 4.15: Indice di accesso tra le varie zone di magazzino in cui la minuteria è stoccata

Dal diagramma di Figura 4.15 è possibile fin da subito notare la preponderanza, come ci si aspetterebbe, dell'indice di accesso al magazzino a scaffale, la zona di stoccaggio preferenziale per i codici della minuteria, osservando comunque una componente non trascurabile pari al 7% della zona di pre-stoccaggio dell'ACEMA, la quale, come già spiegato, dovrebbe fungere solo da zona di momentaneo stoccaggio. Dettagliando poi l'indice di accesso (calcolato nel medesimo modo) della zona di scaffale per le 5 file e i 4 livelli si nota la lieve tendenza a prelevare dalla prima fila e dal primo livello, seguiti dalla seconda fila e dal secondo livello; anche se di fatto la distribuzione dell'accesso delle missioni è di fatto affine tra le varie file e piani come diretta conseguenza dell'assenza di una politica di stoccaggio definita che permetta ad esempio di concentrare le missioni sui livelli e sulle corsie più facilmente accessibili.

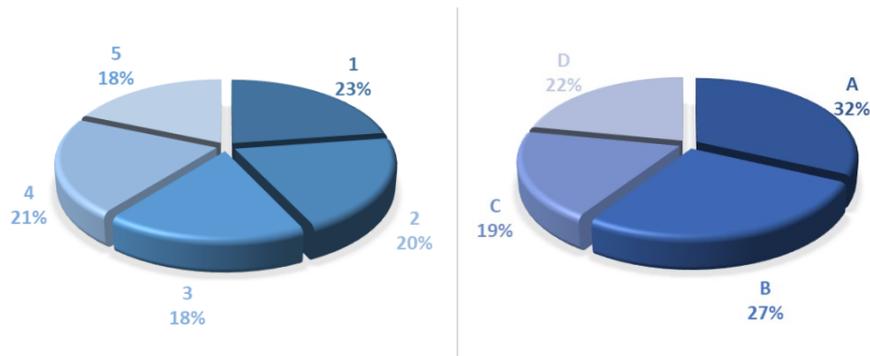


Figura 4.16: Suddivisione delle MP per la scaffalatura per la fila (a SX) e per il livello (a DX)

Distribuzione delle UDC secondo la classe sul consumo medio

Per fornire un'evidenza grafica e visiva della situazione AS IS della distribuzione della giacenza dei codici della minuteria a scaffale in base alla classe su file, livelli e campate è stata analizzata la giacenza nella giornata del 2 novembre 2022. Si è scelto di estrapolare i dati da SAP relativi alla giacenza di una singola giornata casuale in quanto, essendo come si è visto lo stoccaggio delle UDC dei componenti della minuteria non regolamentata da specifiche politiche bensì dalla semplice disponibilità di slot liberi a scaffale volta per volta, si è ritenuto inutile selezionare una giornata specifica o un certo periodo temporale più o meno esteso.

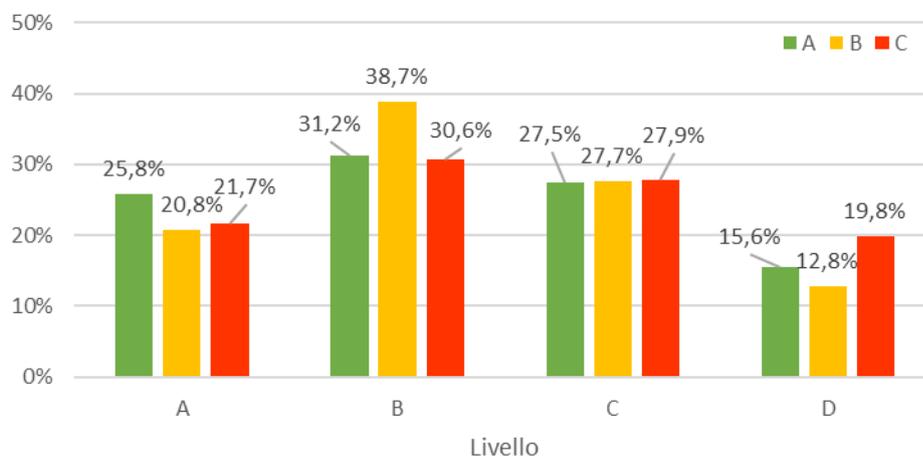


Figura 4.17: Distribuzione delle UDC di minuteria per classe ABC sul consumo medio sui livelli del magazzino scaffalato

Analizzando dunque la distribuzione delle UDC sulla giacenza relativa alla giornata considerata si è dapprima calcolata la distribuzione di ciascuna delle tre classi di rotazione dei codici di minuteria sui quattro livelli della scaffalatura potendo formulare le seguenti osservazioni:

- I codici di classe A sono maggiormente distribuiti sui due livelli centrali, mettendo dunque in evidenza fin da subito un'inefficienza nel picking se si presuppone che per le operazioni di prelievo e riposizionamento sia fondamentale l'ausilio del carrello elevatore con le conseguenti tempistiche (come visto nel precedente sottoparagrafo §4.5.3); mentre all'interno del primo livello costituiscono la componente principale, situazione positiva in quanto significa che i codici che vengono richiesti di più dalle linee costituiscono la maggior parte dei codici che sono disposti sui livelli inferiori della scaffalatura, quelli cioè più facilmente accessibili senza l'ausilio del CE;
- I codici di classe B sono maggiormente distribuiti sui due livelli centrali della scaffalatura e costituiscono la componente principale sul secondo livello;
- I codici di classe C sono presenti in maniera abbastanza equa rispetto alle altre due classi su quasi tutti i livelli, ad eccezione dell'ultimo in cui invece costituiscono la componente maggiore, situazione quest'ultima vantaggiosa in quanto significa che sull'ultimo livello, ovvero il più difficilmente accessibile, sono presenti maggiormente codici a bassissima rotazione;
- In generale i livelli maggiormente caricati risultano i due intermedi, mentre l'ultimo livello risulta il meno caricato.

Successivamente, la distribuzione della giacenza AS IS è stata ulteriormente discretizzata andando ad analizzare la distribuzione delle UDC dei codici in base alla classe assegnata per il consumo medio non solo sui 4 livelli in generale, bensì anche su ciascuna campata di ciascuna fila per il dato livello, creando così delle “Heat Map” in grado di mostrare visivamente in maniera semplice tramite delle tabelle e con l'ausilio di tre gradazioni di colori (verde, giallo e rosso) la percentuale di UDC di una specifica classe nella specifica campata per il dato livello e per la data fila rispetto alla totalità delle UDC di quella specifica classe a scaffale. Ciascuna *heat map* è stata creata di fatto a partire da una tabella pivot in Excel suddivisa su 4 righe, corrispondenti ai 4 livelli della scaffalatura, e su 16 colonne, corrispondenti alle 16

campate della scaffalatura, dove per ciascuna casella (dunque per ogni slot⁷⁵), a partire dalle stringhe di dati estrapolati dallo storico di SAP per la giornata target, è stata presentata la percentuale relativa di UDC ivi stoccate rispetto alla totalità dei codici di quella specifica classe stoccati a magazzino per la giornata target. A livello grafico l'*heat map* rappresenta dunque la struttura fisica dello scaffale di ciascuna fila dove ogni slot risulta colorato a seconda che la presenza di UDC per quella classe sia numerosa o meno rispetto agli altri slot dello scaffale di colore:

- Verde, se per quel dato scaffale la presenza è alta rispetto agli altri slot;
- Giallo, se per quel dato scaffale la presenza è media rispetto agli altri slot;
- Rosso, se per quel dato scaffale la presenza è bassa rispetto agli altri slot.

Ciascuno dei tre colori principali risulta poi presente in varie intensità per rendere ancora più efficace la visualizzazione e la caratterizzazione delle *heat map*.

Vengono riportate all'interno delle Appendici B in fondo all'elaborato le 10 *heat map* che sono state costruite:

- 5 per la distribuzione delle UDC di classe A, ciascuna per ogni fila della scaffalatura;
- 5 per la distribuzione delle UDC di classe B, ciascuna per ogni fila della scaffalatura;

mentre è stata volutamente trascurata la distribuzione delle UDC di classe C, questo poiché queste *heat map* vengono presentate solamente a scopo descrittivo e dimostrativo dello stato AS IS nello stoccaggio a scaffale dei codici di minuteria, rendendo quindi sovrabbondante e superfluo dettagliare in un simile modo la distribuzione anche dei codici di classe C, quelli cioè a bassissima rotazione.

Per ciascuna *heat map* (e dunque per ciascuna fila), oltre alla singola casella che mostra la percentuale relativa di UDC della specifica classe che sono presenti in quello slot per quella fila rispetto alla totalità delle UDC di quella classe, sono presenti una colonna e una riga complessive, le quali mostrano le percentuali relative sempre al totale delle UDC di quella classe relativamente a ciascun livello e a ciascuna campata rispettivamente, presentando nell'ultima casella in basso a destra la percentuale

⁷⁵ Viene qui indicato per slot il posto a scaffale corrispondente per ogni livello ad una campata, cioè a tre posti pallet.

relativa di tutte le UDC che per quella classe sono contenuti nello scaffale della data fila.

Distribuzione A		Campata															
Livello		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		1,11%	0,47%	1,58%	0,00%	0,63%	0,32%	0,16%	0,63%	0,32%	0,16%	0,47%	0,47%	3,16%	0,95%	0,47%	10,90%
B		0,32%	0,32%	0,47%	0,16%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	1,58%	0,16%	0,32%	0,47%	1,42%	0,00%	0,47%	6,00%
C		0,95%	0,47%	1,74%	1,90%	0,16%	0,63%	0,79%	0,95%	0,00%	0,16%	0,00%	0,32%	0,16%	0,32%	0,32%	8,85%
D		0,16%	0,16%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,32%	0,00%	0,32%	0,16%	0,00%	0,16%	0,47%	0,00%	2,21%
Copertura %		2,53%	1,42%	4,11%	2,05%	1,11%	0,95%	1,11%	1,90%	1,90%	0,79%	0,95%	1,26%	4,90%	1,74%	1,26%	27,96%

Figura 4.18: Heat Map della distribuzione delle UDC di classe A per consumo medio sulla scaffalatura di fila 1
 Per fare un esempio concreto si prenda la heat map di Figura 4.18, quella cioè relativa alla prima fila di scaffale per i codici di classe A: nella seconda campata (prima colonna) del primo livello (prima riga) sono presenti l'1,11% di tutte le UDC dei codici di classe A stoccate a scaffale, mentre nel primo livello è presente il 10,9% di tutte le UDC di classe A stoccate a scaffale e, infine, in tutta lo scaffale di fila 1 è presente il 27,96% di tutte le UDC dei codici di classe A stoccati a scaffale.

Le considerazioni che risultano desumibili dalle heat map costruite risultano le seguenti:

- Si osserva per tutte le file e le classi una sostanziale eterogeneità di distribuzione per il fatto che, come si è già ampiamente visto, non vi è una preferenza nello stoccaggio delle varie UDC dei codici della minuteria;
- Il riempimento della scaffalatura avviene preferenzialmente a partire dalle prime file, quelle cioè più vicine alla produzione e all'accettazione, e dalle prime campate, quelle cioè che guardano il magazzino ad alta densità e dunque più lontane dalla produzione

4.5.5 Swim Lane Chart

In chiusura del paragrafo dedicato all'analisi dei dati sulla situazione AS IS del flusso della minuteria tra magazzino e linee di assemblaggio viene presentata la mappatura a basso livello del flusso delle macro-attività che lo alimentano. La mappatura a basso livello, cioè ad alto grado di dettaglio, costituisce il normale proseguimento dell'analisi di un flusso, sia esso fisico e/o informatico, per cui, successivamente ad una prima mappatura ad alto livello, vengono individuate delle operazioni critiche (o semplicemente di interesse per l'analisi). Avendo quindi precedentemente analizzato ad alto livello i principali flussi di materiale mediante l'ausilio del diagramma SIPOC

(si veda §3.2), è stato individuato come flusso di interesse per il progetto quello relativo alla minuteria, il quale è stato perciò approfondito costruendo una Swim Lane Chart per le due principali attività che lo guidano:

1. Lancio delle missioni di prelievo

2. Picking

Considerando il processo nella sua interezza per una singola linea a partire dal lancio delle missioni alla ricezione del carrello con i pieni, per ciascuna delle due attività sono stati individuati gli attori in gioco (fisici e informatici), corrispondenti alle corsie orizzontali della “piscina”, dividendo le due Swim Lane Chart in sotto attività, corrispondenti alle corsie verticali della piscina. Per ciascuna sotto attività è stato poi a sua volta calcolato il *process time*, corrispondente al tempo effettivo di esecuzione dell’attività (pause escluse), e il *lead time*, corrispondente al tempo totale di esecuzione dell’attività (pause comprese), valutando il flusso complessivo per una sola linea alla volta e per un unico operatore alla volta (a seconda dell’attività).

Swim Lane Chart sul lancio delle missioni di prelievo

1. *Lancio MP*

Il *lead time* dell’attività è stato calcolato come media dei tempi di durata del lancio completo per le varie linee in base allo storico analizzato e alle interviste condotte (si veda §4.2.5 e §4.3):

Linea	Durata [min]
L1	60
L2	80
L3	30
L4	60
L6 e altre	60
MEDIA	58

Tabella 4.5: Lead time del lancio MP

Non essendo stato possibile dividere le attività del lancio delle missioni in attività produttive e di attesa, viene rappresentato un unico tempo complessivo medio dell’attività nella sua interezza per una linea tipo.

2. Trasferimento al magazzino

I tempi di trasferimento al magazzino sono stati misurati in maniera diretta e, come nel caso precedente viene rappresentato un tempo complessivo.

Per l'intera Swim Lane Chart sono stati dunque ottenuti i seguenti tempi:

Sotto attività	PT [min]	LT [min]
Lancio MP	-	58
Trasferimento al magazzino	-	1,5
TOTALE	-	59,5

Tabella 4.6: Tempi per la SLC AS IS sul lancio delle MP

Swim Lane Chart sul picking

1. Stampa e consegna RMP

Il tempo complessivo dell'attività è stato calcolato sulla base delle interviste condotte, trattandosi di un tempo estremamente variabile, mentre il tempo produttivo è stato misurato direttamente.

2. Preparazione picking

Il tempo totale dell'attività è stato misurato direttamente, mentre le pause non sono risultate quantificabili.

3. Picking

I tempi di picking sono stati calcolati a partire dal dato aziendale secondo cui un operatore non esperto è in grado di eseguire **1 pagina/h**, cioè 9 righe/h (9 missioni/h) sapendo che ogni report è composto in media da **7÷9 pagine di report**. In base a questo il tempo totale (*lead time*) dedicato all'attività è stato calcolato come:

$$LT_{picking} = \frac{60 \text{ min/h}}{9 \text{ righe/h}} * 9 \frac{\text{righe}}{\text{pagina}} * 8 \frac{\text{pagine}}{\text{report}}$$

Essendo comune pratica degli operatori assegnati al picking parallelizzare il lavoro suddividendosi il report delle missioni in almeno due persone, i tempi ottenuti devono essere dunque dimezzati, volendo considerare per la creazione

delle Swim Lane il flusso di un'unica linea tipo a partire dal lancio delle missioni fino al ritorno del carrello con i contenitori pieni.

Del tempo ottenuto si è poi ricavato il process time andando a valutare quali delle 10 task del picking tempificate (si veda nel dettaglio §4.5.3) siano di effettiva attività e quali considerabili come tempi non produttivi:

Descrizione task	Cubatura
PERCORRENZA RAGGIUNGIMENTO UBICAZIONE	9,6%
SPOSTAMENTO PALLET CONTENITORI VUOTI	6,2%
SOLLEVAMENTO + INFORCAMENTO + ABBASSAMENTO	13,3%
RICERCA MATERIALE	7,5%
RICERCA CONTENITORE VUOTO	6,4%
TRAVASO	18,8%
MOVIMENTO A PIEDI	6,2%
CONFERMA MP	17,6%
POSIZIONAMENTO CONTENITORE PIENO	3,8%
COMPLICAZIONI (CON AGGIUNTA DI NOTA)	10,6%

Tabella 4.7: Task di picking produttive (in verde) e non produttive (in rosso)

4. Trasferimento in linea

Il tempo di questa attività è stato accomunato per quanto concerne il *process time* a quello del trasferimento al magazzino mentre le pause sono state stimate in base all'intervista effettuata agli operatori.

Per l'intera Swim Lane Chart sono stati dunque ottenuti i seguenti tempi:

Sotto attività	PT [min]	LT [min]
Stampa e consegna RMP	3	30
Preparazione picking	-	15
Picking	188	210
Trasferimento in linea	1,5	11,5
TOTALE	192,5	266,5

Tabella 4.8: Tempi per la SLC AS IS sul picking

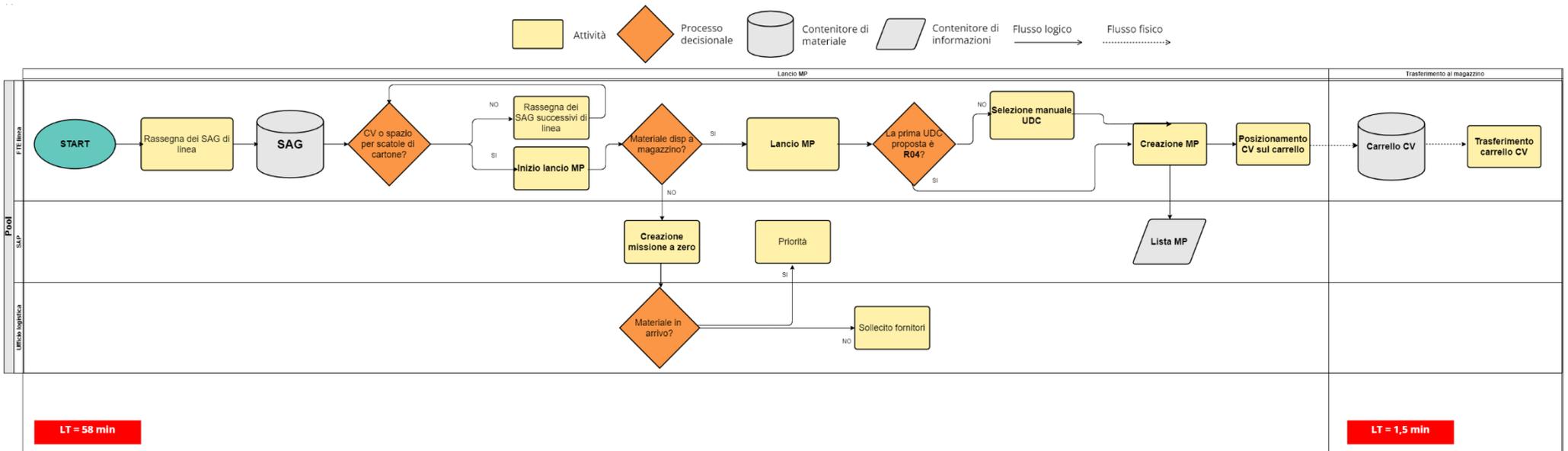


Figura 4.19: Swim Lane Chart AS IS procedura di lancio delle MP

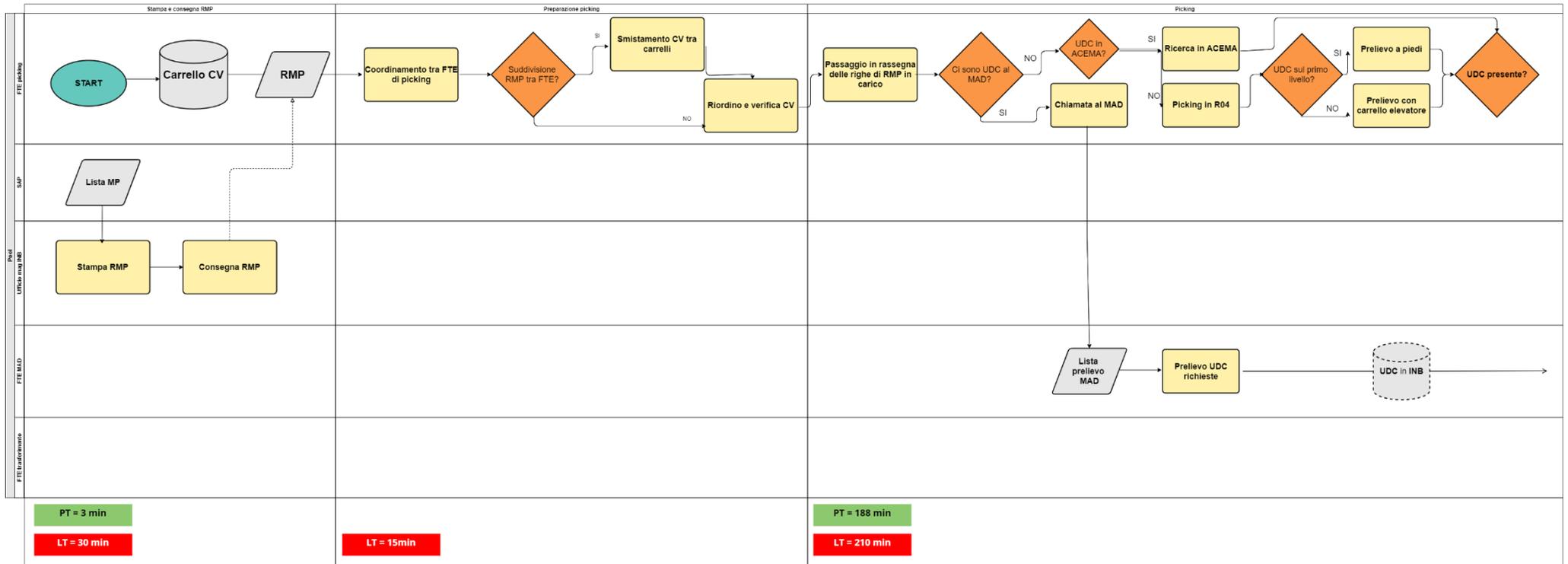


Figura 4.20: Swim Lane Chart AS IS dell'attività di picking (PARTE I)

4.6 Problematiche riscontrate

A conclusione del capitolo vengono ora presentate in questo paragrafo le problematiche riscontrate a partire dalle interviste, dalle osservazioni e dall'analisi dei dati svolte e presentate nei precedenti paragrafi in particolare relativamente all'attuale stato di:

1. Picking
2. Lancio delle missioni
3. Distribuzione
4. Stoccaggio

4.6.1 Picking

Durante le osservazioni e analisi dirette dei tempi condotte sulle attività di picking è stato possibile osservare numerose criticità del processo, siano esse di natura sistematica quanto di natura casuale e dovute a cause sia esterne che interne del processo stesso, che vengono ora presentate di seguito.

- **Ingorgi della corsia tra fila 4 e 5**

Molto spesso accade che nella corsia delle file di scaffale 4 e 5 (quelle cioè che, come si è già visto, vengono condivise con i codici destinati al kittaggio dei gruppi albero di linea 4) l'operatore di picking sia costretto a rallentare o addirittura a sospendere l'attività a causa di altri pallet in mezzo alla corsia, altri CE in movimento, vagoncini del kittaggio in mezzo alla corsia e altre complicazioni dovute al sovraffollamento di operatori in certi momenti della giornata. Questo è dovuto in primis al fatto che, come si può osservare dalle heat map di tali file⁷⁶, le ultime campate di entrambe le file sono dedicate interamente ai codici del kittaggio di linea 4 e, dunque, sguarnite di codici della minuteria, con il conseguente e frequente posizionamento in mezzo alla corsia dei carrelli per le ceste dei componenti dei gruppi albero.

⁷⁶ Si vedano le Appendici B in fondo all'elaborato.

