POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale

Laurea Specialistica in Ingegneria Gestionale

Tesi di laurea magistrale

Valutazione dei processi logistici di trasporto e immagazzinamento di batterie in ambito Automotive.

Coordinatori

Prof. Carlo Rafele

Prof. Giulio Mangano

Tutore aziendale

Ing. Marco Alessandria

Candidato

Paolo Federico Vanelli

Marzo 2020

INDICE

1: Introduzione

2: Ricerca

2.1 Automotive: storia ed innovazione

2.1.1 Il trasporto prima della nascita dell'automobile

2.1.2 L'invenzione dell'automobile ed il XIX secolo

2.1.3 Inizio del '900 e auto Fordista

2.1.4 Auto europee nel '900 e secondo dopoguerra

2.1.5 Arrivo delle auto Giapponesi e sviluppi recenti

2.2 Sensibilità climatiche ed ingresso dell'elettrico nell'industria automobilistica

2.2.1 Cambiamenti climatici durante la storia della terra

2.2.2 Cambiamenti climatici negli ultimi anni ed influenza dell'uomo

2.2.3 Sensibilità nella popolazione e fenomeno Greta Thunberg

2.2.4 Scelte strategiche degli stati dei consumatori e delle imprese

2.2.5 L'auto elettrica oggi e in futuro

2.3 FCA & Green Logistics

2.3.1 I-fast AL e bisarche a metano

2.3.2 Gestione FCA dell'acqua: Cassino, Goiania (Brasile) e Fiat India

2.3.3 Riciclo e riutilizzo dei rifiuti

2.4 BATTERY & Electrification

2.4.1 Funzionamento di una batteria elettrica

2.4.2 Batterie μ-HEV

2.4.3 Batterie BSG e MHEV

2.4.4 Batterie PHEV

2.4.5 Batterie BEV

2.5 Gestione dei flussi logistici e delle scorte nei magazzini

2.5.1 Responsabilità del Supply Chain Management

2.5.2 Gestione del trasporto via strada

2.5.3 Normative sui materiali pericolosi

2.5.4 Disegno e Pianificazione di un magazzino

2.5.5 Analisi e classificazione delle varie tipologie di magazzino

2.5.6 Definizione di magazzino a scaffalatura con i diversi tipi di componenti

2.5.7 Carrelli per magazzini: classificazione e comparazione

3: Case Study FCA: Approvvigionamento ed immagazzinamento batterie

3.1 Introduzione e Gestione dei Trasporti

3.1.1 Introduzione

3.1.2 Caratteristiche del prodotto

3.1.3 Gestione e Costificazione dei Trasporti

3.2 Calcolo della superficie necessaria per immagazzinare le batterie PHEV e MHEV

3.2.1 Analisi SWOT sulla miglior tipologia di magazzino

3.2.2 Dimensionamento magazzino Batterie PHEV (Terra)

3.2.3 Dimensionamento magazzino Batterie MHEV (Terra)

3.2.4 Dimensionamento magazzino Batterie PHEV + MHEV (Terra)

3.2.5 Dimensionamento magazzino Batterie PHEV (Scaffalatura)

3.2.6 Dimensionamento magazzino Batterie MHEV (Scaffalatura)

3.2.7 Dimensionamento magazzino Batterie PHEV + MHEV (Scaffalatura)

3.2.8 Calcolo dimensioni area ricevimento e area spedizione

3.2.9 Calcolo dimensioni area quarantena

3.2.10 Conclusioni sugli Spazi per il magazzino Batterie PHEV e MHEV

3.3 Calcolo dei Costi per immagazzinare le batterie PHEV e MHEV

3.3.1 Calcolo tempi Ricevimento con batterie PHEV a Terra

3.3.2 Calcolo tempi Spedizione con batterie PHEV a Terra

3.3.3 Calcolo tempi Vuoti con batterie PHEV a Terra

3.3.4 Calcolo tempi Totali con batterie PHEV a Terra

3.3.5 Calcolo tempi con batterie MHEV

3.3.6 Tempi totali e risorse necessarie

3.3.7 Calcolo tempi con batterie PHEV e MHEV a Scaffalatura

3.3.8 Conclusione Tempi

3.3.9 Costificazione e Conclusioni Magazzino Batterie PHEV e MHEV

3.4 Calcolo dei Costi per immagazzinare le batterie BEV

3.4.1 Dimensionamento magazzino Batterie BEV (Terra)

3.4.2 Dimensionamento magazzino Batterie BEV (Scaffalatura)

3.4.3 Calcolo dimensioni aree ricevimento, spedizione e quarantena

3.4.4 Conclusioni sugli Spazi per il magazzino Batterie BEV

3.4.5 Calcolo tempi Ricevimento e Spedizione con batterie BEV a Terra

3.4.6 Calcolo tempi Vuoti con batterie BEV a Terra

3.4.7 Tempi totali e risorse necessarie

3.4.8 Calcolo tempi con batterie BEV a Scaffalatura

3.4.9 Conclusione Tempi

3.4.10 Costificazione e Conclusioni Magazzino Batterie BEV

3.5 Riduzione dei costi grazie al Carrello FLEXI

3.5.1 Riduzione Spazi area Stoccaggio

3.5.2 Riduzione Spazi aree ricevimento, spedizione e quarantena

3.5.3 Conclusioni sugli Spazi grazie ai Carrelli FLEXI

3.5.4 Calcolo risparmio tempi Ricevimento, Spedizione e Vuoti

3.5.5 Risparmio tempi totali e risparmio risorse

3.5.6 Costificazione e Conclusioni

3.6 Aumento della domanda: scenari

3.6.1 Basso aumento della domanda

3.6.2 Alto aumento della domanda (raddoppio o triplicazione)

3.6.3 Raddoppio della domanda e diminuzione dei giorni scorta

4: Conclusione e considerazioni future

Bibliografia

1: Introduzione

Durante la storia dell'automotive, l'auto elettrica fu una delle prime tipologie di auto ad entrare nel mercato automobilistico e ad ottenere anche le migliori prestazioni. Nonostante ciò non riuscì a rimanere a lungo sul mercato a causa delle difficoltà riguardanti l'alimentazione.
Oggi, a causa dei cambiamenti climatici, gli stati stanno mettendo in atto limitazioni e imposizioni per disincentivare la produzione e l'acquisto delle auto a combustione interna e stanno facendo investimenti per incentivare gli acquisti delle auto ibride o elettriche e cercare di ridurre i problemi principali ad esse inerenti (durata della batteria e basso ciclo di vita, pochi punti di ricarica, alti costi di gestione e fabbricazione delle batterie che vengono poi caricati sul cliente).
In più la popolazione mondiale si sta sensibilizzando al tema dei cambiamenti climatici e dell'inquinamento e sta modificando le proprie scelte negli investimenti; le attenzioni nell'acquisto di un'auto in passato erano focalizzate sulla prestazione, mentre oggi il tipo di alimentazione dell'auto può essere considerato un fattore competitivo.
FCA, come le altre case automobilistiche, ha quindi scelto di investire nuovamente nell'elettrico, abbandonando la produzione delle auto a Diesel e iniziando la produzione di auto ibride ed elettriche per la regione EMEA. Le sigle per indicare i veicoli ibridi ed elettrici che saranno prodotte sono μ-HEV, MHEV, PHEV e BEV.
Lo scopo di questa tesi, risultato di 4 mesi di lavoro presso la Fiat Chrysler Automobiles SpA di Torino, è individuare le migliori soluzioni ed il costo di trasporto e di immagazzinamento delle batterie agli Ioni di Litio, che sono la principale componente delle auto con motore elettrico e che, secondo le classifiche ADR, sono considerate materiale pericoloso che deve seguire regole rigide nella gestione e nella movimentazione.
La tesi è divisa in due principali sezioni: una sezione di ricerca composta da cinque capitoli ed una seconda che affronta il caso di studio.
Il primo capitolo della sezione di ricerca racconta la storia dell'automobile dalla sua invenzione ed ingresso del mercato alla fine del XIX secolo fino ai giorni nostri con i tentativi recenti di trovare un tipo di alimentazione a basse emissioni.
Il secondo capitolo affronta i temi del cambiamento climatico, di come essi sono entrati nel dibattiti più attuali e di come hanno influenzato le scelte legislative degli stati e le scelte di investimento dei singoli consumatori riguardanti il mercato dell'auto elettrica.

Nel terzo capitolo viene fatta un'intera panoramica su tutti gli investimenti a tutela dell'ambiente all'interno dell'azienda FCA, la cui politica aziendale è molto sensibile ai cambiamenti climatici.
Nel quarto capitolo vengono invece descritte tutte le tipologie di batterie agli Ioni di Litio usate per auto ibride o elettriche e ne viene descritto il funzionamento.
Il quinto capitolo riassume il ruolo della supplychain che include sia il trasporto che l'immagazzinamento. Vengono descritte le tipologie di trasporto merci via strada e viene posta particolare attenzione alle norme che regolano la movimentazione delle merci pericolose, tra le quali sono classificate anche le batterie agli Ioni di Lito. Il capitolo spiega inoltre il ruolo fondamentale che ha un magazzino all'interno della filiera logistica, le tipologie di magazzino esistenti e l'importanza della scelta nella sua progettazione. Nel capitolo vengono anche descritte alcune tipologie di carrelli utilizzati nei magazzini portapallet.
La seconda sezione discute il caso di studio del mio lavoro in azienda.
In particolare, dopo aver calcolato il costo annuale totale del trasporto da fornitore a magazzino mediante l'utilizzo di camion autoarticolati, la tesi mette a confronto due tipologie diverse di immagazzinamento: immagazzinamento a Terra e immagazzinamento a Scaffalatura.
Nel calcolo viene preso in considerazione l'immagazzinamento congiunto delle batterie PHEV e MHEV. La domanda è supposta costante.
È messa a confronto la superficie di ingombro delle due tipologie di magazzino, considerano sia l'area di stoccaggio che le aree di ricevimento, spedizione e quaranta. Il calcolo delle superfici viene fatto nel dettaglio, tenendo conto degli ingombri di ciascun contenitore di batterie, degli spazi necessari per garantire la movimentazione dei carrelli e della superficie richiesta per la sicurezza per le merci pericolose. Successivamente sono calcolati nel dettaglio i tempi necessari a ricevere, stoccare e spedire i contenitori delle batterie in modo da capire di quanti carrelli e di quante risorse umane il magazzino necessiti. Vengono infine stimati tutti i costi annuali di mantenimento e ammortamento dell'investimento per il magazzino in modo da poter scegliere la soluzione più economica tra l'immagazzinamento a terra e l'immagazzinamento a scaffalatura.
Gli stessi calcoli sono successivamente effettuati per l'immagazzinamento delle sole batterie BEV che hanno dimensioni e caratteristiche diverse. Anche in questo caso vengono calcolate in maniera dettagliata le superfici di tutte le aree, i tempi che servono che servono per ricevere, stoccare e spedire i contenitori e i costi di ammortamento dell'investimento e di mantenimento del magazzino.
Si calcola poi anche il risparmio che si potrebbe avere utilizzando i carrelli FLEXI al posto dei carrelli

elevatori frontali. Data la possibilità di ridurre la dimensione del corridoio necessaria al carrello per muoversi, il risparmio è significativo.
Da ultimo si fa una stima di come cambierebbero i costi di gestione del magazzino se la domanda aumentasse. Infatti, in caso di raddoppio o triplicazione della domanda, l'azienda potrebbe scegliere di ridurre i giorni scorta e ciò permetterebbe di contenere l'aumento dei costi.
La ricerca del materiale per scrivere la tesi è stata differenziata tra le due sezioni e tra capitolo e capitolo nella prima sezione.
Le fonti del primo capitolo derivano principalmente da ricerche online su siti web, riviste e documentari. Il secondo capitolo invece ha come fonti anche articoli scientifici e tecnici cercati grazie al supporto del Politecnico di Torino. Le fonti del terzo e del quarto capitolo sono state principalmente individuate da FCA; in particolare i risultati della politica aziendale sono descritti dal report di sostenibilità 2018. Il quinto capitolo è invece supportato da testi accademici sull'argomento e da ricerche online realizzate sui siti Web dei principali fornitori dell'azienda.
Nella seconda sezione tutte le informazioni su cui effettuare i calcoli sono state fornite da FCA sulla base di scelte aziendali, preventivi di aziende esterne e tesi realizzate da altri studenti in passato. Tutti i calcoli sono stati sviluppati tramite i fogli Office Excel contenuti nel documento della Tesi. I fogli quindi riassumono, per ogni scenario e per ogni tipologia di batteria, tutti i calcoli relativi alla superficie del magazzino, ai tempi necessari per movimentare e gestire le batterie ed ai loro relativi costi.

2: Ricerca

Capitolo 2.1 **Automotive: storia ed innovazione**

INTRODUZIONE

La storia dell'auto può essere considerata una storia abbastanza recente. Nonostante i primi progetti e costruzioni di veicoli a motore abbiano origini antiche, l'automobile cominciò a diventare un mezzo di trasporto (e non solo un progetto o un prototipo da laboratorio) tra la fine del 1800 e l'inizio del 1900.
Nonostante ciò, l'auto elettrica fu tra le prime ad essere prodotta e ad entrare nel mercato. Già all'inizio del 1900 offriva migliori prestazioni rispetto alle auto alimentate a combustibile, ma scomparve dal mercato negli anni '20 a causa dei tempi lunghi di ricarica e della mancanza di colonnine sul territorio.
Fu l'America il primo paese a produrre auto per la classe media con le fabbriche di Henry Ford, General Motors e Chrysler che controllavano l'80% del mercato americano. Le fabbriche europee invece iniziarono ad essere competitive con le aziende statunitensi solo nel secondo dopo guerra, quando la necessità della rinascita economica le costrinse a produrre auto per la classe media finalizzate all'esportazione. Gli anni '50, '60 e '70 furono caratterizzati da sviluppi tecnologici nelle auto (la reintroduzione della trazione anteriore) e sviluppi in termini di sicurezza (come l'introduzione della cintura di sicurezza o del sistema frenante ABS). L'auto Giapponese entrò nel mercato americano ed europeo solo alla fine degli anni '70 grazie alla crisi del petrolio, dato che l'auto giapponese sacrificava le prestazioni ma offriva minor consumi, e agli standard superiori in termini di sicurezza delle auto giapponesi. Nel 1980 l'industria automobilista giapponese divenne leader mondiale.
Oggi, a differenza dei primi decenni del '900, le sensibilità ai cambiamenti climatici ed all'inquinamento sono molto più alte nella popolazione e, essendo l'automobile il maggior inquinante in assoluto, il consumatore dedica molta attenzione a quale sarà il tipo di alimentazione della propria automobile. Per questo e a causa di norme restrittive introdotte da alcuni stati, le case automobilistiche stanno tornando ad investire nell'auto elettrica e nel nuovo modello di auto ibrida perché, per ora, sembrano essere i veicoli meno inquinanti sul mercato.

2.1.1 Il trasporto prima della nascita dell'automobile

Con la nascita dell'uomo i primi mezzi di trasporto erano sicuramente il camminare a piedi (Shanks pony, il piede umano!). Il trasporto di oggetti era probabilmente fatto con delle specie di slitte trainate da uomini. Si stima però che tra il 4000 ed il 3000 a.c. furono addomesticati i primi animali e che la ruota fu inventata nel 3500 a.c. ad opera dei Sumeri nella regione della Mesopotamia. Questa invenzione fu sicuramente rivoluzionaria per l'epoca tanto che per quasi 5000 anni il trasporto continuò ad essere fatto con veicoli a ruote a trazione animale. Le prime erano dei pezzi di legno legati tra loro a formare una ruota e formavano un pezzo unico con gli assi legati al carro tramite cinghie di cuoio. Fu solo nel 200 a.c. che si cominciò ad utilizzare gli assi ed il cerchione esterno. La ruota scorreva sull'asse che rimaneva fisso.
Con l'arrivo della urbanizzazione divenne importante il trasporto e nacquero le strade. L'impero Romano è famoso nella storia anche per aver costruito, attraverso il pagamento delle imposte, un'enormità di strade che collegassero le città tra loro e che migliorassero significativamente i trasporti.
Nonostante ciò la mobilità continuava ad essere a piedi per molti e con carri a trazione animale e cavalli per i più ricchi.
Durante il medioevo le cose peggiorarono perché le strade erano solo sterrate e durante i mesi di pioggia diventavano fango e inoltre non si sentiva il bisogno di muoversi velocemente, perché lo si considerava poco dignitoso. Solo nel XVI secolo il trasporto riprese a svilupparsi con gruppi di uomini facoltosi che si associarono per costruire le strade e far pagare il pedaggio a chi ci passasse e grazie ad alcuni progressi tecnici che favorirono la costruzione di carrozze più confortevoli.
La vera rivoluzione del trasporto avvenne però un secolo dopo con l'arrivo della ferrovia e, successivamente, con l'invenzione dell'auto.

2.1.2 L’invenzione dell’automobile ed il XIX secolo

La maggioranza delle invenzioni e delle scoperte sono individuate in date e personaggi storici precisi.

Purtroppo per l’auto non esiste un vero e proprio momento che ne segna l’invenzione. Progetti di auto su carte vengono fatti risalire al XVIII secolo e addirittura ad alcuni passi dell’Iliade; anche Leonardo da Vinci studiò l’idea che in futuro potessero esistere dei veicoli che superassero la trazione animale (la sua proposta era di un veicolo che accumulasse energia eolica e poi di muovesse tramite un meccanismo di molle).

Nonostante le numerose progettazioni sviluppate durante i secoli, la costruzione del primo veicolo che si possa definire automobile viene attribuita all’ingegnere militare francese Nicolas-Joseph Cugnot che riuscì a costruire nel 1769 un mezzo molto rudimentale che si muoveva tramite l’energia a vapore.

Il carro di Cugnot era un veicolo a 3 ruote che doveva avere lo scopo di trasportare i cannoni; viaggiava per circa 15-20 minuti e ad una velocità media di circa 4 km/h ed era in grado di trasportare fino a 4 tonnellate. Il problema principale del carro fu l’assenza di freni che lo portò a schiantarsi contro un muro.

Nel 1771 Cugnot risolse il problema dei freni e costruì un altro carro che è ancora oggi conservato al Conservatoire National des Arts et Métiers di Parigi (*Fig1.1*).

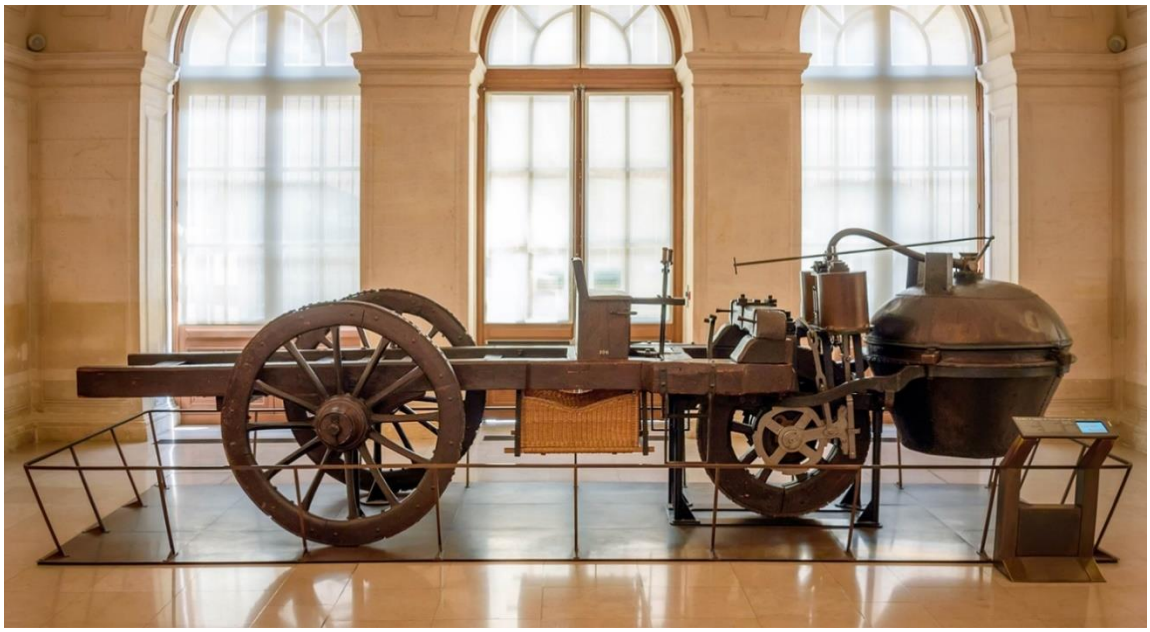


Figura 1.1: carro di Cugnot del 1771 conservato al Conservatoire National des Arts et Métiers di Parigi

Iniziò così l'era del trasporto a vapore che caratterizzò tutto il XIX secolo, inizialmente con la produzione di qualche carrozza e successivamente con l'introduzione di una specie di trasporto su autobus nelle principali città dell'Inghilterra, Francia e Stati Uniti. Il motore a vapore non ebbe però tanto successo perché già verso la fine del 1800 furono emanate alcune leggi stringenti sui limiti di velocità (3 km/h in città e 6 fuori città) e caselli decisamente più cari rispetto a quelli per i veicoli a trazione animale.

Fu così che verso la fine del 1800 nacque l'auto alimentata combustione il cui inventore è considerato Karl Benz. "Karl Benz era completamente dedito all'idea che il motore a combustione interna avrebbe sostituito il cavallo e avrebbe rivoluzionato il trasporto del mondo." (Ken W. Purdy et al. 2009). Uno dei primi veicoli a combustione fu realizzato proprio da Karl Benz nel 1885 e fu venduto nel 1888.

Durante il 1800 furono confrontati vari tipi di alimentazione; il gas, il Diesel e addirittura l'elettrico. Nonostante l'auto fosse stata inventata in Germania ed in Francia ebbe inizialmente maggiore successo negli Stati Uniti grazie ad una maggiore ricchezza della popolazione e l'assenza di guerre tra paesi. Il primo veicolo Diesel fu creato nel 1892 da Rudolf Diesel.

Anche Gottlieb Daimler è considerato uno degli inventori dei motori a combustione. Egli nel 1872 divenne direttore tecnico della ditta Otto e successivamente inventò il motore a benzina in grado di fare 900 rotazioni per minuto (rpm) invece dei 250 rpm della macchina di Benz

Nel 1839 fu invece inventata la prima auto elettrica che ebbe maggior successo in termini di prestazioni. Infatti, data la grande concorrenza tra le case automobilistiche che producevano i vari tipi di alimentazione si cominciarono ad effettuare le prime gare automobilistiche e l'auto elettrica deteneva i maggiori record in termini di velocità (La Jamais Contente di Camille Jenatzy nel 1899 superò i 100km/h) (*Fig1.2*).

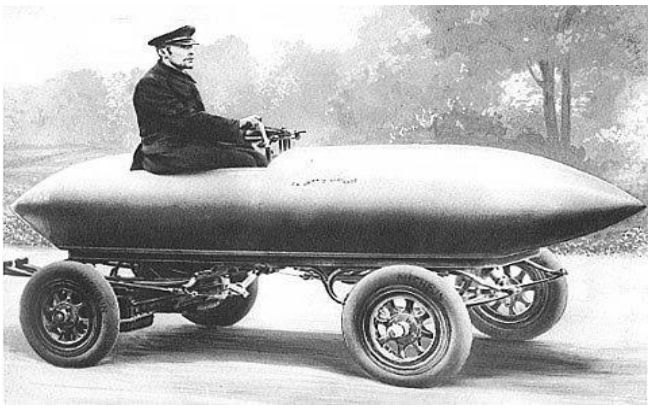


Figura 1.2: auto elettrica Jamais Contente di Camille Jenatzy nel 1899

2.1.3 Inizio del ‘900 e auto Fordista

All’inizio del XX secolo i motori delle automobili erano ancora per il 40% a vapore ma il 38% di essi era alimentato da energia elettrica ed il restante 22% dalla combustione della benzina. L’elettrico, oltre ad avere migliori prestazioni, offriva numerosi vantaggi rispetto ai veicoli a benzina perché l’avviamento dei veicolo era automatico (anziché manuale come in quelli a benzina), il motore era molto silenzioso e la manutenzione era minima.
Sfortunatamente la produzione di automobili alimentate ad energia elettrica non riuscì a stabilizzarsi proprio per l’insufficienza di colonnine di alimentazione per la strada e le difficoltà, di cui ancora si discute oggi, legate ai tempi di ricarica e alla durata dell’autonomia ed nonostante i tentativi di usare batterie sostituibili le automobili elettriche non riuscirono mai ad affermarsi nel mercato USA. Il miglior periodo dell’auto elettrica nel ‘900 furono gli anni 20 quando l’energia elettrica divenne più accessibile rispetto ai primi anni del secolo.
Fu grazie alla Olds Motor Works prima e, soprattutto, ad Henry Ford dopo che l’auto passò dall’essere un bene di lusso ad un comodo mezzo di trasporto alla portata della classe media. La Oldsmobile era venduta a 650$ e nel 1904 ne vennero vendute 5508 unità, numero significativamente superiore a tutte le produzioni annuali di auto fino a quell’anno.
Successivamente gli Stati uniti furono invasi da aziende che tentarono di entrare nel mercato delle automobili, fino a un numero totale di 485 aziende.
Nel 1908 William Durant fondò la General Motors ed Henry Ford introdusse la Model T. La Model T nasceva da vecchi modelli costruiti precedentemente che furono perfezionati di volta in volta. L’auto era caratterizzata da una trasmissione planetaria a 2 velocità che ne facilitava la guida, la testa staccabile per facilitarne l’operazione, un telaio molto alto per evitare i dossi ed una carrozzeria in acciaio al vanadio per renderla più leggera. Fu venduta inizialmente al prezzo di 825 dollari, durante gli anni di picco produttivo (1912) a 575 dollari ed prima di essere ritirata dal mercato nel 1927 a soli 290 dollari; il salario medio americano dell’epoca era maggiore ai 600 dollari.
La particolarità dell’auto di Henry Ford fu nel modo in cui era prodotta; infatti, nonostante non avesse inventato lui la catena di montaggio, la applicò in maniera ossessiva alla sua produzione (*Fig1.3*). Il metodo usato da Ford fu però pesantemente criticato, mettendo in evidenza le pesanti condizioni a cui erano sottoposti gli operai a causa del lavoro ripetitivo.

Figura 1.3: Operai che lavorano alla catena di montaggio nelle fabbriche di Henry Ford

Nonostante ciò il modello creato da Ford esplose e venne utilizzato in sempre più fabbriche, permettendo a Ford di entrare nel mercato europeo che era a quel tempo ancora basato sulle auto di lusso. Nel 1927 gli americani che si compravano un'auto per sostituirla con quella precedente erano di più di quelli che se la compravano per la prima volta. In quegli anni quindi il mercato risultava praticamente saturo e l'innovazione tecnologia faticava ad andare avanti. Fu così che General Motors inventò "l'obsolescenza programmata" che consisteva nel rendere l'auto obsoleta agli occhi del consumatore in contemporanea con la produzione di nuovi modelli, anche se l'auto era ancora utilizzabile. "The primary object of the corporation … was to make money, not just to make motorcars" diceva Alfred Pritchard Sloan Jr., Presidente della General Motors in quegli anni ed inventore di questa forma di marketing. Successivamente il numero di case automobilistiche crollò fino ad arrivare 44 nel 1929 e l'80% del mercato rimase in mano ad Henry Ford e General Motors e Chrysler. Grazie alla tecnica dell'obsolescenza pianificata, General Motors controllava il 43% del mercato americano, Chrysler il 25% e Ford il 22%. Inoltre gli Stati Uniti producevano 485mila auto su un totale di 606mila di produzione mondiale.

2.1.4 Auto europee nel ‘900 e secondo dopoguerra

Mentre l’America sperimentava con successo il tentativo di rendere l’auto a portata di tutti abbassandone il costo tramite la catena di montaggio, in Europa continuarono a prevalere le auto di lusso fino alla seconda guerra mondiale. Molte delle aziende europee attualmente esistenti nacquero all’inizio del ‘900 tra cui Peugeot SA e Renault in Francia e la Fiat Spa di Giovanni Agnelli a Torino.

Inizialmente le auto europee erano meno note ma presto iniziarono ed entrare in un mercato diverso da quello americano: il mercato delle auto di lusso. Infatti le auto europee erano molto grandi e molto costose e non venivano prodotte in serie come in America. L’auto più costosa dell’epoca fu inventata dall’italiano Ettore Bugatti che progettava auto per il mercato francese. La Bugatti Tipo 41 (o La Royale) (*Fig1.4*) era venduta al prezzo di 500.000 franchi che corrispondevano a 20.000 dollari e ne furono prodotte solo 6 copie.