- **Ricerca materiale in ACEMA**

Come si è visto dai dati sulla distribuzione della giacenza di §4.5.4, l'indice di accesso alla zona di accettazione dell'ACEMA cuba il 7% del totale delle missioni di prelievo (dunque delle righe del report), il che si traduce, considerando un report medio di 8 pagine per 9 righe ciascuna, in 5 missioni di media ubicate in tale zona. Questo crea delle enormi dilatazioni dei tempi di picking poiché per ciascuna UDC l'operatore è costretto a passare in rassegna l'intera zona dell'ACEMA alla ricerca di quella necessaria e la zona non risulta caratterizzata in nessun modo (come, ad esempio, con corsie e posizioni numerate) trattandosi per l'appunta di un buffer di pre-stoccaggio.

- **Corsia davanti a fila 1 particolarmente trafficata**

La corsia posizionata tra l'accettazione e la prima fila di scaffali costituisce il corridoio principale di passaggio per accedere sia al magazzino ad alta intensità sia alle corsie del magazzino a scaffale, risulta di conseguenza particolarmente trafficato dal continuo via vai dei carrelli elevatori. Ciò rende difficoltose e pericolose le usuali attività di picking dei piccoli componenti ubicati nella prima fila di scaffale, soprattutto nel caso le UDC siano ubicate sui livelli superiori al primo poiché risulta necessario utilizzare il CE.



Figura 4.22: Esempio di restringimento della corsia davanti all'ACEMA a causa dei carrelli da riempire e dei pallet di pre-stoccaggio

Ad aggravare la situazione contribuisce poi il posizionamento dei carrelli da riempire provenienti dalle linee i quali, come si vede dalla Figura 4.8, vengono disposti a bordo della corsia non sempre al di là della linea gialla che delimita

l'ACEMA, ostruendo quindi ulteriormente la carreggiata oltre ai pallet in pre-stoccaggio che numerose volte finiscono anch'essi per venire disposti al di là della linea gialla.

- **Posizionamento dei contenitori vuoti e pieni**

Come si è visto i contenitori vuoti di plastica da trasferire al magazzino per essere riempiti vengono disposti nel carrello dal magazziniere di linea durante il lancio delle missioni in maniera da accomunarli solamente per il materiale (nel caso vi siano più contenitori da riempire per lo stesso materiale). Questo costringe l'operatore dedicato al picking a dover sempre muovere i contenitori per cercare quello o quelli da riempire per ciascuna missione. Allo stesso modo, anche il posizionamento del contenitore riempito sul carrello non risulta regolata da una precisa logica rendendo di fatto, come si vedrà nel sotto paragrafo relativo, estremamente lenta e ridondante la distribuzione dei pieni sui vari scaffali di linea.

- **Materiali scomodi da travasare**

Sono presenti alcuni codici della minuteria gestiti in plastica, che necessitano dunque di travaso, per cui quest'ultima operazione risulta estremamente lenta e complicata rispetto alla media. È il caso, ad esempio, di alcune molle che risultano incastrate tra loro a coppie per massimizzare la capacità dell'UDC (tipicamente è una cassa ricondizionata) che le contiene e che devono poi essere separate e riaccoppiate per essere travasate all'interno del vuoto sempre in ottica di massimizzarne la capacità.

- **Batteria e connessione della pistola SAP**

In base alle interviste effettuate agli operatori nonché alle osservazioni dirette, risulta accadere frequentemente (anche varie volte all'interno della stessa giornata) che la pistola SAP abbia un problema di alimentazione o connessione che costringe l'operatore a sospendere l'attività per parecchi minuti nel tentativo di ristabilire l'alimentazione inserendo e togliendo la batteria a più riprese nel primo caso, o ad attendere il ripristino della connessione nel secondo caso.

- **Operatori della minuteria nelle stesse corsie**

Spesso si verifica la condizione per cui i tre operatori associati al picking della minuteria si ritrovano all'interno della stessa corsia, spesso anche nelle più

trafficate (ovvero quella tra gli scaffali 4 e 5 e quella davanti al primo scaffale), con il conseguente rallentamento o stop delle attività degli stessi a causa dell'ingorgo della corsia dovuto sia ai CE in movimento che ai rispettivi carrelli da riempire. Questo è dovuto all'assenza di una politica di routing che possa regolamentare e ottimizzare le movimentazioni degli operatori all'interno del magazzino a scaffale.

- **Difficoltà di quantificazione di alcuni codici**

Come si è visto, per ogni missione di prelievo è assegnata una ben definita quantità di pezzi e una ben definita quantità di pezzi contenibili nello specifico contenitore con il quale il materiale deve essere inviato in linea (come si vedrà nel sotto paragrafo corrispondente al lancio delle missioni, non sempre è presente però tale informazione o lo è in maniera univoca).

In generale l'operatore che ne effettua il travaso riempie il contenitore esattamente per i pezzi attesi quando essi sono facilmente quantificabili, o lo riempie fino all'orlo nel caso di componenti difficilmente quantificabili (come, ad esempio, piccole viti che riempiono il contenitore per alcune centinaia di pezzi). Questo avviene su scelta dell'operatore di picking allo scopo di ritardare di qualche ora la successiva chiamata di materiale dalla linea mandando più pezzi rispetto a quelli effettivamente necessari. Chiaramente, per tutti i materiali non quantificabili l'operatore dichiara a sistema il prelievo per una quantità approssimativa che non corrisponde sempre di fatto al dato reale, creando a lungo andare un'incongruenza di giacenza a sistema che causa il problema delle false giacenze, ovvero quando le missioni si agganciano ad un UDC per un certo numero di pezzi ma essa è piena solo parzialmente o è addirittura completamente vuota.

- **Contenitori vuoti mancanti**

Può succedere che nel report siano presenti delle missioni di prelievo per materiali gestiti in plastica per cui però nel carrello non è presente il vuoto da riempire. Questo, nonostante crei comunque una dilatazione dei tempi rispetto alla normale procedura di travaso, viene tipicamente risolto dall'operatore andando a porre i componenti richiesti in un sacchetto trasparente di plastica apposito presente a bordo del CE al quale viene incollata sopra un'etichetta stampata al momento con la pistola SAP.

- **Missioni di prelievo mancanti**

Succede spesso che per ogni report ci sia almeno un contenitore che viene posizionato sul carrello senza però che vi sia una missione corrispondente, questo perché, come si è visto in §4.3, quando l'operatore ha già lanciato una missione per un materiale che si è agganciata ad una UDC, per l'altro contenitore dello stesso materiale dovrebbe lanciare un'altra missione per un'altra UDC (sicuramente non ubicata vicino all'altra) allungando i tempi del picking. Se al momento del picking per quel materiale l'operatore si accorge subito del contenitore extra la situazione può essere risolta facilmente se nell'UDC prelevata sono presenti pezzi sufficienti per riempire anche il contenitore non dichiarato, altrimenti l'operatore deve cercare dal terminalino un'altra UDC effettuando una "missione parziale" (si veda §4.4). Se l'operatore invece si accorge del contenitore extra a prelievo già ultimato per quel materiale è comunque costretto ad effettuare una missione parziale e a cercare un'altra UDC o a tornare in quella da cui ha già prelevato se la quantità era sufficiente.

- **Ricerca nuova ubicazione**

È il caso in cui l'operatore deve utilizzare la voce "trasferimenti" della pistola per cercare le UDC corrispondenti ad uno o più materiali specifici nel caso in cui vi sia una "falsa ubicazione", cioè nel caso in cui la quantità a sistema non corrisponda al dato reale, con un notevole dispendio di tempi rispetto alle normali attività di picking. Se a sistema non risultano ubicazioni associate vuol dire che il codice è in rottura di stock o che è presente in qualche ubicazione non registrata; nell'ultimo caso le complicazioni sono elevate in quanto l'operatore deve informare l'ufficio competente affinché accerti la situazione mediante verifica inventariale al fine di aggiornare la giacenza a sistema (si veda §4.4).

4.6.2 Lancio delle missioni

Vengono ora di seguito presentate le problematiche riscontrate per la procedura di lancio delle missioni durante l'osservazione effettuata in linea affiancando gli operatori di competenza.

- **Mancanza informazione tipo di contenitore**

Non sempre a sistema (e quindi sulla pistola SAP) è presente l'informazione sul tipo di contenitore utilizzato per quel codice, questo perché accade che uno stesso materiale possa essere gestito sia a cartone che in plastica per linee differenti. Questo obbliga gli operatori incaricati del lancio delle missioni ad operare autonomamente delle strategie per comunicare agli operatori a magazzino dedicati al picking se le missioni lanciate siano riferite alla plastica piuttosto che al cartone. Ciò accade per esempio con il lancio delle missioni in momenti diversificati della giornata (come nel caso di linea 1 e 4) o per due microubicazioni fisse e distinte in base che sia plastica o cartone (come nel caso di linea 2 e 3). È opportuno sottolineare che questa costituisce una pratica degli operatori consolidata nel tempo e ormai non sempre fondamentale, in quanto per molte linee e codici è quasi sempre presente tale informazione, ma comunque perseguita.

- **Mancanza informazione quantità di pezzi**

Non sempre a sistema (e quindi sulla pistola SAP) è presente l'informazione sulla quantità di pezzi calcolati per il tipo e dimensione di scatola per quel codice, questo a causa del fatto che un materiale può essere gestito in scatole di differente dimensione anche all'interno della stessa linea, oppure, se presente, può essere riferita ad una sola delle varie dimensioni delle scatole con cui quel codice viene gestito creando ambiguità. Questo mette notevolmente in difficoltà gli operatori con poca esperienza nello stabilire la quantità di pezzi esatta per cui lanciare la missione, sia che si tratti di una singola scatola di plastica sia che si tratti di più scatole anche di dimensioni differenti dello stesso codice.

- **Contenitori dimenticati**

Come si è visto nel precedente sotto paragrafo, spesso nel carrello vengono posizionati contenitori vuoti per cui non è stata lanciata una missione. Questo avviene nel caso vi siano in linea più contenitori per lo stesso materiale se il magazziniere di linea ha già lanciato una missione per uno o più contenitori dello stesso materiale dimenticandone almeno uno. Dal momento che una volta creata una missione di prelievo l'UDC agganciata viene bloccata a sistema in modo che non possa essere agganciata da altre missioni, l'operatore, per

evitare di creare una sovrabbondanza di spostamenti nel picking a magazzino, si limita semplicemente a posizionare il contenitore extra nel carrello assieme a quelli dello stesso materiale per cui invece ha già lanciato una missione nella speranza che l'operatore di picking se ne accorga proprio durante il picking di quel materiale.

- **Accumulo missioni a zero**

Accade a volte che si accumulino numerose chiamate a zero che intasano il sistema e la zona stessa in cui vengono impilati i contenitori vuoti a testa in giù. L'ufficio inbound è perciò costretto a cancellare tali missioni per ripulire il sistema.

- **Etichette illeggibili o non presenti**

Alcune volte non è presente l'etichetta del materiale sullo slot corrispondente a scaffale rendendo impossibile per un operatore inesperto il posizionamento della scatola corrispondente, oppure può risultare sbiadita e dunque non leggibile e/o scannerizzabile.

- **Connessione pistola SAP**

Anche nel caso del lancio delle missioni di prelievo, come per il picking, è stata segnalata dagli operatori una frequente perdita di connessione della pistola SAP durante le operazioni.

4.6.3 Distribuzione

Per quanto riguarda l'attività di distribuzione dei pieni dal carrello ai vari scaffali di linea sono state individuate in seguito alle interviste con gli operatori interessati le frequenti problematiche che vengono di seguito riportate.

- **Disposizione dei contenitori pieni sul carrello**

Come al termine del lancio delle missioni il posizionamento dei vuoti (nel caso della plastica) risulta casuale andando solamente a raggruppare i contenitori per comunanza di materiale, anche nel posizionamento a picking ultimato i contenitori pieni risultano disposti nella stessa maniera e, come tali, pervengono ai magazzinieri di linea che procedono alla loro distribuzione sui vari scaffali a bordo linea. Questo costringe gli operatori che li distribuiscono a compiere movimentazioni sovrabbondanti all'interno della linea a meno che

non decidano di raggrupparli in base alla zona della linea (A, B, C e D) così da ottimizzare gli spostamenti e, anche se ciò non risulta spesso possibile data la quantità dei pieni nel carrello e la poca estensione superficiale di questo e della zona circostante, accade che magari l'operatore distribuisca i primi contenitori per poi suddividerli per zona una volta sfolto il carrello.



Figura 4.23: Esempio di carrello con i contenitori pieni da distribuire (cartone)

- **Mancanza indicazione scaffale per il cartone**

Mentre per i contenitori di plastica oltre all'etichetta recante il codice a barre e il codice numerico corrispondente al materiale contenuto è presente anche un'etichetta colorata che segnala la microubicazione (ovvero il SAG), per i contenitori di cartone, essendo gestiti nell'imballo primario originale del fornitore, quest'ultima informazione chiaramente non è presente. Questo crea notevole difficoltà nella loro distribuzione per gli operatori meno esperti, i quali li devono distribuire tra i vari scaffali leggendo dal RMP la sigla della microubicazione, mentre per gli operatori più esperti tale informazione non è fondamentale in quanto sanno già a grandi linee in che zona della linea è posizionato quello specifico materiale.

- **Urgenze**

Come si è visto nella parte relativa alla distribuzione di §4.3, oltre alle normali attività di lancio delle missioni, trasferimento del carrello da riempire e distribuzione dei pieni (si veda il diagramma di Gantt di Figura 4.7) ogni magazziniere di linea effettua per la stessa la gestione delle urgenze, le quali

lo costringono il più delle volte ad un frequente andirivieni tra il magazzino e la linea. Questo, oltre ad occupare buona parte del tempo dell'operatore all'interno della giornata lavorativa, abbassa inoltre l'efficienza delle sue normali attività poiché lo costringe ad interromperle di continuo. La causa di queste urgenze può essere ricercata in uno scorretto dimensionamento del volume dei SAG di linea, i buffer cioè delle piccole parti per ciascuna linea di assemblaggio, in quanto accade giornalmente che il magazziniere di linea sia costretto a recarsi a magazzino per prelevare un materiale urgente per cui o non è ancora stata lanciata una missione di prelievo o il carrello con i pieni non è ancora stato consegnato.

4.6.4 Stoccaggio

Come si è visto nel sottoparagrafo dell'analisi dati relativo alla distribuzione della giacenza, lo stoccaggio di tutti i codici della minuteria avviene in maniera casuale in base alla disponibilità volta per volta di slot liberi nel magazzino a scaffale, o eventualmente al magazzino ad alta densità qualora il precedente sia pieno. In aggiunta a questo, i pallet contenenti le UDC di minuteria rimangono nella zona dell'ACEMA in attesa di essere stoccati spesso fino al loro effettivo picking, diventando di fatto una vera e propria zona di stoccaggio.

Una politica di stoccaggio casuale ha sicuramente il vantaggio di massimizzare la capacità del magazzino in esame, come viene spiegato nel secondo capitolo, ma ha lo svantaggio di penalizzare i tempi di picking nell'accesso ai vari slot presupponendo una probabilità di accesso equivalente per tutti i livelli e le file della scaffalatura. Ciò ha un impatto negativo sui tempi del picking relativi alle attività di prelievo e riposizionamento della SKU contenente l'UDC agganciata a ciascuna missione del report che impattano sul 13,3% dei tempi totali di picking, poiché il tempo di questa attività risulta crescente con l'aumentare del livello.

Capitolo 5

Situazione “TO BE” della minuteria

All'interno del seguente capitolo viene proposta la nuova situazione della minuteria con il primario scopo di snellire la gestione dei piccoli componenti diminuendone il numero di FTE dedicati rispetto alla situazione attuale (presentata nel dettaglio nei Capitoli 3 e 4).

Verranno dapprima presentate, nel primo paragrafo, le considerazioni che sono state fatte per valutare le alternative implementabili rispetto a quanto viene proposto in letteratura e rispetto a quanto viene impiegato nelle attuali realtà aziendali; il tutto rispetto a quelli che sono stati i risultati delle analisi effettuate sulla situazione AS IS.

Una volta individuata l'idea più promettente, in grado di coniugare un'elevata semplificazione ed efficientamento della gestione delle piccole parti con la disponibilità dell'azienda verso una riconversione delle risorse e verso nuovi investimenti, nel secondo paragrafo sarà illustrato il principio di funzionamento della gestione “TO BE”.

Nel terzo paragrafo saranno mostrati nel dettaglio i calcoli e i ragionamenti che hanno permesso di verificare la fattibilità dell'idea che viene proposta in termini di spazio e capacità del magazzino, fino al dimensionamento delle varie aree e al riposizionamento delle strutture già impiegate.

Nel quarto paragrafo saranno spiegati nel dettaglio la nuova gestione dei codici per quanto concerne lo stoccaggio e il refilling del magazzino, i mezzi e le politiche di alimentazione delle linee e il picking nella sua nuova configurazione.

Nel quinto paragrafo, sarà descritto nel dettaglio il flusso informatico della nuova gestione dei piccoli componenti, illustrando come saranno gestiti le chiamate dalla linea, lo stoccaggio e il picking a magazzino sui vari software gestionali (SAP e SAD).

Nel sesto e ultimo paragrafo saranno invece presentati i risultati ottenuti dalla gestione proposta relativamente ai tempi risparmiati nelle varie operazioni e al numero

conseguente numero di FTE risparmiati (il vero KPI del progetto), uniti al calcolo della convenienza economica della soluzione proposta.

5.1 Le considerazioni

Come primo step per la proposta di una concreta idea di miglioramento per la situazione attuale della gestione della minuteria nello stabilimento di Carraro Drivetech Italia Spa, occorre opportuno analizzare dapprima le alternative implementabili proposte in letteratura e nelle realtà aziendali contemporanee.

Le macro-operazioni di cui si intende ottimizzare l'attuale gestione dei piccoli componenti, come già illustrato, riguardano il loro stoccaggio, il loro picking e la loro alimentazione delle linee di assemblaggio. Dunque, su questa linea di intervento risulta fondamentale ragionare su:

- Tipo di magazzino
- Metodo di allocazione
- Operazioni di picking
- Alimentazione di linea

Per quanto riguarda il tipo di magazzino, si delinea una scelta fondamentale sull'adottare un magazzino statico (composto per esempio dalle classiche scaffalature già presenti nello stabilimento) quanto piuttosto un magazzino semi-automatico o automatico (come ad esempio sistemi VLM o *mini-load system*). Al fine di orientare la scelta verso la miglior soluzione risulta indispensabile considerare il numero di prelievi effettuati al magazzino in un dato intervallo temporale. Qualora la quota oraria di prelievi orari sia particolarmente elevata risulta sicuramente efficiente adottare un magazzino semi-automatico o automatico a seconda di quale sia la capacità di stoccaggio che si vuole perseguire.

Si prenda il grafico di Figura 5.1, il quale mostra il posizionamento di un tipo di magazzino rispetto all'altra in base alla capacità di stoccaggio (asse orizzontale) e in base alla performance in prelievi orari (asse verticale). Come se ne deduce facilmente, il caso Carraro risulta ben lontano dalla convenienza nell'adottare un magazzino

automatizzato di questo tipo se si considera la media giornaliera di **300 prelievi/giorno** (o righe/gg). Sarà dunque preferibile mantenere un magazzino di tipo statico, apportando qualche modifica per ottimizzare la gestione della minuteria, come si vedrà successivamente.

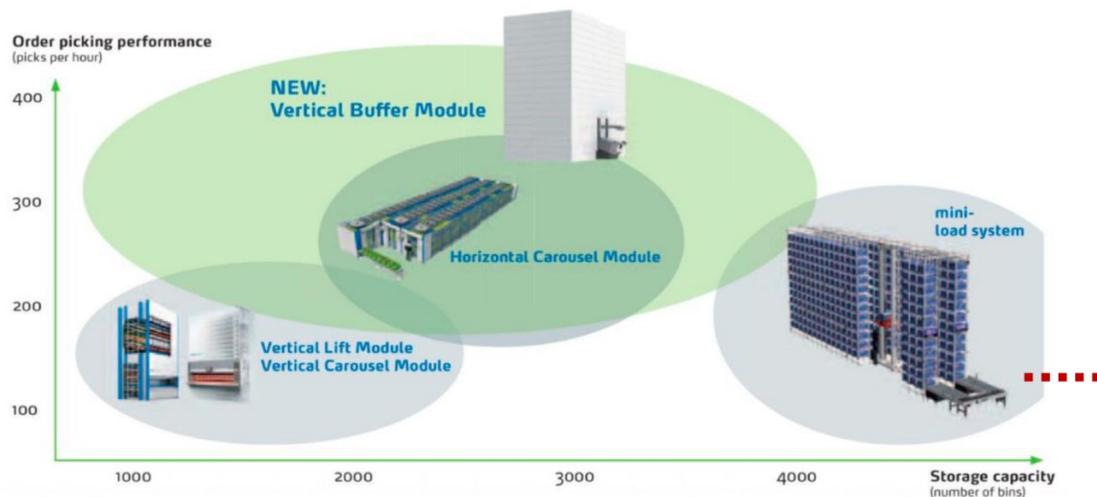


Figura 5.1: Confronto tipologie di magazzini automatici e semi-automatici in base alla capacità di stoccaggio e alla performance di picking (prelievi/ora) (fonte pdf.directindustry.de/pdf-en/kardex-remstar/lr35-en-rgb/37211-685205.html#open1814291)

Per quanto concerne il posizionamento dei codici della minuteria a magazzino occorre fondamentale cominciare a considerare il *turn-over*, ovvero il consumo e/o la frequenza di consumo, dei vari materiali, introducendo, per esempio, un criterio di allocazione per classe quanto piuttosto dedicato. Ciò ha sicuramente l'immediato vantaggio di diminuire i tempi di picking a scapito però della massimizzazione della capacità di stoccaggio del magazzino, perseguibile solitamente con una politica di allocazione random.

L'attività di picking, come si vede chiaramente dalle analisi del precedente capitolo, risulta l'attività più onerosa in termini di tempi dell'intero processo di gestione della minuteria dal suo stoccaggio alla sua alimentazione di linea; risulta perciò vitale nella riduzione delle persone dedicate (e dei costi) la sua ottimizzazione. Numerose sono, come si è visto nel secondo capitolo, le alternative possibili per il picking: sia esso automatizzato (*goods-to-man*) o manuale (*man-to-goods*), a basso o alto livello, piuttosto che di vario tipo in base a come vengono prelevati gli ordini (*order picking*, *batch picking*, etc.). Propendendo per un magazzino statico, il picking rimane manuale e, avendo delle liste di prelievo particolarmente corpose, risulta anche superfluo valutare differenti strategie di picking rispetto al già adottato *order picking*. Risulta

però possibile fare delle considerazioni sulla preferenza di un picking a basso livello, in favore di minori tempi e costo dei mezzi impiegati, piuttosto che di un picking ad alto livello, aumentando i tempi e i costi dei mezzi adottati in favore di un maggiore accesso al magazzino nella sua interezza. Date le percentuali della cubatura delle varie attività sui tempi totali di picking risulta fondamentale ridurre i tempi travaso e conferma della missione di prelievo, nonché i tempi di accesso, di percorrenza e di ricerca.

L'alimentazione di linea, infine, deve "tirare" l'approvvigionamento di materiali dal magazzino il più possibile, senza interrompere il flusso. Le procedure di lancio della missione, conferma di prelievo e conferma di trasferimento, se da un lato assicurano la tracciabilità dei materiali e scongiurano la possibilità di perdita delle informazioni, dall'altro rendono il flusso di materiali dal magazzino alla linea estremamente macchinoso e ridondante. L'attività di conferma delle missioni di prelievo (e di trasferimento) dei picker cuba circa il 20% dei tempi totali di picking, mentre l'attività di lancio delle missioni di prelievo cuba circa il 25% delle operazioni giornaliere degli FTE dedicati all'alimentazione di linea (i magazzinieri di linea). Sarà dunque fondamentale elaborare una nuova gestione che possa ridurre tali attività in favore di un'alimentazione di linea per le piccole parti il più semplice, efficace e snella possibile, senza inficiare l'efficienza del sistema logistico e la tracciabilità dei materiali a sistema.

5.2 Il principio di funzionamento

L'obiettivo primario di ridurre il numero di FTE dedicati alle operazioni logistiche della gestione dei piccoli componenti conduce certamente alla fondamentale missione di aggredire i tempi relativi alle attività di picking, lancio delle missioni, distribuzione dei pieni e prelievo dei vuoti.

Una prima soluzione può risultare sicuramente quelle di ripensare le procedure nell'ottica di snellirle, sia dal punto di vista delle varie attività pratiche che l'operatore deve svolgere, sia dal punto di vista della procedura informatica, la quale risulta irrinunciabile se si vuole mantenere la coerenza tra il dato fisico e il dato reale.

Una seconda soluzione, che non vada per forza ad escludere la prima, risulta quella di ripensare il layout e la struttura dell'attuale magazzino introducendo una nuova gestione dei codici e delle nuove sotto strutture (come una rulliera) e ripensando le politiche di stoccaggio vigenti.

Dalla sinergia tra queste due prospettive di miglioramento e nel rispetto della volontà aziendale di valorizzare il più possibile l'utilizzo delle strutture e delle risorse già presenti all'interno dello stabilimento limitando i nuovi investimenti, viene di seguito spiegato il principio di funzionamento della situazione futura ("TO BE") della gestione dei piccoli componenti.

La nuova gestione si concretizza nella fondamentale idea di creare una *fast-picking area* (o *forward area*) all'interno dei vari scaffali nell'area di stoccaggio dedicata alla minuteria, una soluzione sempre più popolare che permette di aumentare l'efficienza del picking (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). All'interno di tale area, i codici saranno stoccati con politica di **allocazione dedicata e per classe**⁷⁷, risultando dunque disposti in un'ubicazione fissa in base a quella che è la loro classe di frequenza di consumo e di consumo medio determinata con le analisi presentate nel precedente capitolo, in previsione di privilegiare, chiaramente, i codici più alto rotanti.

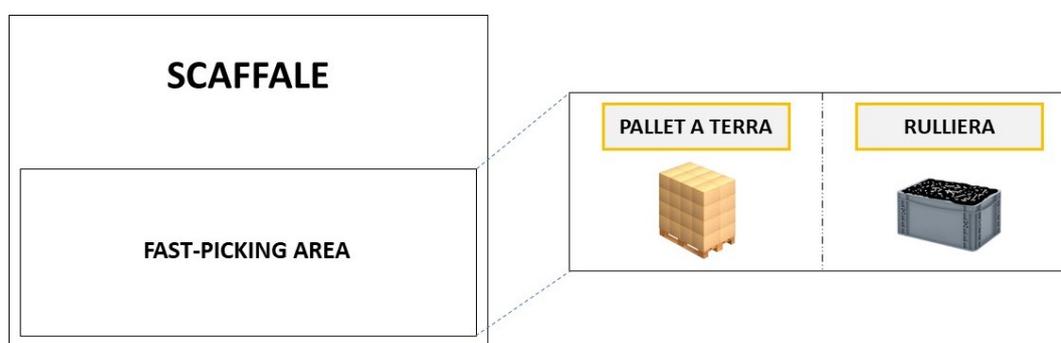


Figura 5.2: Suddivisione e disposizione della fast-picking area all'interno dello scaffale

L'area di fast-picking sarà a sua volta suddivisa in due zone costituite da codici stoccati in:

1. **Pallet disposti a terra;**
2. **Cassette** (di plastica o di cartone) disposte **su una rulliera** a più livelli e posizionata ad altezza uomo;

⁷⁷ Per le politiche di allocazione si rimanda a §2.4.1.

mentre il resto della scaffalatura viene dedicata ai codici non disposti nell'area di fast picking o allo stock di rifornimento dei codici della rulliera; entrambi i quali saranno stoccati secondo una politica random.

Come si può dedurre, la gestione sarà differente a seconda che i codici siano ubicati nell'area dei pallet a terra, per i quali sarà previsto un travaso manuale al momento del picking secondo le modalità viste nei precedenti capitoli; o sulla rulliera, per i quali dovrà invece essere effettuato un travaso a priori al momento di refilling della stessa (solo nel caso di gestione in scatolette di plastica) e al momento del picking dovranno solamente essere prelevati. Per i codici ubicati nella zona rimanente dello scaffale (che verrà indicata come *reserve area*) il picking rimarrà inalterato rispetto alle modalità attuali. Nel prossimo paragrafo sarà pertanto valutata la disposizione dei codici nelle varie aree in base alla classe mediante calcoli e secondo le opportune considerazioni.

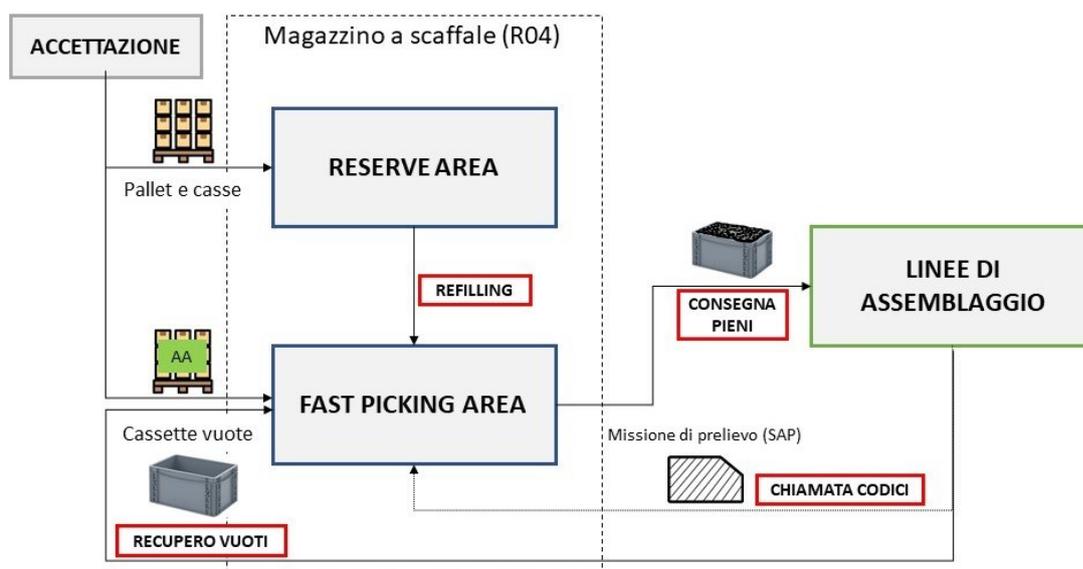


Figura 5.3: Schema di funzionamento situazione TO BE

Le chiamate dei codici dalla linea avverranno sempre tramite creazione di una missione di prelievo su SAP con una procedura che, come si vedrà successivamente, sarà semplificata, mentre il loro prelievo a magazzino avverrà, nel caso dell'area di fast-picking, sulla base di un report generato dal MES "SAD" in base alle ubicazioni fisse presenti in una scheda anagrafica che sarà in grado di automatizzare il trasferimento su SAP dei materiali dal magazzino contabile di riferimento verso il montaggio.

Le scatole vuote dei codici gestiti a rulliera saranno poi prelevate dai vari SAG di linea e poste su di un apposito livello superiore della rulliera sopra la loro posizione fissa, in attesa di essere rifornite al momento del refilling, oppure posizionate sugli opportuni carrelli in attesa di essere riempite nel caso i codici siano a terra, in attesa di essere riempite durante il picking.

5.2.1 I codici a terra

Per i codici a terra si prevede di posizionare dei pallet omogenei per i codici a più alta rotazione (ad esempio quelli di classe AA), i quali saranno composti (come la situazione attuale) da un pallet sormontato da un parietale al cui interno saranno posizionate le scatole in cartone del materiale. Ciascun pallet sarà poi assegnato ad un'ubicazione fissa secondo una politica di stoccaggio dedicata e per classe, permettendo di eliminare i tempi di accesso all'ubicazione, mentre vengono minimizzati i tempi di ricerca e i tempi dovuti all'insorgere di complicazioni. Per assegnare un pallet ad una data posizione a terra occorre fornire al momento dell'accettazione l'opportuna informazione sull'ubicazione associata, in modo che, al momento di rifornire la cella, l'operatore dedicato allo stoccaggio possa prelevare il pallet dall'accettazione e posizionarlo opportunamente.

Una gestione di questo tipo risulta possibile in quanto i materiali ad altissima rotazione, sia in termini di quantità che di frequenza (la classe AA per l'appunto), provengono dai fornitori tipicamente in pallet omogenei e per un gran numero di scatole alla volta. In caso contrario dovrebbe essere prevista un'operazione di smistamento tra le scatole ricevute per formare dei pallet omogenei da stoccare nelle ubicazioni fisse.

5.2.2 I codici a rulliera

I codici a rulliera saranno invece posizionati all'interno di scatole di plastica o cartone di tre dimensioni standard (si veda la Tabella 5.2) posizionate sui rulli della stessa con una copertura del fabbisogno medio di un certo numero di giorni e in previsione di venire riforniti sistematicamente dopo un certo intervallo di giorni. Ciascun materiale avrà una sua fila (o file) dedicata all'interno della quale le scatole saranno disposte o sul lato corto o su quello lungo. Il prelievo delle scatole piene e il posizionamento dei

vuoti avverranno frontalmente rispetto alla rulliera, mentre il loro riempimento (refilling) avverrà dal retro. I pallet contenenti i materiali per rifornire la rulliera saranno invece posizionati con logica casuale sugli slot rimanenti della scaffalatura, assieme ai codici basso rotanti gestiti unicamente a scaffale con logica random.

Il vantaggio di una simile gestione risulta quello di diluire i tempi di accesso, poiché l'abbassamento del pallet per rifornire la rulliere non avviene più giornalmente ma solo dopo un intervallo stabilito di giorni; nonché quello, come nel caso precedente, di diminuire i tempi di ricerca e le complicazioni.

Nell'ottica di posizionare alcuni livelli di rulliera all'interno della scaffalatura, risulta dunque evidente la necessità di un re-layout della disposizione attuale degli scaffali affinché sia possibile il loro accesso sia frontalmente che posteriormente.

5.3 Studio di fattibilità

Prima di procedere al dimensionamento della *fast-picking area* (FPA) e delle aree che la compongono, occorre opportuno soffermarsi sui vantaggi correlati alla disposizione di un codice in una zona della FPA piuttosto che nell'altra al fine di decidere quali classi di codici assegnarvi. Per fare ciò, si considerino i tempi medi necessari per effettuare un picking completo di una riga di report espressi in secondi e suddivisi tra le 10 attività fondamentali di picking⁷⁸ nelle tre casistiche di situazione attuale (AS IS), rulliera e disposizione a terra.

Partendo dal dato aziendale secondo cui la media di righe prelevate al giorno risulta pari a 300, è possibile, considerando i 3 FTE impiegati nelle operazioni di picking per l'intera giornata lavorativa, calcolare il tempo necessario per processare una riga del report espresso in secondi come:

$$T_{riga} = \frac{3 \text{ FTE} * 8 \frac{h}{gg} * 60 \frac{min}{gg} * 60 \text{ s/min}}{300 \frac{righe}{gg}} = 288 \text{ s/riga}$$

⁷⁸ Si veda al riguardo §4.4 e §4.5.3.

Questo risulta il tempo complessivo per effettuare un picking completo di una riga di report nella situazione attuale, il quale può essere dettagliato nelle durate delle 10 attività fondamentali secondo le cubature percentuali ricavate dalle analisi del precedente capitolo, come si vede dalla prima colonna di Tabella 5.1.

Attività	Tempi per riga di missione [s]		
	AS IS	RULLIERA	TERRA
Percorrenza	27,7	27,7	27,7
Spostamento pallet CV	17,9	17,9	17,9
Accesso	38,3	12,8	0
Ricerca materiale	21,7	5	2
Ricerca CV	18,3	0	5
Travaso	54	54	54
Movimento a piedi	17,8	8,9	8,9
Conferma MP	50,8	21,9	5
Posizionamento CP	10,8	5,4	5,4
Complicazioni	30,6	10	10
Totale	288,0	163,7	136

Tabella 5.1: Confronto tempi di picking⁷⁹ per riga tra situazione AS IS e alternative TO BE

In base ai tempi presentati⁸⁰, si può procedere calcolando il tempo guadagnato per riga delle due soluzioni TO BE come:

$$\Delta_{riga} = T_{riga}^{AS IS} - T_{riga}^{TO BE}$$

ottenendo $\Delta_{riga}^{TERRA} = 152 s$ e $\Delta_{riga}^{RULLIERA} = 124,3 s$.

Consentendo la soluzione con i pallet omogenei posizionati a terra di ridurre i tempi di picking per riga di quasi 30 secondi rispetto alla rulliera, risulta quindi preferibile

⁷⁹ Viene fatto presente che nei tempi di picking dell'alternativa TO BE della rulliera sono compresi anche i tempi relativi all'operazione di refilling della stessa, come i tempi di accesso, di travaso e una quota parte dei tempi di percorrenza e di conferma della MP.

⁸⁰ I calcoli e le stime condotte per ottenere i tempi delle 10 attività fondamentali nelle due configurazioni TO BE saranno dettagliati nel paragrafo conclusivo del capitolo.

associarla ai codici a più alto consumo e frequenza di consumo (i codici di classe AA), in modo da massimizzare l'effetto di questa riduzione dei tempi.

Come si vede da Tabella 4.3, i codici di classe AA risultano 167 e assegnando ciascun pallet ad una posizione fissa dovranno essere previsti almeno un ugual numero di posti pallet sui livelli inferiori delle scaffalature.

Supponendo di mantenere le attuali scaffalature, per numero e caratterizzazione, i posti pallet disponibili a terra risultano:

$$N^{\circ} \text{ posti pallet}_{a \text{ terra}} = 3 \text{ scaffali} * 16 \text{ campate} * 3 \frac{\text{posti pallet}}{\text{campata}} + 2 \text{ scaffali} * 15 \text{ campate} * 3 \frac{\text{posti pallet}}{\text{campata}} = \mathbf{234 \text{ posti pallet a terra}}$$

dunque mantenendo le attuali strutture lo spazio risulterebbe ampiamente sufficiente, anche considerando i 40/45 posti pallet occupati da dei codici della minuteria gestiti in *milk-run* e non considerati nelle analisi del seguente elaborato.

5.3.1 Dimensionamento rulliera

Risulta ora opportuno dimensionare la rulliera al fine di alloggiare le scatole (di plastica o cartone) dei codici a media rotazione per un determinato numero di giorni di copertura del fabbisogno e prevedendone il rifornimento sistematico dopo un certo intervallo di tempo.

È doveroso premettere che le scatole attualmente utilizzate per l'alimentazione dei piccoli componenti, sia di plastica che di cartone, risultano nella maggior parte dei casi di tre dimensioni standard.

Dimensione scatola	Sigla	Misure [mm]
Piccola	p	200x150x130
Media	m	300x200x120
Grande	g	350x200x200

Tabella 5.2: Dimensioni standard scatole dei piccoli componenti

Il dimensionamento della rulliera è stato condotto sulla base di alcune iterazioni nella procedura di calcolo variando i parametri del numero di giorni di copertura, del

numero di livelli della rulliera, del numero di scaffali muniti di rulliera e variando le classi da alloggiarvi.

Si è dapprima calcolata l'**estensione lineare massima** della rulliera come

$$E_{MAX} = L * S * C * l_{RULL}$$

dove L costituisce il numero di livelli della rulliera, S il numero di scaffali dotati di rulliera, C il numero di campate per scaffale ed l_{RULL} la larghezza utile di ciascuna rulliera (si veda le quote di Figura 5.5), considerando che ogni rulliera venga incastrata in una campata.

Successivamente è stata creata una tabella Excel in cui sono stati inseriti tutti i codici della minuteria con le corrispettive informazioni relative alla classe, al tipo di contenitore impiegato, alla quantità di pezzi calcolata per quel tipo e dimensione di contenitore. Sono stati poi calcolati interpolando i dati dello storico i consumi medi, espressi in scatole/gg, e la giacenza media a magazzino, espressa in pz. A partire dal consumo medio Q_{medio} e in base ai giorni di copertura $\Delta T_{copertura}$, è stato calcolato per ciascun materiale il numero di scatole da posizionare sulla rulliera come

$$N_{scatole} = \left[Q_{medio} \left[\frac{scatole}{gg} \right] * \Delta T_{copertura} \right]$$

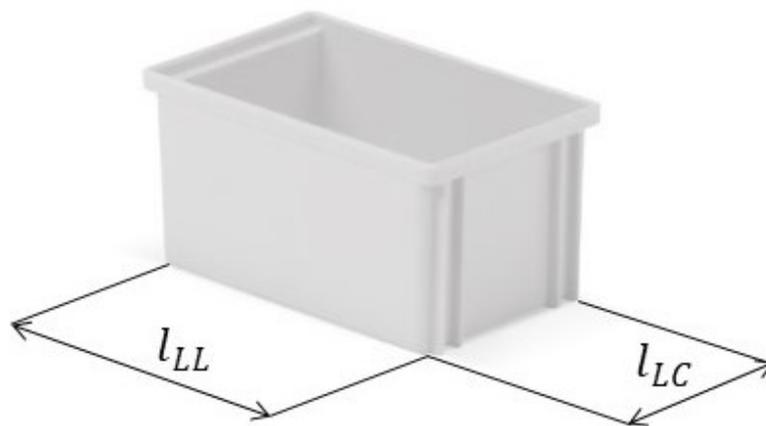


Figura 5.4: Quote scatola standard per rulliera

Per ciascun materiale sono state portate avanti due ipotesi in parallelo relativamente al posizionamento delle cassette:

1. **Posizionamento sul lato corto (LC)** della scatola, il quale consente di massimizzare le file dedicate ai vari materiali nella rulliera a scapito del numero di scatole in fila per ciascun materiale
2. **Posizionamento sul lato lungo (LL)** della scatola, il quale consente di massimizzare il numero di scatole dello stesso materiale per ogni fila minimizzando il numero di file per campata.

In base a questa suddivisione, per ciascuna delle due strade è stata calcolato il numero di scatole per una fila di rulliera necessarie per ciascun materiale come

$$N_{scatole_fila}^{LC} = \frac{h_{RULL}}{l_{LL}}$$

$$N_{scatole_fila}^{LL} = \frac{h_{RULL}}{l_{LC}}$$

dove l_{LL} e l_{LC} sono rispettivamente il lato lungo e corto delle scatole, mentre h_{RULL} e l_{RULL} sono la profondità e l'altezza della rulliera (si vedano le quote di Figura 5.4 e Figura 5.5).

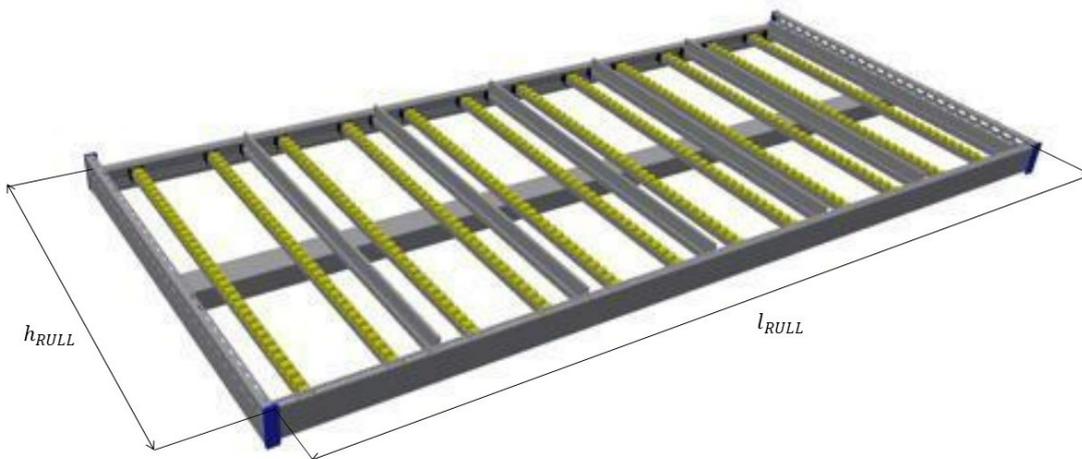


Figura 5.5: Quote della rulliera (da foto preventivo)

Successivamente, nell'ipotesi di garantire che per ciascuna fila sia presente un unico materiale omogeneo, è stato calcolato per ciascun codice il numero di file della rulliera necessarie sia per l'ipotesi LC che per LL come

$$N^{\circ}_{file} = \left\lceil \frac{N_{scatole}}{N_{scatole_fila}} \right\rceil$$

Infine, è stata calcolata l'estensione lineare di rulliera occupata da ciascun codice come

$$E^{LC} = N_{file}^{oLC} * l_{LC}$$

$$E^{LL} = N_{file}^{oLL} * l_{LL}$$

e confrontando l'estensione lineare totale occupata dai codici in entrambi i casi si ottiene sempre che

$$E_{TOT}^{LC} < E_{TOT}^{LL}$$

Condizione fondamentale per il dimensionamento della struttura nella scelta dei parametri di

- Copertura del fabbisogno ($\Delta T_{copertura}$)
- Numero di livelli della rulliera (L)
- Numero di scaffali muniti di rulliera (S)

risulta chiaramente la disuguaglianza

$$E_{TOT}^{LC} < E_{MAX}$$

In seguito ad alcune iterazioni nella procedura di calcolo la soluzione ottimale è stata individuata considerando di posizionarvi tutte le classi di codici ad esclusione della classe AA e CC dai parametri di progetto che vengono riportati nella seguente tabella.

$\Delta T_{copertura}$ [gg]	L [m]	S [m]	E_{MAX} [m]	E_{TOT}^{LC} [m]
7	2	3	256,5	228,15

Tabella 5.3: Parametri di progetto rulliera

5.3.2 Re-layout magazzino

In base ai parametri di progetto della rulliera ricavati nel precedente sottoparagrafo occorre ora di vitale importanza valutare il re-layout dell'attuale zona di magazzino dedicata alla minuteria.

Poiché, come si è anticipato nel precedente paragrafo, le rulliere dovranno essere rifornite periodicamente, sarà fondamentale scegliere se tale processo avrà luogo frontalmente alla stessa (in logica LIFO) o posteriormente (in logica FIFO). Essendo la copertura delle scatole poste sui rulli in grado di coprire un fabbisogno di parecchi giorni, potrebbe essere controproducente alimentare una rulliera frontalmente in logica LIFO, poiché, supponendo il refilling avvenga ad ogni metà periodo di copertura, le scatole retrostanti rimarrebbero immobili, portando conseguentemente a problemi di obsolescenza e senescenza. Essendo la tendenza aziendale per quanto riguarda la gestione della minuteria di alimentare le linee in logica FIFO (come si era visto con la selezione delle UDC durante il lancio delle missioni in §4.3), si procederà nell'ipotesi di alimentare le rulliere posteriormente. Da qui, diventa dunque necessario valutare una nuova disposizione degli scaffali che alloggeranno le rulliere affinché siano accessibili anche da dietro.