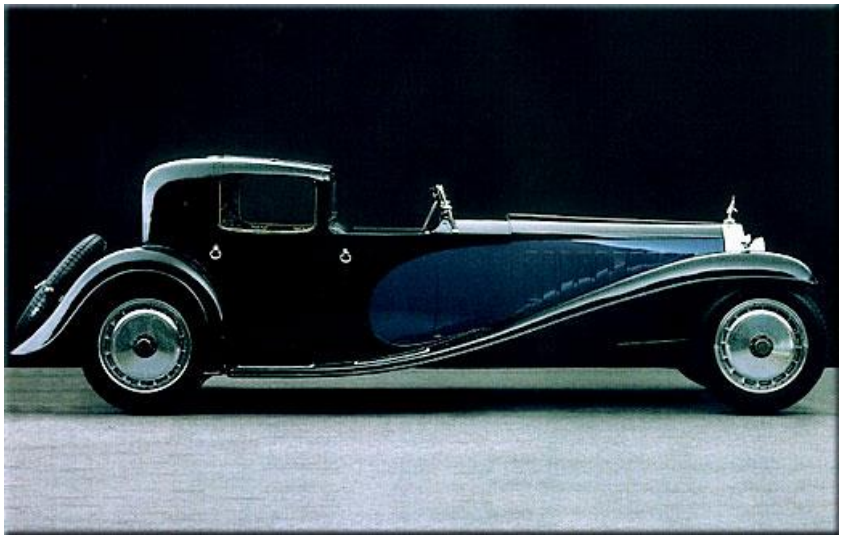


Figura 1.4: una delle 6 copie della Bugatti Tipo 41 Royale

Il mercato delle auto di lusso non ebbe vita lunga e la sua fine fu segnata dal crollo della borsa del 1929. Dopo questa crisi fu facile per le tre grandi imprese americane entrare nel mercato europeo. Durante la prima e la seconda guerra mondiale le casa automobilistiche europee si concentrarono, ovviamente, nella produzione di automobili militari e nel 1942 smisero di produrre quelle civili. Dopo il 1946 la produzione riprese e le carrozzerie italiane furono prese a spunto da tutte le principali case automobilistiche mondiali; il boom dell’auto statunitense stava svanendo, soprattutto perché i paesi europei avevano un gran bisogno di produrre ed esportare e le popolazioni non erano più in grado di permettersi di comprare auto straniere. In più, per la prima volta, anche gli Stati Uniti iniziarono ad importare le automobili proprio perché i soldati americani

che erano andati in Europa per la guerra avevano visto la diversità di automobili che esisteva nel mondo. Inizialmente fu l'Inghilterra a riscuotere più successo nell'esportazione di auto ma poco tempo dopo anche la Germania con Volkswagen riuscì a conquistare il mercato statunitense vendendo circa il 50% delle auto complessivamente esportate negli USA.
Gli anni del secondo dopoguerra furono caratterizzati anche da nuove modifiche alle auto e miglioramenti tecnici in termini di sicurezza: la trazione anteriore (che era stata abbandonata negli anni '30), il miglioramento dei motori a turbina a gas, la nascita dei freni a disco, i nuovi sistemi di iniezione del carburante furono tutti elementi innovativi inseriti nelle automobili sviluppate in quegli anni. Di contro le auto americane vendute nello stesso periodo avevano una media di 24 difetti di fabbricazione quasi tutti legati alla sicurezza ed erano fortemente inquinanti.
Fu per questi motivi che a fine degli anni '60 arrivarono leggi negli Stati uniti che imposero numerosi vincoli ed obblighi a cui ottemperare nella fabbricazioni delle automobili riguardanti la sicurezza (1966), le emissioni di inquinanti (1965 e 1970) ed il consumo di energia (1975).

2.1.5 Arrivo delle auto Giapponesi e sviluppi recenti

Negli anni ’70 la crisi del petrolio (1973 e 1979) mise in ulteriore difficoltà il mercato Statunitense e permise la diffusione delle auto giapponesi che invece puntavano sulla qualità dell’auto stessa già da molto tempo.

Le auto giapponesi tardarono quindi ad entrare nel mercato internazionale e, sebbene fossero prodotte già dal 1914 (Nissan Motor Company, Ltd.), fino al 1936 fu un impianto della Ford a costruire la maggioranza delle auto vendute in Giappone. Toyota e Datsun nacquero alla fine degli anni ’30, dominando il mercato interno al Giappone, ma iniziarono ad esportare solo a cavallo tra gli anni ‘50 e ’60. La prima auto che si vendette in grandi quantità negli USA fu la Toyota Corona che era leggermente più grande e più costosa delle auto americane e offriva un cambio automatico opzionale. In termini di sicurezza le auto giapponesi avevano standard superiori alle automobili americane che includevano sistemi di frenata ridondanti, le cinture di sicurezza che coprivano il sedile e le spalle del guidatore e dei passeggeri ed i paraurti rinforzati.

Nel 1980 l’industria automobilista giapponese divenne leader mondiale e lo è ancora adesso con le sue case automobilistiche seconde e terze nella produzione mondiale.

Ciò arrivò una risposta dalla riorganizzazione manageriale delle tre grandi case automobilistiche americane e del forte ridimensionamento del personale con un investimento da 80 miliardi di dollari per ammodernare e riorganizzare gli impianti e la fabbricazione delle auto.

Sebbene ad oggi tutte le auto prodotte nel mondo siano in generale più piccole, più sicure e decisamente più efficienti nei consumi di carburante e producano, di conseguenza, una minore emissione di gas inquinanti, uno dei principali dibattiti in corso è quale sia la forma di energia da usare per ridurre ulteriormente le emissioni inquinanti delle auto. I motori Diesel, ibrido ed elettrico rappresentano attualmente la principale alternativa ai veicoli a benzina.

Diesel si diffuse durante gli anni ’70 in America e negli anni ’90 in Europa in quanto carburante più economico rispetto alla benzina; nel 2005 i veicoli a Diesel rappresentavano più della metà delle auto europee. Fu lo scandalo Diesel gate del 2015, riguardante le auto Volkswagen, a mettere in seria discussione la possibilità di creare auto alimentate Diesel che inquinassero meno delle auto a benzina.

Il primo rilancio delle auto elettriche avvenne invece contemporaneamente alla crisi del petrolio ma ebbe successo solo con la costruzione delle citycar e s, agli inizi degli anni ’90, con imposizioni governative per ridurre l’inquinamento ambientale, come quella emanata dallo Stato della

California che ordinò che almeno il 2% delle auto vendute dovessero essere elettriche per ogni azienda automobilistica. La Fiat costruì ben 4 modelli elettrici tra il 1990 ed il 2005: Fiat Panda Elettra, Fiat 500 Elettra, Fiat 600 Elettra ed il Ducato Elettra bus. L'auto elettrica divenne una fiore all'occhiello per Fiat che nel 1996 istituì un punto di ricerca focalizzato sullo sviluppo di auto a propulsione alternativa.

Nel 1997 fu invece Toyota a lanciare il primo veicolo ibrido: la Prius hybrid (*Fig1.5*), che combinava un motore a benzina con un motore elettrico. Inizialmente dovette fare forti sconti per lanciarlo sul mercato ma ricevette anche importanti incentivi economici da parte degli USA favorirne l'importazione nel mercato americano a partire dal 2000.

Figura 1.5: Toyota Prius hybrid 1997

Nel 2004 la FordEscape Hybrid (SUV) divenne il primo ibrido americano con più vendite dei camioncini elettrici della General Motors.

Nel 1999 il Brasile ha richiesto che tutte le nuove auto alimentate a benzina dovevano avere almeno l'85% di etanolo introducendo i veicoli FlexFuel (FFV).

Capitolo 2.2 **Sensibilità climatiche ed ingresso dell'elettrico nell'industria automobilistica**

INTRODUZIONE

Dall'inizio del XX secolo la temperatura globale non ha più seguito il suo andamento naturale. È infatti dimostrato che la principale causa del riscaldamento globale è dovuta all'inquinamento e che con la terza rivoluzione industriale il livello di inquinamento prodotto dall'uomo ha cominciato ad incrementare velocemente nell'atmosfera i livelli di CO2, che sono la principale causa del riscaldamento globale.

Nonostante le numerose ricerche e dimostrazioni scientifiche, i governi dei paesi più sviluppati hanno cominciato discutere questo problema solo all'inizio degli anni '90, ratificando l'accordo di Rio de Janeiro del 1992 e, successivamente, quello di Parigi sul clima nel 2015. Entrambi questi accordi sottolineano l'impegno dei diversi paesi a ridurre le emissioni inquinanti e, conseguentemente, il riscaldamento globale. Anche la popolazione ha cominciato a sensibilizzarsi solo recentemente grazie ai vari movimenti ambientalisti ed in particolare al Fridays for Future, un movimento creato dall'attivista svedese Greta Thunberg che nel giro di poco più di un anno ha coinvolto milioni di persone in tutto il mondo.

Essendo l'auto una delle principali causa dell'inquinamento, le decisioni dei singoli governo (tra cui la scelta dello stato della California di imporre alle case automobilistiche la vendita di una percentuale minima di auto elettriche) e le sensibilità ambientali delle persone stanno rivoluzionando il mondo dell'automotive facendo crescere l'industria delle auto "a emissioni 0", cioè le auto elettriche.

Nonostante gli importanti incentivi economici e le nuove imposizione degli stati, l'auto elettrica fatica ancora oggi ad entrare nel mercato a causa dei grossi problemi legati a questo tipo di alimentazione, non ancora del tutto risolti. I principali problemi dell'alimentazione elettrica sono dovuti ai lunghi tempi di ricarica della batteria dell'auto a cui però corrisponde una scarsa durata e ai grossi investimenti necessari per installare sufficienti colonnine per ricaricare tutte le auto. Inoltre i costi per produrre un'auto elettrica sono elevati a causa degli alti costi di produzione e gestione della batterie e la cui vita utile è bassa se comparata alla vita utile di un auto alimentata a combustibile.

2.2.1 Cambiamenti climatici durante la storia della terra

La storia del nostro pianeta fu caratterizzata da diverse varie fasi climatiche. Dall'inizio dell'era glaciale più estesa, iniziata circa 40 milioni di anni fa con la glaciazione dell'Antartide, si sono alternati diversi cicli di glaciazione che comportano la crescita e la ritirata delle calotte glaciali continentali nell'emisfero settentrionale. Lo studio dei ghiacci delle calotte polari, in particolare dell'Antartide, contribuiscono alla storia ricostruzione della storia del clima (temperatura, precipitazioni, circolazione atmosferica, ecc.) dell'atmosfera nell'emisfero meridionale, permettendo di comprendere la natura e l'entità dei cambiamenti climatici in atto, nonché le tendenze future. Ad esempio, in seguito alle perforazioni del ghiaccio del nucleo antartico più antico che si conosca, il Dome C, sono stati documentati 9 cicli glaciali/interglaciali maggiori, raggiungendo ghiaccio più antico di 800 mila anni.

Per studiare i cambiamenti climatici la paleoclimatologia si serve dell'interpretazioni di alcuni testi storici (racconti che parlano di periodi di siccità, di fertilità della terra, di inondazioni…), dello studio di fossili (paleobotanica) e degli anelli di crescita degli alberi (dendroclimatologia) . In particolare lo studio gli anelli di crescita degli alberi diversificato a seconda delle specie, porta alla ricostruzione delle condizioni metereologiche ed ambientali (piovosità, temperature, umidità) del passato anche di parecchi secoli, di una data zona. Inoltre, dal rinvenimento di tronchi di alberi pietrificati, a volta così ben conservati da essere considerati sottofossili, è possibile ricavare dati esemplari del clima del periodo in cui la pianta era in vita in un lontano passato. A dare informazioni sul clima è la larghezza dell'anello dell'albero (AWC), che è significativamente correlata alle temperature regionali dell'anno che rappresenta. Infatti le condizioni climatiche influenzano molto quelle metereologiche che, di conseguenza influiscono sulla crescita degli alberi e sull'espansione degli anelli; quindi dalla larghezza dell'anello si può ricavare la situazione climatica di quell'anno.

2.2.2 Cambiamenti climatici negli ultimi anni ed influenza dell'uomo

Dopo il 1850 circa, l'uomo cominciò a registrare le temperature globali quotidianamente ottenendo così dati molto più precisi di quelli che si potevano ricavare precedentemente. Già in quegli anni gli scienziati notarono delle anomalie nel clima e nelle temperature che, a differenza di rimanere costanti come successo negli ultimi 10mila anni, stavano aumentando.
Nel 1860 si scoprì che l'effetto serra poteva influenzare il clima e nel 1896 lo scienziato svedese Svante Arrhenius spiegò per la prima volta che erano i livelli di anidride carbonica prodotti dall'uomo ad influenzare il clima .
Negli ultimi 30 anni il la misurazione del clima e la sua previsione è andata migliorando con la nascita degli RCM, cioè i modelli climatici regionali. Gli RCM superavano i modelli di stima del futuro prossimo del clima tradizionali perché non si basavano solo su previsioni partendo solo dai dati climatici attuali della regione ma su proiezioni e calcoli che tengono conto anche delle condizioni al contorno che sono dovute ai cambiamenti globali.
Da quegli anni in avanti l'industria continuò ad espandersi e la produzione di anidride carbonica ad aumentare sempre più velocemente. Nell'ultimo secolo la temperatura globale è aumentata di circa un grado (0.98), e l'incremento maggiore è stato registrato negli ultimi 35 anni. In più gli ultimi 5 anni sono stati i più caldi mai registrati. Le misure a medio termine degli RCM hanno confermato in maniera chiara un aumento della temperatura in tutti i continenti ed una riduzione delle precipitazioni nella maggioranza di esse.

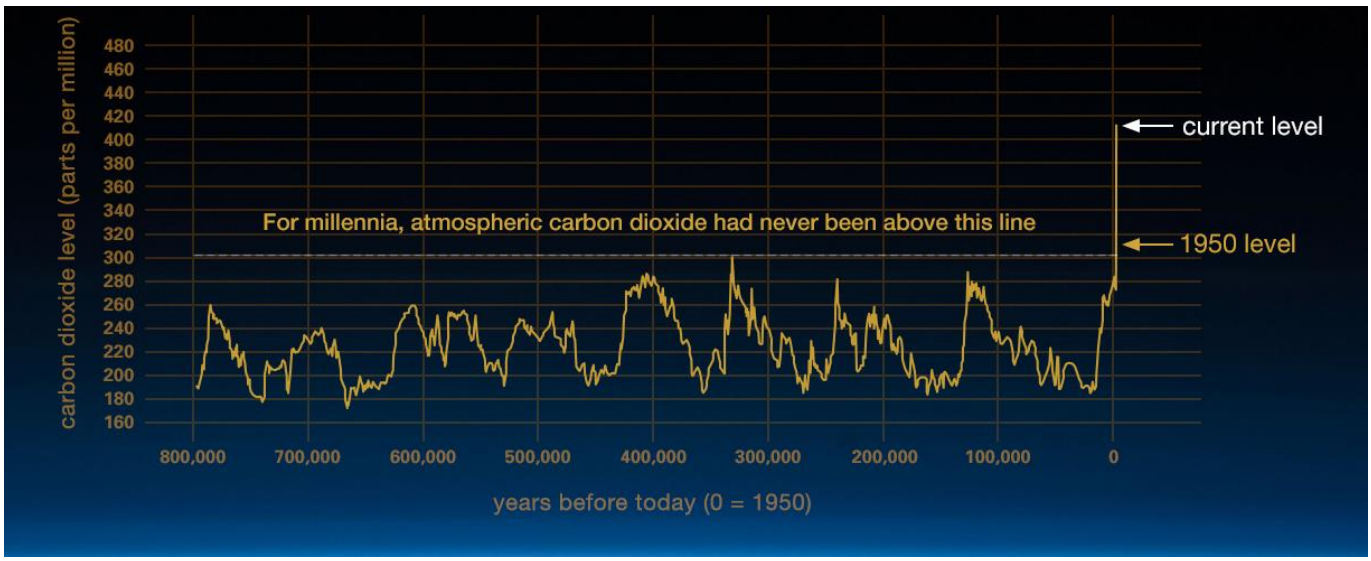


Figura 2.1: Andamento della CO2 negli ultimi 800.000 anni, descritta dalla curva di Keeling

Il riscaldamento globale è sostanzialmente dovuto all'effetto dei "gas serra" che, essendo prodotti in quantità decisamente superiori rispetto al passato (*Fig. 2.1*), riducono lo spessore della barriera dell'ozono creando il così detto "buco nell'ozono". Riducendo lo spessore della barriera dell'ozono i raggi solari possono entrare più facilmente sulla terra e riscaldarla più di quanto sia necessario (quasi tutta l'energia che si usa sulla terra arriva dai raggi luminosi del sole).

Le conseguenze dei cambiamenti climatici avranno un grosso impatto sull'ecosistema mondiale. Si stima che nel prossimo secolo l'aumento sarà da 1 a 3 gradi. Questo porterà a forti stagioni di pioggia in alcune aree e a stagioni di grande siccità in altre, come già è avvenuto con i fortissimi uragani negli Stati Uniti e con gli incendi devastanti in Australia, in Siberia e con la difficoltà di contenimento degli incendi dolosi in Brasile .

La peggior conseguenza del surriscaldamento globale sarà lo scioglimento della calotta polare artica che ha già perso gran parte della sua superficie e che produrrà, insieme allo scioglimento di altri ghiacciai, un aumento del livello dell'acqua del mare e degli oceani di quasi un metro portando sott'acqua intere città e producendo nuovi fenomeni migratori.

L'aumento della produzione dei gas serra è opera quasi solo dell'uomo

I principali gas serra sono l'anidride carbonica ed il metano. L'anidride carbonica è prodotta dall'attività respiratoria dell'uomo, che aumenta a causa dell'incremento demografico più che quadruplicato nell'ultimo secolo, ma aumenta anche a causa della deforestazione e della combustione di combustibili come il carbone o il petrolio che sono la principale causa dell'emissione dei gas serra. L'altissima diffusione in tutto il mondo dell'auto come mezzo privato contribuisce significativamente all'inquinamento dovuto ai combustibili che rappresentano ancora il 28% delle emissioni, nonostante il tentativo, negli anni recenti, di ridurne la produzione.

Il metano invece è prodotto dall'uso di fertilizzanti nell'agricoltura, la combustione dei rifiuti e gli allevamenti intensivi . Il vapore acqueo risulta anch'esso in aumento dovuto al riscaldamento globale e all'evaporazione dell'acqua negli oceani.

2.2.3 Sensibilità nella popolazione e fenomeno Greta Thunberg

Negli ultimi decenni i numerosi appelli del mondo scientifico furono poco ascoltati dalla popolazione mondiale.

Nel 1896 lo svedese Svante Arrhenius pubblicò uno dei primi studi sugli effetti della combustione del carbone sui cambiamenti climatici e successivamente numerosi scienziati tra i quali gli italiani Aurelio Peccei e Mario Pavan, continuarono a pubblicarne altri. Tramite dei calcoli matematici Svante Arrhenius riuscì a dimostrare che i cambiamenti climatici dipendevano il raddoppio della CO2 nell'atmosfera avrebbe provocato l'aumento del clima di 5-6 gradi, dimostrando anche che in passato fu la CO2 ad essere responsabile della fine dell'ultima era glaciale.

Aurelio Peccei, dirigente d'impresa italiano nato a Torino nel 1908, fondò insieme a premi Nobel e leader politici e intellettuali, il Club di Roma che commissionò, nel 1972 la pubblicazione del Rapporto sui limiti dello sviluppo- meglio noto come Rapporto Meadows- che prediceva che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse naturali, specialmente petrolio, e della limitata capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del pianeta (Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows; Jørgen Randers; William W. Behrens III, I limiti dello sviluppo, 1972). Mario Pavan, entomologo di fama internazionale, dedicò la sua carriera professionale allo studio e alla conservazione dell'ambiente naturale, studiando in particolare i rapporti tra le popolazioni indigene di numerosi Paesi Africani e il loro ambiente. Egli nel 1969 pubblicò un articolo dal titolo "Che cosa vogliamo farne del pianeta Terra? Appello ai giovani" (Ind.Lito-Tip. M. Ponzio, Pavia: 1-28).

Una delle prima azioni governative per la difesa dell'ambiente risale al 1979 quando il presidente USA Jimmy Carter chiese al meteorologo Jule Gregory Charney un rapporto (" Rapporto Charney") sui cambiamenti climatici, le cui conclusioni confermavano in maniera chiara ed esplicita che c'era un grave problema ambientale e che era dovuto all'inquinamento derivante dalla combustione dei combustili fossili .

Nonostante queste valutazioni scientifiche, fu solo nel 1992, a Rio de Janeiro, che si tentò di raggiungere il primo tentativo di accordo sul clima tra i governi. Fu in quel momento che, per la prima volta, la comunità politica internazionale ammise chiaramente che era necessario conciliare lo sviluppo socioeconomico con l'uso delle risorse naturali, ma, nonostante i paesi sviluppati fossero disponibili a cambiare le loro politiche di produzione energetica, quelli ancora in via di sviluppo sostennero che politiche per il clima non erano per loro sostenibili economicamente.

Successivamente, un nuovo accordo importante venne raggiunto a Parigi nel 2015 dove si riunirono 195 Paesi. L'accordo raggiunto prevedeva di fissare il limite massimo dell'aumento di temperatura globale sotto i 2 gradi (meglio se sotto 1,5 gradi), di ridurre le emissioni di gas serra (anidride carbonica e metano) e di fornire aiuti economici da parte dei Paesi più ricchi nei confronti di quelli più poveri, per permettere loro di fare investimenti a tutela dell'ambiente. Inoltre si decise di sottoporre ogni Paese ad un controllo quinquennale a partire dal 2023.
Nel 2017 venne ancora pubblicato uno studio scientifico a ribadire la gravità dei cambiamenti climatici e fu firmato da 16 mila scienziati di 184 paesi dal titolo "World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice".
n questi anni sta nascendo un movimento di sensibilizzazione sui cambiamenti climatici e sull'inquinamento: il Friday for future. Il movimento è fatto soprattutto di giovani europei ed americani che manifestano per chiedere ai governi rispettare gli accordi di Parigi e per cercare di sensibilizzare ulteriormente la popolazione.
Il movimento nasce nell'agosto 2018 quando la giovanissima attivista svedese Greta Thunberg cominciò a manifestare da sola ogni 3 giorni davanti alla sua scuola per chiedere al governo svedese azioni politiche chiare. In poco tempo (*Fig. 2.2*) la notizia della protesta girò in tutto il

Figura 2.2: Greta Thunberg alla sua prima protesta (sx) vs Fridays for future 15 marzo 2019 in Hamburg, Germania (dx)

mondo tramite i social network e riuscì a coinvolgere milioni di persone. Il 15 marzo 2019 si è arrivato ad organizzare 2200 scioperi in 120 paesi con oltre un milione di partecipanti in tutto il mondo. Il 24 Maggio si è scioperato nuovamente con 150 paesi coinvolti e nella settimana 20-27 settembre si è arrivati a 4 milioni di persone.
Questo movimento sta significativamente influenzando la sensibilità delle persone verso le questioni climatiche, diventando molto più attente alle scelte personali di vita (per esempio quale tipo di mezzo utilizzare per spostarsi) o modificando il proprio orientamento verso politiche che mettano al centro gli investimenti sul clima.

2.2.4 Scelte strategiche degli stati dei consumatori e delle imprese

Ad oggi, molti Paesi nel mondo stanno emanando delle leggi per imporre il rispetto dell'ambiente e dell'accordo di Parigi sul clima. Tra i più importanti interventi ci sono sicuramente i numerosi incentivi economici che sono stati erogati dagli Stati per convertire la produzione di energia elettrica, abbandonando carbone e petrolio ed investendo in fonti rinnovabili. Gli incentivi vengono erogati sia alle aziende che ai consumatori (ad esempio quelli per installare il fotovoltaico nella propria abitazione). L'Unione Europea ha recentemente deciso di investire 100mln di euro nel programma Breakthrough Energy Ventures Europe che ha come obbiettivo incentivare la produzione di energia tramite fonti rinnovabili; l'ex Vicepresidente della Commissione per l'Unione dell'energia, ha dichiarato: "Dobbiamo aumentare i nostri investimenti con oltre 500 miliardi di euro ogni anno per raggiungere un'economia carbon neutral entro il 2050". L'Italia già produce il 30% di energia elettrica tramite fonti rinnovabili ed è tra i paesi più all'avanguardia in Europa sotto questo punto di vista.

Oltre che nelle energie rinnovabili, la Comunità Europea sta investendo anche per ridurre l'eccessivo inquinamento da rifiuti, in particolare di quelli in plastica, obbligando i cittadini a fare la raccolta differenziata, come succede in molte parti d'Italia ormai da qualche anno. Mentre la Svezia ricicla così bene che ha finito i rifiuti e deve importarli dall'estero, l'Unione Europea ha deciso di mettere al bando la plastica usa e getta entro il 2021, e anche l'India ha deciso di farlo entro il 2022.

Grazie all'influenza dei movimenti ambientalisti, molti consumatori hanno iniziato a cambiare il loro stile di vita cercando per esempio di evitare plastica usa e getta nelle loro routine.

Uno dei principali inquinanti responsabili dei cambiamenti climatici è il trasporto, sia pubblico che privato. Dal punto di vista del trasporto privato numerosi Stati hanno introdotto nuove regole per limitare l'inquinamento dovuto alle auto. Lo Stato della California negli Stati Uniti è stato il primo a muoversi in questa direzione, imponendo già da diversi anni alle case automobilistiche la vendita di auto elettriche. Inizialmente lo Stato erogò bonus a chi vendeva auto ibride, ma attualmente nuove leggi impongono a tutte le case automobilistiche che almeno una parte macchine in vendita in California sia elettrica. La California è stata poi seguita da altri 10 paesi americani ed altri paesi europei che stanno erogando incentivi per la produzione di auto elettriche o addirittura ne stanno imponendo la vendita. L'obbiettivo è di riuscire a vendere e ad avere per le strade 1,4mln di auto elettriche entro il 2025. Le case automobilistiche che non seguono queste regole rischiano di non

poter più vendere nel mercato californiano che rappresenta circa il 10% del mercato statunitense. Gli Stati intervengono anche attraverso norme che limitano la circolazione; in Italia, per esempio, è stato introdotto il divieto di circolare nella pianura padana con auto a benzina o auto diesel particolarmente inquinanti, che vengono classificate da euro 0 a euro 6 , in base all'anno di immatricolazione, per indicarne il grado di inquinamento. Le auto euro 0 sono quelle immatricolate più in passato (prima del 1992) mentre quelle euro 6 sono le più recenti (immatricolate nel 2015 o dopo) e meno inquinanti. In periodi di particolare siccità non possono circolare auto euro 4 o 5 nei maggiori centri urbani della pianura padana.

2.2.5 L'auto elettrica oggi e in futuro

Per fronteggiare l'inquinamento globale, il mondo delle auto si sta attualmente sempre più spostando verso l'elettrico, anche grazie alle richieste dei consumatori e agli importanti incentivi degli Stati. Il mercato delle auto elettriche, nonostante sia in forte crescita, è però ancora molto limitato e rappresenta solo lo 0,2% delle auto mondiali. I paesi che hanno più auto elettriche sono la Cina, con 336mila automobili comprate nel 2016, l'Unione Europea, con 215mila vetture (0,14%), e gli Stati Uniti con 160mila vetture. In Italia le auto elettriche rappresentano solo lo 0,1%, anche perché gli incentivi sono minori rispetto alla media europea. La Norvegia è invece il paese europeo con più auto elettriche (il 20% del totale con l'obbiettivo di arrivare al 100% nel 2025).

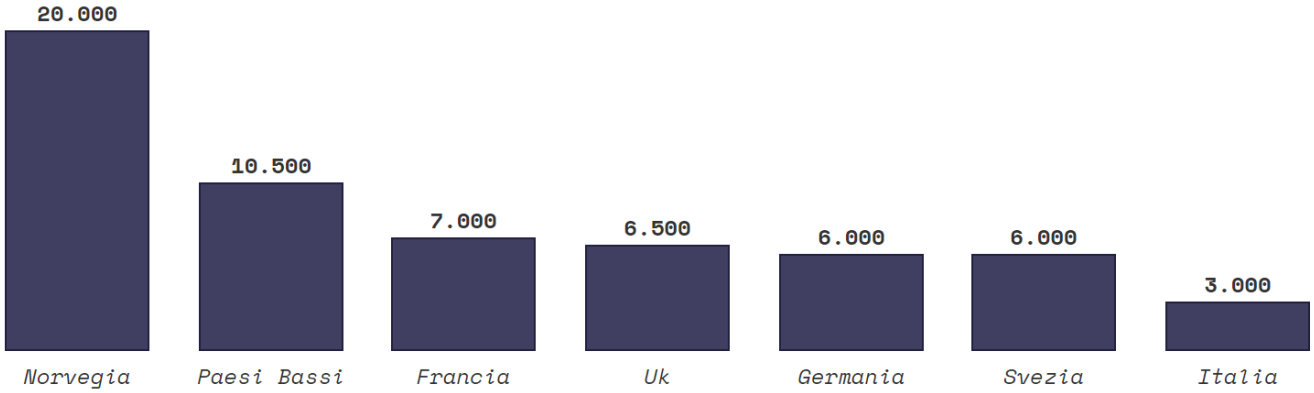


Figura 2.3: Stima dell'incentivo/auto [€] in alcuni paesi europei

I motivi principali per cui i consumatori non comprano auto elettriche, nonostante gli incentivi (*Fig. 2.3*) economici sono: la vita utile limitata della batteria, la poca autonomia dell'auto e lunghi tempi per la ricarica, le pochissime colonnine pubbliche e private presenti sul territorio ed il prezzo.

Ad oggi la vita utile di una batteria oscilla tra i 5 e gli 8 anni e, dato che la batteria risulta uno dei costi maggior dell'auto, cambiarla costa quasi quanto comprare un'auto nuova mentre le auto alimentate a combustibile hanno una vita utile di 10-15 anni. Nasce poi il problema di come smaltire la batterie agli ioni di litio che è un materiale altamente inquinante. Si stanno però sviluppando nuove ricerche se sia possibile utilizzare le batterie oltre la loro vita utile per l'auto; per esempio riutilizzandole per alimentare edifici durante le ore di massima richiesta di energia, avendo accumulato energia fotovoltaica durante il giorno. Altre ricerche puntano invece ad avere sistemi avanzati di smaltimento per evitare inquinamento.

Un vantaggio che hanno le auto elettriche rispetto alle altre auto è il costo minore del rifornimento di energia: si stima che un auto sia in grado di percorrere 200km ogni 30 kWh e,

considerando un costo medio di 0,238euro per kWh, 200km ogni 7,14euro; un litro di benzina costa 1,4 euro e fornisce autonomia per 18km, quindi 200km costano 15,6euro. Un risparmio c'è anche ricaricando alle colonnine pubbliche ad un costo di 0,4 euro per kWh, cioè 12 euro per un insieme di ricariche che garantisce autonomia per 200km. A discapito di ciò purtroppo i tempi di ricarica sono molto lenti perché in media una colonnina fornisce 7,4 kW/h e per ricaricare una batteria da 16kW sono necessarie più di 2 ore.

Inoltre uno dei maggior problemi per chi compra le auto elettriche è la mancanza di colonnine. In media dovrebbero esistere più colonnine che auto mentre nel 2016 nel mondo esistevano 1,45milioni di colonnine a fronte di 2mln di automobili in circolazione: in Europa 400mila punti di ricarica privati e 70mila colonnine pubbliche mente in Italia solo 9000 in totale delle quali 1700-1800 pubbliche. Il piano di investimenti del Governo italiano attualmente per il 2020 prevede l'investimento di 33,5mln di euro per installare dai 4500 ai 1300 punti di ricarica lenta e dai 2 ai 600 punti di ricarica veloce in più.

Un ultimo elemento che frena il consumatore ad acquistare un'auto elettrica è il prezzo, che è decisamente più alto di un'auto alimentata a carburante; il prezzo varia dai 7500 euro per i ciclomotori (Renault Twizy, formula flex) agli oltre 100mila euro per le auto di lusso o sportive (Porsche Taycan). Il 50% dei costi di fabbricazione dell'auto è dato dalla batteria (*Fig. 2.4*), la cui fabbricazione ed il cui trasporto devono seguire delle regole molto rigide.

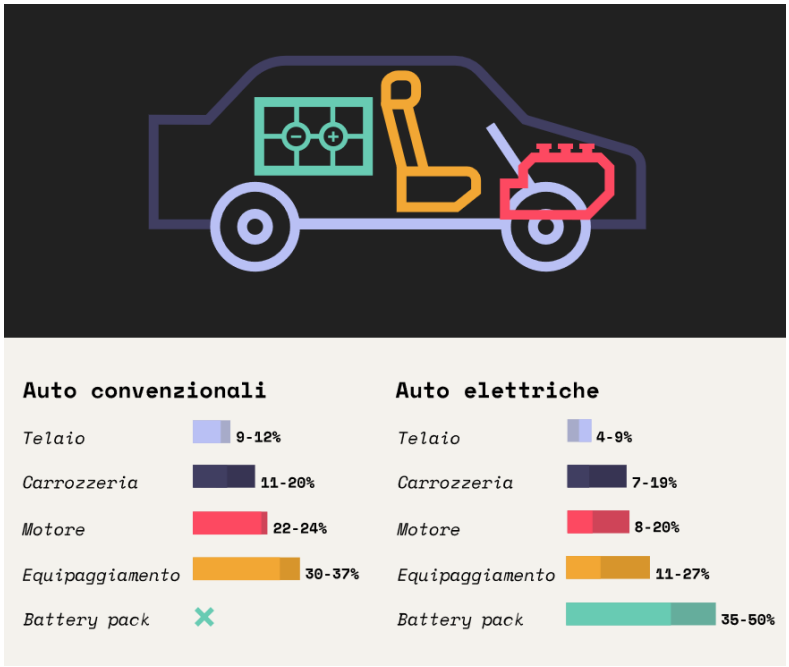


Figura 2.4: Percentuale costi nelle auto convenzionali e nelle auto elettriche

Ad oggi i maggiori produttori di batterie al mondo sono Panasonic, BDY e LG Chem con il 64% del mercato, ma le case automobilistiche stanno facendo nuovi investimenti che permettano loro di produrre le batterie in proprio, senza doverle comprare.

Le case automobilistiche ed i governi delle Nazioni sono determinati nel risolvere questi problemi, prevendendo di portare a 600mila le auto elettriche in tutto il mondo nel 2040 così da rispettare gli accordi di Parigi e soddisfare i fabbisogni di mercato. Questo rivoluzionerà il trasporto, soprattutto quello urbano. Le previsioni stimano che saranno presenti colonnine di ricarica quasi ad ogni parcheggio, le ricariche delle auto avranno tempi minori e prezzi delle auto saranno più accessibili per i consumatori (nel 2016 il costo della batteria era già sceso del 70%).
Si stanno anche studiando sistemi di innovativi per risparmiare energia o tempi per la ricarica come per esempio il V2G (Vehicle to Grid) dove le auto, attaccate alle colonnine possono cedere la propria energia accumulata o fermare la propria ricarica nel caso ci siano picchi di domanda di energia nell'area intorno alla colonnina. Altre forme di ricarica stanno nascendo come la ricarica wireless statica, che già esiste, cioè la possibilità di ricaricare l'auto tramite il Wi-Fi (magari di casa) o la ricarica wireless dinamica che permetterebbe all'auto di ricaricarsi quando è in movimento e di fare lunghi viaggi in autostrada senza perdere energia (*Fig. 2.5*).

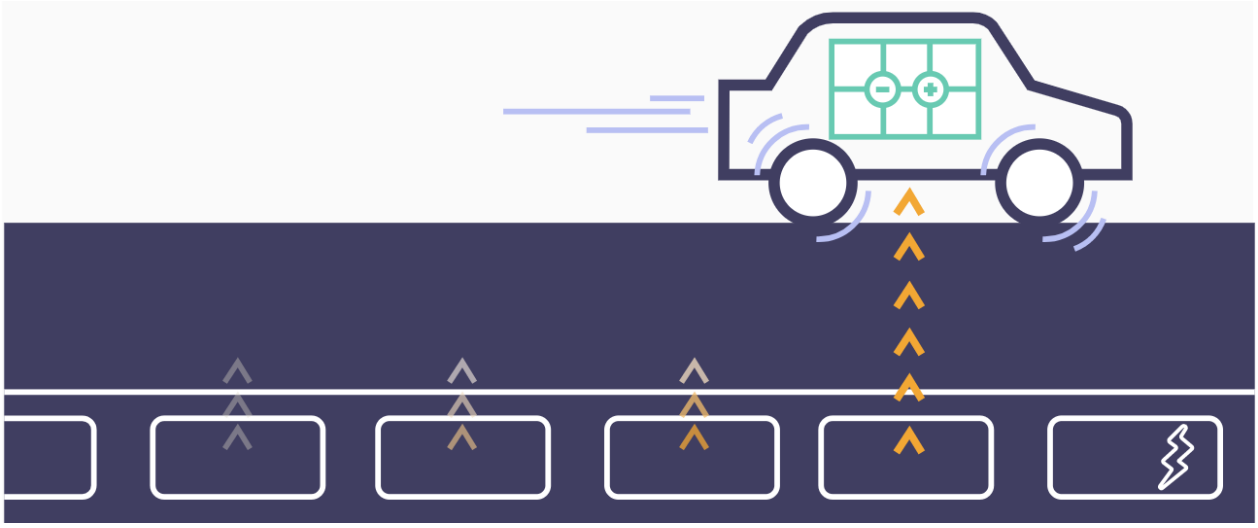


Figura 2.5: ricarica wireless dinamica

Capitolo 2.3 **FCA & Green Logistics**

INTRODUZIONE Cultura e risultati dell'azienda

Nella cultura di FCA la sostenibilità ambientale è tra le priorità. È per questo che l'azienda sceglie di coinvolgere i dipendenti in prima persona tramite la filosofia aziendale. L'obbiettivo è contribuire ai "Sustainable Development Goals (SDG)" definiti dalle Nazioni Unite nella loro agenda del 2030.

"Responsibility for protecting the environment rests with everyone in the Group" (FCA, 2018).

L'azienda incoraggia i propri dipendenti a dare dei consigli per la sostenibilità dell'ambiente, raccogliendo nel 2018 oltre 2,4 milioni di suggerimenti tramite il programma World Class Manufacturing, ed investe 3,5 miliardi in ricerca e sviluppo, coinvolgendo 18mila dei suoi quasi 200mila dipendenti. Questa politica ha portato al raggiungimento di alcuni significativi risultati negli ultimi 8-10 anni.

Negli anni dal 2010 al 2018 si sono ridotte le emissioni di CO2 del 27% con 3 stabilimenti in Brasile Carbon Neutral e si è risparmiato il 38% di acqua e generato il 62% in meno di rifiuti con 63 stabilimenti nel mondo che non inviano rifiuti in discarica. I principali casi di rivoluzioni green in FCA riguardano lo stabilimento di Cassino in Italia che utilizza la tecnica della verniciatura a secco, lo stabilimento di Gioiana in Brasile che utilizza la tecnica Primerless e lo stabilimento di Fiat India che riesce a recuperare più acqua di quella che utilizza e aiuta le comunità locali.

Recentemente il gruppo FCA ha deciso di acquistare 15 veicoli a metano liquido per ridurre le emissioni di CO2 derivanti dalla logistica dei trasporti e di investire nell'ottimizzazione dei percorsi di tutte le bisarche per ridurre ulteriormente l'impatto ambientale.

Da ultimo, oggetto di questa tesi, FCA ha pianificato di avere, entro il 2022, 30 modelli di auto elettriche o ibride con 12 tipi di batterie diverse; le batterie più importanti sono per le auto ibride BSG, MHEV e PHEV (Plug-in) e per l'auto elettrica BEV..

2.3.1 I-fast AL e bisarche a metano

Il Gruppo FCA per gestire la sua rete di logistica in uscita si affida a fornitori per la maggioranza esterni. Tra questi fornitori vi è anche la società I-Fast Automotive Logistic s.r.l. che gestisce gran parte della logistica italiana e occasionalmente fa anche dei trasporti in Europa.
I-Fast Automotive Logistic s.r.l. (I-Fast AL) è, a differenza degli altri fornitori, parte integrante del gruppo FCA e proprietà dello stesso. Fu creata dal gruppo nel 2006 ed oggi è ovviamente leader in Italia ed Europa nella logistica di distribuzione dei veicoli tramite trasporto su strada.
Gestisce una flotta di 210 tir tra bisarche semplici e mezzi telonati per il trasporto di vetture di prestigio.
La sua flotta è composta per il 93% di veicoli euro V o euro IV (50%) e per il 7% di veicoli a metano liquido (*Fig. 3.1*). Un camion a metano inquina in maniera decisamente inferiore rispetto ad un mezzo a benzina o diesel, oltre a costituire un risparmio; l'impatto è del 96% in meno di emissioni di particolato, del 32% in meno di emissioni di azoto e del risparmio di circa 15 tonnellate di CO2 l'anno.

Figura 3.1: Bisarche a metano di I-fast AL

L'acquisto di 15 mezzi a metano deriva da un accordo tra la società stessa ed IVECO, nel quale era previsto che IVECO fornisse le motrici Iveco Stralis NP, a basso impatto ambientale e che I-Fast AL le trasformasse in bisarche; venne costruito un primo mezzo di prova realizzato ad hoc per valutare, mediante test e raccolta di dati sui chilometri percorsi, se si potesse utilizzare per le lunghe tratte europee. Un altro investimento dell'azienda I-Fast AL per la sostenibilità ambientale

è stato quello della creazione di software telematici che ottimizzassero l'efficienza dei trasporti, gestendola in tempo reale ed evitando quindi di percorrere chilometri inutili o fare viaggi a vuoto. In questo modo si è riusciti ad ottimizzare la capacità di carico delle bisarche con un risparmio di oltre 1milione chilometri annui e una riduzione di emissioni pari a 900 tonnellate di CO2.
I-fast AL ha anche sviluppato una forte politica di coinvolgimento del personale, con numerose campagne di formazione e sensibilizzazione di tutti i dipendenti e in particolare, degli autisti di bisarca. L'utilizzo di uno stile di guida che la società definisce "responsabile" consiste nello spegnere il motore durante le pause o limitare la velocità durante i viaggi, nell'utilizzare agganci per il carico o attrezzature di carico performanti, mettendo così in sicurezza il carico che si sta trasportando. Grazie alle scelte dei conducenti si sono ridotte le emissioni di ulteriori 400 tonnellate di anidride carbonica. Infine FCA sta investendo anche nella ricerca e nello sviluppo di carburanti ancora più rispettosi per l'ambiente, come il biometano. Esso è una miscela che deriva dalla purificazione del biogas, cioè della combustione dei sottoprodotti agroindustriali dei rifiuti urbani (materiali organici) e dei residui zootecnici.
È uno dei prodotti più all'avanguardia che ci sia tra i combustibili green e inquina nello stesso modo in cui inquinerebbe un veicolo elettrico alimentato da energie prodotte da fonti rinnovabili. Gli attuali 15 mezzi con alimentazione a metano potranno essere alimentati anche a biometano.

2.3.2 Gestione FCA dell'acqua: Cassino, Goiania (Brasile) e Fiat India

Il 22 marzo 2019 FCA ha celebrato la giornata mondiale dell'acqua, istituita dalle Nazioni Unite nel 1992, durante la quale ha ribadito il suo impegno a contribuire ad impedirne lo spreco. Numerosi furono i progetti lanciati nel 2019 dall'azienda per contrastare la scarsità d'acqua in stagioni di siccità. In particolare, l'azienda si concentrò sull'utilizzo di tecnologie all'avanguardia per avere risparmi significativi di acqua. Attualmente FCA ricicla il 99% delle acque riducendone il consumo di circa il 38% tra il 2010 ed il 2018 ed ottenendo un risparmio di 2,3miliardi di m^3 di acqua solo nel 2018.

I principali investimenti di FCA per evitare lo spreco d'acqua sono stati fatti a Cassino, Goiania (Brasile) e in India.

In Italia, nello stabilimento di Cassino, i maggiori investimenti sono stati fatti nella tecnologia affinché si mantenga all'avanguardia. Lo stabilimento non ha infatti bisogno di attingere alle risorse idriche per poter produrre perché recupera e riutilizza le acque piovane grazie un invaso di 50000 m^3.

In più Cassino è il primo stabilimento al mondo che utilizza la tecnica della vernice a secco per verniciare le auto (*Fig. 3.2*): un sistema in grado di recuperare la vernice che viene spruzzata in eccesso sulle auto e riutilizzarla senza ricorrere all'uso di acqua o all'uso di sostanze chimiche o additivi. Poiché la verniciatura è il processo che utilizza più acqua nella fabbricazione di auto, questo sistema permette di avere grandi risparmiarmi.

Figura 3.2: Verniciatura a secco nello stabilimento di Cassino

Anche in Goiana (*Fig. 3.3*), in Brasile, nello stato di Pernambuco, per risparmiare acqua si lavora sul miglioramento del processo di verniciatura; la tecnologia "primerless" permette un risparmio di acqua e di energia con un conseguente minor impatto ambientale, senza compromettere la qualità della verniciatura stessa. La tecnologia Primerless è una tipo di verniciatura che evita l'utilizzo sull'auto di una vernice di base (primer) prima dell'applicazione della verniciatura finale

Figura 3.3: Stabilimento FCA di Goiana, in Brasile

Oltre all'utilizzo di questa tecnologia, lo stabilimento FCA di Goiana adotta una speciale tecnica di filtraggio nella lavorazione delle acque. Per queste innovative tecnologie ed altre tecniche minori lo stabilimento FCA ha vinto il premio ANA, National Water Agency Award, sponsorizzato dal governo stesso, nella categoria delle medie e grandi imprese, premio che riconosce le migliori iniziative per un trattamento delle risorse idriche in maniera ecosostenibile.

Uno dei paesi nel mondo dove c'è scarsità d'acqua per le popolazione e dove FCA ha investito molto è l'India (*Fig. 3.4*). Fiat India Automobiles Private Limited (FIAPL) ha dedicato la maggioranza dei suoi progetti alla riduzione del consumo delle acque e soprattutto alla raccolta delle acque piovane come negli stabilimenti di Cassino e Goiana.

Figura 3.4: Stabilimento FCA Water Positive in India

Lo stabilimento ha vinto il riconoscimento “Water Positive” perché sta recuperando più acqua di quella che utilizza, con un conseguente beneficio per le comunità locali dello Stato del Maharashtra, dove l’acqua è carente.

La cultura dello stabilimento indiano segue i principi delle 5-R: Riduzione, Riutilizzo, Ricircolo, Raccolta, Recupero. I principali impatti a cui hanno portato sono l’aumento di acqua nelle falde sotterranee e aumento delle aree irrigate e la maggiore consapevolezza delle popolazioni locali su come gestire l’acqua in maniera sostenibile.

2.3.3 Riciclo e riutilizzo dei rifiuti

Le sensibilità ambientali di FCA ed il risparmio economico portano l'azienda ad investire molto sul riciclo e sul riutilizzo dei materiali destinati alla produzione. Gran parte del materiale utilizzato in FCA deriva da materiali riciclati oppure è destinata al riciclo una volta finito il sul ciclo vitale. La quantità di materia prima che viene riciclata dipende dal tipo di materiale; il 25% delle parti di un auto FCA in alluminio derivano da materiale riciclato, mentre per la plastica il 39% del materiale dei serbatoi di benzina/ diesel è riciclato. Il monitoraggio del riciclo è effettuato dall'Organizzazione di ingegneria dei materiali negli USA e dalla Group Material Labs (GML) nell'Unione Europea che fanno da tramite tra l'azienda e le istituzioni, aggiornandosi costantemente anche sulle nuovi leggi ed imposizioni.
Per quanto riguarda invece il riutilizzo dei materiali, negli Stati Uniti le automobili FCA sono il tipo di prodotto maggiormente riciclato nel paese mentre in Europa l'azienda ricicla fino all'85% dei materiali, in conformità con le leggi e le direttive degli stati. FCA, infatti, fornisce una seconda vita ai componenti utilizzati nei veicoli: pinze dei freni, avviatori, sterzo e sospensioni, aria condizionata sono solo alcune delle parti che l'azienda riutilizza dopo che l'auto viene fatta rottamare. In questo modo FCA ha eliminato il 62% dei suoi rifiuti tra il 2010 ed il 2018.
Data la scelta di iniziare la produzione dei veicoli elettrici ed ibridi anche nella regione euroasiatica (EMEA), FCA sta studiando soluzioni di riutilizzo e riciclaggio delle batterie agli Ioni di Litio. Le batterie, se non correttamente riciclate, sono tra i materiali più pericolosi e più inquinanti ed è quindi molto importante gestirne in maniera responsabile il ciclo di vita. Una delle possibili soluzioni è il riutilizzo della batteria per apparecchi a cui serve minor potenza rispetto ad un auto ed FCA ha già stretto accordi con alcuni fornitori. Inoltre, FCA fa parte dell'Advanced Battery Consortium, un'organizzazione americana che investe su alcuni progetti per un riutilizzo duraturo degli Ioni di Litio contenuti nelle batterie alla fine della loro vita utile.
Infine, FCA investe anche per evitare l'uso di sostanze tossiche e pericolose ed utilizza l'International Material Data System (IMDS) per monitorare l'impiego dei materiali pericolosi nelle diverse fasi della produzione. I fornitori aziendali di tutto il mondo sono obbligati a rispettare le regole dell'IMDS. Il Life Cycle Assessment (LCA) invece valuta l'impatto ambientale dei processi di progettazione e produzione ed è certificato dalle norme ISO 14044 e 14040. Chiaramente un'azienda terza può dare una valutazione maggiormente oggettiva sui risultati delle politiche di FCA.

Capitolo 2.4 **Battery & Electrification**

INTRODUZIONE

Le principali batterie che vengono utilizzate per le auto ibride ed elettriche sono le batterie agli Ioni di Litio. Le batterie agli Ioni di Litio hanno lo stesso meccanismo di funzionamento delle batterie al NichelCadmio che si utilizzavano in passato, ma hanno un'autonomia superiore che permette di utilizzarle anche per le automobili. Le principali batterie per veicoli disponibili sul mercato sono le batterie µ-HEV, BSG, MHEV, PHEV e BEV.

Per agevolare l'ingresso delle auto elettriche nel mercato, esistono diverse tipologie di auto elettriche o ibride. È definito veicolo elettrico (EV, Electric Vehicle) un veicolo che almeno in parte (che può essere anche quasi trascurabile) è alimentato da energia elettrica prodotta da una batteria.

A partire da aprile 2020 fino almeno al 2023 FCA ha scelto di produrre auto elettriche o ibride per tutelare l'ambiente ed evitare l'inquinamento dovuto alle emissioni dei gas di scarico. Nonostante copra solo una parte di tutte le tipologie di veicoli attualmente disponibili, FCA ha pianificato di offrire una vasta gamma di auto con alimentazioni ibride ed elettriche.

2.4.1. Funzionamento di una Batteria elettrica

Le batterie si dividono in 2 tipi: non ricaricabile e ricaricabile. Le batterie non ricaricabili si possono utilizzare una sola volta, dopo devono essere smaltite, mentre quelle ricaricabili possono essere riutilizzate più di una volta (centinaia o migliaia di volte a seconda del tipo di batteria).
Tra le batterie ricaricabili più moderne vi sono sicuramente le batterie agli Ioni di Litio che sono utilizzate nei più svariati ambiti, a partire da quelle impiantate nei comuni dispositivi elettronici commerciali fino ad arrivare a quelle installate nelle auto elettriche ed ibride.
Il litio è stato scelto per le batterie in quanto è uno degli elementi più leggeri della scala periodica ed il vantaggio delle batterie agli ioni di litio rispetto ad altre tipologie di batterie è che, a parità di peso e di massa, sono in grado di erogare molta più energia.
Al centro di una batteria agli Ioni di Litio vi sono le celle che immagazzinano l'energia, il cui numero dipende dal dispositivo a cui sono collegate. La cella è composta dai due elettrodi della batteria, l'anodo formato da materiale carbonioso e il catodo formato da ossidi contenenti litio, da una soluzione elettrolitica ed un separatore. Gli ioni Litio possono migrare da un elettrodo all'altro: il verso della corrente dipende dalla fase in corso (carica o scarica). Quando il dispositivo è scarico, il catodo è completamente pieno di litio. Durante la fase di carica, gli ioni Li+ migrano verso l'elettrodo di carbonio. Il processo si arresta quando il catodo ha ceduto tutti gli ioni possibili o quando l'anodo non può più accettarne. Nella scarica avviene esattamente il processo opposto (*Fig. 4.1*) (C. Julien, A. Mauger. Lithium Batteries. Springer, 2016). Le celle vengono assemblate in moduli che a loro volta costituiscono la batteria. Maggiore è la quantità di celle presente all'interno della batteria, maggiore è l'energia che riesce a produrre e ad immagazzinare.

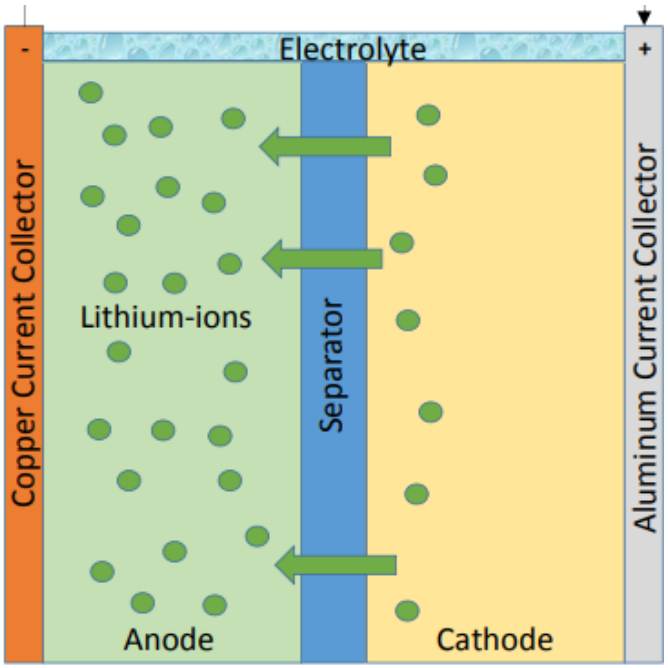


Figura 4.1: Cella di una batteria. Gli Ioni di Litio passano dal Catodo (parte dx in giallo) all'Anodo (parte sx in verde)

Una batteria agli ioni di litio che ha un'alta autonomia è costituita da numerose celle che, conseguentemente ne aumentano il volume.

2.4.2. Batterie µ-HEV

I veicoli µ-HEV (Micro-Hybrid EV) hanno una batteria di dimensioni molto piccole e l'energia elettrica che possono fornire all'auto è quasi nulla (*Fig. 4.2*).

Le batterie µ-HEV permettono all'auto, alimentata a combustione interna, di avere un sistema di partenza Start& Stop che fa spegnare il motore ogni volta che l'auto si ferma e lo fa riaccendere ogni volta che l'auto riparte.

Permettono un risparmio massimo di solo il 3% del carburante (e quindi delle sue corrispettive emissioni), hanno un voltaggio inferiore tra i 12 ed i 48Volt ed una potenza tra i 0,5 ed i 2,Watt.

Figura 4.2: Batteria µ-HEV

2.4.3. Batterie BSG e MHEV

Le batterie BSG (Belt-Integrated Starter Generator) o batterie MHEV (Mild-Hybrid Electric Vehicle), che verranno utilizzate anche da FCA, sono un po' più potenti delle µ-HEV e sono in grado di immagazzinare energia durante la frenata, supportando anche il servosterzo e i freni a motore. Liberano poi l'energia così accumulata durante le partenze per facilitare il cambio di marcia e l'accelerazione, mentre non intervengono quando la marcia dell'autoveicolo è a velocità costante (momento in cui si ha il minor consumo di carburante). Questa capacità delle batterie MHEV si chiama frenata rigenerativa.

Le batterie MHEV da 48volt hanno un peso di circa 15kg ed una dimensione di 0,03m^3 (*Fig. 4.3*). Questi tipi di batterie stanno avendo un'altissima diffusione perché sono facili ed economiche da inserire nel veicolo e costituiscono un risparmio, anche se molto basso, di carburante. Si stima che per già per la fine del 2020 il 20% delle auto mondiali e circa il 70-80% delle auto Europee e Statunitensi saranno Ibride MHEV o BSG. FCA vuole dotare di questo tipo di batterie le vetture di segmento B (PANDA / 500 / Ypsilon) e C (Renegade / 500x).

Figura 4.3: Batteria MHEV

2.4.4. Batterie PHEV

Oltre alle batterie MHEV esistono numerosi altri tipi di batteria ibrida tra cui per esempio l'ibrido lieve con tensioni di circa 110-250Volt e l'ibrido forte con tensioni di 310-330 Volt. Molto diversa dalle più comuni batterie ibride è la nuova tecnologia del PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) che può essere considerato un ibrido a tutti gli effetti ed è la tecnologia più avanzata e più simile all'elettrico oggi disponibile sul mercato. Le batterie per auto PHEV possono arrivare fino a 600Volt.

La batteria PHEV ha una potenza che varia dai 40 ai 100kW ed una capacità dai 7 kWh ai 16 kWh ed è decisamente più grande delle batterie MHEV con un volume di circa $1m^3$ ed un peso di circa 150kg (*Fig. 4.4*).