Come già anticipato, i codici presenti nelle rulliere sotto forma di scatola di plastica (travasata a priori) o di cartone avranno un'ubicazione fissa in base ad una politica di allocazione dedicata e per classe, mentre il loro rifornimento avverrà dai pallet posizionati in logica random sulla zona rimanente della scaffalatura (ad esclusione dei livelli a terra che vengono dedicati ai pallet alto rotanti). Tale alimentazione dovrà perciò avvenire mediante l'utilizzo di opportuni carrelli elevatori e le corsie dedicate al transito di tali mezzi dovranno essere delle opportune dimensioni.

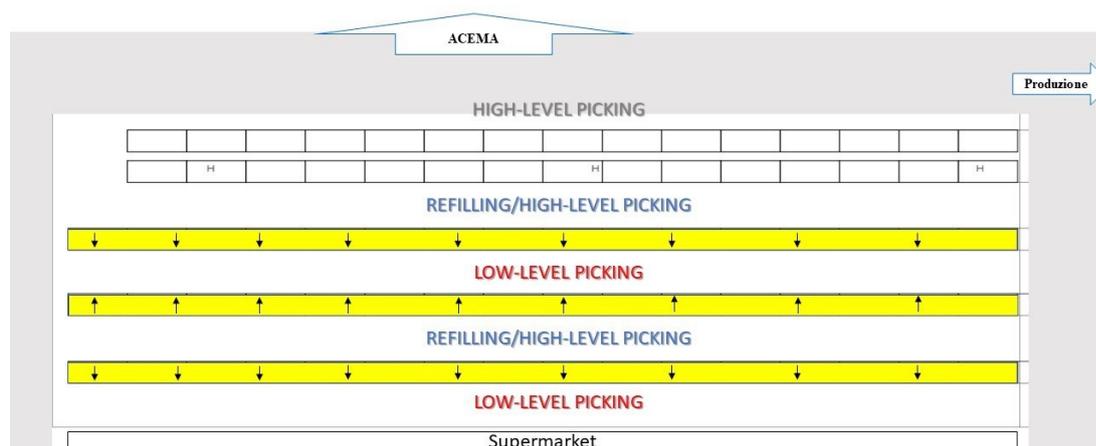


Figura 5.6: Schema di funzionamento del nuovo layout del magazzino della minuteria

Come si osserva dallo schema di Figura 5.6, saranno presenti:

- **3 scaffali con rulliera** (evidenziati in giallo), utilizzando possibilmente i tre scaffali già impiegati a 16 campate;

- **2 scaffali senza rulliera**, utilizzando possibilmente i due scaffali già impiegati a 15 campate che alloggiavano le tre colonne portanti della copertura della zona di stoccaggio;

mentre le corsie saranno suddivise in base alle attività e alla dimensione in:

- **2 corsie di *low-level picking***, accessibili soltanto a piedi e con un bull;
- **2 corsie di *refilling della rulliera e high-level picking***, operati mediante opportuno carrello elevatore.

A seconda dell'attività la corsia potrà avere una larghezza minima in accordo con le dimensioni dei mezzi che la attraversano e le normative sulla sicurezza, pari a:

- **2,1 metri**, per le corsie accessibili da carrelli elevatori specifici;
- **2 metri** per le corsie accessibili a piedi e tramite treno rimorchiatore (*tow train* in inglese).

Tenendo conto di queste misure, della larghezza degli attuali scaffali (pari a 1 metro) e dei vincoli dati dallo spazio attuale dedicato alla scaffalatura (come il perimetro dell'area dedicata e le colonne portanti della copertura dello stabile che devono per forza essere contenute in uno scaffale) si è ricavato il seguente layout:

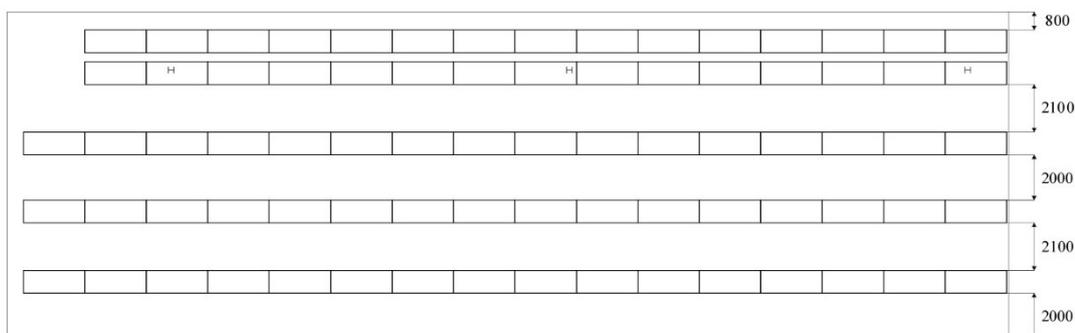


Figura 5.7: Nuovo layout del magazzino della minuteria

Come si osserva paragonando il layout di Figura 5.7 a quello di Figura 3.8, i primi due scaffali (quelli da 15 campate) vengono lasciati così come sono, affinché non vi sia il problema di una ricollocazione delle colonne portanti dello stabile, mentre gli altri tre scaffali vengono ridisposti in maniera da essere separati tra di loro e dalle scaffalature adiacenti dalle opportune corsie (di solo picking o miste).

A questo punto risulta fondamentale stabilire la suddivisione dei livelli di ciascuno dei tre scaffali dotati di rulliera.

Come già anticipato, i pallet omogenei di classe alto rotante (classe AA) saranno posizionati in maniera dedicata a terra su tutte e 5 le scaffalature, mentre i livelli di rulliera occuperanno il secondo livello dei 3 scaffali adibiti in modo da essere comodamente accessibili per l'handling manuale da parte dell'operatore. I livelli superiori alla rulliera saranno pertanto occupati da tutti i pallet eterogenei (e le casse omogenee) contenenti tutti i codici che riforniscono le rulliere e tutti quelli che non sono stoccati né a terra né sulla rulliera (classe CC, etc.).

Considerando l'altezza totale delle colonne della scaffalatura pari a 4,5 metri, sarà possibile posizionare un livello fino a tale altezza tenendo conto che a 6 metri dal terreno sono presenti lampade e altri elementi collegati al soffitto dello stabilimento.

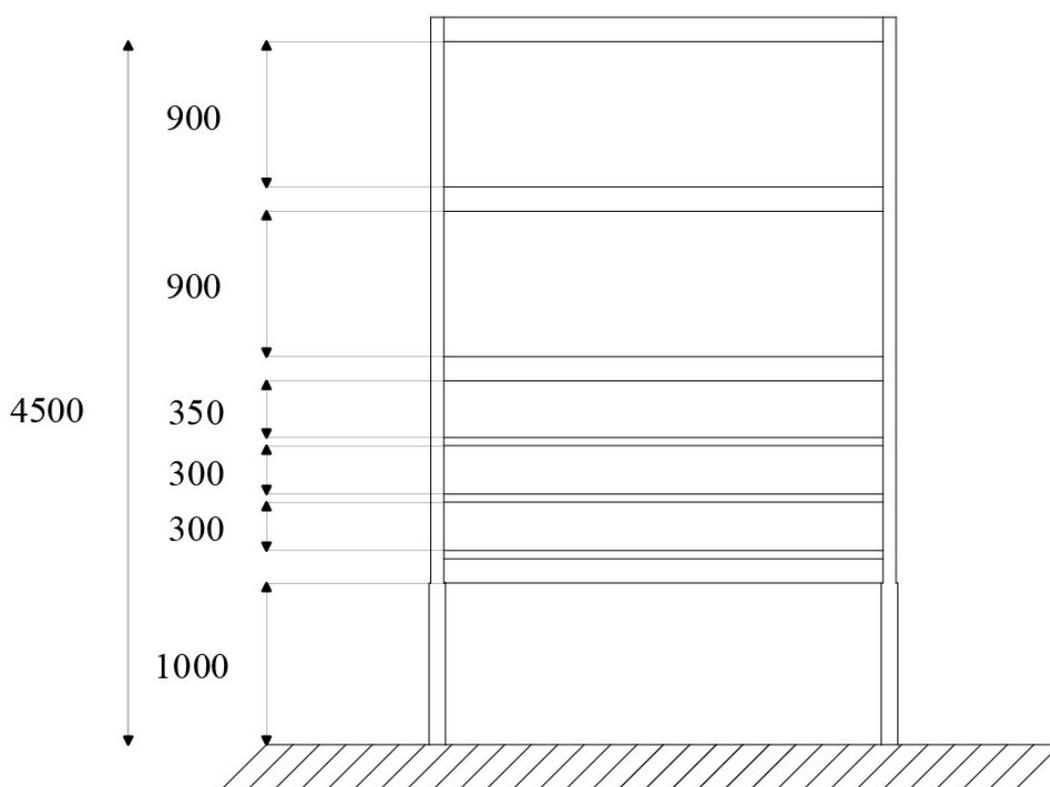


Figura 5.8: Suddivisione livelli di uno scaffale con rulliera⁸¹

I livelli della rulliera, dovendo alloggiare scatole di altezza massima pari a 200 mm, potranno essere di 30 cm ognuno (35 contando anche l'ingombro del telaio della rulliera). Lasciando com'è il corrente del primo livello, ovvero ad un'altezza dal suolo

⁸¹ Per il render 3D completo della scaffalatura con rulliera si rimanda alle Appendici C.

di 1 m e considerando i suoi 15 cm di spessore, è possibile alloggiarvi i 3 livelli di rulliera subito sopra e distanziati tra di loro di 35 cm, posizionando, infine, 3 livelli di pallet a 90 cm gli uni dagli altri, sempre tenendo conto dello spessore dei correnti.

In questo modo si mantengono i posti pallet attualmente presenti a scaffale, poiché l'inserimento della rulliera permette lo stesso di alloggiare 3 livelli superiormente oltre a quello inferiore), e si sfrutta la rigidità del corrente che sovrasta il primo livello per proteggere la struttura di alluminio da eventuali movimentazioni errate del pallet sottostante.

5.3.3 Verifica capienza scaffali

In base alla procedura di calcolo descritta in §5.3.1, sono stati svolti i conti per verificare la fattibilità di una rulliera al variare dei giorni di copertura del fabbisogno e a seconda delle classi da alloggiarvi. I risultati hanno evidenziato la possibilità di gestire a rulliera tutti i codici di minuteria ad esclusione della classe AA, gestita con pallet omogenei a terra, e la classe CC, gestita con uno stoccaggio random sui livelli superiori della scaffalatura.

Classe	Quantità codici	Posizionamento
AA	167	A TERRA
AB	70	RULLIERA
AC	11	RULLIERA
BB	264	RULLIERA
BA	52	RULLIERA
BC	56	RULLIERA
CC	1142	SCAFFALE
CB	91	RULLIERA
CA	5	RULLIERA

Tabella 5.4: Disposizione dei codici a scaffale in base alla classe

Valutata dunque la fattibilità della rulliera per la gestione di tali classi, occorre fondamentale verificare la capienza della scaffalatura per i pallet rimanenti.

Per quanto riguarda i posti pallet a terra il calcolo risulta:

$$N^{\circ} \text{ posti pallet}_{a \text{ terra}} = 3 \text{ scaffali} * 16 \text{ campate} * 3 \frac{\text{posti pallet}}{\text{campata}} + 2 \text{ scaffali} * 15 \text{ campate} * 3 \frac{\text{posti pallet}}{\text{campata}} = \mathbf{234 \text{ posti pallet a terra}}$$

Il numero dei posti pallet a terra risulta dunque sufficiente nell'ipotesi di alloggiarvi in un'ubicazione dedicata un pallet per ciascun codice di classe AA (167 in totale), i quali, logicamente, saranno riforniti più frequentemente degli altri codici vista l'elevato consumo e frequenza di consumo. Risulta sufficiente anche considerando di dedicare uno slot ad un pallet per ciascuno dei 40/50 codici che sono attualmente gestiti in *milk-run* senza chiamata a sistema dalla linea.

Per quanto concerne i pallet di classe CC e di tutti i pallet dei codici che vengono gestiti a rulliera, i posti pallet disponibili sono calcolabili come:

$$N^{\circ} \text{ posti pallet}_{\text{livelli_sup}} = 3 \frac{\text{posti pallet}}{\text{campata}} * [3 \text{ scaffali} * 16 \text{ campate} * 3 \text{ livelli} + 2 \text{ scaffali} * 15 \text{ campate} * 3 \text{ livelli}] = \mathbf{702 \text{ posti pallet}}$$

Per stimare i pallet da stoccare effettivamente per i suddetti codici si è analizzato dallo storico il trend di giacenza di tutti i codici al fine di individuare una giacenza media dalla quale ricavare un numero di scatole (e pallet) da stoccare.

Per ciascun materiale il numero di scatole da stoccare è stato calcolato, nell'ipotesi semplificativa che il numero di pezzi contenuto nell'UDC sia effettivamente uguale a quello della scatola che va in linea⁸², come:

$$N^{\circ} \text{ scatole_stock} = \frac{\bar{Q}}{q}$$

dove \bar{Q} rappresenta la giacenza media in pezzi di ciascun codice e q rappresenta la quantità prestabilita di pezzi alloggiabili per quel codice per la data scatola che alimenta la linea.

⁸² Questa ipotesi è verificata nel caso in cui il materiale sia gestito in cartone, mentre risulta peggiorativa (dunque in favore di sicurezza) nel caso in cui il materiale sia gestito in plastica poiché la quantità alloggiata nel contenitore è sempre uguale o inferiore a quella contenuta nell'UDC.

Calcolato il numero totale di scatole da stoccare, per i codici gestiti a rulliera è stato poi determinato il numero di scatole effettivamente da stoccare a scaffale come:

$$N^{\circ}_{scatole_scaffale} = N^{\circ}_{scatole_stock} - N^{\circ}_{scatole_rulliera}$$

dove $N^{\circ}_{scatole_rulliera}$ corrisponde al numero di scatole per quel codice da posizionare sulla rulliera per una data copertura temporale, già calcolato nel dimensionamento della rulliera. Per questo numero di scatole si è successivamente calcolato il numero di pallet eterogenei corrispondenti da stoccare, considerando una media di 15 scatole per ciascuno, e lo si è confrontato con il numero di posti pallet nella nuova configurazione affinché sia verificata la condizione:

$$N^{\circ} \text{ posti pallet}_{livelli_sup} \leq \sum N^{\circ}_{pallet_scaffale}$$

dove

$$N^{\circ}_{pallet_scaffale} = \frac{N^{\circ}_{scatole_scaffale}}{15}$$

In base ai conti e alle analisi dello storico effettuate si ottiene:

$$605 \text{ pallet da stoccare} < 702 \text{ posti pallet}$$

dunque la capacità residua dello scaffale risulta sufficiente.

5.4 Gestione codici a rulliera

In base ai dati di progetto ricavati dai conti del precedente paragrafo, la rulliera che si intende utilizzare risulta pertanto composta da 3 livelli (2 dedicati al prelievo dei pieni e 1 dedicato al posizionamento dei vuoti) disposti sul secondo livello della scaffalatura, utilizzando come supporto il corrente attuale posizionato a circa un metro da terra.

La rulliera avrà un accesso frontale nel picking delle cassette piene e nel posizionamento dei contenitori vuoti portati dai SAG di linea, mentre il refilling, ovvero il riempimento e corretto posizionamento delle cassette sulla fila/e dedicate avrà luogo posteriormente. L'accesso frontale sarà inoltre condotto mediante l'unico

utilizzo di un treno rimorchiatore con collegati alcuni vagoncini a più livelli, sia che contengano i vuoti da riposizionare sia che debbano essere riempiti man mano dai pieni, mentre quello posteriore sarà condotto unicamente mediante l'ausilio di un carrello elevatore opportunamente scelto in base alla larghezza utile della corsia di lavoro.

Dopo aver stabilito il numero di scaffali con rulliera e il numero di livelli di quest'ultima in base al numero di cassetine necessario per ciascun codice a coprire una fissata copertura temporale, occorre necessario posizionare i codici sulla stessa calcolando il peso massimo totale della rulliera e scegliendo il modello di quest'ultima più opportuno alle condizioni di esercizio.

Successivamente, è stato stimato il numero di scatole e la loro dimensione per ciascuna zona delle linee (A, B, C e D) al fine di dimensionare dei carrelli multilivello "ad hoc" per differenziare il posizionamento dei pieni e agevolarne la distribuzione in linea.

Al fine di permettere l'accesso e le usuali operazioni di material handling all'interno delle ridimensionate corsie, è stato poi valutato il possibile impiego di un nuovo tipo di carrello elevatore (fornito dalla cooperativa esterna) in grado di soddisfare i dati requisiti.

In conclusione al paragrafo viene descritto il picking nella sua nuova configurazione di *low-level picking* per i codici alto e medio rotanti.

5.4.1 Collocazione sulla rulliera

Come anticipato precedentemente, in base alla suddivisione in classi⁸³ svolta in §4.5.1 dei codici della minuteria ripresa in Tabella 5.5, si è deciso di posizionare: a terra i pallet omogenei di classe AA, ovvero quei codici che presentano la massima frequenza di consumo e il maggior consumo medio; a scaffale i codici di classe CC, i quali saranno gestiti nella stessa maniera della situazione AS IS; e a rulliera tutte le classi rimanenti.

⁸³ Viene ricordato che nella nomenclatura scelta della classe la prima lettera corrisponde alla classe d'importanza per la frequenza di consumo (numero di righe/periodo) mentre la seconda corrisponde al consumo medio (numero di scatole inviate/periodo).

Per ogni materiale da posizionare sulla rulliera sono state calcolate in §5.3.1 le file necessarie sulla rulliera considerando il consumo medio giornaliero in numero di scatole e supponendo di posizionare le scatole sul lato più corto. In base a questi risultati si è valutato di gestire a terra (come i codici AA) i codici per cui risulta necessario dedicare più di 3 file e di gestire a scaffale i materiali non gestiti a cassetta, ottenendo quindi dei **549 codici** da gestire a rulliera:

- 7 codici gestiti a terra (di classe BA);
- 210 codici con 3 file;
- 315 codici con 2 file;
- 17 codici gestiti a scaffale, poiché gestiti con scatole non standard.

Classe	Tot codici	Q_{medio} [scatole/gg]	Righe/gg	Collocazione
AA	167	324	132	A terra
AB	70	42	37	Rulliera
AC	11	8	9	Rulliera
BA	52	63	16	Rulliera
BB	264	93	63	Rulliera
BC	56	10	10	Rulliera
CA	5	5	1	Rulliera
CB	91	23	8	Rulliera
CC	1142	29	22	A scaffale
Totale	1858	597	300	

Tabella 5.5: Suddivisione dei codici della minuteria per classe con relativi consumi medi giornalieri e collocazione nel nuovo magazzino

I **525 codici gestiti effettivamente a rulliera** sono stati poi assegnati alle varie rulliere in base all'ingombro delle file (E^{LC}) dei vari materiali. Si è proceduto posizionando un materiale per volta e passando alla rulliera successiva al verificarsi della condizione:

$$\sum E^{LC} > l_{RULL}$$

ottenendo **92 rulliere occupate**, condizione verificata considerando le rulliere disponibili nelle condizioni di progetto definite all'inizio del seguente paragrafo:

$$N^{\circ}_{RULL} = L * S * C = 2 \text{ livelli} * 3 \text{ scaffali} * 16 \text{ campate} = 96 \text{ rulliere}$$

Per ciascuna rulliera, assegnati un certo numero e tipo di codici, è stato poi calcolato il peso totale da sostenere così da sceglierne opportunamente il modello della stessa da acquistare in base alle proposte del precedente preventivo 2021 allegato nelle appendici C dell'elaborato. In base al peso unitario per pezzo di ciascun materiale (p), si è dunque calcolato il peso totale in kg gravante su ciascuna rulliera come:

$$\sum P_{TOT}$$

dove per ciascun materiale

$$P_{TOT} = p * n^{\circ}pezzi * N_{scatole}$$

dove $n^{\circ}pezzi$ è il numero di pezzi calcolato per la dimensione della scatola fissata e $N_{scatole}$ è il numero di scatole sulla rulliera per coprire il fabbisogno del dato periodo temporale (7 giorni).

Tipo rulliera	Modello	Portata max [kg]	Q. tà pieni	Q. tà vuoti
1	L 2690x1188	1000	0	0
2	L 2690x1189	750	9	0
3	L 2690x1190	500	87	48

Tabella 5.6: Quantità e tipologia delle rulliere da installare (in base a modelli preventivo)

Alle 92 rulliere necessarie per alloggiare esaustivamente 7 giorni di fabbisogno dei 525 codici, suddivise tra 87 rulliere da 500 kg e 5 da 750 kg, vanno aggiunte le 4 rulliere libere che, per sicurezza, vengono scelte da 750 kg, e le rulliere per i contenitori di ritorno, ovvero il terzo livello delle stesse, pari a 48 pezzi da 500 kg.

5.4.2 Carrelli multilivello

Come si può osservare nell'analisi condotta sui tempi di picking presentata in §4.5.3, considerando l'operazione di picking di una riga di report, circa il 10% del tempo totale viene utilizzato per la ricerca e il prelievo del contenitore vuoto da riempire e per il suo successivo riposizionamento sul carrello. In aggiunta a ciò, il 20% del tempo impiegato dai magazzinieri di linea viene impiegato nella distribuzione delle scatole piene sui vari scaffali a bordo linea e, come si è visto in §4.3, risulta una procedura ampiamente inefficiente a causa del posizionamento casuale dei contenitori sul carrello con cui vengono trasferiti in linea.

Al fine di efficientare la gestione dei contenitori sia nel loro picking che nella loro distribuzione, riducendone i corrispettivi tempi di processo, si è valutato l'impiego di carrelli multilivello per il posizionamento differenziato e ragionato dei pieni e dei vuoti nel loro trasferimento dal magazzino alla linea e viceversa. L'idea che viene proposta risulta quella di utilizzare i differenti livelli dei carrelli per differenziare il posizionamento dei contenitori pieni in base alla zona della linea da asservire (A, B, C o D) e dei contenitori vuoti in base alla zona stabilita della rulliera su cui riposizionarli (successivamente si vedrà nel dettaglio come suddividere opportunamente l'area di magazzino destinata alle rulliere).

Per validare l'applicabilità della soluzione proposta si è preso come input un prototipo valutato già in precedenza, composto da due carrelli a 4 livelli dotati di ruote e posizionati sopra una struttura anch'essa a ruote ("e-frame") fornita di Still⁸⁴ e agganciabile ad un tow-train (si veda la foto di Figura 5.9). Le principali dimensioni (in mm) di questo carrello vengono rappresentate di seguito in Tabella 5.7:

Lunghezza	1200
Larghezza	800
Altezza livello	300
Larghezza minima corsia di lavoro	2000
Massimo numero di carrelli trainabili	2

Tabella 5.7: Dati di progetto dei carrelli multilivello

La larghezza minima della corsia di lavoro, affinché il tow-train che traina i carrelli multilivello possa introdursi agevolmente e permettere all'operatore a piedi di muoversi davanti e dietro lo stesso, è stata fissata a 2 metri. Il numero massimo di carrelli multilivello trainabili da un singolo treno, affinché quest'ultimo sia in grado di effettuare agevolmente un'inversione di marcia fuori dalla corsia della scaffalatura, è stato fissato pari a 2.

Per verificare l'applicabilità di tale soluzione è stato calcolato per ciascuna linea il numero medio di scatole inviate al giorno diversificandone la zona di destinazione (in base all'ultima lettera della sigla del SAG⁸⁵) e dividendolo tra le tre dimensioni

⁸⁴ Still costituisce il brand della maggior parte delle attrezzature fornite dalla cooperativa esterna che somministra la maggior parte dei servizi logistici interni allo stabilimento di Carraro Drivotech.

⁸⁵ Per la nomenclatura dei SAG di linea si rimanda a §4.2.3.

standard delle scatole utilizzate (p, m, g). In base a questo, è stato poi calcolato quanti livelli del carrello dedicare a ciascuna zona della linea, in base al numero e dimensione delle scatole da posizionarvi, e quanti carrelli dedicare all'asservimento di ciascuna linea.



Figura 5.9: Prototipo di carrello multilivello a 4 livelli

Dai conti effettuati il numero minimo di carrelli per ciascuna linea, tenendo conto del limite imposto di 2, e la suddivisione dei vari livelli in base alla zona da asservire viene presentata nella seguente tabella (se ne veda un esempio in Figura 5.10):

Linea	Scatole/gg	N° carrelli	Livelli dedicati per zona linea			
			A	B	C	D
L1	162	2	2	2,5	2	1,5
L2	137	2	4	2	2	-
L3	78	1	1	3	-	-
L4	160	2	6	2	-	-
L6	58	1	-	-	-	-

Tabella 5.8: Numero di carrelli multilivello per linea e suddivisione dei livelli per zona di linea

Poiché il conto è stato effettuato confrontando per ciascun ripiano la superficie disponibile, calcolata come prodotto di larghezza e lunghezza del carrello, con la superficie occupata dalle scatole da posizionarci, calcolata come somma delle superfici delle stesse, occorre opportuno mantenere un gap di sicurezza prevedendo

per i carrelli più saturati un doppio giro. In base a ciò viene previsto, per il numero di carrelli riportato in Tabella 5.8, un doppio giro per le linee 1 e 4, mentre per le altre è sufficiente un unico giro.



Figura 5.10: Esempio di suddivisione del carrello multilivello in base alle zone da asservire (L1)

Il numero dei contenitori vuoti che dalla linea vengono riportati al magazzino risulta al più uguale a quello dei pieni inviati poiché parte dei codici viene gestita in cartone e dunque compie un solo viaggio dal magazzino alla linea. Da vuote le scatole di plastica risultano inoltre impilabili tra di loro, permettendo quindi di massimizzare la capienza del carrello. Per queste due ragioni il dimensionamento dei carrelli multilivello effettuato per le scatole piene risulta sufficiente anche per le vuote, mentre rimane da valutare la disposizione dei vuoti in base alla zona di magazzino in cui essere posizionate in attesa di venire riempite.

È importante sottolineare che ciascun treno trasferisce in linea i carrelli contenenti sia i codici gestiti a rulliera, sia quelli gestiti a terra (classe AA), sia quelli gestiti a scaffale (classe CC); per questo è dunque fondamentale suddividere tali contenitori all'interno dei carrelli multilivello. Essendo le corsie del nuovo magazzino estremamente strette, risulta cruciale ottimizzare il routing di posizionamento dei vuoti sulle rulliere, per esempio parzionando le due corsie di picking da rulliera in un certo numero di zone, mentre i codici gestiti a scaffale e a terra possono essere tralasciati.

Suddividendo le due corsie in esame in **6 zone** (numerata dalla A alla F), è possibile dedicare 1 livello per ciascuna di queste, mentre i 2 livelli rimanenti possono essere

impiegati per alloggiare le scatole dei codici gestiti a terra e a scaffale in attesa di essere riempite durante il picking, mentre le scatole della rulliera vengono posizionate sul terzo livello della rulliera. Nel caso dei contenitori da riposizionare sul terzo livello delle rulliere, l'operatore procederà al riposizionamento a partire dalla zona A e proseguendo in ordine alfabetico per terminare con la zona F; in questo modo egli effettuerà una rotta di routing di tipo “S-shape” (come visualizzabile dalla Figura 5.11), minimizzando la percorrenza riducendo i movimenti sovrabbondanti.



Figura 5.11: Suddivisione in zone delle corsie di low-level picking



Figura 5.12: Suddivisione del carrello multilivello in base alle zone di magazzino e della rulliera

Poiché i conti sono stati effettuati su un flusso medio giornaliero di scatole interpolato dallo storico esaminato, è possibile che il flusso per le varie zone di linee e alle varie zone di magazzino non sia sempre costante. Per tale motivo, la caratterizzazione dei vari livelli dei carrelli in base alla zona (di linea o delle rulliere) verrà svolta mediante

delle targhette magnetiche posizionabili in maniera dinamica in base al carico di scatole in ingresso e uscita dalle linee.

5.4.3 Refilling della rulliera e high-level picking

Delle 4 corsie interne alla scaffalatura dedicata allo stoccaggio dei codici della minuteria, 2 di queste sono dedicate all'attività di refilling delle rulliere e di picking dei codici gestiti a scaffale (classe CC), nonché allo stoccaggio di questi codici. Come tali, le suddette corsie saranno accessibili solo mediante opportuni carrelli retrattili, in grado cioè di accedere a tutte le ubicazioni della scaffalatura muovendosi in una corsia di lavoro di 2,1 metri nominali⁸⁶. I carrelli elevatori attualmente utilizzati sono chiaramente incompatibili con corsie particolarmente strette, necessitano infatti di una larghezza della carreggiata di almeno 3,5 metri e risultano pertanto impiegabili soltanto nella corsia posizionata di fronte all'ACEMA.

Per permettere l'asservimento di tali corsie è stato dunque esaminato il catalogo dei mezzi a trazione elettrica dedicati al material handling di Still, al fine di valutare un'eventuale rinegoziazione sui mezzi forniti dalla cooperativa esterna. Il miglior candidato per la situazione in esame risulta costituito dal modello di **commissionatore trilaterale "NXV IT TD"** il quale presenta, a seconda del modello, le seguenti specifiche principali:

Modello di NXV		1	2	3
Sollevamento	[mm]	6350	12850	4200
Larghezza corsia di lavoro	[mm]	1662	1675	1380
Carico max	[kg]	1500	1000	1250

Tabella 5.9: Specifiche principali commissionatore trilaterale Still "NXV IT TD"⁸⁷

Data l'altezza di sollevamento dei pallet posizionati sull'ultimo livello delle scaffalature con rulliera, pari cioè a 4,5 metri, la scelta del modello di commissionatore ricade necessariamente sulla prima configurazione, costituita da un commissionatore

⁸⁶ Per corsie così strette vengono tipicamente posizionate a terra delle guide meccaniche necessarie ad evitare che il carrello retrattile urti la scaffalatura in seguito a manovre errate, dunque la corsia effettiva di lavoro risulta di fatto inferiore alla larghezza nominale della corsia.

⁸⁷ Per la scheda tecnica completa si rimanda alle Appendici C in fondo all'elaborato.

con forche trilaterali e montante triplex e senza sollevamento ausiliario in grado di accedere fino a 6,35 metri di altezza.



Figura 5.13: Commissionatore trilaterale STILL “NXV IT TD” per corsie strette

Tale mezzo verrà pertanto usato per accedere unicamente alle due corsie larghe 2,1 metri e destinate unicamente a refilling e *high-level picking*.

1. REFILLING DELLA RULLIERA

Come già anticipato, le rulliere costituiscono una *fast-picking area* all'interno dello scaffale che alloggia le scatole di plastica riempite dei codici che si è deciso di disporvi in attesa che vengano prelevate e trasferite in linea. Tali codici sono presenti per un dato numero di scatole necessario a coprire 7 giorni di fabbisogno dalle linee e a ciascuno di essi è dedicata un'ubicazione fissa, ovvero una o più file delle varie rulliere. Affinché gli FTE dedicati al picking possano sempre essere in grado di prelevare i pieni dei codici necessari dalla rulliera (anche in caso di urgenze⁸⁸), dev'essere pianificato il rifornimento periodico di tale rulliera.

Avendo dimensionato la rulliera su 3 livelli, di cui:

⁸⁸ Per la descrizione delle urgenze si rimanda alla descrizione delle attività dei magazzinieri di linea di §4.3.

- **2 livelli dedicati alle scatole piene** con un'inclinazione tale che permetta la discesa per gravità dei pieni verso la corsia di *low-level picking*, i quali saranno alti 30 cm e saranno posizionati sui primi due ripiani predisposti alle rulliere;
- **1 livello dedicato alle scatole vuote** con un'inclinazione tale che permetta la discesa per gravità dei vuoti verso la corsia di refilling;

sarà possibile rifornire la rulliera posteriormente riempiendo i vuoti che vengono invece posizionati frontalmente. I vuoti dei codici gestiti a rulliera che vengono trasferiti dalla linea potranno essere posizionati sul terzo livello della rulliera da un FTE a bordo del treno che traina i carrelli multilivello, dove su quest'ultimi i vuoti sono disposti con la suddivisione per zona della rulliera vista precedentemente.

Essendo necessarie per tutti i codici gestiti a rulliera almeno due file di rulliera, sarà possibile posizzionarli su due file sovrastanti (divise su due livelli) e dedicare la fila corrispondente del terzo livello unicamente al posizionamento dei vuoti di quel determinato codice. Per i codici che necessitano invece di 3 file si potrà raggruppare i vuoti dello stesso codice impilandoli poiché i 35 cm effettivi del livello lo permettono, affinché vengano distinti dai vuoti del codice delle altre rulliere sottostanti al terzo livello. Un'alternativa può anche risultare quella di posizionare i codici da tre file su un unico livello della rulliera e suddividere le tre file del terzo livello tra i vuoti dei due materiali sottostanti.

Una volta posizionati i vuoti sulla terza rulliera, qualunque sia la politica perseguita, nella corsia di refilling gli FTE dedicati si occuperanno di prelevare i pallet contenenti le UDC dei codici da rifornire sulla rulliera dalle ubicazioni random a scaffale e, una volta abbassati, procederanno al travaso manuale dei componenti sulle cassette vuote. Il travaso potrà avvenire con il pallet sulle forche del commissionatore e con il movimento a piedi dell'FTE davanti e dietro il mezzo poiché la larghezza della corsia lo permette. Chiaramente il refilling delle rulliere verrà condotto sulla base di una lista di prelievo elaborata sulla base del consumo cumulato dei giorni dell'**intervallo temporale di refilling**, fissato a **3 giorni**, e tenendo conto delle posizioni dei codici sulla rulliera e di quelli a scaffale.

2. HIGH-LEVEL PICKING

Lo stesso commissionatore trilaterale sarà impiegato, oltre che per il refilling della rulliera, per il picking dei codici basso rotanti posizionati in maniera random sui livelli superiori della scaffalatura secondo le stesse dinamiche della gestione AS IS.

Anche lo stoccaggio di tutti i pallet contenuti nelle scaffalature adiacenti alle corsie di refilling e *high-level picking*, ovvero anche dei codici gestiti in pallet a terra (classe AA), sarà condotto mediante l'ausilio del commissionatore trilaterale.

Viene fatta notare anche l'importanza di installare delle griglie metalliche sui livelli superiori della rulliera a lato delle corsie di *low-level picking* affinché la movimentazione dei vari pallet dalla corsia posteriore (refilling e *high-level picking*) non comporti il rischio di caduta nella corsia in cui gli FTE accedono a piedi e con il treno.

Lo stoccaggio e il picking che riguarda invece lo scaffale di fronte all'ACEMA potranno essere operati mediante semplice carrello elevatore frontale, il quale risulterà sicuramente più versatile e veloce.

5.4.4 Low-level picking

Il picking dei codici alto e medio rotanti gestiti a terra o a rulliera sarà condotto solo mediante l'utilizzo di un treno trainante i carrelli multilivello (uno o due a seconda della linea da alimentare) e si tratterà di un *order-picking*, nel senso che ogni linea sarà asservita integralmente e separatamente (come già avviene). Non essendo in nessun modo previsto l'accesso di carrelli elevatori di alcun tipo, si avrà un *low-level picking* in favore di una considerevole riduzione delle complicazioni dovute ad ingorghi di corsia o attese nelle manovre di posizionamento dei carrelli elevatori.

Il picking sarà poi condotto sulla base di una lista di prelievo ordinata in base alla zona della corsia di *low-level picking* (visibile in Figura 5.11) assumendo una tipica forma della tratta di routing ad "S-shape". In questo modo, sfalsando i turni di picking nelle due corsie dedicate al picking con treno, sarà possibile minimizzare totalmente gli ingorghi di tali corsie. Chiaramente questo tipo di picking sarà condotto soltanto per i

codici gestiti a rulliera e a terra, la restante quota parte dei codici di classe CC stoccati sugli scaffali sarà completato successivamente fuori corsia.

 01/03/2023 						
Codice			Descrizione		N°	
119505			RONDELLA SFERICA 18.5 DIN 74361/2B		1	
Fornitore		Quantità				Zona magazzino rulliera 
Stronghold Italy srl		100 pz				
Contenitore	Dimensione	Scaffale	Posizione	Livello		
p	p	3	01	1/2		

Figura 5.14: Nuova etichetta per i codici gestiti a rulliera

Al fine di facilitare per i codici gestiti a rulliera sia le operazioni di prelievo che quelle di riposizionamento dei vuoti, potrà essere applicata alle scatole di plastica un'etichetta Kanban (visibile in Figura 5.14) recante le fondamentali informazioni sulla zona di magazzino (A, B, C, D, E ed F) e la posizione dedicata a magazzino (scaffale, posizione e livello), oltre alle usuali informazioni relative al codice del materiale, una sua breve descrizione e le indicazioni sulla dimensione del contenitore e la quantità di pezzi contenibili. Tale etichetta risulta fondamentale anche per chi effettua il refilling della rulliera, poiché sarà in grado di sapere esattamente il numero di pezzi da inserire nella scatola senza dover consultare la lista di prelievo, nonché sapere esattamente in che posizione e livello della rulliera posizionarla senza consultare la lista. A supporto dell'etichetta sulle scatole, sarà poi presente un'etichetta fissa posizionata sul telaio dei vari livelli delle rulliere composta dal numero della posizione delle rulliere e un codice a barre e numerico identificativi del materiale ubicato su quella fila. Lo stesso codice sarà poi applicato anche sulla rulliera posteriore in prossimità dei due livelli inferiori della stessa per facilitare anche il posizionamento dei pieni durante il refilling.

5.5 Il flusso informatico

Il database gestionale informatico risulta di fondamentale importanza per mantenere la coerenza tra il dato reale e il dato a sistema. La tracciabilità di materiali, sottoassiemi

e prodotti finiti all'interno dello stabilimento necessita dunque di un costante impegno nel registrarne a sistema (SAP o SAD che sia) lo stato attuale di giacenze e WIP. In molte realtà aziendali, nel caso delle minuterie tale tracciabilità viene sacrificata in favore di una gestione snella ed intuitiva basata, ad esempio, su una gestione a kanban fisico.

Nel contesto aziendale di Carraro Drivetech, la tracciabilità della minuteria, intesa come la registrazione su SAP di ciascuna ubicazione assunta (ACEMA, R04, Z07, MONT, etc.), risulta di imprescindibile importanza per tenere monitorati i livelli di stock delle varie zone al fine di gestire correttamente le urgenze, i ricambi e il riordino dei materiali, nonché l'alimentazione delle linee. La soluzione che viene proposta nel capitolo corrente ha dunque tenuto conto di tale vincolo, delineando uno scenario che potrebbe non risultare ottimale per l'attuale stato dell'arte sulla logistica dei piccoli componenti ma che, tuttavia, per la realtà aziendale in esame risulta un buon compromesso in grado di migliorare comunque di molto l'attuale gestione.

Risulta fondamentale, prima di entrare nel dettaglio del flusso informatico, precisare che per la nuova gestione informatica sarà necessario creare a sistema una nuova zona di magazzino contabile (per esempio denominata "999"), la quale sarà costituita dalla FPA nella sua interezza. All'interno di tale area non sarà più necessario pertanto gestire delle UDC come nell'attuale situazione, in quanto ogni materiale sarà presente in una posizione fissata e nota e per le date quantità registrate a sistema.

Il flusso informatico della nuova gestione dei piccoli componenti avverrà di fatto con le stesse macro-operazioni di lancio missione, conferma di prelievo e conferma di trasferimento, ma le procedure operative saranno snellite ed efficientate (e in alcuni casi automatizzate) al fine di semplificare l'attività sia per prevenire errori che per ridurre i tempi e gli operatori dedicati.

1. LANCIO DELLE MISSIONI

Il lancio delle missioni avverrà di fatto con la stessa procedura della modalità attuale. L'FTE dedicato munito di pistola a radiofrequenze SAP passerà in rassegna i vari scaffali di linea e, scannerizzando gli opportuni codici a barre sulle scatole o sugli scaffali, creerà una missione per un dato codice in una data ubicazione e per una precisa quantità. Attualmente l'operatore deve effettuare

2 scannerizzate per definire il codice e la microubicazione di destinazione (il SAG), scegliere manualmente l'UDC e digitare sempre manualmente la quantità di pezzi necessaria.

Per i codici gestiti nella FPA (a terra e a rulliera), con la nuova gestione sarà invece possibile con una sola scannerizzata inserire le informazioni sul codice e la destinazione, mentre la quantità da inserire manualmente sarà il numero di scatole e, essendo codici ubicati con politica dedicata all'interno di un'unica zona (999), non sarà più necessario dover scegliere una UDC⁸⁹.

In questo modo la procedura di lancio della missione risulta estremamente semplificata e più intuitiva⁹⁰.

2. REFILLING

A seconda dei livelli di stock della rulliera, i quali risultano ben noti a sistema, ogni 3 giorni (il periodo di refilling scelto) SAP elaborerà una lista di prelievo (refilling) per rifornire le rulliere per le scatole che risultano mancanti. Tale lista, come già specificato in precedenza, sarà elaborata in maniera tale da favorire un efficiente routing (come già avviene per il RMP nella gestione attuale), posizionando le righe del report in base all'ubicazione da rifornire e quella di prelievo del pallet. Con le stesse procedure di conferma di prelievo della gestione AS IS, gli FTE che effettuano il picking confermeranno la missione tramite la pistola SAP e il trasferimento dal magazzino contabile "R04" alla nuova zona contabile denominata "999". In questo modo i tempi di conferma di una riga rimarranno invariati, ma sarà possibile, nella totalità del processo di alimentazione delle linee, spalmare tale tempo sui tre giorni se si tiene conto che il refilling avverrà ogni 3 giorni e per una batch di UDC dello stesso codice.

3. CONFERMA PICKING

Le scatole piene sulla rulliera e le scatole da travasare nei pallet omogenei a terra si trovano, di fatto, registrate a sistema nella zona di magazzino contabile "999", sia che siano stati riforniti, nel caso della rulliera, sia che siano semplicemente state trasferite dall'accettazione, nel caso dei pallet a terra. A

⁸⁹ Nel caso di materiali basso rotanti gestiti a scaffale (classe CC), l'FTE sarà chiamato a selezionare un'UDC proposta, a meno che non venga impostato dal sistema una scelta automatica in logica LIFO.

⁹⁰ Inserendo il numero di scatole anziché la quantità di pezzi, l'FTE non sarà più chiamato ad effettuare a mente certi conti, si ridurranno al minimo gli errori e i tempi necessari.

questo punto, per confermare il trasferimento di questi codici dal magazzino “999” al montaggio “MONT” gli operatori saranno dotati di un tablet collegato a SAD (il MES dell’azienda) che proporrà una lista di prelievo elaborata a partire dalle missioni giornaliere lanciate su SAP dalla linea e, su questa, sarà possibile tenere traccia e confermare il corretto picking. La lista sarà elaborata in ordine tale da favorire un picking di tipo “S-shape” in base alle zone della FPA stabilite (A, B, etc.).

Come già avviene in maniera abbastanza simile per la conferma del trasferimento dei kit che vengono preparati al supermarket (si veda §3.2), la lista di prelievo presenterà per ogni riga una spunta che l’operatore, per tenere traccia dell’avanzamento del picking, potrà spuntare o de-spuntare. Al termine del picking, con una conferma finale, tutti i materiali della lista di prelievo saranno trasferiti su SAP dall’ubicazione “999” all’ubicazione “MONT” nelle quantità stabilite. Tale procedura, seppur ridondante rispetto alle conferme su SAP al momento del refilling, ha comunque una durata irrisoria rispetto ai tempi complessivi dell’attività di picking.

La procedura di creazione della lista di prelievo per il picking e la sua conferma risultano dunque di fatto automatizzate dal sistema, la possibilità di tenere traccia dell’avanzamento su di un tablet risulta utile per favorire l’FTE nell’operazione nonché per segnalare eventuali discrepanze tra il dato reale e informatico.

Per quanto concerne il flusso informatico dovuto allo stoccaggio dei vari materiali a scaffale piuttosto che a terra e alla gestione delle emergenze, la procedura rimane la stessa dei trasferimenti: l’FTE cambia l’ubicazione su SAP, mediante la pistola a radiofrequenze, dalla posizione di partenza (ad esempio “ACEMA”) alla posizione di destinazione (ad esempio “999” o “R04” o “MONT”) per una data quantità.

5.6 Risultati ottenuti

Verranno ora di seguito riportati i risultati ottenuti dalla soluzione proposta rispetto all’attuale gestione in termini di:

- Tempi risparmiati, sia per quanto riguarda le macro attività di picking e lancio delle missioni, che per quanto riguarda le singole attività insite in quest'ultime;
- FTE risparmiati, il vero KPI del progetto che è stato svolto;
- Convenienza economica, per quanto riguarda il ritorno degli investimenti da sostenere rispetto al valore pecuniario delle risorse risparmiate.

5.6.1 Riduzione dei tempi

Per quantificare la riduzione dei tempi totali (visualizzabili in Tabella 5.1) si è calcolato dapprima il tempo necessario per completare una riga di missione a seconda che il codice sia gestito a:

- SCAFFALE, i codici gestiti a scaffale (classe CC) avranno dei tempi per riga che di fatto rimangono invariati rispetto alla situazione AS IS;
- RULLIERA;
- TERRA.

I **tempi di accesso**, inteso come il sollevamento, l'inforcamento e l'abbassamento per prelevare un pallet dai livelli superiori della scaffalatura, risultano nulli per i pallet posizionati a terra, poiché sono accessibili comodamente a piedi dall'operatore, mentre per i codici a rulliera sono calcolabili come:

$$t_{\text{accesso}}^{RULL} = \frac{t_{\text{accesso}}^{AS\ IS}}{\Delta T_{\text{refilling}}} = \frac{38,3\ s/ri\text{ga}}{3\ \text{giorni}}$$

dove $\Delta T_{\text{copertura}}$ è stata fissata pari a 3 giorni.

Il **tempo di ricerca materiale** si riduce drasticamente grazie alla politica di stoccaggio dedicata per i codici gestiti a rulliera e a terra, risultando stimabile in:

$$t_{\text{ricerca materiale}}^{RULL} = 5\ s/ri\text{ga}$$

$$t_{\text{ricerca materiale}}^{TERRA} = 2\ s/ri\text{ga}$$

I **tempi di ricerca del contenitore vuoto (CV)** sul carrello si riducono drasticamente nel caso della gestione a terra, stimabili come:

$$t_{\text{ricerca CV}}^{TERRA} = 5\ s/ri\text{ga}$$

e si annullano totalmente nella gestione a rulliera, essendo il pieno già pronto da prelevare.

Per i **tempi di movimento a piedi** si stima possano risultare dimezzati per la riduzione della percorrenza tra i carrelli e gli scaffali dovuta al restringimento delle corsie e alla politica di stoccaggio dedicata che può ottimizzare il routing.

Per il **tempo di conferma della missione di prelievo (MP)** vi sarà

- per i codici a rulliera: un tempo di conferma di prelievo al momento del refilling, quantificabile come il tempo AS IS di conferma delle MP diviso per i giorni di refilling, e un tempo di conferma di trasferimento sul tablet tramite SAD dalla zona “999” a “MONT” su SAP, calcolabili come

$$t_{conferma MP}^{RULL} = \frac{t_{conferma MP}^{AS IS}}{\Delta T_{refilling}} + 5 \frac{s}{riga} = 21,9 s/riga$$

- per i codici a terra: il solo tempo di conferma del trasferimento su tablet tramite SAD dalla zona “999” a “MONT” su SAP, stimabile come

$$t_{conferma MP}^{TERRA} = 5 s/riga$$

I **tempi di posizionamento dei contenitori pieni (CP)** sul carrello risultano dimezzati per entrambe le gestioni grazie all’impiego di un carrello multilivello per suddividere i pieni in base alla zona di destinazione in linea.