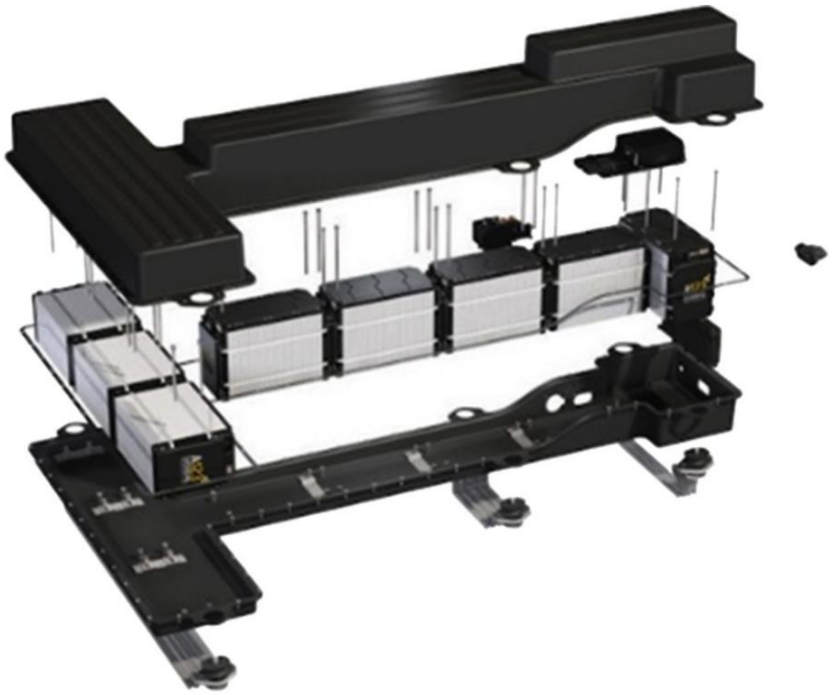


Figura 4.4: Batteria PHEV

La particolarità dell'ibrido PHEV (Plug-in) è la presenza di due canali di ingresso di alimentazione: il serbatoio per poter fare il pieno di benzina o di altri carburanti e la presa elettrica per poter ricaricare l'auto. In questo modo l'auto riesce ad avere un'autonomia elettrica dai 20 agli 80 km (a seconda dell'auto) che invece prima non aveva, ma ha anche l'appoggio del carburante per evitare di rimanere con la batteria scarica e l'auto ferma. Secondo diversi studi l'80% dei conducenti americani percorrono meno di 40 miglia al giorno (cioè 70-80 chilometri), quindi le auto PHEV con maggiore autonomia sono in grado di far viaggiare l'80% dei conducenti americani solo ad energia elettrica per un'intera giornata.

Qualora la carica della batteria dovesse finire, l'auto continuerà con la marcia non come un

semplice veicolo a combustione interna (ICE), ma con una batteria che è ancora in grado di immagazzinare energia durante il rallentamento grazie alla frenata rigenerativa come se fosse una batteria MHEV. FCA sta investendo anche nella produzione delle batterie PHEV per i Jeep Compass e Renegade e per il SUV Crossover. I Jeep Compass e Renegade (*Fig. 4.5*) saranno prodotti a partire ad aprile 2020 negli stabilimenti italiani e avranno un'autonomia elettrica di circa 50-80 chilometri (nella media delle batterie PHEV).

Figura 4.5: Renegade PHEV con 2 di alimentazione. Sportello del serbatoio (sx), Presa elettrica (dx)

2.4.5. Batterie BEV

La sigla BEV (Battery Electric Vehicle) sta ad indicare il veicolo elettrico a batteria, cioè il veicolo elettrico per eccellenza, dove l'unica fonte di energia è quella elettrica derivante dalla batteria agli Ioni di Litio e non c'è combustione interna. Nei veicoli BEV la batteria costituisce il 60% del veicolo ed è posizionata sul fondo dell'auto (sotto i sedili posteriori o sotto la parte anteriore). Oltre alla batteria c'è l'inverter che aggancia l'energia elettrica della batteria al motore, il motore, la presa che permette alla batteria di essere ricaricata ed altri fili di cablaggio (*Fig. 4.6*).

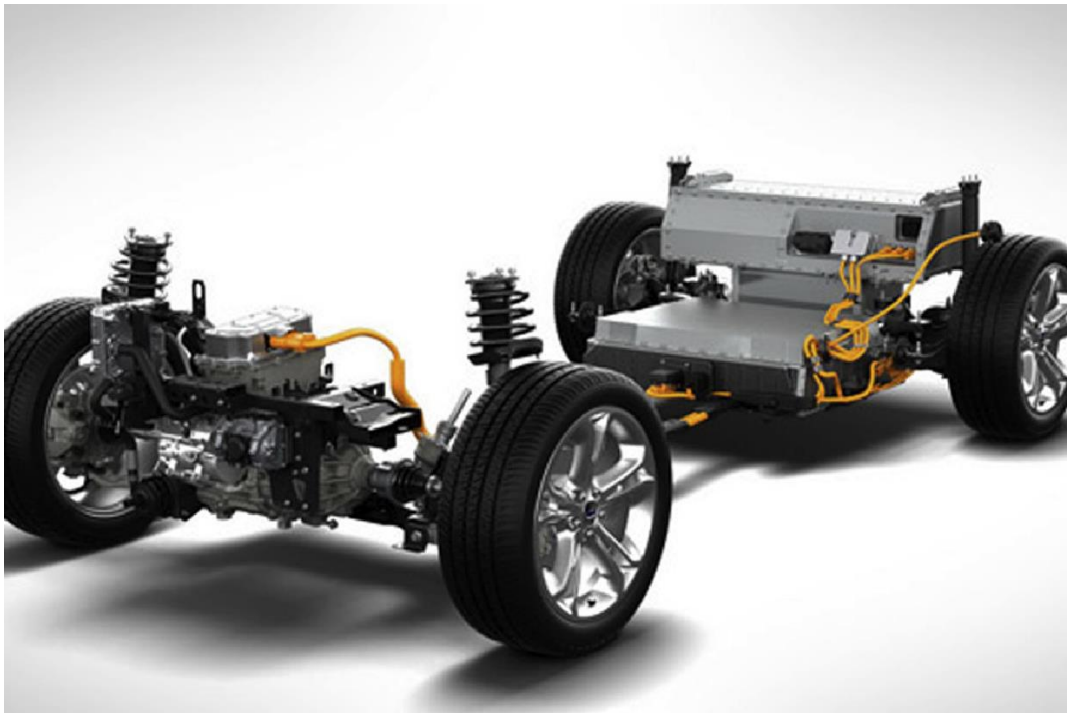


Figura 4.6: Motore di un Veicolo Elettrico BEV

I veicoli BEV hanno un voltaggio che può arrivare a 600 Volt come i veicoli PHEV ma tende, in generale, ad essere più basso perché l'auto non può permettersi (a differenza dei veicoli PHEV) di rimanere senza carica. Si tende quindi a costruire batterie più grandi di uguali dimensioni di quelle PHEV per auto più piccole e più leggere. Le auto elettriche più diffuse sono citycar di piccole dimensioni come la Smart, la 500 o la Twizy80 della Renault. Capacità e potenza sono quindi molto più alte, rispettivamente tra i 40 e gli 85Kwh la capacità e fino a 310Kw la potenza.

FCA ha già sul mercato americano la 500e BEV e inizierà a produrla quest'anno nel mercato euro-asiatico, insieme il Ducato BEV. Le batterie avranno una dimensione di 1,37m^3 ed un peso di circa 300Kg. Per il 2022 FCA prevede anche di iniziare ad integrare l'assemblaggio delle batterie per i veicoli elettrici con la costruzione di un magazzino a nel quartiere M2 di Torino.

Capitolo 2.5 **Gestione dei flussi logistici e delle scorte nei magazzini**

INTRODUZIONE

In una filiera logistica le responsabilità del Supply Chain Management includono sia la gestione dei trasporti che la movimentazione dei prodotti all'interno di eventuali magazzini.
I trasporti possono essere via aria, via mare o via terra. I trasporti via terra possono essere fatti tramite strada o tramite ferrovia. Nel trasporto su strada l'azienda usa dei camion per trasportare le merci che, a seconda delle loro dimensioni, si dividono in: autocarro, autotreno e autoarticolato. La movimentazione delle batterie agli Ioni di Litio rientra però nella categoria 'merci pericolose' che richiede una particolare attenzione. Le merci pericolose sono indentificate e classificate nelle normative europee ADR e sottoposte a rigide regole di trasporto e movimentazione.
È però all'interno del magazzino che avviene gran parte del lavoro della supply chain che inizia con la progettazione del magazzino stesso. Durante la progettazione si deve dimensionare il volume del magazzino tenendo conto delle aree di ricevimento, stoccaggio e spedizione e conoscere bene il ruolo che avrà il magazzino una volta costruito (se saranno immagazzinate materie prime, semilavorati o prodotti finiti, la velocità di rotazione delle scorte, che tipo di merci saranno immagazzinate…).
A seconda infatti dell'obbiettivo e del ruolo che il magazzino deve rivestire, esistono diverse tipologie di magazzino: le scaffalature porta pallet, che si dividono a loro volta in scaffalature regolabili, scaffalature drive in, scaffalature drive trough, scaffalature dinamiche, scaffalature cantilever, scaffalature flow-rail, i soppalchi; gli armadi a ripiani, che servono ad immagazzinare la merce senza usufruire dei pallet; i caroselli verticali e i caroselli orizzontali dove tramite un comando elettronico la merce si sposta all'interno del magazzino per raggiungere l'operatore.
Un altro aspetto importante nella progettazione del magazzino è la scelta del carrello. Si tratta di una scelta che influenza anche i costi di investimento per la costruzione del magazzino stesso permettendo a volte di avere significativi risparmi di superficie. Tra i principali tipi di carrello ci sono il carrello sollevatore, il carrello elettrico frontale ed il carrello Flexi che verranno utilizzati nel caso di studio.

2.5.1. Responsabilità del Supply Chain Management

Uno dei primi studi sulla supply chain fu fatto negli anni ’80 da R. Keith Oliver Michael D. Webber che ne coniò il termine utilizzandolo per parlare della gestione delle scorte nei magazzini; successivamente il termine “Supply Chain Management” fu esteso a “la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche. Include, inoltre, la coordinazione, l’integrazione e la collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, e clienti.” [The Council of SCM Professionals, 2007].

Il supply chain management si occupa quindi dell’approvvigionamento dal fornitore dei pezzi, del loro stoccaggio e trasporto e della spedizione al cliente; gestisce le materie prime, i semilavorati e i prodotti finiti. Le responsabilità della supply chain includono anche il rapporto con i fornitori, il monitoraggio dei processi di acquisto, il controllo su tutte le merci in entrata e la loro movimentazione da fornitore a magazzino e all’interno del magazzino.

L’obbiettivo è far arrivare in tempo i prodotti al cliente finale e far risparmiare costi all’azienda. Per ottimizzare i processi e soddisfarne l’obbiettivo si utilizzano software gestionale per una continua analisi dei dati ed una grande attenzione alle criticità (collo di bottiglia) nella produzione o nella filiera logistica.

A seconda delle dimensioni dell’azienda, la movimentazione delle merci può essere più o meno complessa e può necessitare di mezzi di movimentazione di proprietà dell’impresa stessa o necessitare di un ente esterno specializzato. Per questo tra i campi della supply chain rientra anche la gestione di flotte dei veicoli o le gestione di rapporti con società in subappalto.

Un ultimo aspetto importante nella gestione della supply chain è la scelta del packaging, cioè di quali imballaggi utilizzare. Fare attenzione al materiale che si utilizza per trasportare la merce, al peso del materiale, alla sua dimensione, alla vita utile ed alla capacità di smaltimento o riutilizzo degli imballaggi è di grande importanza per risparmiare sia nei costi di immagazzinamento sia nei costi di trasporto.

2.5.2. Gestione del trasporto via strada

Per trasportare merci via terra si può ricorrere al trasporto via strada o via ferrovia. I mezzi di trasporto via strada si dividono in: semplice rimorchio, autocarro, autotreno, autoarticolato (*Fig. 5.1*).

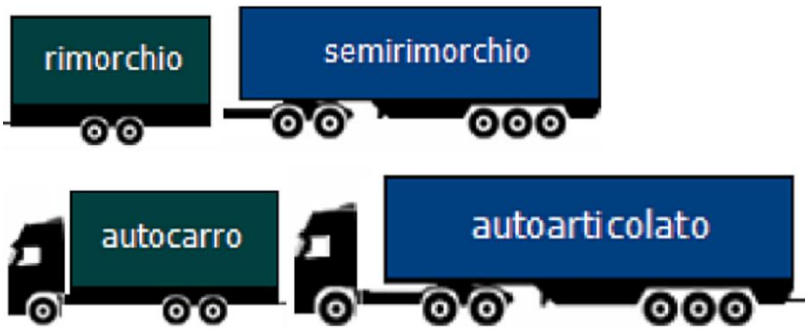


Figura 5.1: Confronto dimensioni dei mezzi via strada

A seconda del mezzo di trasporto il carico massimo che può essere trasportato è diverso. I limiti di carico sono: sagoma limite, cioè il massimo volume che può raggiungere il veicolo compreso il suo carico; sagoma del veicolo cioè la dimensione di ogni singolo veicolo che non può di norma eccedere quella della sagoma limite, salvo nel caso di veicoli eccezionali; massa limite cioè la massa massima di una determinata categoria di veicoli oppure massa massima che può gravare sull'asse più carico e sugli assi congiunti (art. 61 e 62 codice della strada). Le leggi che regolano i limiti di massa e di dimensione dei veicoli adibiti al trasposto di merci permettono la libera circolazione delle merci nell'Unione Europea.

Le merci possono essere trasportate come FTL (Full Truck Load) oppure come LTL (Less than a Truck Load). Nel trasporto FTL il camion serve un unico cliente e quindi fa un unico viaggio senza tappe intermedie; nel trasporto LTL il camion serve più clienti che caricano merce diversa sul camion e fa quindi tappe intermedie. Grazie al Trasporto FTL si possono risparmiare i chilometri nel viaggio dovute alle tappe intermedie e far arrivare la merce a destinazione più velocemente mentre il LTL conviene quando la merce da trasportare è poca perché permette di dividere i costi del viaggio con altre imprese.

L'autocarro (*Fig. 5.2*) è costituito da una motrice e da un rimorchio che può essere di tipo centinato (costituito da un telaio metallico), furgonato (parteti, tetto e fondo rigidi) o telonato (con copertura in PVC). La lunghezza massima è di 12 metri, mentre le bisarche ed i veicoli portacontainer possono raggiungere i 13,44 metri. La larghezza massima è di 2,55 metri.

La massa massima a pieno carico invece dipende dalla quantità degli assi: 18 tonnellate con 2 assi, 25 tonnellate con 3 o più assi. Il volume totale massimo può arrivare a 30-40m^3.

Figura 5.2: Autocarro

L'autotreno (*Fig. 5.3*) è costituito dall'autocarro a cui è agganciato un ulteriore rimorchio. La lunghezza massima degli autotreni è 18,75 metri, mentre le bisarche ed i portacontainer possono raggiungere i 21 metri. La larghezza massima è sempre 2,55 metri.
L'altezza massima sia per autocarri che per autotreni è 4 metri, 4,20 metri per bisarche e 4,30 metri per portacontainer. La massa massima a pieno carico è 24 tonnellate con 3 assi, 40 tonnellate con 4 assi, 44 tonnellate con 5 o più assi. Il volume totale massimo può arrivare a 80-120m^3.

Figura 5.3: Autotreno

L'autoarticolato (*Fig. 5.4*), detto anche bilico, è costituito da una motrice e da un semirimorchio e le sue dimensioni sono maggiori rispetto a quelle dell'autocarro. Può avere una lunghezza massima di 16,5 metri. Le bisarche ed i veicoli portacontainer, se circolano su strade larghe almeno 6,5 metri, possono avere la lunghezza massima di 18,48 metri. Larghezza e altezza massima sono invece uguali a quelle degli altri mezzi di trasporto. La massa massima degli autoarticolati è di 30 tonnellate con 3 assi, 40 tonnellate con 4 assi e 44 tonnellate con 5 o più assi. Il volume massimo è 80-120 m^2.

Figura 5.4: Autoarticolato

2.5.3. Normative sui materiali pericolosi

Esistono alcune tipologie di merci che vengono classificate come ‘merci pericolose’. “Per merci pericolose si intendono quelle sostanze che per la loro particolare natura fisico-chimica sono in grado di produrre danni alle persone, alle cose ed all'ambiente. Esse si possono presentare allo stato solido, liquido o gassoso.” [Confindustria Udine, 2019].

Nel corso degli anni, congiuntamente con della scoperta delle caratteristiche dei numerosi tipi di beni esistenti, il trasporto di alcune tipologie di materiali ha causato grossi incidenti a causa della loro pericolosità. Questo tipo di incidenti sono stati particolarmente ripresi a livello giornalistico causando la sensazione comune che il trasporto di queste merci non sia sufficientemente regolato. Invece le regole che riguardano le merci pericolose sono spesso molto ferree e soggette a continua revisione e aggiornamento da parte di organizzazioni internazionali e nazionali.

Esistono 9 classi di merci pericolose: le materie e gli oggetti esplosivi, il gas, i liquidi infiammabili, i solidi infiammabili (sostanze autoreattive, materie soggette ad accensione spontanea, materie che a contatto con l’acqua sviluppano gas infiammabili), le materie comburenti, i perossidi organici, le materie tossiche o infettanti, i materiali radioattivi, le materie corrosive, le materie e gli oggetti classificati come ‘pericolosi diversi’.

Ognuna delle tipologie di merci segue diverse regole di limitazione ed autorizzazione al trasporto, all’imballaggio ed alla movimentazione che derivano da raccomandazioni dell’ONU e che sono recepite a livello Europeo dalle normative ADR (European agreement concerning the international carriage of Dangerous good by Road).

Le normative ADR sono state siglate a Ginevra nel 1957 ed è valida tuttora su tutto il territorio dell’Unione Europea. Esse permettono la libera circolazione di queste merci tra i vari paesi dell’Unione Europea ed evitano quindi blocchi alla frontiera. La regolamentazione della guida stradale di chi trasporta merci pericolose rimane invece responsabilità dei singoli stati. L’Italia stabilisce, nel codice della strada, che le normative valide sul territorio europeo sono valide anche sul territorio nazionale e punisce le irregolarità con sanzioni da 1.988 euro a 7.953 euro, sospensione della patente e della carta di circolazione del veicolo dai 2 ai 6 mesi.

Tutto il personale che lavora con la movimentazione ed il trasporto delle merci pericolose deve essere formato tramite specifici corsi; in particolare i conducenti dei camion che trasportano le merci pericolose devono aver superato un test scritto ed aver conseguito un apposito patentino.

2.5.4. Disegno e Pianificazione di un magazzino

L'attività più importante nella movimentazione dei prodotti è la gestione del magazzino o dei magazzini. È infatti nel magazzino che si svolge tutta o quasi tutta l'analisi e l'attività logistica. Ogni tipo di azienda (piccola, media o grande; commerciale o produttiva) ha un suo magazzino dove gestisce la movimentazione logistica. Una corretta gestione dei pezzi permette la riduzione dei costi aziendali ed un migliore livello di servizio al cliente. Oggi le scelte dei consumatori non sono solo più basate sulla qualità del prodotto e sul suo prezzo ma sono anche molto influenzate dal livello di servizio, cioè dalla rapidità con cui arriva la merce. Da questi motivi deriva l'importanza dello studio del magazzino che non è più il luogo dell'attività di stoccaggio ma il fulcro della produzione dei beni e/o dei servizi ed un punto di collegamento tra i vari enti aziendali e i vari stakeholder.

Esistono due tipi diversi di magazzino: il magazzino della produzione con materie prime, semilavorati e prodotti finiti ed il magazzino di un'attività commerciale che contiene solo prodotti finiti. I magazzini batterie di FCA sono destinati alla produzione di auto e possono essere considerati un magazzino materie prime. Per poter avere risparmi in termini di superficie si deve sfruttare al massimo sia l'area utilizzata che il volume, cercando di immagazzinare in altezza più merce possibile.

Nella progettazione degli spazi è fondamentale tenere conto della presenza dei pilastri che sostengono la struttura in quanto la loro presenza limita la superficie disponibile allo stoccaggio. Chiaramente più è larga la "maglia" e la distanza fra i pilastri, minore è il numero di questi e maggiore è l'area sfruttabile del magazzino. La pavimentazione del magazzino ha invece un effetto sul suo utilizzo perché ottimizza la vita utile dei mezzi (carrelli elevatori, transpallet…) che ci lavoreranno ed il tempo che dedicano a trasportare le merci. La norma DIN18650 richiede che il pavimento sia antisdrucciolo, resistente agli oli, con uno spessore di circa 15-30mm; pavimenti non conformi alla norma si usurano molto velocemente creando alti costi ed inefficienze. Anche le altezze rivestono un ruolo importante nella progettazione di un magazzino perché più si riesce a "immagazzinare in altezza", maggiori sono i risparmi in termini di superficie occupata; di contro questo sistema di immagazzinamento aumenta i costi relativi alla sicurezza (necessità di un numero maggiore di canali antincendio e di strutture resistenti al carico di più pezzi). Un'altezza compresa fra gli 8 ed il 13 metri si ritiene sia economicamente ottimale per magazzini di medie e di grandi dimensioni.

Nella progettazione di un magazzino ex novo, sono tre le principali aree che vanno dimensionate: l'area destinala al ricevimento ed al controllo delle merci, l'area destinata allo stoccaggio e l'area destinata preparazione della spedizione ed alla spedizione. L'area ricevimento deve tener conto delle caratteristiche fisiche dei materiali, della frequenza di arrivo e dei tempi di collaudo e controllo (incluse le procedure di accettazione). In base a ciò si deve dimensionarne la superficie, dedicandone una parte al registro del materiale, una parte allo scarico del materiale ed una eventuale parte ai controlli. È necessario inoltre dimensionare la quantità dei canali di entrata dei pezzi (per esempio le porte dedicate allo scarico del camion), per evitare attese da parte dei fornitori e quindi un costo in termini di tempo, e predisporre un'area per il ricevimento mezzi.
L'area stoccaggio o area posizionamento serve alle attività operative di posizionamento e prelievo dei pezzi ed è l'area più importante nel layout del magazzino e nella sua progettazione. Dalla sua struttura nel dipende l'intero magazzino e dalla tipologia di procedure e mezzi utilizzati ne dipende la produttività. Per dimensionare quest'area esistono delle tipologie di disegni già normati come i magazzini a scaffalatura porta pallet statica ed i magazzini a scaffalatura porta pallet dinamica con interessanti differenze che verranno discusse nel prossimo paragrafo (5.32). Si stima però che si possa ricavare una superficie dell'area di posizionamento tramite una semplice formula:

$$S = \left(\frac{A}{2} + P + 0{,}10\right)(l + 0{,}20)\frac{N}{D}$$

S= Superficie del magazzino
A= Larghezza del corridoio
P= Dimensione del pallet perpendicolare al corridoio
l= Dimensione del pallet parallelo al corridoio
N= Numero Totale di pallet da immagazzinare
D= Numero dei piani usati per immagazzinare i pezzi
La formula prima calcola una stima dell'ingombro occupato da un singolo pallet e poi lo moltiplica per il numero di pallet in un piano. La dimensione dell'area stock risulta quindi direttamente proporzionale alle dimensioni dei corridoi e conseguentemente alla mobilità dei carrelli.
La progettazione del layout dell'area di spedizione è molto simile a quella dell'area di ricevimento. Nonostante ciò le due aree devono rimanere sempre separate e distinte in modo da non spedire pezzi che sono appena arrivati o stoccare pezzi che dovrebbero essere spediti. Per il dimensionamento dell'area di spedizione è chiaramente necessario avere una previsione della

domanda o del traffico in uscita dal magazzino e dei tempi dedicati alla spedizione (etichettature, imballaggio, confezionamento…).
Oltre a dimensionare gli spazi del magazzino, si possono anche simulare i tempi di scarico della merce che andrà immagazzinata o i tempi di carico del camion utilizzato per la spedizione. Stimare questi tempi è molto utile per capire le risorse (umane e carrelli) di cui il magazzino necessita ed i relativi costi operativi.
I tempi relativi alla gestione della merce nel magazzino si possono suddividere in 3 parti: ricevimento, immagazzinamento e prelievo, spedizione.
Durante il ricevimento vi è un'identificazione del fornitore dove si registrano corrispondenza tra ordine e consegna; lo scarico avviene dopo il riconoscimento della corrispondenza tra la merce arrivata e l'ordine effettuato e deve essere fatto in modo da permettere il collaudo; nella fase di collaudo vengono etichettati i pezzi, e controllati in termini di qualità e quantità; infine si compila il modulo da rimandare al fornitore segnalando i pezzi difettosi o altre eventuali anomalie nella consegna. Nella fase di immagazzinamento si dovranno separare gli eventuali pezzi difettosi e, se necessario, spostarli in un'area di quarantena. Ogni operazione di immagazzinamento e prelievo per la spedizione va registrata secondo le diverse procedure aziendali. Le procedure di spedizione possono essere simili a quelle di ricevimento e sono organizzate dalla politica aziendale secondo una logica FIFO (First In, First Out) o LIFO (Last In, First Out) o altre logiche di gestione delle scorte scelte dall'azienda.

2.5.5. Analisi e classificazione delle varie tipologie di magazzino

La progettazione di un magazzino inizia dalla scelta della sua struttura. La tipologia migliore di struttura non è unica per tutti i magazzini, ma dipende dal peso e dalle dimensioni dei pezzi, dalla velocità di rotazione delle scorte, dai costi di investimento, dai costi operativi di gestione (inclusi quelli dei mezzi che dovranno circolare all'interno del magazzino stesso) e dalla capacità di espansione in futuro e relativi costi. Le quattro più classiche tipologie di strutture sono:

Scaffalature porta pallet;
armadi a ripiani;
caroselli verticali;
caroselli orizzontali.

Le scaffalature porta pallet si classificano a loro volta in 7 sotto tipologie.
Le più diffuse sul mercato sono le scaffalature porta pallet regolabili nelle quale le dimensioni del posto pallet sono, appunto, regolabili. Possono essere scaffalature compattabili con i singoli scaffali che scorrono paralleli alle testate oppure fisse.
Le scaffalature porta pallet drive-in (*Fig. 5.6*) sono composte da file dove i pallet vengono inseriti e spinti in profondità, costringendo l'azienda ad una politica LIFO (Last In First Out).
Nelle scaffalature porta pallet drive-through (*Fig. 5.7*) invece accade il contrario perché i pallet vengono inseriti da un lato e prelevati dall'altro, permettendo così una logica FIFO (First In First Out).

Figura 5.6: Scaffalature porta Pallet Drive-in LIFO (sx)

Figura 5.7: Scaffalature porta Pallet Drive-trough FIFO (dx)

Le scaffalature porta pallet dinamiche hanno alti costi di investimento ma sono tra le migliori strutture per magazzini sul mercato; i pallet sono appoggiati su rulli e scorrono usando la forza di gravità per arrivare dall'altro lato dello scaffale. Tra questi vi sono il magazzino in controtendenza ed il magazzino flow-rail con un meccanismo a catena dentata al posto dei rulli; entrambi utilizzano una logica LIFO. Per gli altri magazzini dinamici si utilizza una polita FIFO. Questo sistema oltre a permettere di risparmiare sui mezzi di trasposto (sono necessari meno carrelli degli altri magazzini a scaffalatura), consente anche uno sfruttamento del magazzino al 90-95% del suo spazio perché non sono necessari corridoi intermedi di nessun tipo e lo spazio dedicato al singolo pezzo è minore rispetto alle scaffalature porta pallet regolabile. Il punto di debolezza di queste scaffalature è che gli unici pezzi a cui si può accedere sono quelli al fondo della scaffalatura.

Le scaffalature porta pallet cantilever vengono utilizzate per materiali particolarmente ingombranti e con lunghezze rilevanti. La loro particolarità è che non sono presenti i montanti frontali e la merce sporge dalla scaffalatura.
Infine i soppalchi sono magazzini costruiti su 2 piani con il secondo piano raggiungibile da una persona; le scorte a media e ad alta rotazione rimangono al piano terra mentre quelle a bassa rotazione sono stoccate sul piano superiore.

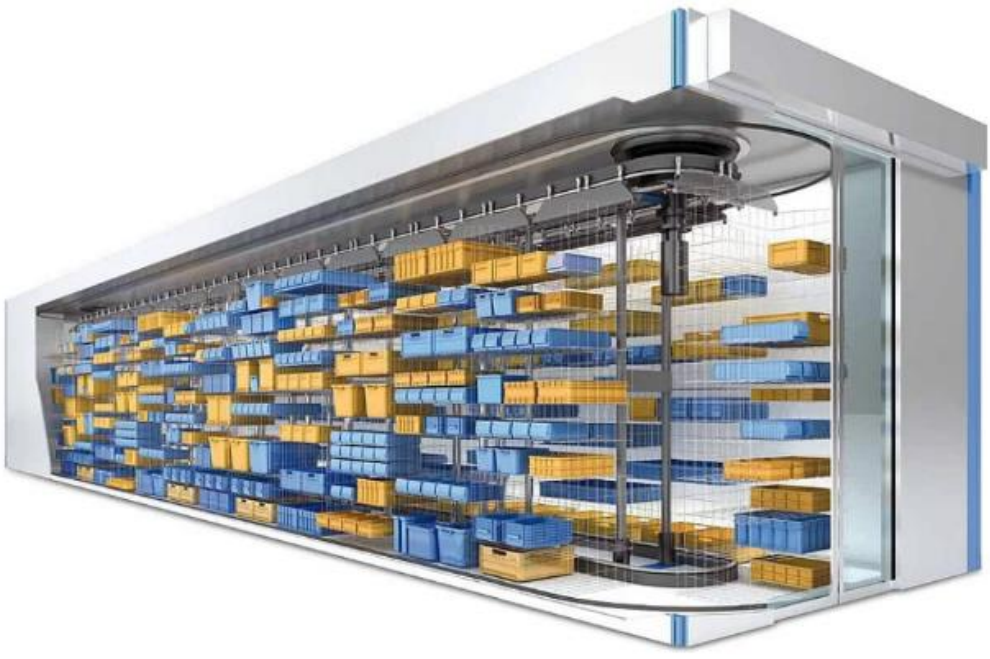


Figura 5.8: Carosello orizzontale

Gli armadi a ripiani servono ad immagazzinare la merce sciolta, senza usufruire dei pallet. In genere si tratta di materiali di piccoli dimensioni (come i libri in una biblioteca, o ad altri tipi di archivi) e possono avere le stesse caratteristiche delle scaffalature porta pallet.