I **tempi dovuti alle complicazioni**, infine, si stimano possano ridursi di circa 2/3 rispetto all’attuale gestione grazie alla suddivisione delle attività tra le varie corsie, di una migliore disposizione oraria del lancio e del picking delle varie linee, nonché di un più preciso e affidabile sistema di stoccaggio dei codici alto e medio rotanti.

I restanti tempi di travaso, percorrenza e spostamento del carrello con i vuoti rimangono invece invariati.

Gestione	t_{riga} [s/riga]	Δ_{riga} [s]
Scaffale (AS IS)	288	-
Rulliera	163,7	124,3
A terra	136	152

Tabella 5.10: Tempi su riga delle tre gestioni TO BE

Viene fatto notare che i tempi appena calcolati, visibili in Tabella 5.1, si riferiscono nella situazione attuale all'insieme delle attività di picking dalla FPA, picking dallo scaffale e refilling della rulliera; rimangono pertanto esclusi i tempi dovuti allo stoccaggio dei pallet dall'accettazione allo scaffale (sia a terra che sui livelli più alti), i quali non sono stati quantificati nemmeno nella situazione AS IS.

Classe	Righe/gg	Copertura	Gestione	$t_{riga}[\frac{s}{riga}]$	$t_{classe}[\frac{min}{gg}]$
AA	132	44%	A terra	136	299,2
AB	37	12%	Rulliera	163,7	101,1
AC	9	3%	Rulliera	163,7	25,3
BA	16	5%	Rulliera	163,7	44,2
BB	63	21%	Rulliera	163,7	170,6
BC	12	4%	Rulliera	163,7	31,6
CA	1	~ 0%	Rulliera	163,7	3,2
CB	8	3%	Rulliera	163,7	22,1
CC	22	7%	Scaffale	288	105,6
Totale	300				~ 803

Tabella 5.11: Tempi di picking⁹¹ per classe e totali in base alla gestione TO BE

A partire dai tempi ottenuti per svolgere ciascuna riga di report a seconda che il codice sia gestito a scaffale, a rulliera o a terra, si è successivamente analizzata la cubatura percentuale delle missioni in base alla classe del materiale dallo storico estratto da SAP⁹², calcolando in base ad essa il tempo in minuti necessario in una giornata media per ciascuna classe di materiali.

In particolare per quantificare il tempo dedicato a ciascuna classe in minuti al giorno, è stato svolto il seguente calcolo:

$$t_{classe}[\frac{min}{gg}] = \frac{copertura (\%) * 300 \frac{righe}{gg} * t_{riga}[\frac{s}{riga}]}{60 s/min}$$

⁹¹ Nelle tempistiche dei codici gestiti a rulliera sono considerati anche i tempi di refilling della rulliera.

⁹² Si tratta dello stesso storico dei consumi utilizzato nelle analisi del capitolo 4.

Il risultato ottenuto presenta un notevole miglioramento rispetto ai 1440 minuti dedicati al picking nella gestione AS IS, con **decremento di quasi il 45%**.

Per quanto riguarda invece le attività di lancio delle missioni, distribuzione e gestione delle urgenze, operate dai magazzinieri di linea dedicati alla minuteria si è condotta unicamente una stima basata sulle interviste condotte a chi di dovere, in quanto non è stato possibile svolgere delle analisi dettagliate quanto quelle sulle procedure di picking. Anche i tempi derivanti dalla nuova gestione delle stesse sono pertanto stati stimati.

Attività	Tempi AS IS [min]	Tempi TO BE [min]	riduzione
Lancio MP	420	294	30%
Distribuzione	390	195	50%
Urgenze	1110	777	30%
Totale	1920	1266	34%

Tabella 5.12: Tempi delle attività dei magazzinieri di linea della minuteria AS IS e TO BE

Anche qui, come per il picking, l'efficienza della nuova gestione risulta evidente con **una riduzione dei tempi di circa il 34%**.

Attività	$LT_{AS\ IS}$ [min]	$LT_{TO\ BE}$ [min]
Lancio MP	58	38,3
Trasferimento al magazzino	1,5	1,5
Stampa e consegna RMP	30	0
Preparazione picking	15	0
Picking	210	115,5
Trasferimento in linea	11,5	1.5

Tabella 5.13: Confronto lead time AS IS e TO BE delle attività di alimentazione di una linea

È possibile presentare infine una tabella riassuntiva per valutare la riduzione dei lead time medi delle principali attività che alimentano una singola linea di assemblaggio a

partire dal momento in cui viene lanciata la chiamata all'istante in cui viene consegnato il carrello con i contenitori pieni, i quali sono stati rappresentati nelle **Swim Lane Chart** del precedente capitolo e in quelle che verranno presentate di seguito.

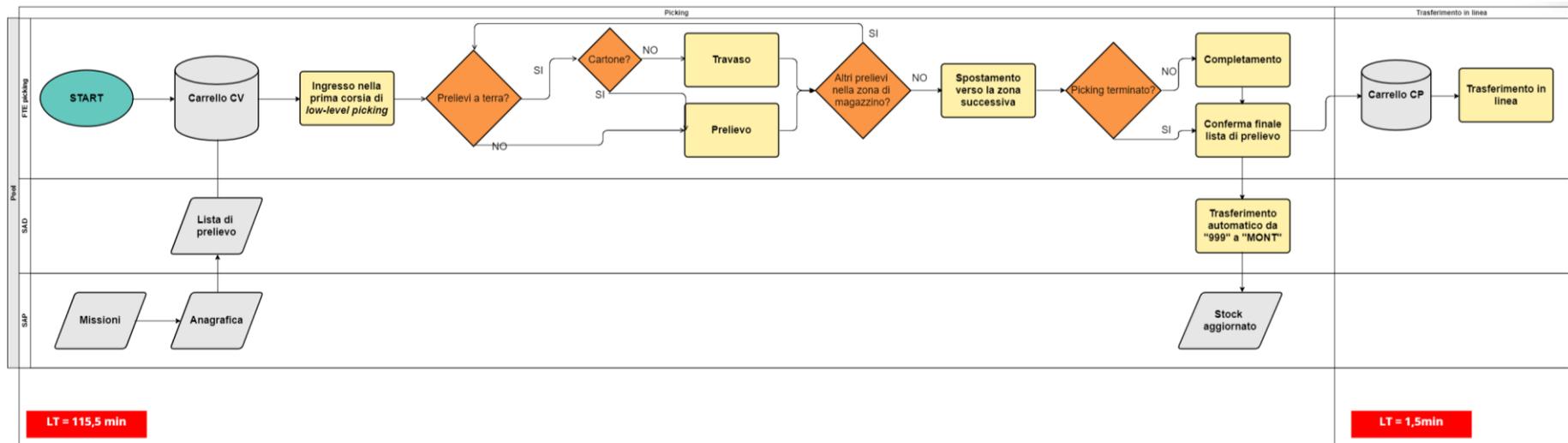


Figura 5.15: Swim Lane Chart TO BE procedura di picking nella FPA

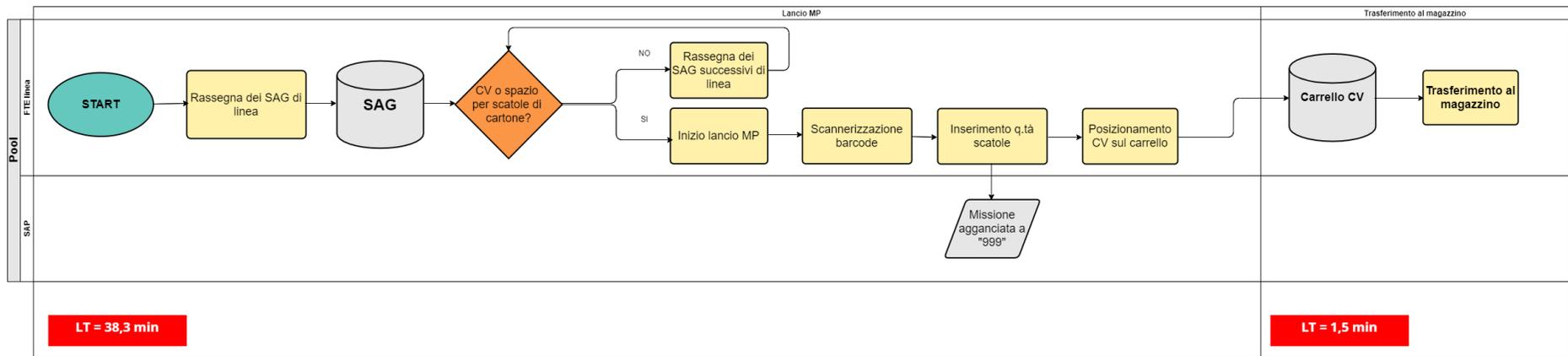


Figura 5.16: Swim Lane Chart TO BE procedura di lancio delle missioni per i codici in FPA

Risulta anche utile calcolare la riduzione del tempo di picking effettivo di una riga di report⁹³ tra la gestione attuale, quantificato in 4,8 min/riga (288 s/riga), e la gestione proposta. Per quest'ultima è possibile suddividere il calcolo tra i codici gestiti a:

- **Scaffale** (il 7% delle missioni), i tempi risultano invariati rispetto alla gestione attuale;
- **Terra** (il 44% delle missioni), i tempi risultano quelli calcolati in Tabella 5.11 poiché non è previsto un refilling (come per la rulliera) ma le procedure sono le stesse dello stoccaggio classico, solo che ora l'ubicazione è dedicata;
- **Rulliera** (il 49% delle missioni), i tempi risultano diminuiti rispetto alla gestione a terra secondo i seguenti calcoli

$$t_{percorrenza}^{RULL} \cong \frac{t_{percorrenza}^{TERRA}}{3}$$

$$t_{conferma\ trasferimento}^{RULL} \cong 5\text{ secondi}$$

$$t_{travaso}^{RULL} \cong 5\text{ secondi}$$

(inteso come i tempi di prelevare un pieno dalla rulliera)

$$t_{accesso}^{RULL} = 0\text{ secondi}$$

mentre gli altri tempi risultano invariati rispetto alla

Tabella 5.11.

I tempi medi del picking per riga di report passano dunque da un valore attuale di 288 s/riga (4,8 min/riga) ad un valore medio nella gestione TO BE di **113,3 s/riga** (1,89 min/riga), contando un **decremento di circa il 60%**.

Gestione	Righe giornaliere	s/riga
A terra	44%	136
Rulliera	49%	66,5
Scaffale	7%	288
MEDIA		113,3

Tabella 5.14: Tempi per riga del picking effettivo TO BE

⁹³ I tempi calcolati all'inizio del sottoparagrafo erano comprensivi anche dell'attività di refilling della rulliera, comprendendo i tempi di abbassamento, di conferma della missione e di percorrenza.

5.6.2 Riduzione FTE dedicati e ripartizione del lavoro

Come era stato presentato all'inizio del capitolo 4, l'obiettivo cardine del progetto volto a ottimizzare la gestione dei piccoli componenti in Carraro Driveteck risulta la riduzione del numero di FTE impiegati in tale gestione. La notevole riduzione dei tempi, quantificata nel precedente sottoparagrafo, sarà ora rielaborata per valutare quanti operatori è possibile risparmiare effettivamente rispetto all'attuale gestione.

Il numero attuale di operatori è di 7, i quali risultano impiegati nel seguente modo:

- 3 FTE sono dedicati al picking per un totale di 1440 minuti al giorno;
- 4 FTE sono dedicati al lancio delle missioni, alla distribuzione e alla gestione delle urgenze per un totale di 1920 minuti.

Attività	Tempi totali	Tempi totali TO	N° FTE AS IS	N° FTE TO
	AS IS	BE		
	[min/gg]	[min/gg]		
Picking	1440	803	3	1,67
Lancio MP, distribuzione e urgenze	1920	1266	4	2,64

Tabella 5.15: Numero di FTE gestione AS IS e TO BE

Dai tempi complessivi delle due macro-attività nella nuova gestione è stato dunque possibile calcolare il numero di FTE necessari come:

$$N^{\circ} FTE_{TO\ BE} = \frac{t_{TOT}^{TO\ BE}}{8 \frac{h}{gg} * 60\ min/h}$$

non arrotondandolo volutamente all'intero superiore per valutare di utilizzare degli operatori part-time o di impiegare la risorsa in altre mansioni per alcuni momenti della giornata. Ad ogni modo gli **FTE risparmiati risultano in totale 2**, risulta preferibile infatti mantenere un operatore a tempo pieno al fine di validare la fattibilità della nuova gestione nel primo periodo, in previsione eventualmente di alleggerire il numero di operatori in un momento successivo.

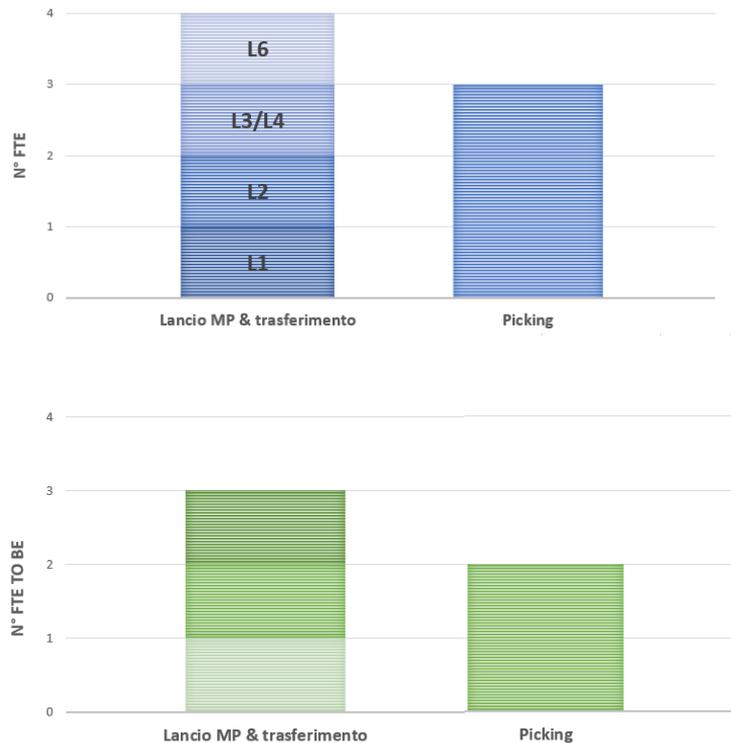


Figura 5.17: Numero di FTE gestione AS IS (in alto) e TO BE (in basso)

Risulta chiaramente necessario valutare la nuova distribuzione dei 5 operatori destinati alla gestione dei piccoli componenti. Si possono avere diverse possibilità:

- Si può mantenere una gestione separata delle macro attività per cui gli operatori sono dedicati o al lancio delle missioni, alla distribuzione e al prelievo dei vuoti o al picking a magazzino. In questo caso si massimizza l'apprendimento incrementando di contro la ripetitività delle operazioni.
- Si può, in alternativa, implementare una gestione degli operatori di tutte le attività di gestione della minuteria dedicata per linea. In questo modo si può ridurre la ripetitività delle operazioni e favorire una maggiore visione sul processo di alimentazione delle linee nella sua interezza.

5.6.3 Convenienza economica

Occorre fondamentale in conclusione valutare l'effettivo guadagno economico della nuova gestione confrontando i 2 operatori risparmiati con l'investimento necessario per le nuove strutture e i nuovi mezzi.

Fissato a circa 30.000 euro il costo annuale di un operatore full-time dedicato alla logistica, un risparmio di due persone si traduce per l'azienda in un risparmio annuale di circa 60.000 euro.

Gli investimenti pecuniari della gestione proposta riguardano invece:

- L'acquisto e l'installazione delle rulliere
- L'acquisto dei carrelli multilivello
- L'assortimento di tablet per gli operatori di picking
- La disposizione delle scaffalature nella nuova configurazione
- Il cambio di mezzo tra i carrelli frontali e monolaterali rispetto all'utilizzo di commissionatori trilaterali
- L'inserimento di guide metalliche per delimitare le corsie accessibili ai nuovi trilaterali
- L'inserimento di griglie metalliche sui livelli superiori dalla parte delle corsie di *low-level picking* per proteggere gli operatori dall'eventuale caduta di pallet

Alcuni di questi risultano trascurabili, come i costi di montaggio delle rulliere, i costi di spostamento degli scaffali e i costi di assortimento dei tablet, mentre altri non sono stati quantificabili, come i costi di cambio mezzo da parte della cooperativa esterna.

Modello	Portata max [kg]	Prezzo unitario ⁹⁴	Q.tà	Q.tà	Costo
				CV	
L 2690x1188	1000	433,14 €	0	0	0,00 €
L 2690x1189	750	390,53 €	96	0	37.491,12 €
L 2690x1190	500	348,64 €	0	48	16.734,67 €
TOT					54.225,80 €

Tabella 5.16: Costi rulliera

Configurazione	Prezzo unitario	Q.tà	Costo
Ruote piccole	1.575,00 €	8	12.600,00 €
Ruote grandi	1.785,00 €	8	14.280,00 €

Tabella 5.17: Costi carrelli multilivello

⁹⁴ Viene fatto presente che rispetto ai preventivi del fornitore presenti nelle appendici C, risalenti al 2021, il prezzo unitario è stato incrementato del 20% per tenere conto del rincaro dei prezzi dovuto alla crisi energetica e delle risorse iniziata nel 2022.

È stato invece possibile quantificare l'investimento da sostenere per quanto concerne l'acquisto delle rulliere e dei carrelli multilivello grazie ai preventivi forniti dai venditori⁹⁵(si vedano i conti riportati in

Tabella 5.16 e Tabella 5.17).

Per quanto riguarda la scelta della rulliera, come già anticipato, vengono forniti 3 modelli a seconda del peso totale da alloggiare con prezzo unitario crescente all'aumentare della portata; mentre per quanto riguarda i carrelli multilivello vengono proposte due varianti in base alla dimensione delle ruote.

La scelta della rulliera viene fatta ricadere sul modello a portata massima di 750 kg in favore di sicurezza in quanto per 5 rulliere su 96 vengono superati i 500 kg e per preservarne l'utilizzo a futuri cambi di componenti o nuove disposizioni delle scatole che vadano ad incrementare il peso gravante sulla rulliera, mentre le restanti 48 rulliere per i vuoti vengono scelte da 500 kg. La scelta dei carrelli ricade invece sulla configurazione a ruote grandi in favore di una maggiore comodità di accoppiamento ed efficacia di funzionamento con la struttura trainante di Still.

Costi sostenuti	68.505,80 €
FTE risparmiati	60.000,00 €

Tabella 5.18: Costi sostenuti e risparmio sugli FTE nell'anno

Come si nota dai risultati mostrati in Tabella 5.18, le spese sostenute risultano più elevate del risparmio economico annuale derivante dalla riduzione degli FTE di poco meno di 10.000 euro, ma nell'ottica di giustificare qualsiasi investimento da un suo ritorno entro 5 anni (come era stato specificato presentando il progetto e i vincoli in §4.1) si può calcolare il periodo di ritorno dell'investimento come:

$$\begin{aligned} \text{Ritorno dell'investimento} &= \frac{\text{capitale investito}}{\text{capitale risparmiato}} = \frac{68.505,80 \text{ €}}{60.000,00 \text{ €}} \\ &= 1,14 \text{ anni} \end{aligned}$$

Chiaramente all'investimento quantificato mancano i costi dovuti all'installazione delle rulliere e delle guide meccaniche nelle corsie, al riposizionamento degli scaffali e al cambio dei mezzi forniti dalla cooperativa, ma comunque il ritorno dell'investimento totale è ben più breve del limite di 5 anni stabilito.

⁹⁵ Per i preventivi di rulliere e carrelli multilivello si rimanda alle Appendici C in fondo all'elaborato.

Capitolo 6

Conclusioni

La gestione dei piccoli componenti che viene proposta nel seguente elaborato scritto è stata frutto di un'attenta analisi e di numerose considerazioni e calcoli al fine di ottimizzarla al meglio per la realtà aziendale dello stabilimento Carraro di Campodarsego nei vincoli stabiliti (spazio e investimento). In base a ciò, nonostante la soluzione permetta un effettivo miglioramento quantificabile nel numero di FTE risparmiati, potrebbe non risultare la soluzione migliore per altri stabilimenti, anche all'intero dello stesso gruppo Carraro.

Nel seguente capitolo conclusivo saranno pertanto sintetizzati i risultati ottenibili dalla nuova gestione confrontati alla situazione attuale (AS IS), mentre saranno poi presentate le considerazioni finali sulle valutazioni di eventuali problematiche che potrebbero insorgere con la nuova gestione e problematiche preesistenti che la nuova gestione non aggredisce. Infine, saranno poi illustrate le prospettive di miglioramento future della gestione proposta nell'ottica di aver predisposto una gestione che risulti modificabile e migliorabile nel tempo in maniera sufficientemente flessibile e dinamica.

6.1 Sintesi dei risultati ottenuti

La **gestione AS IS** dei piccoli componenti vede impiegati 7 operatori a tempo pieno (FTE), impiegati nel seguente modo:

- 4 FTE sono dedicati alle attività di lancio delle missioni di prelievo, distribuzione dei pieni nei SAG di linea, trasferimento dei vuoti al magazzino e gestione delle urgenze (intese come prelievi eccezionali non gestiti a

missione della minuteria e alimentazione di altri componenti non gestiti a missione, in JIS o in cassa intera) per un totale di 1920 minuti/gg;

- 3 FTE sono dedicati alla gestione dei piccoli componenti a magazzino nelle attività di stoccaggio e picking per un totale di 1440 minuti/gg.

Fissato il dato medio di 300 righe/giorno, la gestione dei piccoli componenti attuale prevede delle tempistiche giornaliere di 4,8 min/riga e, considerando l'asservimento di una singola linea di assemblaggio, i lead time medi giornalieri risultano:

- 58 minuti per il lancio delle missioni di prelievo;
- 1,5 minuti per il trasferimento dei vuoti al magazzino;
- 30 minuti per la stampa e il prelievo del report;
- 15 minuti per il coordinamento del picking;
- 210 minuti per il picking;
- 11,5 minuti per il trasferimento dei pieni alla linea.

Con la **gestione TO BE** che viene proposta nel Capitolo 5, è possibile di fatto:

- Ridurre del **45%** i tempi totali di picking (e refilling della rulliera) ottenendo un risparmio per riga di 124,3 s nella gestione a rulliera e di 152 s nella gestione a terra;
- Ridurre del **34%** i tempi totali di lancio MP, distribuzione dei pieni, trasferimento vuoti e gestione delle urgenze;
- Ridurre del **60%** i tempi effettivi di picking di una riga, inteso come il tempo impiegato da un FTE per prelevare le scatole corrispondenti alla riga di report, passando da 288 s/riga (4,8 min/riga) a 113,3 s/riga (1,9 min/riga);

ottenendo per una singola linea di assemblaggio dei lead time giornalieri di:

- 38,3 minuti per il lancio delle missioni di prelievo;
- 1,5 minuti per il trasferimento dei vuoti al magazzino;
- 0 minuti per la stampa e il prelievo del report, poiché l'attività viene eliminata;
- 0 minuti per il coordinamento del picking, poiché l'attività viene eliminata;
- 115,5 minuti per il picking;
- 1,5 minuti per il trasferimento dei pieni alla linea.