Nella logica dei caroselli, sia verticali che orizzontali, (*Fig. 5.8*) non è più l'operatore che si avvicina al pezzo, ma il pezzo che "raggiunge" l'operatore sulla base di un comando elettronico. I prodotti viaggiano all'interno della struttura tramite movimenti verticali o orizzontali dei piani di stoccaggio finché il prodotto richiesto, tramite un codice, si presenta davanti all'operatore.
Questa tecnologia porta ad un'ottimizzazione dei tempi e degli spazi e ad un minore impiego di tempo dell'operatore, con un conseguente aumento della produttività. I caroselli sono spesso verticali per sfruttare la costruzione del magazzino in altezza, ma possono esistere anche i caroselli orizzontali.
Nonostante sia possibile classificare le strutture dei magazzini in poche tipologie più comuni, le varianti sono numerose perché si possono mescolare e combinare queste 4 tipologie di base appena descritte. Per esempio un magazzino può stoccare il 15% della merce con scaffalatura porta pallet regolabile ed il restante 85% con scaffalature dinamiche.

2.5.6. Definizione di magazzino a scaffalatura con i diversi tipi di componenti

Le scaffalature porta pallet regolabili sono il tipo di scaffalatura che permette sempre l'accesso a tutti i pallet. Il vantaggio principale è, quindi, la possibilità di accedere ad ogni pallet senza dover muovere gli altri. Altri significativi vantaggi sono un perfetto controllo della posizione dei prodotti a stock ed un'alta adattabilità delle scaffalature alle diverse tipologie di pallet. Per ottimizzare gli spazi conviene montare il magazzino lasciando un accesso mono fronte agli scaffali laterali ed un accesso bifronte agli scaffali centrali. Le dimensioni dei corridoi e delle altezze delle scaffalature dipendono dalla tipologia di carrello utilizzata (la larghezza del corridoio che può percorrere è segnata nella scheda tecnica) e dalla grandezza del pallet.
I pallet (*Fig. 5.9*) sono una base su cui vengono appoggiati i prodotti che devono essere messi a stock ed esistono sia in legno che in metallo. In legno possono essere di 2 tipi: Europallet e Perimetrali.

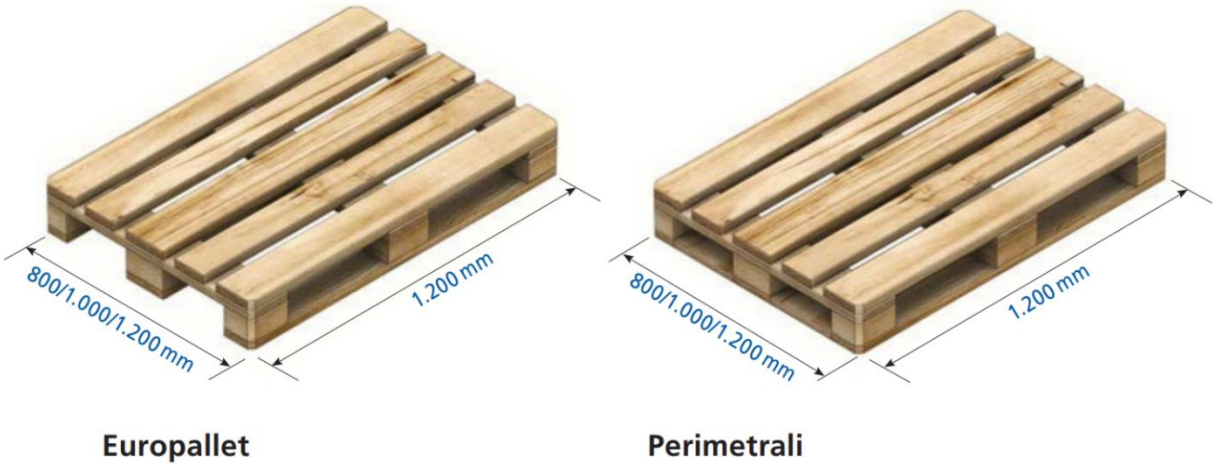


Figura 5.9: Pallet in legno e dimensioni

In entrambi i casi il lato più stretto va dagli 800 ai 1200mm mentre il lato più lungo è sempre di 1200mm. Gli Europallet poggiano su 3 assi paralleli simili a delle slitte, mentre i Perimetrali hanno sia i 3 assi paralleli che altri 2 assi perpendicolari in modo da formare una base perimetrale
I pallet in metallo sono invece dei contenitori ed hanno diverse forme per permettere al prodotto di adattarsi al meglio.
Entrambi i tipi di pallet (legno e metallo) si inforcano generalmente sul lato più corto, cioè quello con le dimensioni variabili per permettere alle 3 slitte di poggiare perpendicolarmente sulle forcole del carrello.
Per poter capire meglio il componenti delle scaffalature porta pallet, si può prendere l'esempio delle scaffalature Mecalux, attualmente utilizzate da FCA.

L’impianto di stoccaggio nelle scaffalature porta pallet Mecalux è costituito da 12 componenti di base: le spalle, i correnti, i sistemi antisgancio e distanziali, i ripiani, le protezioni, il rompitratta o supporto contenitori, i supporti cilindrici e supporti bidoni, i supporti bobina, i profili di posizionamento e di sicurezza, le controventature ed infine gli accessori di segnalazione.
Le spalle sono costituite da 2 travi verticali al pavimento che sorreggono l’intera struttura. Ogni 50mm sono presenti dei fori dove si possono incastrare i correnti. La distanza tra le spalle dipende dalla grandezza del pallet stesso; il pallet deve sbordare leggermente rispetto alla loro distanza (1200mm di pallet, 1100mm di distanza spalle). Le spalle poggiano su dei piedi, ancorati a terra tramite degli ancoraggi.
I correnti sono le aste orizzontali che sostengono il peso dei pallet. Si agganciano alle spalle tramite dei connettori che si incastrano nei fori di entrambe le estremità delle spalle e sostengono il corrente da entrambi i lati. Questo sistema permette una maggiore tenuta di carico. Esistono diversi tipi di correnti che si adattano alle forme dei pallet ed alle diverse necessità di prelievo: i correnti a sezione rettangolare, i correnti a sezione 2C, i correnti per picking sono alcuni esempi sponsorizzati dalla Mecalux. I correnti a sezione rettangolare sono formati da un unico tubo profilato, mentre quelli a sezione 2C sono formati da 2 profili a forma di “C”. I correnti picking sono invece realizzati con un profilo a forma di Z con il bordo superiore che funge da arresto per il posizionamento dei carichi.
Come ulteriore saldatura del corrente sulla spalla esistono i sistemi antisgancio e i sistemi distanziali. Il sistema antisgancio è un connettore che viene montato nel punto di saldatura tra la spalla ed il corrente e può essere rimosso solo rimuovendo l’intero corrente. I sistemi distanziali servono a tenere saldamente agganciate 2 spalle tra loro e sono avvitati nei fori delle spalle tramite bulloni. Vengono utilizzati sulle scaffalature bifronti

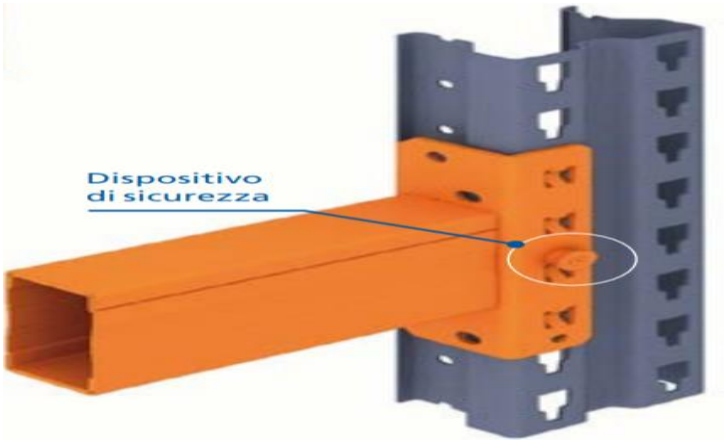


Figura 5.10: La spalla ed il corrente agganciati fisicamente

Il pallet viene appoggiato sui ripiani che a loro volta poggiano sui correnti. Mecalux propone alcuni tipi di ripiani che si adattano ai pallet ed ai correnti: i ripiani zincati, costituiti da una base in metallo; i ripiani a rete, costituiti da una base metallica a rete a maglie rettangolari; i ripiani in legno, che richiedono i rompitratta metallici. Tutti i tipi di ripiano si distinguono a seconda del tipo di corrente che li sostiene. I ripiani metallici per correnti a sezione 2C si incastrano ai correnti senza che vi sia la necessità di fissaggio, così come i ripiani in legno per i correnti picking. Invece i ripiani in legno per correnti a sezioni 2C ed i ripiani metallici per i correnti picking devono essere fissati.

Altri strumenti di sicurezza sono le protezioni che vengono fissate davanti ai correnti o intorno alla spalla; servono a proteggere spalle e correnti da eventuali urti con oggetti esterni, come il carrello. Si dividono nelle protezioni frontali che servono a proteggere il corrente e nelle protezioni montante-spalla (o protezioni angolari) che servono a proteggere la spalla.

Come già accennato sopra, i rompitratta sono necessari per alcuni tipi ripiani. Possono però essere utili anche come supporto per i contenitori o per i pallet che vengono inserite nelle scaffalature con le slitte inferiori.

I supporti bidoni (*Fig 5.10*) sono necessari nel caso debbano essere stoccati dei cilindri in posizione orizzontale; si tratta di un supporto ad L (supporto cilindrico ad L) su cui sono fissate 2 aste che trattengono il cilindro ed evitano di farlo rotolare o più semplicemente di un pezzo metallico con una forma tale da bloccare il movimento del bidone cilindro.

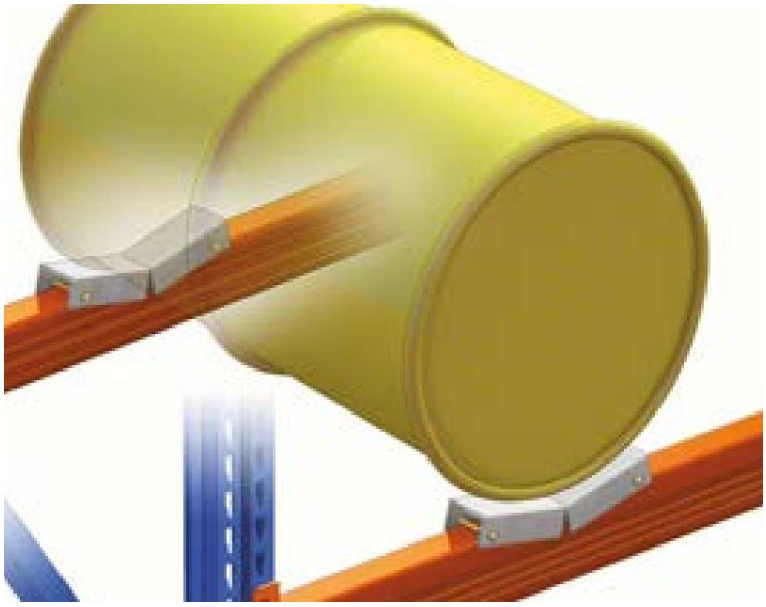


Figura 5.11: Una bobina che appoggia sui supporti bidoni

Il supporto bobina invece serve a permettere di stoccare carichi cilindrici con asse al centro. Un tubo si appoggia sui supporti che possono essere direttamente fissati sulla spalla oppure fissati perpendicolarmente ad essa.
Il profilo di stazionamento ed il profilo di sicurezza sono degli assi montati parallelamente ai correnti a proteggere il pallet da urti esterni (profilo di sicurezza) e servono a mantenerlo posizionato (profilo di posizionamento), evitando che balzi fuori dalla scaffalatura.
Le controventature sono tiranti agganciati alle spalle che servono a dar maggior stabilità alle scaffalature. Sono obbligatorie se il carico da installare è particolarmente pesante.
I giunto spalla invece servono per gli impianti molto alti per aumentare la lunghezza delle spalle legando gli assi uno sopra l'altro.
Per ultimo gli accessori di installazione sono delle etichette che permettono l'identificazione e la classificazione dei vari pallet. Alcuni esempi proposti da Mecalux sono: la banderuola di segnalazione, il porta etichette montante ed il porta etichette liscio. All'interno degli accessori di segnalazione si possono inserire anche i cartelli di portata che spiegano in maniera schematica le caratteristiche tecniche dell'impianto.

2.5.5. Carrelli per magazzini: classificazione e comparazione

Nella progettazione e nel dimensionamento di un magazzino una delle decisioni più importanti è la scelta del carrello. A seconda del tipo di carrello il magazzino sarà dimensionato in maniera differente. I principali tipi di carrello sono 8: sollevatore, carrello elettrico frontale, carrello retrattile, carrello bilaterale, carrello trilaterale, trasloelevatore trilaterale automatico, trasloelevatore, carrello Flexi.

Nel carrello elevatore a razze (o sollevatore) (*Fig. 5.12*) le ruote anteriori sono posizionate alla fine delle forcole per evitare sbilanciamenti dovuti al peso. È uno dei carrelli più piccoli tra quelli adatti all'utilizzo industriale con le forche molto lunghe rispetto alle sue dimensioni.

Il sollevatore riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 2200- 2300 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 5200mm.

Figura 5.12: Sollevatore

Il carrello elettrico frontale (*Fig 5.13*) può avere sia 3 che 4 ruote. La posizione dell'operatore è seduta, a differenza della maggiorana dei sollevatori dove l'operatore rimane in piedi, e le 4 ruote permettono un'alta stabilità anche con pavimenti irregolari. Riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 3200- 3500 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 7000mm.

Figura 5.13: Carrello elettrico frontale

La particolarità del carrello elettrico retrattile (*Fig. 5.14*) è quella di avere le forcole "retrattili". Le forcole di questo tipo di carrello possono muoversi sia in maniera verticale che orizzontale permettendo al carrello di avere bisogno di un minor spazio di manovra nei corridoi. La posizione dell'operatore è laterale al carrello così da avere una migliore visibilità. Si può utilizzare con facilità

sia in aree interne che esterne e la larghezza minima dei corridoi è 2600- 2900 mm. È in grado di raggiungere un'altezza massima di 12000mm.

Figura 5.14: carrello retrattile

I carrelli elettrici bilaterali e trilaterali sono anche chiamati "carrelli elevatori a grandi altezze" [Mecalux, 2019] e servono per lavorare in magazzini con scaffalature molto alte e corridoi molto stretti. Quando lavorano fuori dalle scaffalature risultano molto lenti, anche se si trovano in un'area libera. Per questo è consigliato utilizzarli solo all'interno delle scaffalature e farli affiancare da altri carrelli più adatti a lavorare nelle aree circostanti l'area stock. I carrelli elevatori a grandi altezze possono dividersi in carrelli con l'operatore a bordo oppure in carrelli con l'operatore a terra. Nel primo caso l'operatore si sposta con una cabina che sale in alto assieme alle forcole, mentre nel secondo caso l'operatore rimane a terra nella cabina e si alzano solo le forcole. La divisione bilaterale e trilaterale viene invece fatta in base alla tipologia di forcole. Con le forcole bilaterali si possono prelevare i pallet solo se si trovano lateralmente al carrello e il carrello deve avere l'operatore a bordo. Con le forcole trilaterali l'operatore può rimanere a terra ed il carrello può inforcare i pallet anche frontalmente anche se questa operazione richiede maggior spazio di manovra nei corridoi. I carrelli si muovono su dei binari, trainati in maniera meccanica da un filo o da un campo magnetico sul terreno.

Il carrello bilaterale (*Fig. 5.15*) riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 1400- 1600 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 12500mm.

Figura 5.15: carrello elettrico bilaterale

Il carrello trilaterale (*Fig. 5.16*) riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 1700- 1900 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 13500mm.

Figura 5.16: carrello elettrico trilaterale

Il trasloelevatore (*Fig. 5.17*) è un'alta torre che si muove in maniera automatica all'interno dei corridoi del magazzino ed è tra le migliori scelte per i magazzini di altezze elevate.
Il trasloelevatore trilaterale automatico è in grado di trasportare pallet sia se la scaffalatura è frontale sia se è laterale ed è gestito da un sistema di controllo esterno. La larghezza minima dei corridoi per il trasloelevatore trilaterale automatico è 1700- 1900 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 14500mm.
Il trasloelevatore riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 1500- 1650 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 45000mm.

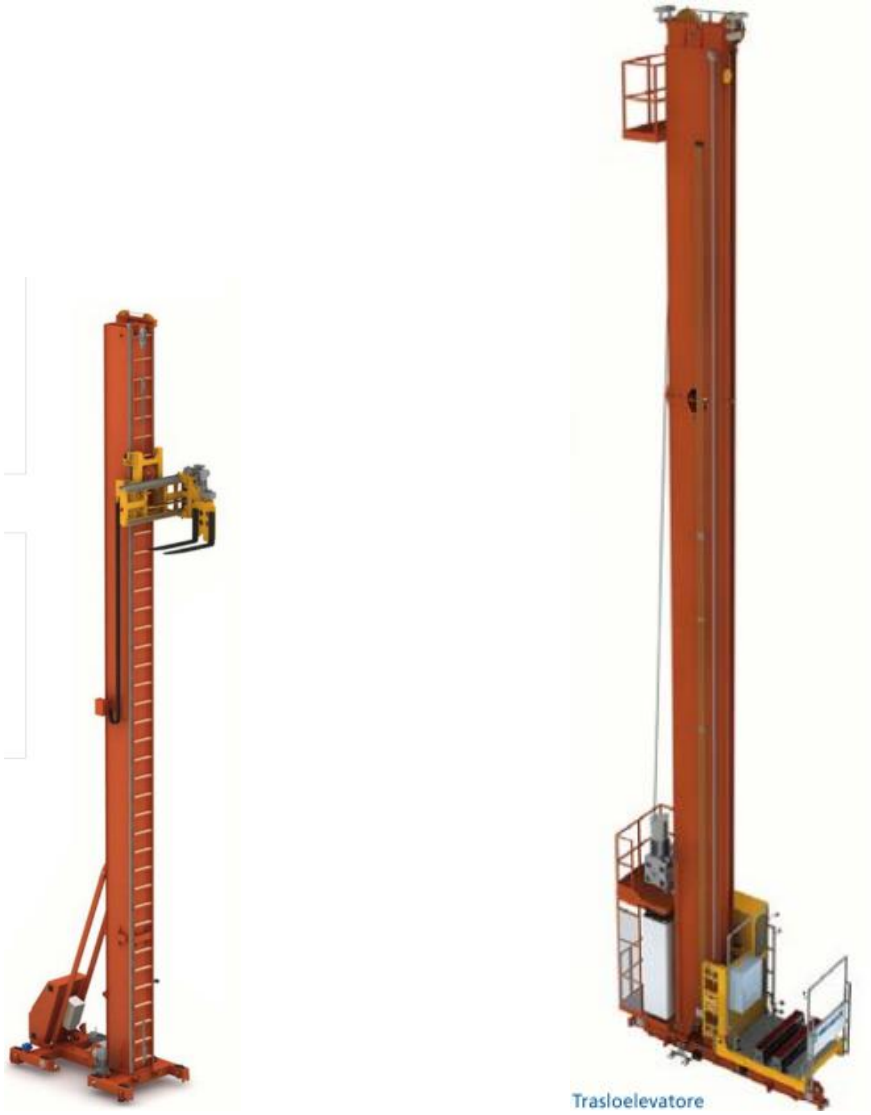


Figura 5.17: Trasloelevatore trilaterale automatico (sx) e Trasloelevatore (dx)

Il carrello Flexi ha la particolarità di poter rotare a destra e a sinistra la parte anteriore del carrello stesso, facendo perno intorno al centro. Le ruote anteriori e le forcole possono quindi rotare rispetto alla cabina di guida dove si trova seduto l'operatore. Questo permette un migliore accesso ai carichi ed un'ottimizzazione dello spazio di manovra.

Il carrello Flexi (*Fig. 5.18*) riesce ad entrare in corridoi larghi almeno 2000 mm ed è in grado di raggiungere un'altezza massima di 11000mm.

Un magazzino con carrelli automatici, rispetto ad un magazzino con carrelli a guida manuale, aumenta il suo livello di servizio, diminuisce i costi in termini di spazi e personale e minimizza il numero di errori che possono essere commessi.

Figura 5.18: Carrello Flexi

3: Case Study FCA: Approvvigionamento ed immagazzinamento batterie

3.1 Introduzione e Gestione dei Trasporti

3.1.1 Introduzione

FCA per ha deciso di produrre, a partire da aprile 2020, nuove auto elettriche ed ibride nella regione EMEA (la regione FCA con i mercati Europeo, Africano ed Medio-Orientale).
Lo scopo della tesi è realizzare un confronto tra i sistemi di immagazzinamento e movimentazione dei materiali che verranno utilizzati per i pacchi batteria delle auto ibride ed elettriche.
La tesi analizzerà i costi della logistica legati alla movimentazione delle batterie agli Ioni di Litio alle tariffe delle varie tipologie di trasporto e stoccaggio, combinate con la domanda e discuterà il confronto tra i magazzini destinati allo stoccaggio delle batterie per lo stabilimento produttivo di S1 (la cui costruzione è prevista per aprile 2020) e per quello S2 (la cui costruzione è prevista per il 2022). Nel magazzino destinato allo stoccaggio delle batterie per lo stabilimento produttivo di S1 (che chiamerò di qui in avanti magazzino M1) verranno gestite le batterie per auto ibride PHEV e le batterie per auto ibride MEHV; mentre nel magazzino destinato allo stoccaggio delle batterie per lo stabilimento produttivo di M2 (che chiamerò di qui in avanti magazzino di M2) le batterie le auto elettriche (auto BEV). Verrà infine analizzata la possibilità di utilizzo di una tipologia di carrelli diversi per il magazzino di M2.
Dopo una breve analisi sulla tipologia di magazzino necessaria per le batterie agli Ioni di Litio verrà effettuato un confronto sulla necessità di immagazzinare a terra o mediante scaffalatura.
In entrambi i magazzini nello studio la domanda annuale è supposta costante su tutti i giorni lavorativi dell'anno (250).

La domanda annuale è di: 75mila batterie PHEV per il magazzino M1, 90mila batterie MHEV per il magazzino M1 e 75mila batterie BEV per il magazzino M2.

I costi verranno calcolati:

-sulla base della superficie totale occupata dal magazzino e dei costi relativi all'affitto e alla sicurezza;

-sulla quantità di risorse umane e di carrelli necessari che dipenderanno dai tempi che si dedicano ad immagazzinare le batterie e, successivamente a spedire i contenitori delle batterie (considerando anche i tempi dell'immagazzinamento e di spedizione dei contenitori vuoti).

Pertanto, l'output di ognuno dei 3 scenari sarà costituito da una tabella che confronterà i costi relativi ai tempi ed i costi relativi agli spazi tra l'immagazzinamento a terra e l'immagazzinamento a scaffale.

3.1.2. Caratteristiche del prodotto

La batteria agli Ioni di Litio è considerato materiale pericoloso secondo la classificazione dei prodotti delle Nazioni Unite, cioè le Normative ADR (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road) e deve essere trattato con particolare precauzione. A questo materiale è assegnata la classe 9, la più alta nella scala del regolamento. Secondo la normativa ADR le batterie agli Ioni di Litio sono un bene in grado di danneggiare persone, altri organismi viventi, proprietà e ambiente. La pericolosità delle batterie deriva dal fatto che possono surriscaldarsi molto velocemente o addirittura esplodere creando grossi danni all'ambiente circonstante, incendi o inquinamento chimico. Sono particolarmente fragili e non possono essere sottoposte a sforzi o urti di nessun tipo, sbalzi termici, sovra caricamento o una scarica eccessiva.

Figura 3.1: Segnale di Merci pericolose Classe 9

Per questo motivo tutti i pezzi che verranno movimentati sono contenitori metallici con misure standard non modificabili. I contenitori metallici sono pallet che vengono utilizzati per il trasporto e l'immagazzinamento delle batterie. Devono sempre essere mantenuti paralleli al suolo con la parte scoperta del contenitore rivolta verso l'alto. Le batterie non possono essere rimosse dai contenitori fino a quando non raggiungono lo stabilimento.

Le batterie PHEV vengono trasportate in un contenitore le cui dimensioni sono 1900x1690mm in superficie e 600 mm in altezza. Ogni pallet può contenere un massimo di 2 batterie.
Il peso del pallet è 200kg, il peso di ogni batteria è 150kg, quindi il peso totale è 500kg.

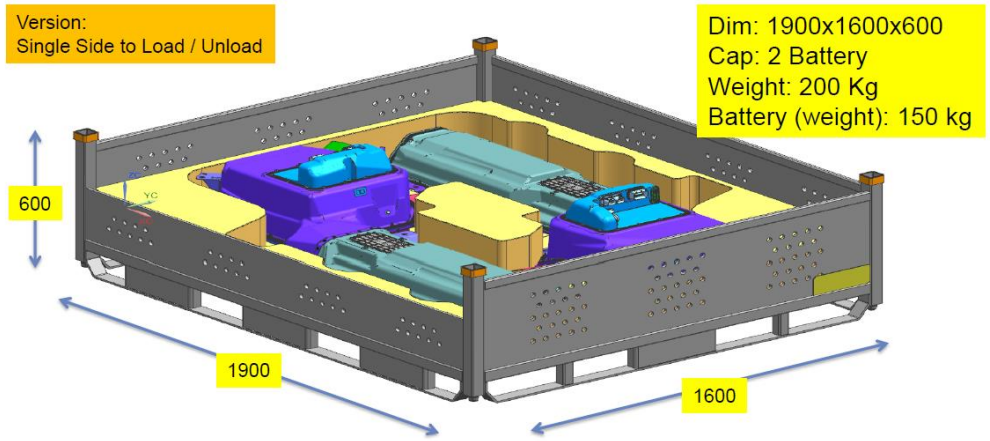


Figura 3.2: Contenitore Batterie PHEV

Le batterie MHEV vengono trasportate in un contenitore le cui dimensioni sono 1200x1000mm in superficie e 650 mm in altezza. Ogni Pallet può contenere un massimo di 30 batterie.
Il peso del pallet è 40kg, il peso di ogni batteria è 15kg, quindi il peso totale è 490kg.
Le batterie BEV vengono trasportate in un contenitore le cui dimensioni sono 1690x1350mm in superficie e 600 mm in altezza. Ogni Pallet può contenere solo 1 batteria.
Il peso del pallet è 153kg, il peso di ogni batteria è 302,4kg, quindi il peso totale è 455,4kg.

3.1.3. Gestione e Costificazione dei Trasporti

I rifornimenti di batterie per il magazzino M1 ed il magazzino M2 arrivano rispettivamente dalla sede polacca dell'azienda LG Chem Ltd e dalla sede ungherese dell'azienda Samsung Electronics. Come già visto, la domanda annuale di batterie PHEV è di 75000 pezzi, quella delle batterie MHEV di 90000 e quella delle batterie BEV di 75000. Dato che si parla di volumi molto elevati e di una domanda senza stagionalità il contratto di trasporto più conveniente per FCA è il FTL ed il mezzo di trasporto è l'autoarticolato. La gestione dei trasporti con contratto FLT permette di ridurre il tempo totale di viaggio eliminando le tappe intermedie e l'alta domanda permette di saturare il mezzo facilmente.

L'autoarticolato è il mezzo più capiente disponibile sul trasporto via terra.

Il container di un autoarticolato ha una lunghezza di 13,6 metri una profondità di 2,5 metri (quindi una superficie pari a 13,6*2,5 metri) ed un'altezza di 3,0 metri.

Figura 3.3: Superficie del container di un articolato

Come già descritto i contenitori PHEV hanno una superficie di 1900mm*1690mm ed un'altezza di 600mm. Disponendo i contenitori PHEV con il lato lungo parallelo alla lunghezza del container si possono caricare:

$$\frac{13600}{1900} = 7{,}158 \approx 7$$

7 contenitori in lunghezza;

$$\frac{2500}{1690} = 1{,}479 \approx 1$$

1 contenitore in profondità;

$$\frac{3000}{600} = 5$$

5 contenitori in altezza.

Per un totale di $7 * 1 * 5 = 35$ contenitori.

Disponendo i contenitori PHEV con il lato lungo parallelo alla profondità del container si possono disporre:

$$\frac{13600}{1690} = 8{,}047 \approx 8$$

8 contenitori in lunghezza;

$$\frac{2500}{1900} = 1{,}316 \approx 1$$

1 contenitore in profondità;

$$\frac{3000}{600} = 5$$

5 contenitori in altezza.

Per un totale di $8 * 1 * 5 = \mathbf{40}$ contenitori.

Conviene quindi disporre le contenitori con il lato lungo parallelo alla profondità del container.

Ogni contenitore PHEV pesa 500g, quindi 40 contenitori PHEV pesano:

$$500kg * 40 = 20000kg$$

Un container è in grado di trasportare un massimo di 24000kg, quindi il Camion non si satura.

La domanda di batterie PHEV è di 75000 batterie all'anno, cioè di $\frac{75000}{2} = 37500$ contenitori. Se in un viaggio si riescono a trasportare 40 contenitori, allora i viaggi necessari sono:

$$\frac{37500}{40} \approx 938$$

La superficie dei contenitori delle batterie MHEV è invece 1200mm*1000mm e l'altezza è 650mm. Anche in questo caso l'occupazione del volume è ottimizzata se si dispongono i contenitori con il lato più lungo parallelo alla profondità del camion e, rifacendo i calcoli sti visti prima, si possono caricare fino a $13 * 2 * 4 = 104$ contenitori di batterie MHEV.

Ogni contenitore MHEV pesa 490g, quindi 104 contenitori MHEV pesano:

$$490kg * 104 = 50960kg$$

In questo caso il Camion è saturato a peso, quindi la quantità massima di contenitori MHEV che si possono trasportare è:

$$\frac{24000}{490} = 48{,}980 \approx \mathbf{48}$$

La domanda di batterie MHEV è di 90000 batterie all'anno, quindi $\frac{90000}{30} = 3000$ contenitori. Se in un viaggio si riescono a trasportare 48 contenitori, allora i viaggi necessari sono:

$$\frac{3000}{48} \approx 63$$

In totale sono necessari 938+63= 1001 viaggi andata e ritorno con partenza dalla sede polacca dell'azienda LG Chem Ltd e arrivo al magazzino M1. Le tariffe su questa tratta sono 1,15€/km e, essendo la tratta lunga 3600km (andata+ ritorno), un singolo viaggio costa:

$$3600km * \frac{1{,}15€}{km} = 4140€$$

1001 viaggi costano:

$$4140€ * 1001 = \mathbf{4144140}€$$

Nel magazzino M2 vengono messe a stock le batteri BEV.

La superficie di un contenitore è 1690mm*1350mm e sono l'altezza 600mm.

Copiando i calcoli precedenti si ha che l'occupazione del volume è ottimizzata se si dispongono i contenitori con il lato più lungo parallelo alla profondità del camion e non c'è saturazione in peso.

Ogni camion autoarticolato può caricare fino a 10*1*5= **50** contenitori di batterie BEV.

Essendo che ogni contenitore trasporta una sola batterie, i viaggi necessari sono:

$$\frac{75000}{1 * 50} = 1500$$

I viaggi partono dallo stabilimento in Ungheria della Samsung Electronics e arrivano allo stabilimento di M2 percorrendo un totale di 2400km andata e ritorno. Le tariffe chilometriche su questa tratta sono 1,06€/km, quindi 1500 viaggi costano:

$$\frac{1{,}06€}{\text{km}} * 2400km * 1500 = \mathbf{3810000}€$$

3.2. Calcolo della superficie necessaria per immagazzinare le batterie PHEV e MHEV

3.2.1. Analisi SWOT sulla miglior tipologia di magazzino

Come già discusso precedentemente le principali tipologie di magazzino sono: i magazzini a scaffalature portapallet regolabili fisse; i magazzini dinamici Drive-In e Drive-Through e i magazzini dinamici a gravità. Inoltre, si può anche scegliere l'immagazzinamento a terra dove i pezzi vengono impilati uno sopra l'altro senza che venga costruita nessuna scaffalatura.
Per confrontare le varie tipologie verrà effettuata un'analisi SWOT.
L'analisi SWOT è uno dei migliori strumenti di pianificazione strategica e di confronto di strategie e può essere usata in ogni campo. SWOT è l'acronimo di "Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats" (punti di forza, punti di debolezza, opportunità e minacce). L'analisi consiste nel fare una matrice che confronti ogni scenario strategico identificando i suoi punti di forza e le sue debolezze, per poter valutare i fattori interni al progetto e le minacce e le opportunità, per poter valutare i fattori che arrivano dall'esterno.
L'obbiettivo di un buon immagazzinamento delle batterie è poter risparmiare garantendo un servizio di qualità (consegnare al cliente un prodotto con la batteria carica) ed un alto livello di sicurezza.
L'utilizzo delle **scaffalature fisse** ha come punti di forza un costo di mantenimento molto basso e un costo di investimento abbastanza contenuto. Tutti contenitori possono essere raggiunti in ogni momento dai carrelli, così da poter adottare logiche FIFO, LIFO o altri tipi di logiche indifferentemente e poterle cambiare durante il tempo. Un'ulteriore punto di forza è lo sfruttamento dell'altezza del magazzino perché costruendo scaffali si possono realizzare un alto numero di livelli di stoccaggio. Tra i punti di debolezza c'è la grandezza del contenitore che è tale da non permettere lo stock di più di un contenitore per ognuno degli scoparti. In più lo stoccaggio ed il prelievo delle batterie richiede ampi spazi per i passaggi dei carrelli nei corridoi che aumentano in maniera significativa l'area totale del magazzino. Come opportunità il magazzino a scaffalature fisse è in grado di fare spazio a diverse tipologie di batterie: il facile accesso a tutti i pezzi in qualunque momento permette di individuare facilmente nuove aree nel caso si decidesse di classificare diversamente le batterie rispetto al progetto iniziale.

Come già descritto nel precedente capitolo, i magazzini a scaffalature **Drive-in e Drive-Through** hanno come punti di forza l'utilizzo del 90% dell'area di magazzino senza che siano necessari corridoi interni per il passaggio dei carrelli. Inoltre, gli alti costi di investimento verrebbero ripagati con l'alta efficienza di utilizzo degli spazi e la velocità di movimento della merce anche se la grandezza ed il peso dei contenitori batteria non permetterebbero un alto movimento della merce. Come punti di debolezza, i magazzini Drive-In sono strettamente legati ad una logica LIFO ed i magazzini Drive-Through sono strettamente legati ad una logica FIFO. Una volta scelta, quindi, la logica di gestione della merce non si può più cambiare perché l'accesso ai pezzi è limitato. Questo rappresenta una minaccia per il magazzino perché, nel caso FCA decidesse di immagazzinare altre tipologie di batterie, un magazzino Drive-in e Drive-Through non saprebbe come gestirle, dato che l'accesso sarebbe limitato solo a due tipologie di batterie.

I magazzini **dinamici a gravità** sono molto simi ai magazzini Drive-in e Drive-Through perché hanno la stessa tipologia di struttura. La differenza consiste nell'utilizzare la gravità per trasportare le batterie anziché dei rulli o la spinta del carrello. L'utilizzo della gravità comporta dei risparmi sui costi operativi ed un elevato movimento della merce. L'elevato movimento della merce aumenta la probabilità di danni negli scaffali a causa della grandezza dei contenitori delle batterie ed il rischio di danni anche sulle batterie stesse causati dagli urti tra un contenitore e l'altro. Data l'alta pericolosità delle batterie al Litio è molto importante evitare impatti tra i contenitori, quindi questa soluzione non può essere presa in considerazione.

Come ultima soluzione c'è la possibilità **di immagazzinare a Terra**, cioè impilare i contenitori uno sopra l'altro senza alcuna scaffalatura. L'immagazzinamento a terra ha come punti di forza i costi di investimento e manutenzione praticamente nulli (minori di quelli dei magazzini a scaffali) e la possibilità di avere accesso a tutti i contenitori che si trovano in cima ad ogni pila. Tra i punti di forza c'è anche la possibilità di adottare ogni tipo di logica di gestione della batterie perché l'accesso alle batterie non è limitato.

Come punti di debolezza c'è però l'obbligo di impilare pochi contenitori uno sopra l'altro per una questione di sicurezza e quindi l'impossibilità sfruttare l'altezza del magazzino. Questo crea un ulteriore aumento della superficie di magazzino e alti costi operativi di gestione.

Tra le opportunità si può inserire la forte adattabilità del magazzino a cambiamenti nella produzione, esattamente come nei magazzini a scaffali.

MAGAZZINI A SCAFFFALATURE REGOLABILI FISSE	
PUNTI DI FORZA ● Costo di mantenimento molto basso ● Accesso a tutti i Contenitori	PUNTI DI DEBOLEZZA ● Necessari ampi spazi per i passaggi del carrelli, aumento dell'area di magazzino ● Massimo un contenitore per scomparto
OPPORTUNITÀ ● Capacità di adattamento all'introduzione di nuove batterie	MINACCE

MAGAZZINI A SCAFFALATURE DRIVE-IN & DRIVE-THROUGH	
PUNTI DI FORZA ● Utilizzo del 90% dell'area di magazzino ● Alta Velocità di rotazione delle scorte	PUNTI DI DEBOLEZZA ● Magazzini strettamente legati ad una logica LIFO (DRIVE-IN) o FIFO (DRIVE-THROUGH) ● Difficoltà di gestione di pacchi di grosse dimensioni
OPPORTUNITÀ	MINACCE ● Difficoltà di adattamento all'introduzione di nuove batterie

MAGAZZINI CON CONTENITORI A TERRA	
PUNTI DI FORZA ● Costo investimento quasi nullo ● Accesso a gran parte dei contenitori	PUNTI DI DEBOLEZZA ● Necessari ampi spazi per i passaggi dei carrelli, aumento dell'area del magazzino ● Impossibilità dello sfruttamento delle altezze
OPPORTUNITÀ ● Capacità di adattamento all'introduzione di nuove batterie	MINACCE

Dall'analisi risulta che, a causa delle dimensioni delle batterie e della loro pericolosità, le migliori tipologie di immagazzinamento siano i Magazzini a Scaffalatura Fissa ed i Magazzini a Terra.
Da questi presupposti parte l'analisi costificata delle 2 tipologie per ogni scenario.

3.2.2. Dimensionamento magazzino Batterie (PHEV Terra)

Come già detto i contenitori delle batterie per le auto ibride PHEV (più semplicemente batterie PHEV), hanno dimensioni 1900x1690mm in superficie e 600 mm in altezza e possono contenere un massimo di 2 batterie per contenitore.
La domanda è supposta constante di 300 auto al giorno, quindi 300 batterie ed il magazzino deve essere in grado di coprire 10 giorni scorta.

$$300 * 10 = 3000 \qquad \frac{3000}{2} = 1500$$

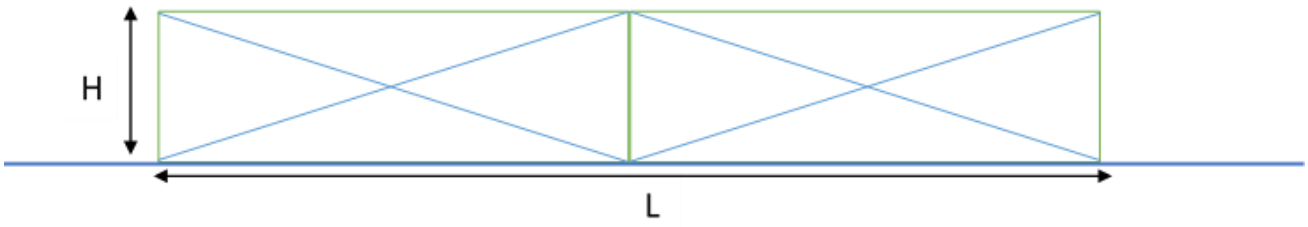
Impilando a terra, per motivi di sicurezza dovuti al peso dei contenitori, è possibile impilare un massimo di 6 contenitori uno sopra l'altro; disporremo quindi 1500 contenitori in pile da 6

$$\frac{1500}{6} = 250$$

Avremo quindi nel nostro magazzino 250 pile con indice di impilpabilità 6.

Lo spazio occupato da una singola pila dipende dallo spazio occupato da un singolo contenitore. Disponiamo i contenitori sul lato lungo e inseriamo i corridoi ogni 2 contenitori sul lato corto in modo da avere la superfice del magazzino simile ad un quadrato così da ottimizzare gli spazi.
La parte frontale di 2 batterie messe a terra appare (*Fig 3.3*) in questo modo con

$$L = 2 * 1900mm = 3800mm \qquad H = 600mm$$



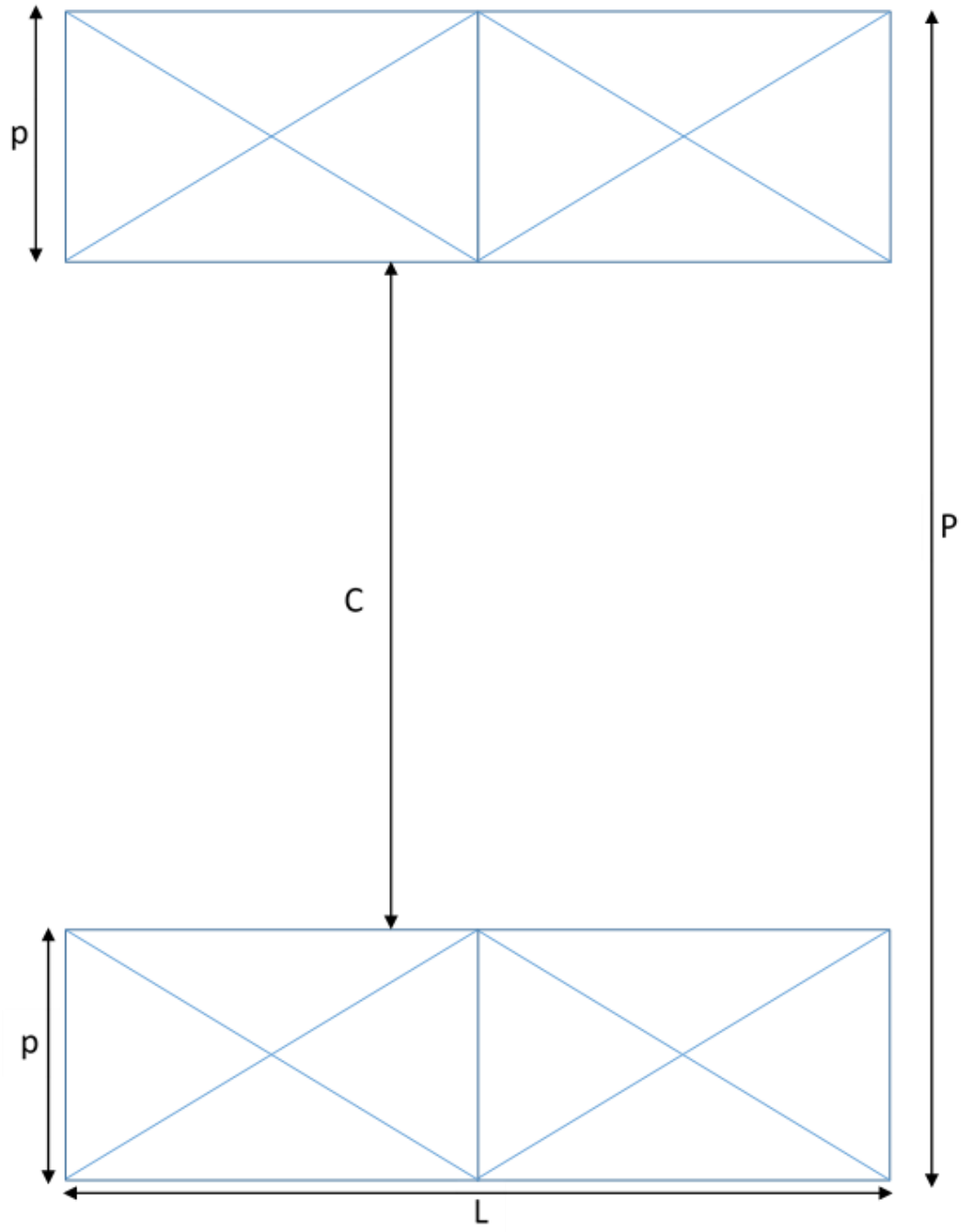


Figura 3.4 Vista dall'alto di 4 pile di contenitori PHEV

La vista dall'alto di 4 pile di contenitori appare come nella *figura 3.4*, dove C è la lunghezza del corridoio e p è la dimensione del lato corto del contenitore. I carrelli che verranno presi in considerazione in questo caso di studio sono i carrelli elettrici frontali che necessitano di un corridoio largo 3200- 3500m. Supponiamo quindi C= 3500mm per rimanere prudenti. Quindi:

p= 1690mm C= 3500mm

$$P = (1690 + 3500 + 1690)mm = 6880mm$$

Dove P sta ad indicare la profondità occupata da 2 contenitori.

Moltiplicando la lunghezza per la profondità si ottiene lo spazio occupato da 4 pile di contenitori.

$$L * P = 3800mm * 6880mm = 26144000mm^2 = 26{,}144m^2$$

La superficie occupata da 4 pile di contenitori sarebbe la superficie occupata 6*4=24 contenitori.
Quindi la superficie occupata da 1 contenitore è:

$$\frac{26{,}144}{24} m^2 = 1{,}0893m^2 \approx 1{,}1m^2$$

Mentre la superficie occupata da una singola pila di contenitori è:

$$\frac{26{,}144}{4} m^2 = 6{,}536m^2$$

Come già detto, il magazzino deve essere in grado di tenere a stock 1500 contenitori, quindi 250 pile di contenitori. La superficie totale dell'area stock per le batterie PHEV del magazzino di M1 dovrebbe corrispondere alla superficie occupata da 250 pile, cioè:

$$250 * 6{,}536m^2 = 1634m^2$$

Per determinare l'area in maniera chiara è però necessario fare una simulazione del magazzino con Excel. Dispongo quindi 250 pile su 21 colonne e 12 file (21*12=252), avanzando 2 posti vuoti.

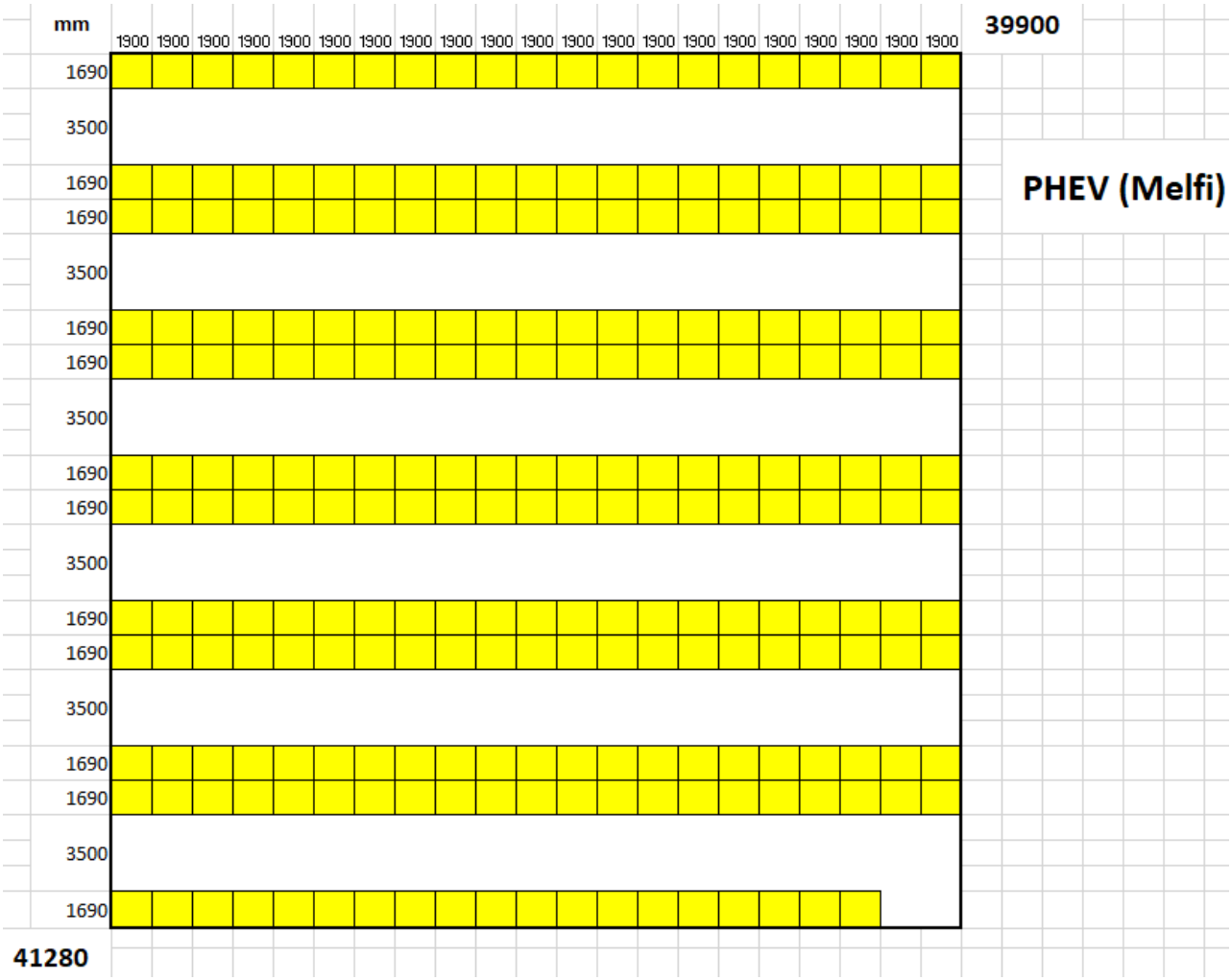


Figura 3. Area Stock delle batterie PHEV messe a terra

Come mostra la *figura*3.4 la lunghezza del magazzino è $L = 39900mm$, mentre la profondità è $P = 41280mm$. Possiamo quindi calcolare la superficie come:

$$S = L * P = 39900mm * 41280mm = 164707200mm^2 = 1647{,}072m^2 \approx 1650m^2$$

3.2.3. Dimensionamento magazzino Batterie MHEV (Terra)

Per l'immagazzinamento delle batterie MHEV si ripete lo stesso schema.

I contenitori hanno dimensioni 1200x1000mm in superficie, 650 mm in altezza e possono contenere un massimo di 30 batterie per contenitore. La domanda, supposta costante, è di 360 auto al giorno, cioè 360 batterie al giorno e sono richiesti 5 giorni di scorta.

$$360 * 5 = 1800 \qquad \frac{1800}{30} = 60$$

Bisogna quindi riuscire ad immagazzinare 60 contenitori.

Essendo i contenitori MHEV molto pesanti, la loro impilpabilità è solo 2, quindi sono necessarie 60/2= 30 Pile di batterie.

Così come per le batterie PHEV, anche per le batterie MHEV lo spazio occupato da una singola pila di contenitori dipende dallo spazio occupato da un singolo contenitore. Disponiamo i contenitori sul lato lungo e inseriamo i corridoi ogni 2 contenitori sul lato corto.

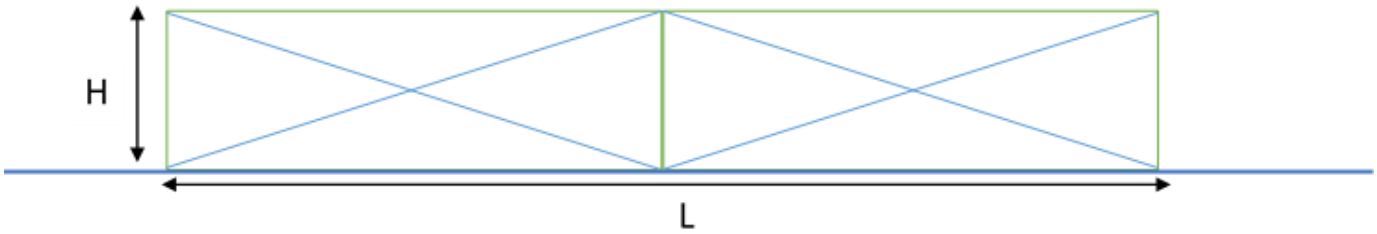


Figura 3.6: contenitori MHEV visti frontalmente

La parte frontale di 2 batterie messe a terra appare (*Fig 3.6*) in questo modo con

$$L = 2 * 1200mm = 2400mm \qquad H = 650mm$$

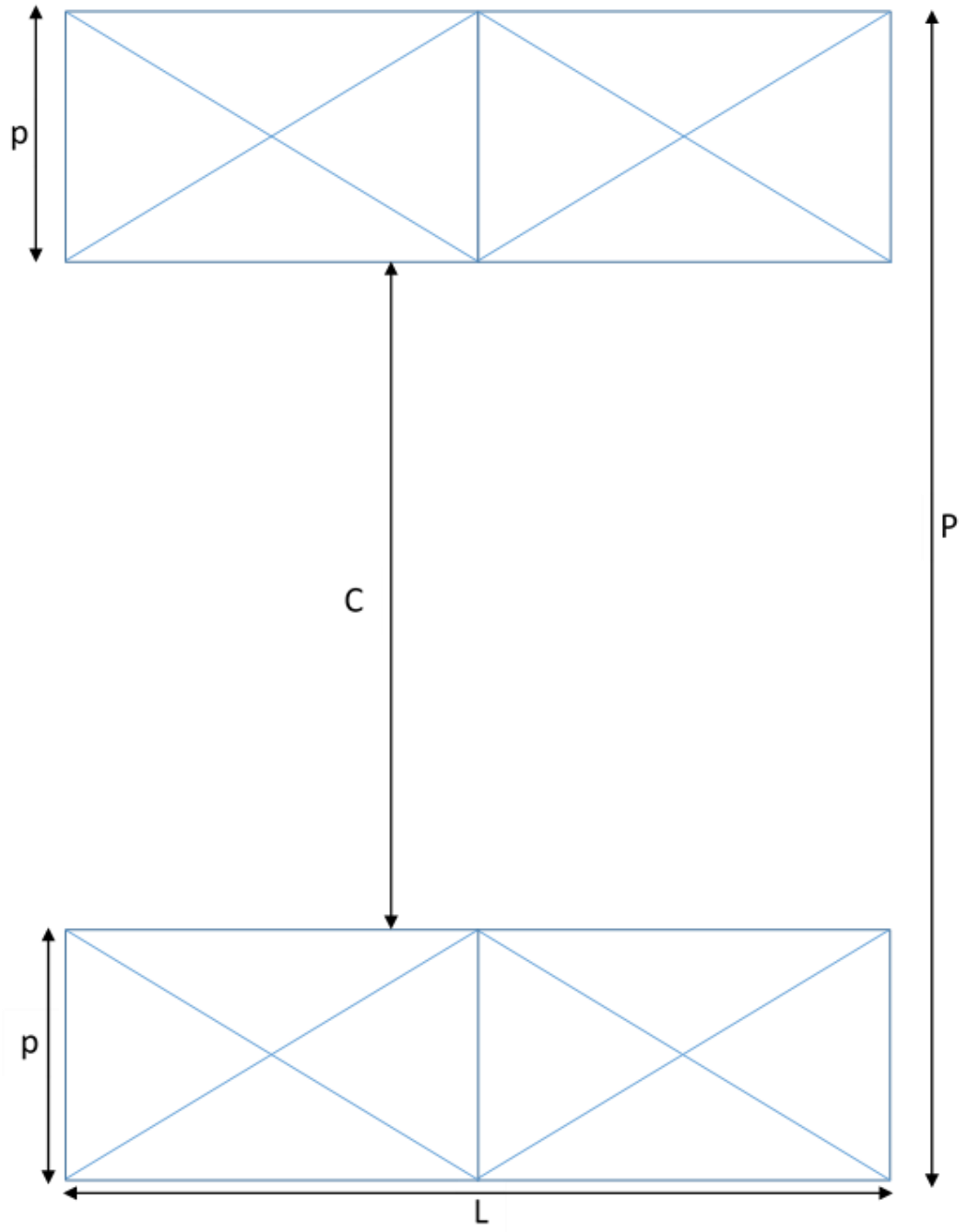


Figura 7: Contenitori MHEV visti dall'alto

La vista dall'alto di 4 pile di contenitori appare come nella *figura 3.7*, con C= 3500mm anche in questo caso. Quindi:

p=1000mm C=3500mm

$$P = (1000 + 3500 + 1000)mm = 5500mm$$

Continuando i calcoli:

$$L * P = 2400mm * 5500mm = 13200000mm^2 = \ 13{,}20m^2$$

La superficie occupata da 4 pile di contenitori sarebbe la superficie occupata 2*4= 8 contenitori.