In base ai tempi ottenuti è possibile quantificare una **riduzione degli FTE** dedicati alla gestione dei piccoli componenti di **2 operatori**, di cui

- 1 FTE risparmiato nel picking e nello stoccaggio a magazzino;
- 1 FTE risparmiato nella gestione di linea.

Si tratta comunque di un numero cautelativo in quanto i calcoli hanno evidenziato la possibilità di ridurre ulteriormente il numero di FTE per esempio di una mezza risorsa (mettendo a *part-time* un operatore), ma si preferisce comunque mantenere 5 FTE in previsione di diminuirne il numero solo quando la nuova gestione risultasse ormai consolidata.

Per quanto riguarda l'**investimento** quantificato (senza considerare le altre spese da quantificare successivamente) per l'implementazione della nuova gestione può essere **ammortizzato in circa 1,14 anni** rispetto al risparmio delle risorse umane dedicate.

6.2 Considerazioni finali

Nonostante la gestione proposta presenti dei non indifferenti guadagni in termini di tempi e risorse umane impiegate, delle considerazioni risultano doverose.

Nel corso delle osservazioni, interviste e analisi svolte, sono emerse notevoli problematiche relative alla gestione dei piccoli componenti che non è stato possibile risolvere integralmente con lo sviluppo della situazione TO BE poiché esterne al perimetro di intervento del progetto svolto. Nel dettaglio, le principali problematiche sono risultate:

1. Dimensionamento dei SAG di linea

L'attuale dimensionamento dei SAG risulta inefficiente nel garantire una sufficiente copertura temporale del fabbisogno di tutti i codici che contiene rispetto ai lead time di approvvigionamento (picking, trasferimento e distribuzione). Questo problema, imputabile al ridotto spazio disponibile a bordo linea per disporre i SAG, è responsabile della maggior parte degli sprechi di tempo dedicati alla gestione delle urgenze da parte dei magazzinieri di linea, i quali cubano circa il 50% del tempo totale dedicato alla gestione

della minuteria in linea. Ridimensionando opportunamente i SAG di linea sarebbe pertanto possibile minimizzare l'insorgere delle urgenze, riducendo i tempi di gestione della minuteria in linea di un ulteriore 30%, riducendo il numero di FTE dedicati di un altro operatore pieno.

2. Over-stock dei codici basso rotanti e “morti di magazzino”

Molti codici basso rotanti (classe CC) sono presenti in livelli di stock ben superiori ad una copertura di 30 giorni, rendendo problematica il loro stoccaggio nei livelli superiori della scaffalatura, mentre altri codici basso rotanti presenti a magazzino risultano avere dei consumi annuali nulli o pressoché tali, costituendo i cosiddetti “morti di magazzino”. Risulta quindi opportuno, al fine di alleggerire le zone di stoccaggio ausiliare (come il MAD) oltre alla scaffalatura stessa, effettuare un'analisi inventariale per eliminare i codici a consumo nullo e alleggerire lo stock degli altri codici basso rotanti.

3. Missioni a zero

Nell'implementazione della nuova gestione, occorrerebbe poi ridefinire il problema relativo alle missioni a zero, quelle missioni che si creano quando si cerca di lanciare una missione di prelievo per un materiale di cui non è presente nessuna UDC registrata a sistema. Nella gestione attuale la missione a zero rimane aperta fino a che non viene registrata una UDC per quel materiale, momento in cui il sistema crea in automatico una missione che si aggancia direttamente a quel numero di UDC, creando molte volte un elenco di missioni a zero estremamente lungo. Con la nuova gestione, il problema delle missioni a zero dovrebbe essere di fatto scongiurato in quanto ogni codice alto e medio rotante è presente in sufficiente quantità rispettivamente a terra e sulla rulliera, mentre i codici basso rotanti sono presenti anch'essi in quantità sufficienti ma a scaffale. Al fine di preservarsi da ogni evenienza, risulta però fondamentale ridefinire la procedura per la creazione delle missioni a zero anche con la nuova gestione dei piccoli componenti, per esempio proponendo una UDC a scaffale qualora a rulliera non vi siano scatole piene disponibili, mentre per i codici gestiti a terra e a scaffale la procedura rimane invariata.

6.3 Prospettive future

È fondamentale, al fine di permettere un miglioramento continuo della gestione dei piccoli componenti, che la situazione proposta risulti a sua volta migliorabile nel tempo in maniera abbastanza dinamica e flessibile.

Avendo scartato la prospettiva di automatizzare il magazzino, visto il ridotto numero di righe giornaliere (circa 300 righe/gg), l'istituzione di una *fast-picking area* costituita da vari livelli di rulliere può permettere nel tempo una progressiva **alimentazione "free-pass"** dei piccoli componenti direttamente sulla rulliera. L'alimentazione *free-pass* della minuteria costituisce infatti la gestione predominante nella maggior parte delle aziende mondiali per questo tipo di componenti, sia che essa alimenti un magazzino o direttamente i supermarket di linea (Panizzolo, 2022)⁹⁶.

In questo modo i vuoti non dovrebbero più essere riposizionati sulla rulliera per poi essere riforniti, ma costituirebbero un vuoto a rendere da consegnare direttamente al fornitore, il quale si occuperebbe poi di rifornire opportunamente le rulliere per i dati materiali, nelle date quantità e nelle specifiche ubicazioni dedicate. Con una simile gestione sarebbe possibile, infatti, risparmiare totalmente le attività di refilling della rulliera, con una riduzione dei tempi di picking di un ulteriore 15% e di quasi un operatore rispetto alla gestione TO BE proposta, nonché l'intero spazio a scaffale dell'over-stock dei codici gestiti a rulliera, pari a 334 posti pallet. Nella gestione proposta rimarrebbero però fuori da questa prospettiva tutti i codici alto rotanti disposti a terra, ovvero i codici di classe AA che cubano il 44% delle missioni giornaliere. Risulta dunque possibile valutare nel futuro una gestione a rulliera free-pass anche per tali codici, posizionando ad esempio dei nuovi livelli di rulliera sul livello a terra dello scaffale e sfruttando i posti pallet liberati dall'over-stock dei codici gestiti già a rulliera, abbassando i tempi di picking di un ulteriore 11%, attestando la **riduzione totale rispetto alla gestione AS IS pari a al 71% dei tempi e di 2 FTE dedicati al picking e allo stoccaggio.**

⁹⁶ Panizzolo, R. (2022). *Dispense del corso di "Organizzazione della Produzione e dei Sistemi Logistici"*, anno accademico 2021/22. Padova.

Una gestione di questo tipo deve però fare i conti con l'estrema eterogeneità dei piccoli componenti della realtà aziendale di Carraro Drivotech Campodarsego. Come ampiamente spiegato, nella definizione aziendale di "minuteria" vengono considerati anche componenti di medie dimensioni come ingranaggi, bussole, cuscinetti etc. che vengono posizionati nelle scatole di plastica standard per pochi pezzi. Gestire un'alimentazione direttamente in cassetta di tali materiali, supponendo siano medio o alto rotanti, potrebbe risultare inefficiente per il numero di trasporti necessari; motivo per cui è più comodo per l'azienda stocarli in un pallet omogeneo (cassa di ferro o altro) e travasarli di volta in volta nelle opportune cassette. Per tutti i piccoli componenti nel vero senso della parola per cui il numero di pezzi in ciascuna scatoletta è superiore al centinaio, quali viti, dadi, spessori, rondelle, etc., è invece possibile valutare un'alimentazione di tipo free-pass come quella appena descritta.

Un altro problema potrebbe sorgere però sorgere nell'estrema varietà dei fornitori di minuteria dell'azienda, poiché risulterebbe necessario distinguere le zone e le differenti cassette in base al fornitore che ne garantisce l'approvvigionamento free-pass. È un problema tuttavia facilmente risolvibile suddividendo la rulliera in differenti zone ben evidenziate in base al fornitore e adoperando cassetine differenti a seconda dello stesso (per esempio con colori differenti); anche se, in una situazione ideale, l'approvvigionamento della minuteria dovrebbe protendere il più possibile verso un unico fornitore (come spesso accade ad esempio con Würth).

Oltre al miglioramento della gestione dello stoccaggio e del picking ripensando l'approvvigionamento di materiale dal fornitore, rimane poi ampio spazio per migliorare anche la gestione dell'alimentazione delle linee andando, per esempio, ad **automatizzare la chiamata dalle linee** dei vari materiali per i dati scaffali nelle date quantità, potendo ridurre i tempi della gestione della minuteria nelle linee di un ulteriore 15% e risparmiando un FTE. Per fare ciò, potrebbe essere implementato un sistema di conteggio automatico delle scatole sui vari scaffali che, all'esaurimento di una scatola, genera automaticamente una missione a seconda di quali scatole e in che posizione è stata esaurita. In alternativa, per evitare errori nella procedura qualora vengano erroneamente spostate delle scatole non esaurite, si potrebbe installare dei bottoni premibili da parte dell'FTE di assemblaggio ogni qualvolta venga esaurita una scatola e posizionata sul retro del SAG, i quali vadano a creare in automatico la missione per il dato materiale, nella data posizione e quantità.

Bibliografia e sitografia

- Alnahhal, M., & Noche, B. (2013). Efficient material flow in mixed model assembly lines. *SpringerPlus*.
- Battini, D. (2021). *Dispense del corso di "Logistica Industriale", anno accademico 2021/22*. Padova.
- Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2014). A model for warehouse picking forward area allocation and dimensioning. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco (12/09/2014)*, 114-119.
- Bortolini, M., Faccio, M., Ferrari, E., Gamberi, M., & Pilati, F. (2016). Time and energy optimal unit-load assignment for automatic S/R warehouses. *International Journal of Production Economics*.
- Cappellozza, F., Bruni, I., & Panizzolo, R. (2009). *Aumentare la competitività aziendale attraverso la Lean Transformation. Casi di studio e applicazioni pratiche di produzione snella nel nord-est d'Italia*. Milano: Este Srl.
- Carraro Group. (2021). *Carraro Group*. Tratto da www.carraro.com
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research* 182, 481-501.
- Fumi, A., Scarabotti, L., & Schiraldi, M. M. (2013). Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy. *International Journal of Engineering Business Management* 5(1), 1-8.
- Graziadei, G. (2006). *Lean Manufacturing: Come analizzare il flusso del valore per individuare ed eliminare gli sprechi*. Milano: Hoepli.
- Hausman, W. H., Schwarz, L. B., & Graves, L. B. (1976). Optimal storage assignment in automatic warehousing systems. *Management Science* 22 (6), 629-638.

- Panizzolo, R. (2016). *Dispense del corso di "Gestione snella dei processi", anno accademico 2016/17*. Padova.
- Panizzolo, R. (2022). *Dispense del corso di "Organizzazione della Produzione e dei Sistemi Logistici", anno accademico 2021/22*. Padova.
- Panizzolo, R., & De Toni, A. F. (2018). *Sistemi di gestione della produzione*. Novara: De Agostini Scuola SpA.
- Persona, A. (2016). *Appunti del corso di "Logistica Industriale", anno accademico 2016/17*. Padova.
- Rho, R. (2022, ottobre 10). Enrico Carraro: “La Borsa non aiuta le imprese che hanno piani a lungo termine”. *La Repubblica*.
- ten Hompel, M., & Schmidt, T. (2007). *Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. Berlino: Springer.
- Voronova, O. (2022). Improvement of warehouse logistics based on the introduction of lean manufacturing principles. *Transportation Research Procedia* 63 (2022), 919-928.
- Womack, J., & Jones, T. (1996). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Productivity Press.

www.carraro.com

www.wikipedia.org

www.treccani.it/enciclopedia

online.visual-paradigm.com

www.isixsigma.com

www.modula.eu/

<https://logistica.it.com/>

<https://leanpull.com/>

www.utekvision.com

www.flexible-production.com

www.leanmanufacturing.it

www.grapholite.com

APPENDICI

APPENDICI A – Mappatura flussi



Carraro Drive Tech Italia



10IT301000307063
DDT Passivi

DOCUMENTO DI TRASPORTO <small>(D.P.R. 14/08/1996 N. 472)</small>				NR 001371 DEL 07/11/2022											
Destinatario CARRARO DRIVE TECH ITALIA SPA VIA OLMO 37 35011 CAMPODARSEGO - PD - ITALIA				Luogo di Destinazione (se diverso)											
Codice Cliente DD1459	Partita IVA o Codice Fiscale 05253180284	Tip. doc 01	Causale del trasporto VENDITA	Trasporto a mezzo VETTORE		Pag. 1/1									
Porto FRANCO VS. MABAZZINO		Aspetto esteriore dei beni PALETTA		Nr. colli 3	Peso kg. *										
CODICE ARTICOLO	DESCRIZIONE			U.M.	QUANTITA'	LOTTO									
80114111	VS. ORD. N.200200 DEL 18/10/22 NS. RIF. N. 11 DEL 18/10/22 030750 TAPPO DIAMETRO 6.5 NERO			NR	50.000	22P11559									
80741111	VS. ORD. N.200010 DEL 18/10/22 NS. RIF. N. 12 DEL 18/10/22 118683/118683 TAPPO PRIG.M14 NERO			NR	12.000	22P11757									
80848111	VS. ORD. N.200110 DEL 18/10/22 NS. RIF. N. 15 DEL 18/10/22 132858 TAPPO PROTEZIONE NERO			NR	300	22P11755									
8129411101	VS. ORD. N.200190 DEL 18/10/22 NS. RIF. N. 182 DEL 18/10/22 147856 COPERCHIO PROTEZIONE			NR	500	22P11168									
8245611100	VS. ORD. N.200220 DEL 18/10/22 NS. RIF. N. 20 DEL 18/10/22 146055 TAPPO PLASTICA			NR	1.320	22P11260									
<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">CARICO BOLLA</td> </tr> <tr> <td>DATA <u>07/11/2022</u></td> <td>FIRMA <u>[Firma]</u></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">CONTROLLO QUANTITA'</td> </tr> <tr> <td>DATA _____</td> <td>FIRMA _____</td> </tr> </table>								CARICO BOLLA		DATA <u>07/11/2022</u>	FIRMA <u>[Firma]</u>	CONTROLLO QUANTITA'		DATA _____	FIRMA _____
CARICO BOLLA															
DATA <u>07/11/2022</u>	FIRMA <u>[Firma]</u>														
CONTROLLO QUANTITA'															
DATA _____	FIRMA _____														
<p>PRESCRIZIONI AZIENDALI PER TUTTO IL PERSONALE ESTERNO dal 01/05/2022 - contrasto alla diffusione del SARS-CoV-2 / Covid-19 Egredi, Vi comunichiamo che per l'accesso è OBBLIGATORIO Indossare la mascherina e rispettare le norme indicate all'ingresso.</p> <p>DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ SECONDO UNI CEI EN ISO/IEC 17050-1:2010: CERTIFICHAMO che, ad eccezione di eventuali deroghe o concessioni, questa fornitura è stata realizzata in conformità a quanto richiesto dalle specifiche del contratto/ordine e che tutte le prove effettuate secondo quanto previsto dai documenti e dagli accordi in vigore, hanno dato esito positivo. Validità della dichiarazione: 1 anno a partire dalla data del presente DDT fatto salvo che il prodotto sia stato correttamente consegnato, immagazzinato e conservato nell'apposito imballaggio.</p> <p>ISTRUZIONI DI TRASPORTO: Il vettore nell'effettuare i servizi di trasporto di merci su strada deve attenersi al rispetto scrupoloso delle disposizioni legislative e regolamentari poste a tutela della sicurezza della circolazione stradale e della sicurezza sociale con particolare riferimento ai seguenti articoli del Codice della Strada: art. 142 (limiti di velocità) e art. 174 (sicurezza della guida degli autoveicoli adibiti al trasporto di persone e cose). Fattore Plast Srl declina ogni responsabilità per eventuali inosservanze poste in essere rispetto a quanto impartito.</p>															
Vettore GEPLIF REMO AUTOTRASPORTI VIA PIVVEGA NORD 417 35010 VILLANOVA DI CSP PD Tel. 328 1631797 P.IVA 03382760282 Nr. iscrizione Albo PD/2451747/R				Firma Vettore _____ Firma Conducente _____		Data inizio trasporto 07/11/2022									



FATTORE PLAST s.r.l. - Via Puotti, 35 - 35010 Villanova di Camposampiero (PD) Italia
 Tel. 049 9220090 - Fax 049 9221181 - www.fattoreplast.it - info@fattoreplast.it
 C.F./P. IVA IT02002400287 - Reg. Impr. PD02002400287 - R.E.A. PD-196291 - Cap. Soc. € 51.480,00
 Cod. SDI: 5YQITPO
 M101_1

CARRARO Drive Tech Italia
 Firma Destinatario
07 NOV. 2022
 COPIA DESTINATARIO
RESERVA PER CONTROLLO QUANTITA'
 Goods occupied with reserve

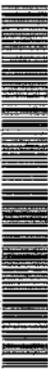
Bolla fornitore o Documento di Trasporto (DDT)



Bolla : 001371 del 07.11.2022
Plant : DT Drive Tech Italia Campodarsego
Fornitore : 202579 FATTORE PLAST SRL
Gr. acq. : RPI R.Piacentini

Doc. materiale: 5004127503
Utente: Marco Mengato
Pagina: 1/1

Numero FT: 0001220989002

Pos	Barcode	Materiale	Descrizione	Rev. Oda	Scadenza	Qtà UM	S/A	Peso	UoM
1		30750	TAPPO D7.5	03	DT000000022 21.03.2014	50.000	PZ	A 0,001	KG
2		118683	TAPPO DI 4,2X34 / TAPPO	03	DT000000022 09.06.2014	12.000	PZ	A 0,002	KG
3		132858	TAPPO PLASTICA 57x132	03	DT000000022 17.01.2014	300	PZ	A 0,048	KG
4		147956	TAPPO	02	DT000000022 05.07.2017	500	PZ	A 0,131	KG
5		146055	TAPPO PLASTICA	02	DT000000022 18.10.2021	1.320	PZ	A 0,080	KG

Bolla di entrata merci (BEM)

Ubicazione	Corsia	T. cre. MP	PRY	Microub.	Materiale	Descrizione	UDC	Q.ta ric.	UM	Barcode prelievo	BOX	CONTANR	P.QTY
R04001008B	001	10:21:09		L1SG2C	126923	VITE AUTOBLOCCANTE M16X2X38 10.9 ACCIAIO	1000928641	200	PZ	 0020000322864	C	M	100
R04001020C	001	10:11:00		L1SG4A	133548	GHIERA M24X1.5	1000935824	250	PZ	 0020000322835	P	M	40
R04001031D	001	10:22:21		L1SG3C	128629	MOLLA TAZZA 61x43x0.9 l02.4 / MOLLA A TA	1000942294	1.007	PZ	 0020000322865	C	M	500
R04001041A	001	10:29:38		L1SG10D	143620	TAPPO MAGNETICO M24X1.5	1000943128	400	PZ	 0020000322874	C	M	200
R04002013D	002	10:16:33		L1SG3B	144557	BOCCOLA KING PIN 35X47X18.5	1000922289	260	PZ	 0020000322859	P	M	180
R04002032C	002	10:27:14		L1SG12D	116530	VITE FORATA Fe/Zn 5C 1A UNI ISO 2081	1000940980	150	PZ	 0020000322871	C	M	100
R04002034B	002	08:18:43		L1SG5D	120717	ANELLO TENUTA 50X60X4 NBR BLOP	1000942036	45	PZ	 0020000322815	P	P	80
R04003003A	003	10:14:55		L1SG4B	127924	VITE AUTOBLOCCANTE M12X1.75X25 10.9 ACCI	1000926019	500	PZ	 0020000322849	C	M	250

Report delle missioni di prelievo (RMP)

APPENDICI B – Analisi ed elaborazione dati

Fila

1

Distribuzione A	Campata																			
Livello		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %			
A		1,11%	0,47%	1,58%	0,00%	0,63%	0,32%	0,16%	0,63%	0,32%	0,16%	0,47%	0,47%	3,16%	0,95%	0,47%	10,90%			
B		0,32%	0,32%	0,47%	0,16%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	1,58%	0,16%	0,32%	0,47%	1,42%	0,00%	0,47%	6,00%			
C		0,95%	0,47%	1,74%	1,90%	0,16%	0,63%	0,79%	0,95%	0,00%	0,16%	0,00%	0,32%	0,16%	0,32%	0,32%	8,85%			
D		0,16%	0,16%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,32%	0,00%	0,32%	0,16%	0,00%	0,16%	0,47%	0,00%	2,21%			
Copertura %		2,53%	1,42%	4,11%	2,05%	1,11%	0,95%	1,11%	1,90%	1,90%	0,79%	0,95%	1,26%	4,90%	1,74%	1,26%	27,96%			

Fila

2

Distribuzione A	Campata																			
Livello		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %		
A		0,00%	0,32%	0,16%	0,32%	0,16%	0,32%	0,63%	0,79%	0,32%	0,00%	0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,48%		
B		0,00%	0,47%	0,63%	0,63%	0,16%	1,58%	1,11%	0,32%	0,47%	0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,53%		
C		0,00%	0,32%	0,47%	1,11%	1,11%	1,11%	0,00%	1,11%	0,32%	0,16%	0,63%	0,47%	0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	7,27%		
D		0,00%	0,95%	0,00%	0,47%	0,32%	0,16%	0,32%	0,32%	0,16%	0,32%	1,26%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	4,58%		
Copertura %		0,00%	2,05%	1,26%	2,53%	1,74%	3,16%	2,05%	2,53%	1,26%	0,47%	2,37%	0,63%	0,79%	0,00%	0,00%	0,00%	20,85%		

Fila

3

Distribuzione A	Campata																			
Livello		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %		
A		0,32%	0,47%	0,63%	0,32%	0,63%	0,79%	2,37%	0,00%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,85%		
B		0,47%	2,21%	0,32%	0,63%	0,47%	1,11%	0,00%	0,00%	0,95%	1,90%	0,47%	0,32%	0,00%	0,63%	0,00%	0,00%	8,85%		
C		0,16%	0,32%	0,32%	0,16%	0,63%	0,16%	0,47%	0,79%	0,16%	0,16%	0,63%	2,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,16%		
D		0,00%	0,16%	0,00%	0,47%	0,32%	0,00%	0,63%	0,00%	1,74%	0,79%	0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	4,27%		
Copertura %		0,95%	3,16%	1,26%	1,58%	2,05%	2,05%	3,48%	0,79%	2,84%	3,16%	1,11%	2,53%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	25,12%		

Fila

4

Distribuzione A	Campata																			
Livello		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %		
A		0,63%	0,47%	0,63%	0,47%	0,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,16%		
B		0,32%	0,16%	0,16%	0,95%	0,32%	1,58%	0,32%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,74%		
C		0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,79%	0,16%	0,32%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,05%		
D		0,00%	0,16%	0,00%	0,32%	0,32%	0,32%	0,63%	0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,90%		
Copertura %		0,95%	0,95%	0,79%	1,90%	2,21%	2,05%	1,26%	0,47%	0,00%	0,16%	0,00%	1,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	11,85%		

Fila

5

Distribuzione A	Campata																			
Livello		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %		
A		0,63%	0,47%	0,16%	0,47%	0,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,37%		
B		0,16%	0,95%	0,16%	0,00%	2,84%	0,00%	0,00%	1,11%	0,16%	0,32%	0,00%	0,16%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	6,00%		
C		0,00%	0,32%	0,16%	1,11%	0,16%	0,32%	0,00%	0,16%	0,47%	0,16%	0,16%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	3,16%		
D		0,16%	0,16%	0,32%	0,47%	0,00%	0,16%	0,32%	0,16%	0,47%	0,00%	0,16%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	2,69%		
Copertura %		0,95%	1,90%	0,79%	2,05%	3,63%	0,47%	0,32%	1,42%	1,11%	0,47%	0,32%	0,16%	0,63%	0,00%	0,00%	0,00%	14,22%		