Quindi la superficie occupata da 1 contenitore è:

$$\frac{13{,}20}{8} m^2 = 1{,}65 m^2$$

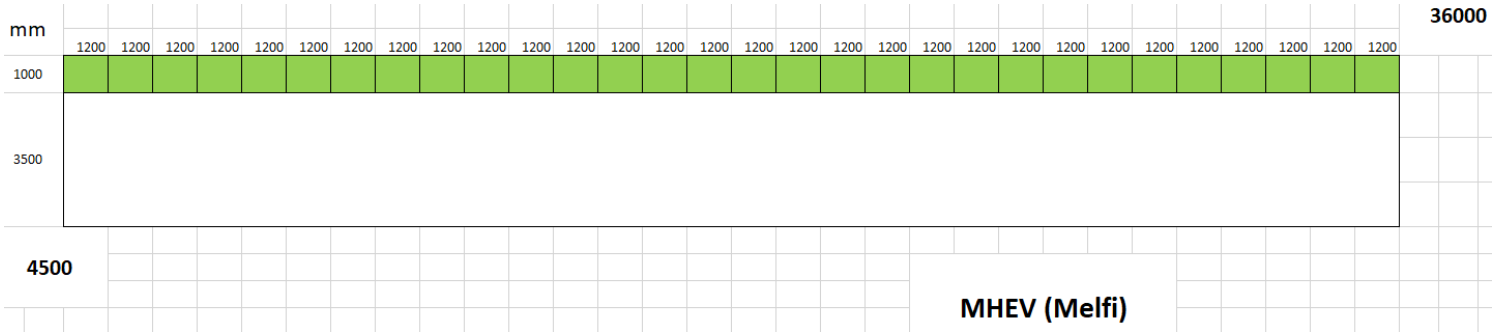
Mentre la superficie occupata da una singola pila di contenitori è:

$$\frac{13{,}20}{4} m^2 = 3{,}3 m^2$$

Come già detto il magazzino deve essere in grado di tenere a stock 60 contenitori, quindi 30 pile. La superficie totale dell'area stock per le batterie MHEV del magazzino di M1 dovrebbe corrispondere alla superficie occupata da 30 pile, cioè:

$$30 * 3{,}3 m^2 = 99 m^2$$

Dati gli ampi spazi già occupati dalle batterie PHEV, basta una sola fila per mettere a stock le batterie MEHV (*Fig. 3.8*).



La superficie occupata dalle batterie MHEV disposte su una sola fila di pile contenitori è:

$$4500mm * 36000mm = 162000000mm^2 \approx 160m^2$$

La grande differenza con il risultato precedente è dovuta al fatto che, avendo disegnato una sola una fila di pile di contenitori, ogni pila di contenitori necessita di 3500mm di corridoio per essere messa a stock dal carrello.

3.2.4. Dimensionamento magazzino Batterie PHEV + MHEV (Terra)

Dato che le batterie PHEV e MHEV faranno parte entrambe del magazzino M1, è necessario dimensionarle in un unico spazio così da calcolare con precisione l'area totale.
Partendo dall'area delle batterie PHEV, che sono la maggioranza ed aggiungendo una fila di pile MHEV al fondo:

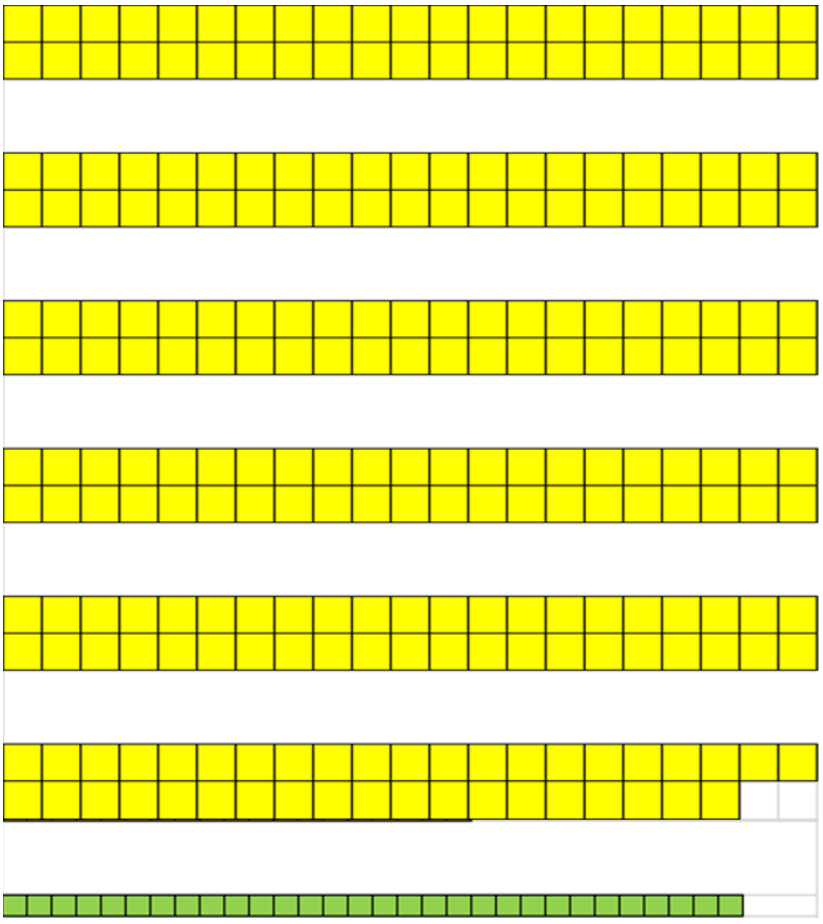


Figura 3.9: Area Stock delle batterie PHEV e MHEV messe a terra

All'area nella *figura 3.9* andrebbe aggiunto un corridoio laterale di 3500m, ma per motivi di sicurezza sono necessari:

- 6 m di franco (minimo 5 metri) su tutti i lati senza la presenza di altri materiali combustibili, altrimenti necessaria compartimentazione;
- Nel caso si scelga la compartimentazione: i pavimenti, le pareti, il soffitto e le porte dello stesso devono garantire almeno 120 minuti di resistenza al fuoco (REI120).

FCA ha scelto di non costruire la compartimentazione REI120 e, quindi, di garantire 6m di zona franca.

Di conseguenza il disegno dell'intera area di stoccaggio diventa:

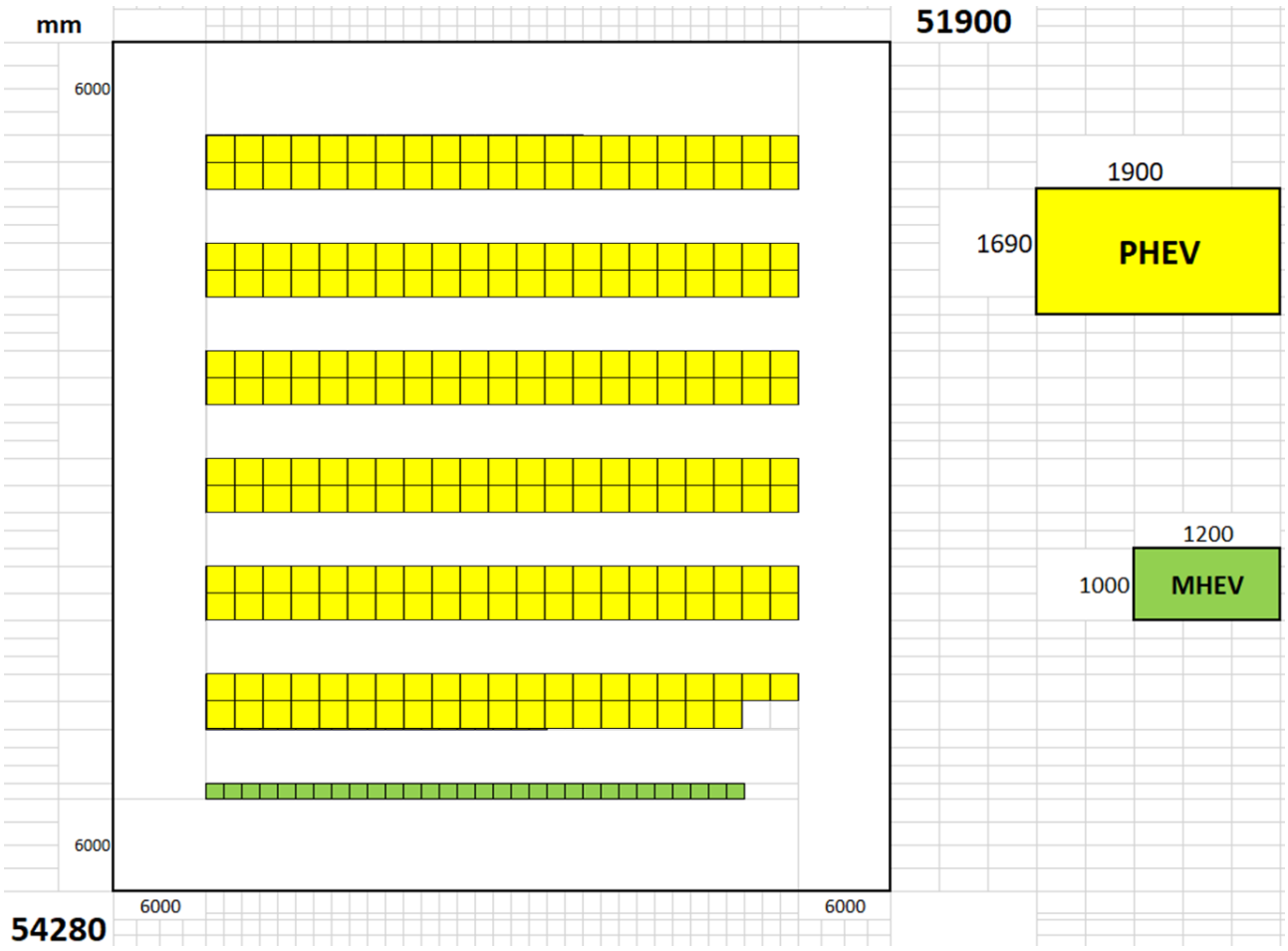


Figura 3.10: Area Stock del magazzino M1 con batterie messe a terra

Come si vede dalla *figura 3.10,* la profondità totale è data dallo spazio di 6 corridoi interni e 2 corridoi esterni più 12 pile di batterie PHEV e 1 di batterie MHEV. La lunghezza totale è data dalla somma di 21 batterie PHEV e 2 corridoi esterni.

$$P_{TOT} = C_e * 2 + c_i * 6 + p_{PHEV} * 12 + p_{MHEV} * 1 =$$

6000*2+3500*6+1690*12+1000*1= **54280mm**

$$L_{TOT} = C_e * 2 + l_{PHEV} * 21 = 6000*2+1900*21 = \mathbf{51900mm}$$

La superficie totale per il magazzino M1 con contenitori PHEV e MHEV messi a Terra diventa quindi:

$$L_S * P_{TOT} = 54280mm*51900mm = 2817{,}132m^2 \approx \mathbf{2900}m^2$$

3.2.5. Dimensionamento magazzino Batterie PHEV (Scaffalatura)

Con i magazzini a scaffale anziché fare i calcoli sulle dimensioni del contenitore, si dovranno fare i calcoli sull'ingombro di uno scomparto.

Avendo detto che ogni scomparto è in grado di immagazzinare solo un contenitore di batterie, il numero di scomparti sarà uguale al numero di contenitori di batterie che devono essere stoccati nel magazzino. Si devono quindi costruire 1500 scomparti porta pallet per 1500 contenitori.

Si possono fare 6 scomparti per ogni pila in modo da poter impilare 7 contenitori.

$$\frac{1500}{7} = 214,286 \approx 215$$

Potendo impilare a 7, sono necessarie 215 pile.

Nel paragrafo 2.5.4 si è studiata la struttura di un magazzino porta pallet, prendendo come esempio i magazzini Mecalux.

Dallo studio risulta che l'ingombro totale dello scomparto è dato dalle spalle, dal contenitore e dal corrente. La vista frontale dello scomparto appare quindi in questo modo (*Fig. 3.11*):

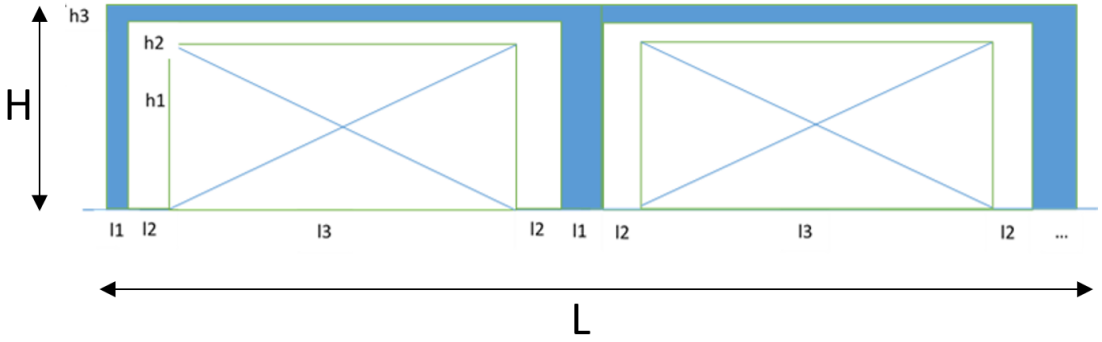


Figura 3.: Fronte di 2 scomparti che immagazzinano contenitori PHEV

Le dimensioni delle spalle e degli interspazi sono dimensioni standard.

La lunghezza della spalla è: l1= 100mm

La distanza tra la spalla ed il contenitore deve essere almeno: l2= 150mm

La lunghezza del contenitore di batterie PHEV è già nota: l3= 1900mm

Quindi:

$$L = l1 * 2 + l2 * 4 + l3 * 2 = (100 * 2 + 150 * 4 + 1900 * 2)mm = 4600mm$$

L’altezza del contenitore di batterie PHEV è già nota: h1= 600mm

La distanza tra il corrente ed il contenitore deve essere: h2= 150mm

Lo spessore del corrente è: h3= 100mm

$$H = h1 + h2 + h3 = (600 + 150 + 100)mm = 850mm$$

Nella vista dall’alto basta aggiungere un piccolo interspazio tra i scomparti adiacenti dato che il contenitore sporge leggermente dalla scaffalatura, come in *figura 3.11.*

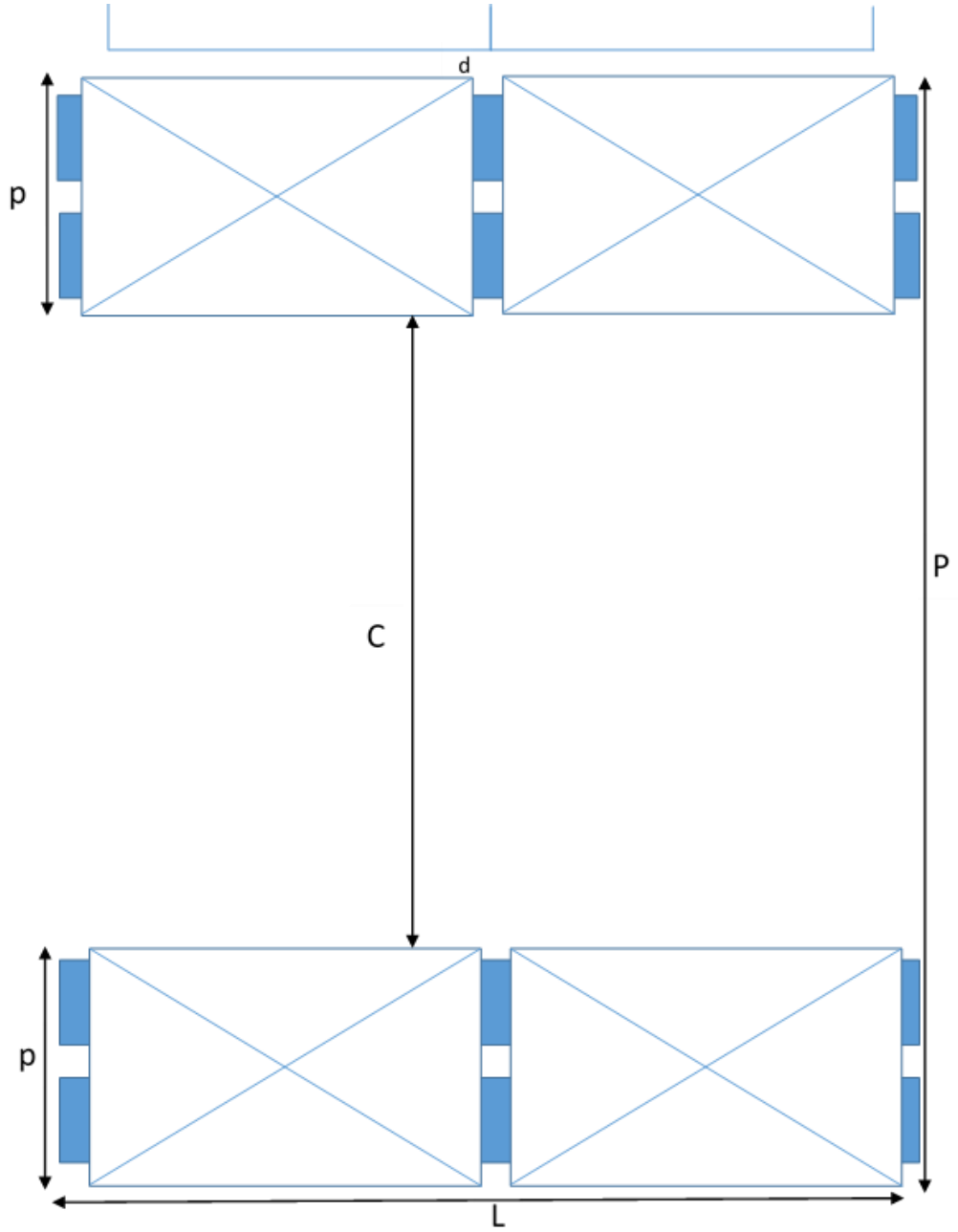


Figura 3.12: Vista dall'alto pile PHEV Impilate a Scaffale

p=1690mm C=3500mm d=100mm

$$P = (1690 + 3500 + 1690 + 100)mm = 6980mm$$

Quindi la superficie occupata dall'ingombro di 4 pile di scomparti è:

$$S = L * P = 4600\text{mm} * 6980\text{mm} = 32108000mm^2 = 31{,}28m^2$$

Ogni scomparto occupa:

$$\frac{32{,}108m^2}{28} = 1{,}147m^2 \approx 1{,}2m^2$$

Ogni pila occupa:

$$\frac{32{,}108m^2}{4} = 8{,}027m^2$$

215 pile occupano:

$$8{,}027m^2 * 215 = 1724{,}805\ m^2$$

Per determinare l'area in maniera chiara è necessario, anche in questo caso, fare una simulazione del magazzino con Excel. Dispongo quindi 215 pile su 18 colonne e 12 file (18*12= 216), avanzando 1 posto vuoto come in *figura 3.13*.

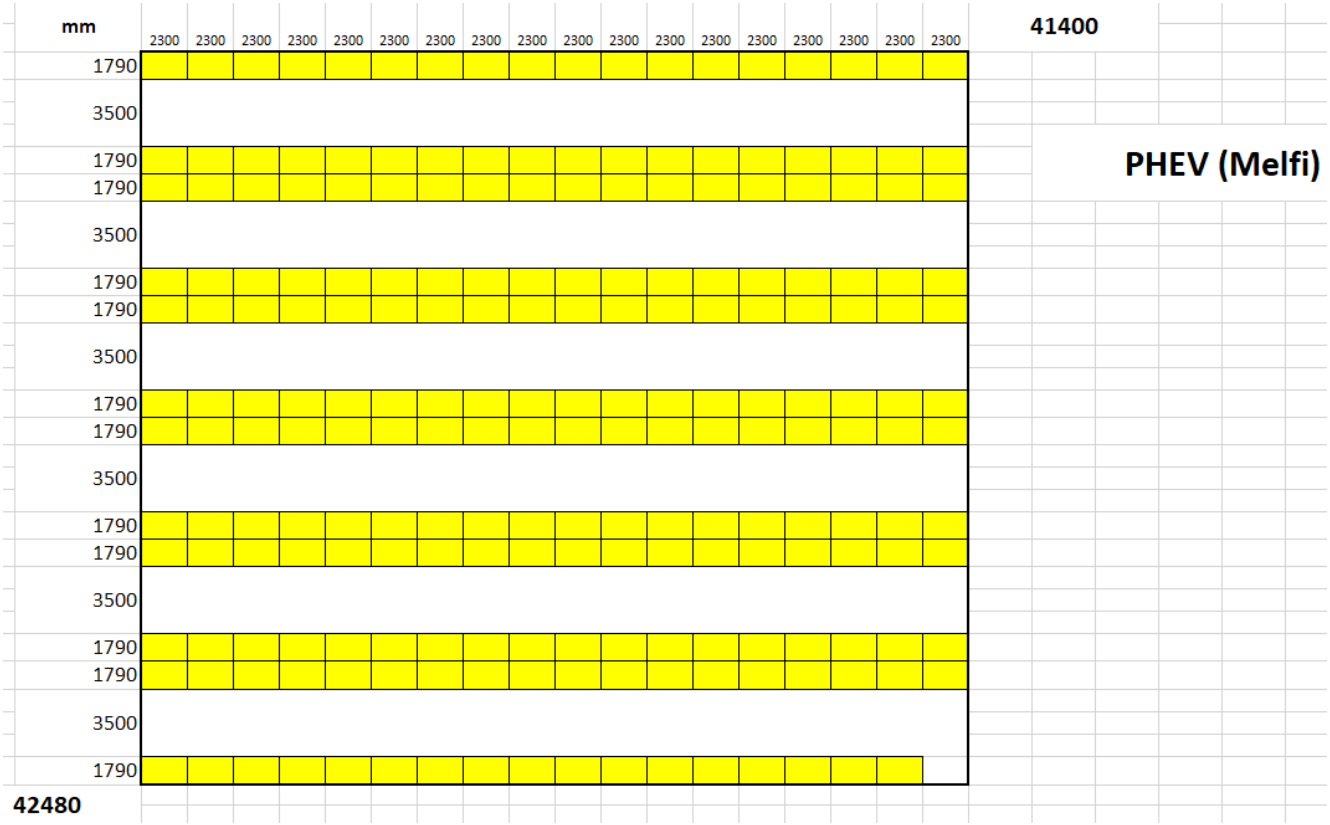


Figura 3. Pile di Batterie PHEV viste dall'alto

L'area Totale dei contenitori PHEV immagazzinati a Scaffalatura nel magazzino di M1 è

$$41400mm * 42480mm = 1758{,}722m^2 \approx 1760m^2$$

3.2.6. Dimensionamento magazzino Batterie MHEV (Scaffalalatura)

Con lo stoccaggio delle batterie MHEV si possono fare gli stessi calcoli che si sono fatti con lo stoccaggio delle batterie PHEV.

Si devono quindi costruire 60 scomparti porta pallet per 60 contenitori.

Impilando a 7:

$$\frac{60}{7} = 8{,}5714 \approx 9$$

Potendo impilare a 7, sono necessarie 9 pile.

anche per le batterie MHEV le dimensioni delle spalle, dei correnti e degli interspazi sono dimensioni standard. (*Fig. 3.14*):

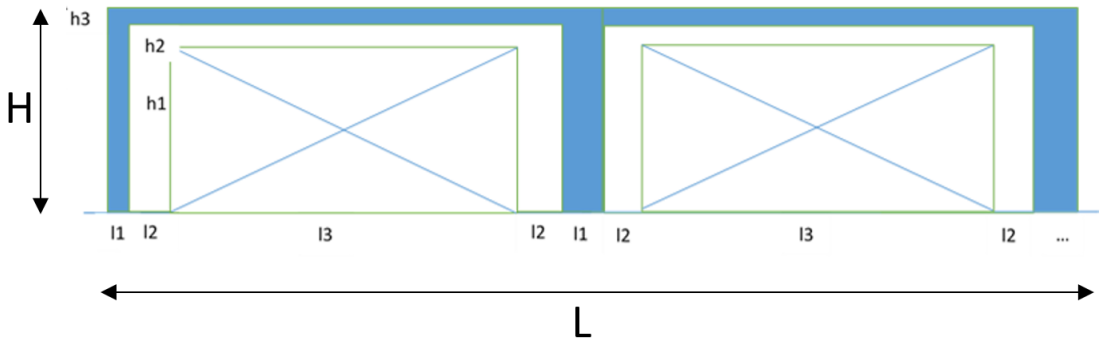


Figura 3.1: Scamparti contenenti Batterie MHEV visti frontalmente

La lunghezza della spalla è: l1= 100mm

La distanza tra la spalla ed il contenitore è: l2= 150mm

La lunghezza del contenitore di batterie MHEV è: l3= 1200mm

Quindi:

$$L = l1 * 2 + l2 * 4 + l3 * 2 = (100 * 2 + 150 * 4 + 1200 * 2)mm = 3200mm$$

Lo spessore del corrente è: h3= 100mm

La distanza tra il corrente ed il contenitore deve essere almeno: h2= 150mm

L'altezza del contenitore di batterie MHEV è: h1= 650mm

$$H = h1 + h2 + h3 = (650 + 150 + 100)mm = 900mm$$

Anche nella vista dall'alto i calcoli sono uguali a quelli fatti per le scaffalature delle batterie PHEV (*Fig. 3.15).*

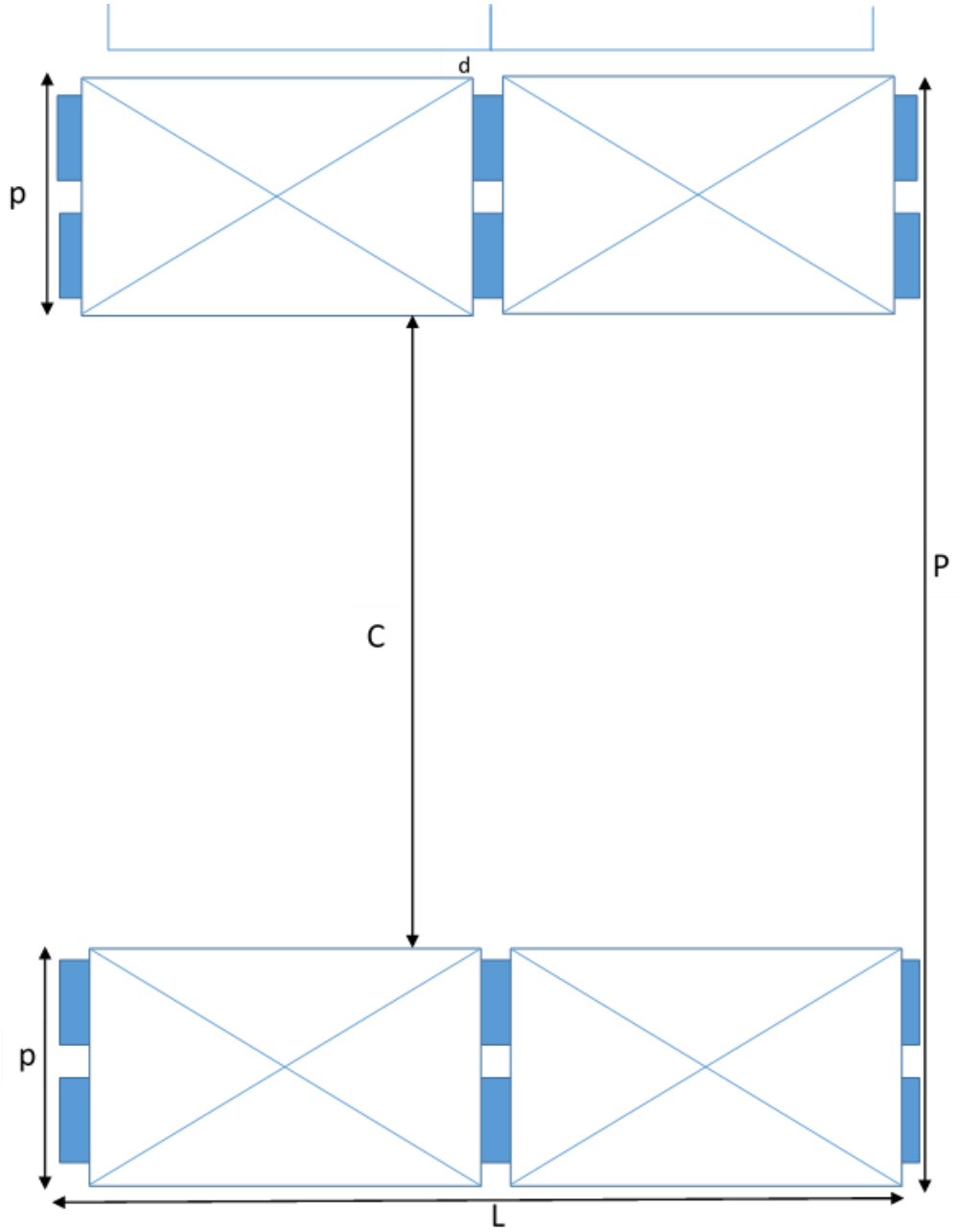


Figura 3.2: Scamparti contenenti Batterie MHEV visti dall'alto

p=1000mm C=3500mm d=100mm

$$P = (1000 + 3500 + 1000 + 100)mm = 5600mm$$

Quindi la superficie occupata dall'ingombro di 4 pile di scomparti è:

$$S = L * P = 3200\text{mm} * 5600\text{mm} = 17920000mm^2 = 17{,}92m^2$$

Ogni scomparto occupa:

$$\frac{17{,}92m^2}{28} = 0{,}64m^2 \approx 0{,}6m^2$$

Ogni pila occupa:

$$\frac{17{,}92m^2}{4} = 4{,}48m^2$$

9 pile occupano:

$$4{,}48m^2 * 9 = 40{,}32\ m^2$$

Per determinare l'area in maniera chiara è necessario, anche in questo caso, fare una simulazione del magazzino con Excel. Dispongo quindi 9 pile su un'unica fila come in *figura 3.16*.