Heat Maps della distribuzione delle UDC di classe A tra le 5 file della scaffalatura per livello e campata

Fila

1:

Distribuzione B	Campata	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		0,49%	1,62%	0,49%	1,05%	0,57%	0,32%	0,81%	0,57%	0,24%	0,97%	0,89%	0,81%	1,21%	0,81%	2,02%	12,86%
B		1,38%	0,40%	0,16%	0,08%	0,57%	0,65%	0,08%	0,73%	1,13%	0,08%	0,32%	0,89%	0,32%	0,16%	0,89%	7,85%
C		0,73%	0,16%	0,57%	0,97%	0,00%	1,21%	0,08%	0,65%	0,24%	0,00%	0,57%	0,97%	0,16%	0,65%	0,08%	7,04%
D		0,89%	0,24%	0,16%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,32%	0,49%	0,32%	0,57%	0,08%	0,00%	0,32%	0,24%	3,72%
Copertura %		3,48%	2,43%	1,38%	2,18%	1,13%	2,18%	0,97%	2,27%	2,10%	1,38%	2,35%	2,75%	1,70%	1,94%	3,24%	31,47%

Fila

2:

Distribuzione B	Campata	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		0,00%	0,00%	0,16%	0,16%	0,00%	0,32%	0,81%	0,16%	0,24%	0,65%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,91%
B		0,00%	0,24%	0,32%	0,89%	0,40%	0,97%	0,81%	0,16%	0,73%	0,00%	0,08%	1,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,07%
C		0,00%	0,97%	0,00%	0,89%	0,16%	0,49%	1,05%	0,24%	0,40%	1,70%	0,81%	0,65%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	8,01%
D		0,00%	0,32%	0,08%	0,08%	0,81%	0,00%	0,57%	0,49%	0,16%	0,49%	0,24%	0,24%	1,05%	0,08%	0,00%	0,00%	4,61%
Copertura %		0,00%	1,54%	0,57%	2,02%	1,38%	1,78%	3,24%	1,05%	1,54%	2,83%	1,54%	2,35%	1,70%	0,08%	0,00%	0,00%	21,60%

Fila 3:

Distribuzione B	Campata	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		0,40%	0,32%	0,08%	0,73%	0,49%	0,16%	0,08%	0,16%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,59%
B		1,21%	0,40%	0,57%	0,40%	0,97%	1,78%	0,73%	1,05%	0,89%	0,24%	1,46%	0,65%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	10,36%
C		0,89%	0,89%	0,24%	0,49%	0,73%	0,73%	0,08%	0,40%	0,24%	0,24%	0,08%	0,00%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	5,26%
D		0,32%	0,00%	0,00%	0,08%	0,08%	0,08%	0,24%	0,24%	0,49%	0,24%	0,32%	0,08%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	2,35%
Copertura %		2,83%	1,62%	0,89%	1,70%	2,27%	2,75%	1,13%	1,86%	1,62%	0,89%	1,86%	0,73%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	20,55%

Fila

4:

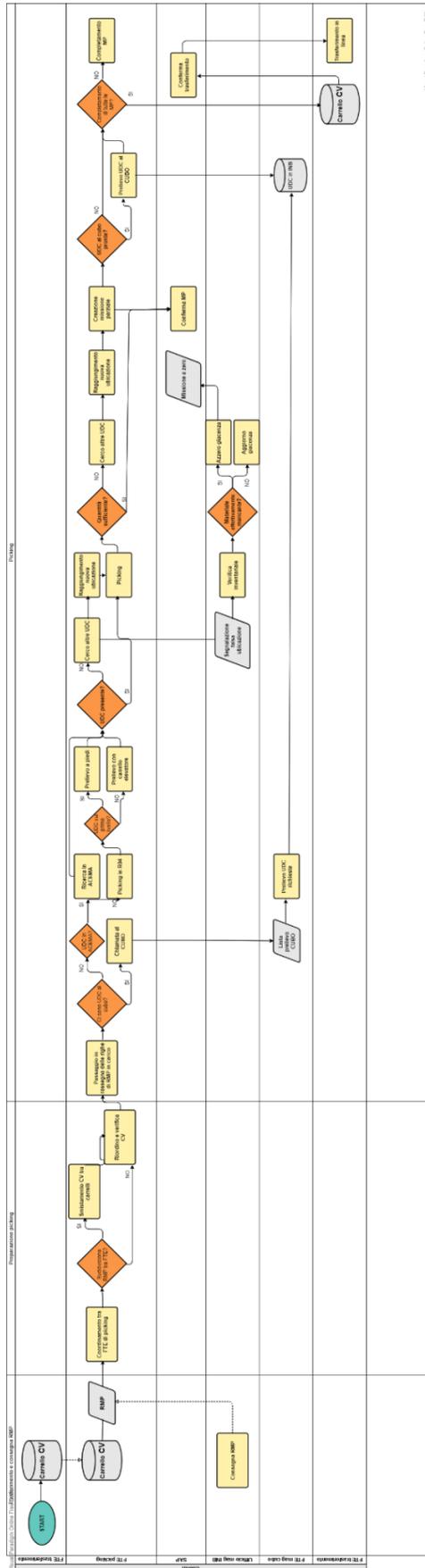
Distribuzione B	Campata	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		0,32%	0,49%	0,00%	0,08%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%
B		0,65%	0,49%	0,40%	0,65%	0,65%	0,16%	1,29%	0,00%	1,13%	0,00%	0,16%	0,49%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	6,15%
C		1,21%	0,32%	0,24%	0,16%	0,49%	0,08%	0,16%	0,40%	0,57%	0,49%	0,89%	0,00%	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	5,34%
D		0,00%	0,08%	0,16%	0,16%	0,08%	0,32%	0,00%	0,24%	0,08%	0,00%	0,16%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,38%
Copertura %		2,18%	1,38%	0,81%	1,05%	1,38%	0,57%	1,46%	0,65%	1,78%	0,49%	1,21%	0,57%	0,40%	0,00%	0,00%	0,00%	13,92%

Fila

5:

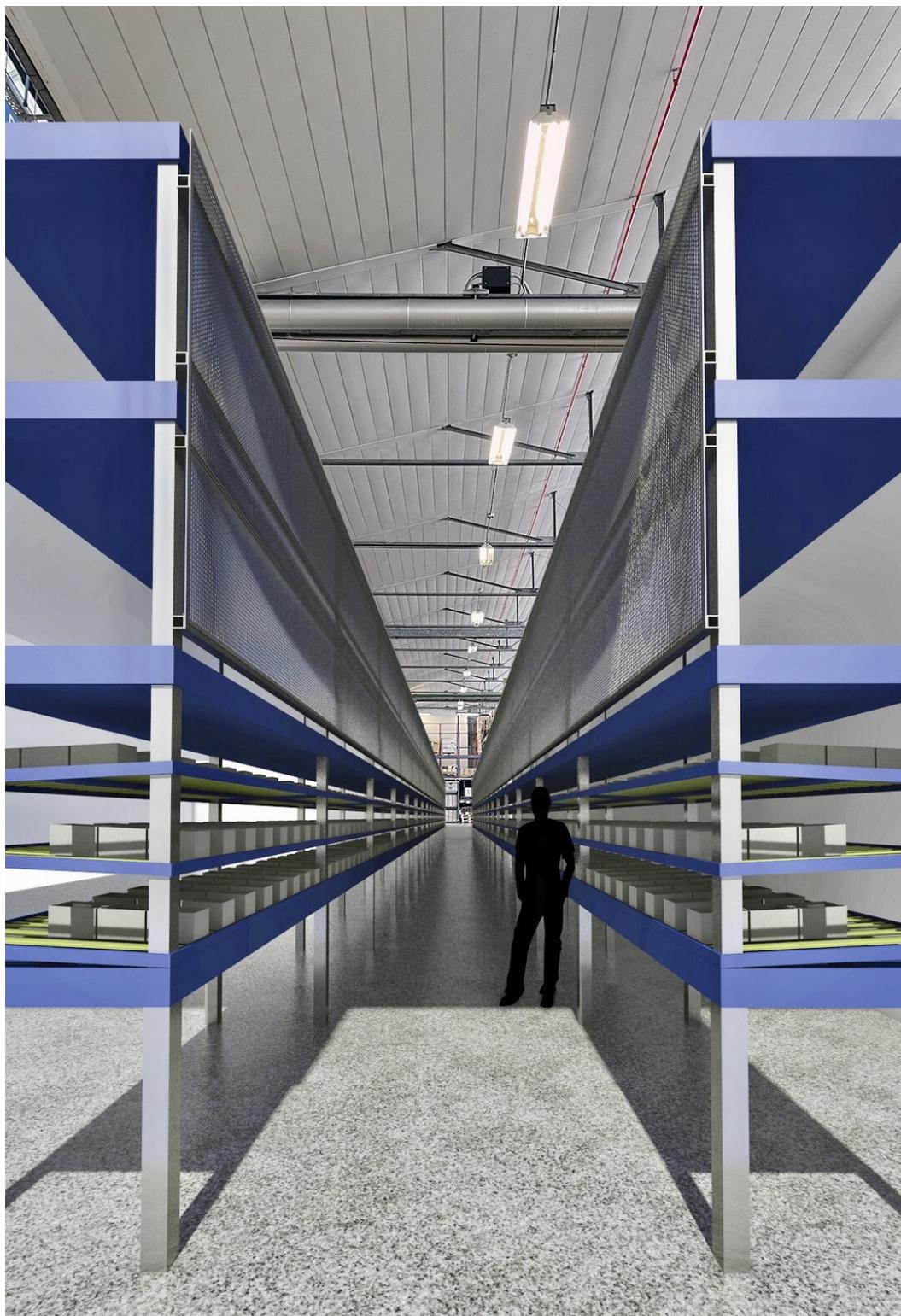
Distribuzione B	Campata	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Copertura %
A		0,73%	0,24%	0,24%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,29%
B		0,89%	0,16%	0,16%	0,89%	0,49%	0,24%	0,24%	1,78%	0,81%	1,62%	0,73%	0,08%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%	8,17%
C		0,00%	0,00%	0,40%	0,49%	0,08%	0,08%	0,08%	0,57%	0,32%	0,00%	0,00%	0,08%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	2,27%
D		0,08%	0,00%	0,00%	0,08%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,73%
Copertura %		1,70%	0,40%	0,81%	1,46%	0,89%	0,32%	0,32%	2,35%	1,13%	1,78%	0,73%	0,32%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	12,46%

Heat Maps della distribuzione delle UDC di classe B tra le 5 file della scaffalatura per livello e campata



Swim Lane Chart AS IS procedura di picking

APPENDICI C – Situazione “TO BE”



Render 3D delle scaffalature con rulliera

Offerta B-112997/1

Pos.	Versione:	Quantità	Prezzo	Importo totale
1	L 2690 x L 1170 -- LIFO Portata 1000 Kg.	1014		366.000 €

DIMENSIONI

Larghezza:	2690 mm	Clear Entry:	2700 mm
Lunghezza:	1190 mm	Profondità utile:	1082 mm
Portata (max):	1000 kg	Numero canali:	1 Pezzi
Larghezza canali:	2640 mm	Larghezza canali (utile):	2620 mm

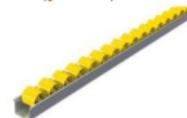
CARTONI

Non abbiamo informazioni riguardo le scatole

COMPONENTI

Barre a rulli:	26 Pezzi	AN 33 (yellow) (l= 1108 mm)
Guide:	0 Pezzi	Divisori di piano (l= 1106 mm)

AN 33 (yellow)



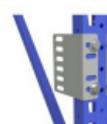
26 Pezzi

Divisori di piano



0 Pezzi

Adattatori universali per

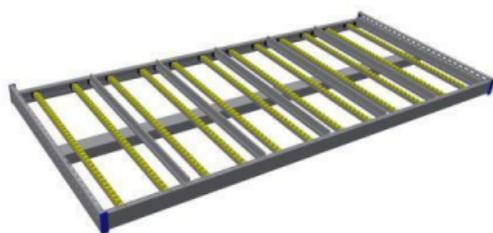


Rompitratta



Profilo di prelievo
2672 mm

Rompitratta
2683 mm



Profilo di prelievo
2672 mm

Preventivo rulliera L 2690 x L 1190 – LIFO per una portata massima di 1000kg

NXV Very Narrow Aisle Truck con forche trilaterali o attrezzatura con forche telescopiche
Per corsie strette, scaffalature alte e le esigenze più elevate

Le presenti specifiche tecniche, conformi alle direttive VDI 2198, sono valide solo per il modello standard. L'uso di gomme, accessori, montanti alternativi, ecc. potrebbe determinare valori diversi.



Caratteristiche	1.1	Produttore			STILL	STILL	STILL	
	1.2	Modello specificato dal produttore			NXV con forche trilaterali e montante triplex, senza sollevamento ausiliario	NXV con forche trilaterali, montante triplex e sollevamento ausiliario	NXV con forche telescopiche e montante telescopico, senza sollevamento ausiliario	
	1.3	Comando			Elettrico	Elettrico	Elettrico	
	1.4	Tipo di guida			Conducente seduto	Conducente seduto	Conducente seduto	
	1.5	Classe di portata/carico	Q	kg	1500	1000	1250	
Pesi	1.6	Baricentro di carico	c	mm	600	600	600	
	1.9	Interasse	y	mm	1916	1916	1971	
	2.1	Peso (compresa batteria)		kg	6869	8689	5518	
	2.2	Peso asse con carico		kg	1956/6413	2413/7276	1280/5488	
	2.3	Carico assiale, senza carico		kg	2488/4381	2768/5921	1866/3652	
	Ruote	3.1	Gommatura			Poliuretano	Poliuretano	Poliuretano
		3.2	Diametro/larghezza delle ruote		mm	360/130	360/130	360/130
		3.3	Diametro/larghezza delle ruote		mm	370/160	370/160	370/160
		3.5	Numero di ruote (x = trazione)			1x/2	1x/2	1x/2
		3.6	Larghezza carreggiata		mm	0/1290	0/1290	0/990
		4.2	Altezza con montante abbassato	h_1	mm	3400	5900	3400
		4.3	Alzata libera	h_2	mm	2150	4650	-
		4.4	Sollevamento	h_3	mm	6350	12850	4200
		4.5	Altezza con montante alzato	h_4	mm	7800	15041	5500
		4.6	Dimensioni verticali degli accessori supplementari, vuoti	h_5	mm	1220	1050	896
Dimensioni di base	4.7	Altezza al di sopra del tetto protettivo (cabina)	h_6	mm	2200	2200	2200	
	4.8	Altezza sedile	h_7	mm	1050	1050	1050	
	4.15	Altezza da terra a forche abbassate	h_{1a}	mm	60	60	180	
	4.19	Lunghezza totale (incl. forche)	l_1	mm	3208	3208	3690	
	4.21	Larghezza totale dell'asse delle ruote di carico	b_1/b_2	mm	1250/1500	1250/1500	1120/1200	
	4.22	Dimensioni forche	s/e/l	mm	50/120/1200	50/120/1200	65/174/1200	
	4.24	Larghezza piastra portatorforche	b_2	mm	710	710	1165	
	4.25	Larghezza totale forche	min./max.	mm	470/640	470/640	545/545	
	4.27	Larghezza tra i rulli di guida	b_4	mm	1657	1670	1375	
	4.29	Spinta, laterale	b_7	mm	1294	1298	1290	
	4.31	Distanza da terra sotto montante, con carico	m_1	mm	40	40	40	
	4.32	Distanza minima da terra al centro dell'interasse	m_2	mm	80	80	80	
	4.34	Larghezza corsie di lavoro	A_w	mm	1662	1675	1380	
	4.35	Raggio di sterzata	W_s	mm	2147	2147	2202	
	4.38	Distanza dal centro di rotazione delle forche trilaterali	l_8	mm	706	706	773	
4.39	Lunghezza del carrello scorrevole	A	mm	480	480	-		
4.40	Larghezza del telaio scorrevole	B	mm	1465	1495	-		
4.41	Larghezza del carrello scorrevole	F	mm	277	287	-		
4.42	Larghezza minima delle corsie di trasferimento	Au	mm	3677	3680	4006		
Dati prestazionali	5.1	Velocità di marcia	con/senza carico	km/h	10,5/10,5	10,5/10,5	10,5/10,5	
	5.2	Velocità di sollevamento	con/senza carico	m/s	0,56/0,57	0,43/0,43	0,57/0,57	
	5.3	Velocità di abbassamento	con/senza carico	m/s	0,45/0,45	0,45/0,45	0,45/0,45	
	5.4	Velocità di spinta	con/senza carico	m/s	0,29/0,29	0,33/0,33	0,40/0,40	
	5.9	Velocità di accelerazione (su 10 m)	con/senza carico	s	6/6	6/6	5/5	
5.10	Freno di servizio			Rigenerativo	Rigenerativo	Rigenerativo		
Motore elettrico	6.1	Motore di trasmissione, potenza a S2 = 60 min		kW	6,5	6,5	6,5	
	6.2	Motore per sollevamento, potenza a S3 = 15%		kW	24	24	24	
	6.3	Batteria conforme a DIN 43531/35/36 A, B, C, no			DIN 43531 C (B)	DIN 43531 C (B)	DIN 43531 C (B)	
	6.4	Tipo/tensione/capacità nominale batteria C5		V/Ah	48V 8PzS 1120	48V 8PzS 1120	48V 8PzS 1120	
	6.5	Peso batteria +5% (a seconda del produttore)		kg	1688	1688	1688	
Altro	8.1	Controllo trazione			Microprocessore	Microprocessore	Microprocessore	
	8.4	Pressione sonora all'orecchio del conducente		dB(A)	68	68	68	

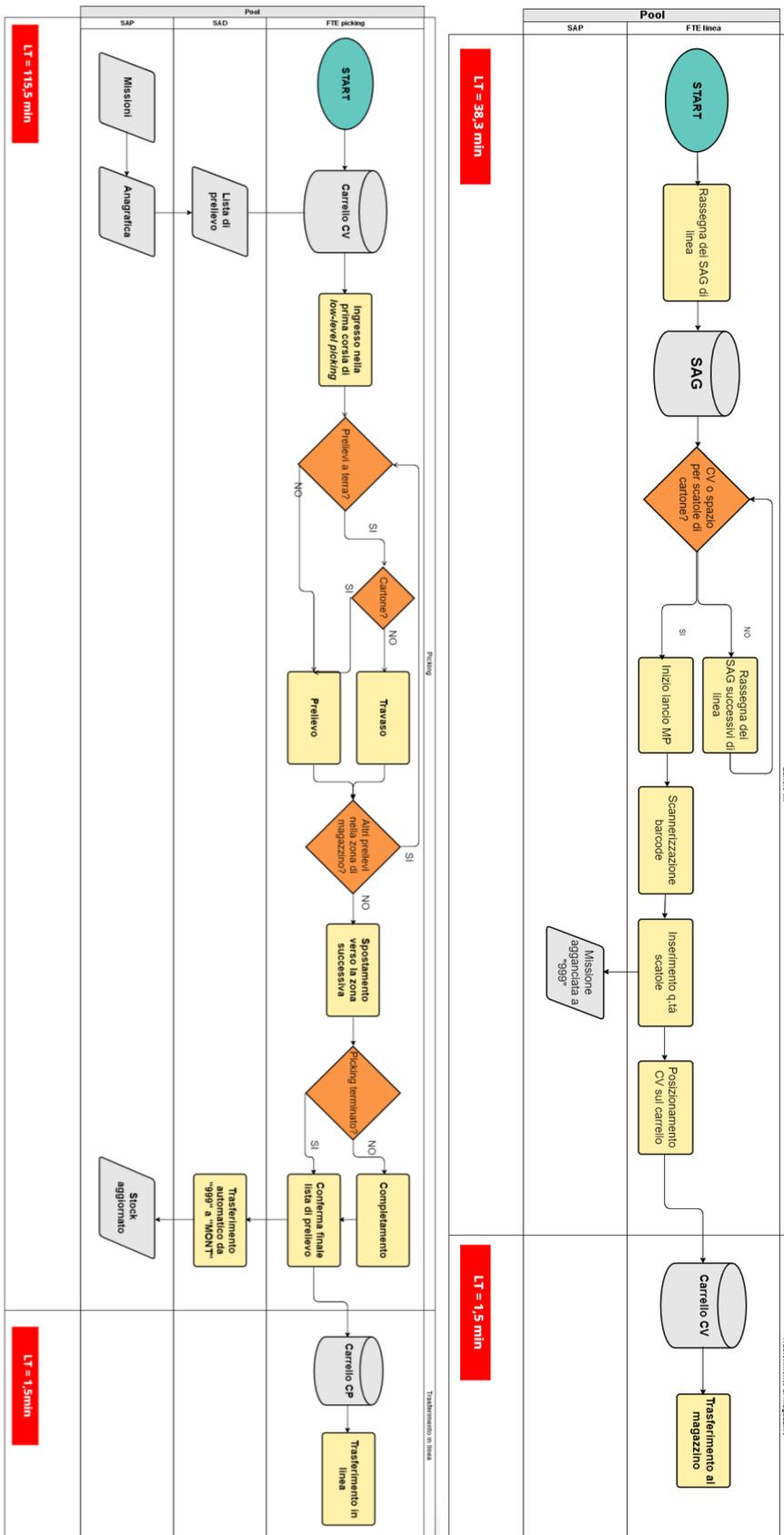
Scheda tecnica commissionatore trilaterale STILL "NXV IT TD"

OFFERTA COMMERCIALE

Spett.le			CARRARO DRIVE TECH ITALIA S.P.A. VIA OLMO N.37 35011 CAMPODARSEGO (PD) Italy			
Luogo di destinazione			CARRARO DRIVE TECH ITALIA S.P.A. VIA OLMO N.37 35011 CAMPODARSEGO (PD) Italy			
N° Documento	Data	Pagina				
1/2022	23/02/2022	1 / 1				
Cond. pag.			P.NA/ Codice Fiscale		Valuta	
-					Euro	
Oggetto						
PREVENTIVO PER FORNITURA N. 8 CARRELLI DIM. 1200X800 CON RIPIANI AMOVIBILI						
CODICE	DESCRIZIONE	UM	Q.TA'	PZ.UN.	IMPONIBILE	IVA
	FORNITURA DI N. 8 CARRELLI DIM. 1200X800 CON RIPIANI AMOVIBILI , COME DA VOI RICHIESTO, COMPRESIVI DI: - copertura lato corto "800" con lamiera forata; - bandelle laterali ribaltabili lato "1200"; - n. 4 maniglie per movimentazione; - telaio inferiore alleggerito ed abbassato; - ruote Blicke diam. 200 proposto in 2 versioni ; - verniciatura con colore giallo - RAL da definire.					
>	CARRELLO CON RUOTE IN RIVESTIMENTO EXTRATHANE In alternativa	NR	08,00	1.575,000	12.600,00	22
>	CARRELLO CON RUOTE IN RIVESTIMENTO BESTHANE CONSEGNA: - consegna campione non verniciato per eventuali modifiche 15 gg lavorati data ordine; - consegna serie completa 15gg lavorativi dall'approvazione del campione, salvo imprevisti e tempi di consegna delle ruote. MODALITA' DI PAGAMENTO : da concordare	NR	08,00	1.785,000	14.280,00	22
Timbro e/o firma per accettazione			Annotazioni e variazioni Telefono: 0445 300920 Fax: 0445 307123		Tot. Merce (T.M.) 26.880,00	
					Sconto su T.M. 0	
					Totale imponibile 26.880,00	

Timbro e/

Preventivo carrelli multilivello



Swim Lane Chart della gestione TO BE per i codici nella FPA