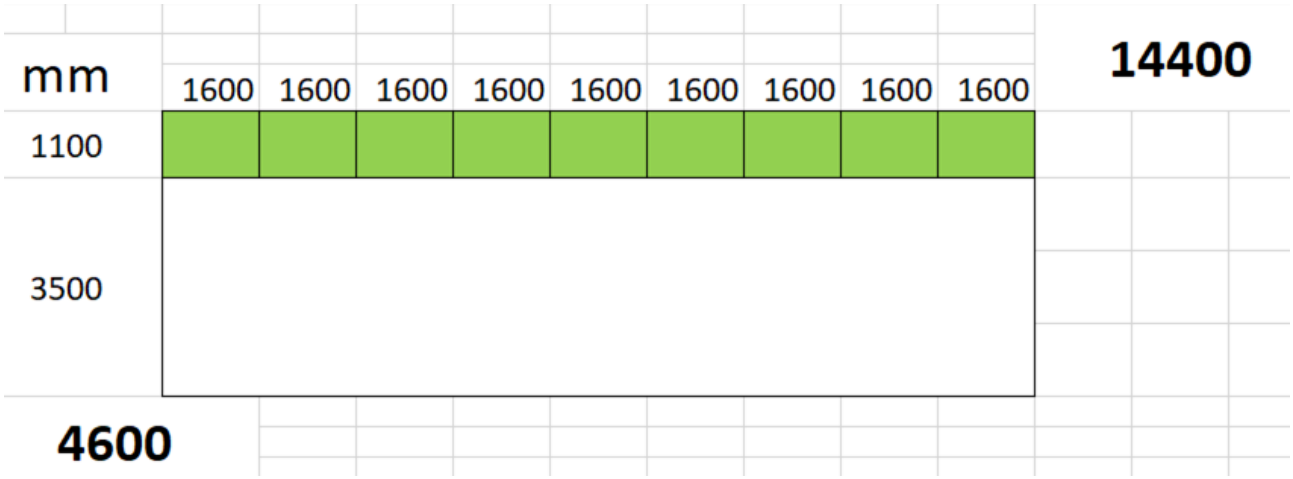


Figura 3.3: Area Stock delle batterie MHEV impilate a Scaffale

L'area Totale dei contenitori MHEV immagazzinati a Scaffalatura nel magazzino di M1 è

$$4600mm * 14400mm = 66{,}24m^2 \approx \mathbf{70m^2}$$

Anche in questo caso la differenza nei 2 risultati è dovuta all'aver disposto le pile su un'unica fila

3.2.7. Dimensionamento magazzino Batterie PHEV + MHEV (Scaffalatura)

Come per l'immagazzinamento a Terra, anche per l'immagazzinamento a Scaffale è necessario fare un unico grafico per le batterie PHEV e MHEV.
L'area franca di sicurezza è necessaria anche in questo caso (*Fig. 3.17*).

Figura 3.4: Area Stock del magazzino M1 con batterie messe a Scaffalatura

Guardando la *Figura 3.17* si possono calcolare Profondità e Lunghezza

$$P_{TOT} = C_e * 2 + c_i * 6 + p_{PHEV} * 12 + p_{MHEV} * 1 =$$

6000*2+3500*6+1790*12+1100*1= **55580mm**

$$L_S = C_e * 2 + l_{PHEV} * 21 = 6000*2+2300*18= \mathbf{53400mm}$$

La superficie totale diventa quindi:

$$L_S * P_{TOT} = 55580mm * 53400mm = 2967{,}972m^2 \approx \mathbf{3000m^2}$$

3.2.8. Calcolo dimensioni area ricevimento e area spedizione

I contenitori di batterie non possono essere immagazzinati appena arrivano, ma (per motivi legati alla sicurezza delle batterie) devono: essere scaricati in un'area ricevimento, essere controllati dal punti di vista quantitativo e qualitativo, essere etichettati e solo dopo possono essere immagazzinati. Anche prima di essere spedite le batterie devono messere spostate in un'area per essere etichettate nuovamente. Come già visto nel paragrafo 2.5.3 spedizione e ricevimento devono occupare aree separate.

Sono necessarie quindi 2 aree per controllo ed etichettatura dei pezzi: una dedicata alla spedizione ed una al ricevimento.

Come già visto sopra, la domanda delle batterie PHEV è di $\frac{300}{2} = 150$ contenitori al giorno, mentre quella delle batterie MHEV corrisponde a $\frac{360}{30} = 12$ contenitori al giorno.

Ogni mezzo di trasporto è in grado di movimentare un massimo di 40 contenitori PHEV o 48 contenitori MHEV; quindi in magazzino arriveranno:

$\frac{150}{40} = 3{,}75$ Camion che trasportano batterie PHEV

$\frac{12}{48} = 0{,}25$ Camion che trasportano batterie MHEV

Si può quindi supporre un flusso medio di 4 camion al giorno e, essendo che il magazzino è aperto più di 22 ore al giorno, ogni Camion ha circa 5 ore di tempo per essere scaricato e successivamente ricaricato.

È sufficiente allora pianificare una sola area ricevimento ed una sola area spedizione e dedicare le 2 arre alle batterie MHEV e PHEV indifferentemente. L'area sarà dimensionata solo per le batterie PHEV così da permettere lo scarico ed il prelievo anche delle batterie MHEV che invece hanno il contenitore più piccolo.

Anche in questo caso è necessario fare una simulazione grafica con Excel per poter calcolare le aree destinate al ricevimento ed alla spedizione.

L'area ricevimento e l'area spedizione vengono disposte perpendicolarmente ai corridoi, quindi la profondità dell'area di stoccaggio coincide con la profondità delle aree di ricevimento e spedizione.

Per minimizzare l'aere di ricevimento ci si pone l'obbiettivo di minimizzare la Lunghezza,

mantenendo invariata la Profondità.

Dispongo quindi le 40 batterie PHEV in 7 colonne e 6 file, lasciando 2 posti vuoti (*Fig. 3.18*)

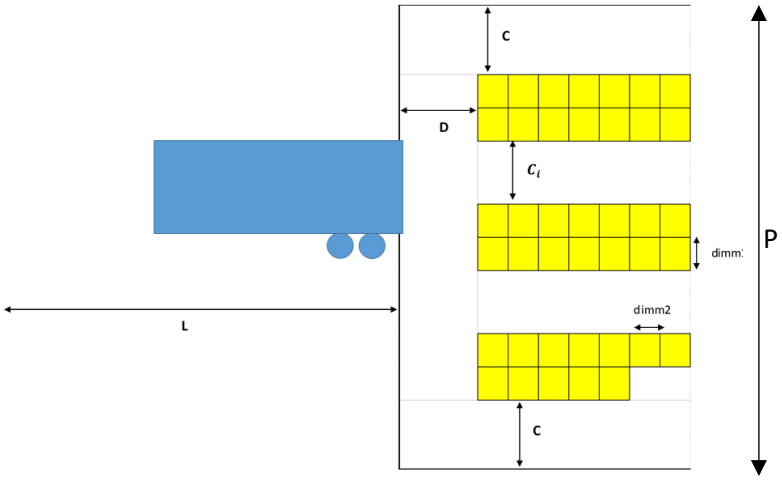


Figura 3.5: Area ricevimento/spedizione magazzino M1

$dimm_1$= 1900mm $dimm_2$= 1690mm $C_i = 3500mm$

D= 4500mm L_e = 20000mm C= 4000mm

Le dimensioni del contenitore e del corridoio sono già note.

La distanza tra lo scarico del Camion ed i pezzi deve essere almeno 4500mm per permettere le manovre al carrello. In questo caso si tratta del carrello elevatore a Razze o Sollevatore che si rende necessario per riuscire a prelevare le batterie dal Camion.

Il camion è lungo 13,6M, ma ha bisogno di uno spazio di almeno 20000mm per fare manovra.

I corridoi esterni sono 4000mm.

a questo punto la profondità diventa

$$P_R = (2 * C + 2 * C_i + 6 * dimm_1) = (2 * 4000 + 2 * 3500 + 6 * 1900)\text{mm} = 26400\ \text{mm}$$

Che è minore della profondità dell'area stock ($\frac{54280mm}{2}$ > 26400mm).

La lunghezza totale è:

$$L_R = L_e + D + 7 * dimm_2 = 20000 + 4500 + 7 * 1690mm = 36330mm$$

La superficie totale dell'area ricevimento è quindi:

$$A_R = L_R * P_R = (36330 * 26400)\ mm = 959{,}112m^2 \approx 960m^2$$

L'area di spedizione ha le stesse dimensioni dell'area di ricevimento, quindi:

$$A_S = L_S * P_S = L_R * P_R = (36330 * 26400)\ mm = 959{,}112m^2 \approx 960m^2$$

3.2.9. Calcolo dimensioni area quarantena

Data l'alta pericolosità delle batterie agli Ioni di Lito, è necessario dimensionare un'area dedicata alle batterie difettose o sospette difettose: l'area di quarantena.

L'area di quarantena deve essere obbligatoriamente circondata da pareti REI120, quindi bastano corridoi di 3500m di larghezza per far entrare i carrelli. È sufficiente dimensionare l'area per contenere 4 Pile di contenitori PHEV (*Fig: 3.19*):

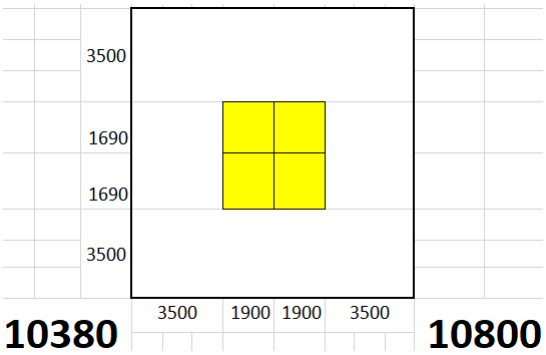


Figura 3.6: Area Quarantena magazzino M1

La superficie è:

$$S_Q = L_Q * P_Q = (10380mm * 10800mm) = 112{,}104m^2$$

L'area di quarantena può essere inserita nel magazzino senza modificarne le dimensioni, per esempio inserendola nello spazio per la manovra dei Camion o all'interno del magazzino di stoccaggio. L'area Totale sarà quindi calcolata a partire dalla *Figura3.19:*

3.2.10. Conclusioni sugli Spazi per il magazzino Batterie PHEV e MHEV

In conclusione gli spazi totali occupati dal magazzino M1 con i contenitori a Terra sono

$$L_{Terra} = L_r + L_s = (36330 + 51900\ )mm = 88230mm$$

$$P_{Terra} = 54280mm$$

Superficie Totale (*Fig. 3.20*):

$$S_{Terra} = L_{Terra} * P_{Terra} = 88230mm * 54280mm = 4789{,}1244m^2 \approx \mathbf{4800m^2}$$

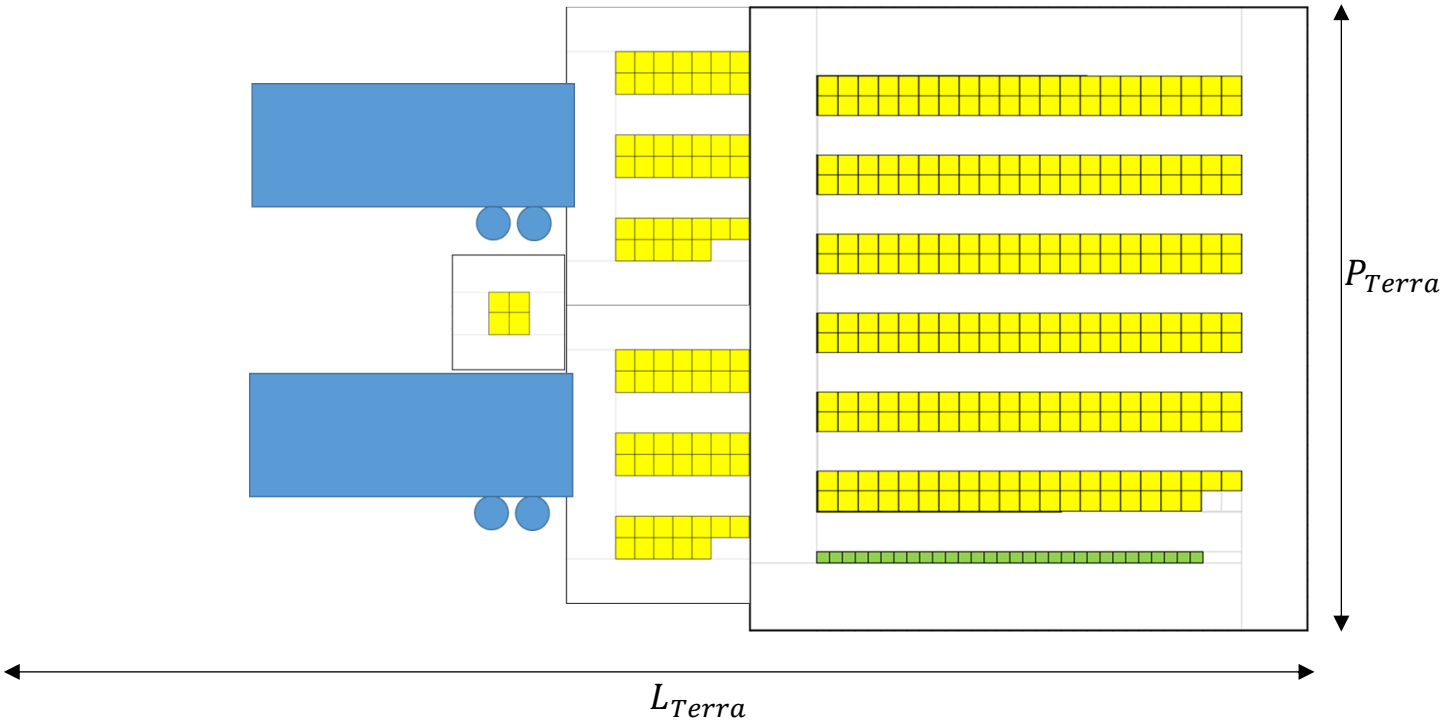


Figura 3.7: Magazzino M1 Completo (Terra)

Invece gli spazi totali occupati dal magazzino M1 con i contenitori a Scaffali sono

$$L_{Terra} = L_r + L_s = (36330 + 53400\ )mm = 89730mm$$

$$P_{Scaffali} = 55580mm$$

Superficie Totale (*Fig. 3.21*):

$$S_{Scaffali} = L_{Scaffali} * P_{Scaffali} = 89730mm * 55580mm = 4987{,}1934m^2 \approx \mathbf{5000m^2}$$

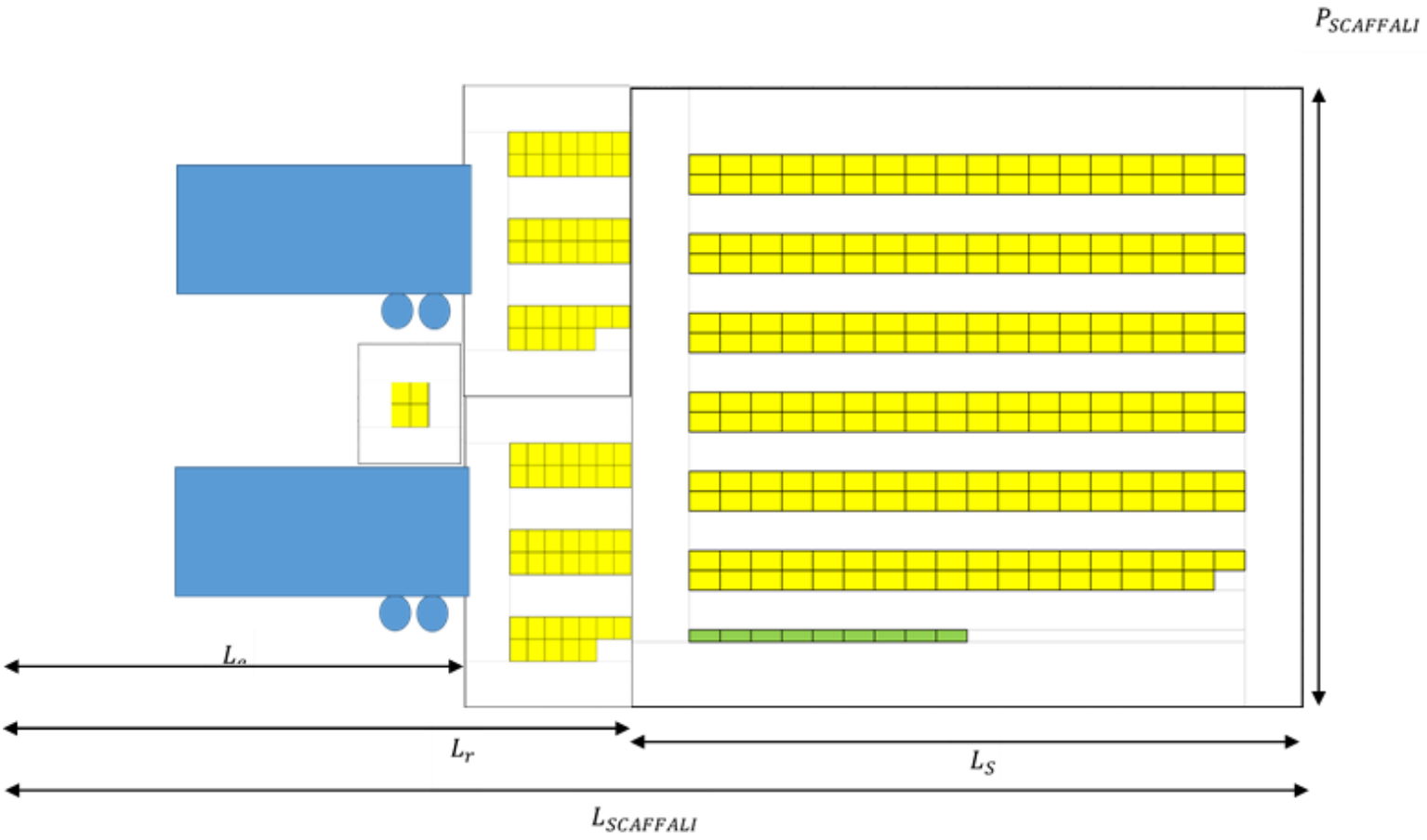


Figura 3.8: Magazzino M1 Completo (Scaffalatura)

Nella Tabella seguente vengono riassunti gli spazi occupati dalle Batteri MHEV e PHEV se messe a Terra o se messe su degli Scaffali.

	TERRA	*SCAFFALI*
PHEV	**1650**	1760
MHEV	160	**70**
INSIEME	**2900**	3000
INSIEME con ricevimento	**4800**	5000

Quindi Impilare le batterie a Terra nel magazzino M1 risulta occupare meno spazio.

3.3. Calcolo dei Costi per immagazzinare le batterie PHEV e MHEV

3.3.1. Calcolo tempi Ricevimento con batterie PHEV a Terra

Per effettuare il ricevimento (scarico del Camion ed immagazzinamento delle batterie) devono essere rispettare delle procedure legale alla sicurezza.
Le batterie devono essere depositate in un'area dedicata al controllo visivo del contenitore (la batterie non può essere rimossa) ed alla sua etichettatura, devono quindi essere controllate con la compilazione di un apposito documento che segnala i pezzi difettosi o sospetti difettosi ed infine devono essere etichettate ed immagazzinate. Nel caso di ritrovo di un pezzo difettoso, lo stabilimento di M1 deve ricevere una comunicazione immediata con foto del difetto annesso ed il pezzo deve essere spostato in area di quarantena.
Tutti i contenitori vengono movimentati tramite il carrello elettrico con l'operatore seduto sopra. Per motivi di visibilità del conducente il carrello movimenta un massimo di 2 contenitori alla volta. Le velocità dei carrelli elettrici potrebbero essere elevate, ma per sicurezza i carrelli devono viaggiare a passo d'uomo, cioè ad una velocità media di 1,39m/s.
Essendo che si devono misurare i tempi necessari al ricevimento, tutte le misure saranno convertite in minuti per metro (min/m), quindi

$$\frac{1{,}39m}{s} = \frac{0{,}012min}{m}$$

I tempi riguardanti lo scarico del camion possono essere riassunti nella tabella seguente:

DESCRIZIONE TEMPI SCARICO	**CALCOLO TEMPI (minuti)**
Avvicino carrello al camion	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie dal camion	0,150
Sposto batterie area controllo	0,352
Caricamento carrello	0,015

Deposito batterie	0,050
Inforco seconda batteria	0,050
Deposito seconda batteria	0,050
TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,517
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,459**

I tempi sono dovuti alla velocità del carrello, alla velocità delle forcole ed alla dimensione dell'area ricevimento. Il tempo necessario per spostare le batterie nell'area controllo è:
(Distanza in area ricevimento+ lunghezza del rimorchio del camion) * velocità carrello=

$$(16{,}33 + 13)\ m * \frac{0{,}012 min}{m} = \ 0{,}352 min$$

I tempi di "caricamento carrello" corrispondono al tempo di ricarica perso nell'operazione che si sta analizzando. Il carrello elettrico elevatore perde 0,044minuti di ricarica ogni minuto di utilizzo.
In questo caso è utilizzato per 0,352 minuti, quindi perde:

$$0{,}352 * \ 0{,}044 = 0{,}015\ minuti$$

Con un totale di 19,266 minuti il carrello svuota il camion e mette tutti i 40 contenitori nell'area Ricevimento.
Per il controllo e l'etichettatura invece ci si sposta a piedi e la velocità è leggermente inferiore rispetto a quella del carrello (0,015min/m).

DESCRIZIONE TEMPI Controllo	**CALCOLO TEMPI (minuti)**
Tempo percorso	0,881
Tempo controllo batterie (5sec/battery)	3,333
Tempo compilazione modulo conformità	1,500
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,143**

Il “tempo percorso” sta ad indicare il tempo necessario per camminare a fianco a tutte le batterie, Il calcolo è dipende dalla velocità della persona, dalla quantità di contenitori che scarica un camion e dalle loro dimensioni:

$$\frac{0{,}015min}{m} * ((1690 * 7) \ * 4 + 1900 * 6)m = \ 0{,}881\text{min}$$

DESCRIZIONE TEMPI Etichettatura	**CALCOLO TEMPI (minuti)**
Stampa etichetta	0,065
Tempo percorso	0,881
Controllo corrispondenza	0,150
Abbinamento etichetta-MDR	0,060
TEMPO TOTALE per 40 MDR	11,881
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,297**

Per l’immagazzinamento si deve riutilizzare il carrello che ha una velocità media minore rispetto al personale. Il tempo per spostare le batterie nell’area stoccaggio è calcolato considerando lo spazio medio percorso da parte del carrello, cioè due volte la diagonale dell’area stoccaggio:

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(2 * \sqrt{2 * 2900}\right)m = \ 1{,}828\text{min}$$

DESCRIZIONE TEMPI Immagazzinamento	**CALCOLO TEMPI (minuti)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,828
Caricamento carrello	0,080

Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,258
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**1,186**

I tempi totale per ricevimento, controllo, etichettatura ed immagazzinamento di un contenitore PHEV sono:

TEMPI Scarico	0,459
TEMPI Controllo	0,143
TEMPI Etichettatura	0,297
TEMPI Immagazzinamento	1,186
TOTALE Tempi Ricevimento	**2,084**

3.3.2. Calcolo tempi Spedizione con batterie PHEV a Terra

Per la spedizione delle batterie i conti sono simili all'immagazzinamento, ma in questo caso non è più necessario effettuare il controllo che viene effettuato all'entrata. Tutte le altre operazioni rimangono invariate.

Descrizione Attività (Prelievo)	Calcolo Tempi (Prelievo) (min.)
Avvicino carrello alle batterie	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area Spedizione	1,828
Caricamento carrello	0,080
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,108
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**1,107**

Descrizione Attività (Etichettatura)	Calcolo Tempi (Etichettatura) (min.)
Stampa etichetta	0,065
Tempo percorso	0,881
Controllo corrispondenza	0,150
Abbinamento etichetta-MDR	0,060
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,297**

Descrizione Attività (Caricamento Camion)	**Calcolo Tempi (Caricamento Camion) (min.)**
Inforco batteria	0,050
Deposito sopra seconda batteria	0,050
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Sposto batterie camion	0,352
Caricamento carrello	0,015
Alzo batterie	0,050
Deposito batterie nel camion	0,150
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,359**

Quindi i tempi totali per le spedizione delle batterie PHEV sono

TEMPI Prelievo	1,107
TEMPI Etichettatura	0,297
TEMPI Caricamento Camion	0,359
TOTALE Tempi Spedizione	**1,763**

3.3.3. Calcolo tempi Vuoti con batterie PHEV a Terra

Il magazzino in esame non ha solo l'obbiettivo di immagazzinare ed inviare allo stabilimento i contenitori con la batterie, ma serve anche ad immagazzinare e spedire al fornitore i contenitori vuoti che sono utilizzati per trasportare altre batterie.

Il contenitore (che è di proprietà di FCA) parte dal fornitore carico di batterie, arriva fino al magazzino M1 dove viene messo a stock, viene poi prelevato e spedito allo stabilimento.

Nello stabilimento le batterie vengono rimosse ed il contenitore viene spedito al magazzino; viene immagazzinato nuovamente e rispedito al fornitore (*Fig. 3.22*).

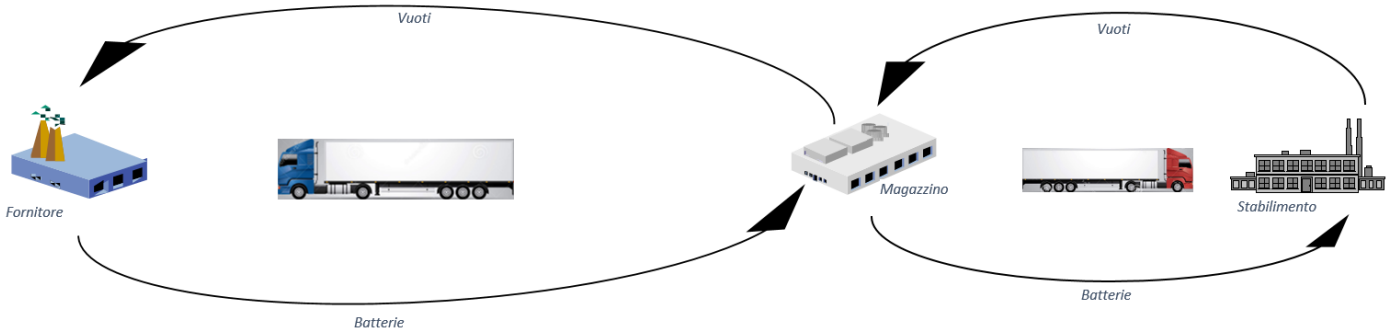


Figura 3.9: Viaggi dei contenitori delle batterie: Carichi dal fornitore allo stabilimento; Vuoti dallo stabilimento al fornitore

Quindi, come per i contenitori con le batterie, si devono calcolare i tempi di ricevimento e spedizione anche per i contenitori vuoti. In questo caso però non è necessario etichettare i contenitori, non è necessario effettuare alcun controllo di qualità ed i contenitori possono essere stoccati all'esterno del magazzino. I tempi sono quindi:

RICEVIMENTO

Descrizione Attività: Scarico Camion	**Calcolo Tempi (min.)**
Avvicino carrello al camion	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie dal camion	0,150
Sposto batterie area controllo	0,352
Caricamento carrello	0,015
Deposito batterie	0,050
Inforco seconda batteria	0,050
Deposito seconda batteria	0,050

TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,917
TEMPO TOTALE per 1 MDR batterie	**0,459**

Descrizione Attività: Immagazzinamento	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,828
Caricamento carrello	0,080
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,258
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,988**

SPEDIZIONE

Descrizione Attività: Prelievo	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,828
Caricamento carrello	0,080
Inforco secondo MDR	0,050

Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,108
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**1,107**

Descrizione Attività: Carico Camion	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batteria	0,050
Deposito sopra seconda batteria	0,050
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Tempo necessario andata e ritorno	0,352
Caricamento carrello	0,015
Alzo batterie	0,050
Deposito batterie nel camion	0,150
TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,717
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,359**

I tempi totali per ricevimento e spedizione di un contenitore vuoto per batterie PHEV sono:

TEMPI Scarico	0,459
TEMPI Immagazzinamento	0,988
TEMPI Prelievo	1,107
TEMPI Carico	0,359
TOTALE Tempi Vuoti	**2,913**

3.3.4. Calcolo tempi Totali con batterie PHEV a Terra

Per calcolare i tempi completi di utilizzo del magazzino, si deve tenere conto del fattore di risposo delle persone. Il fattore riposo comprende tutti i tipi di pause che l'operatore potrebbe fare nell'arco della giornata (pausa per un caffè, pausa per andare al bagno, momenti di distrazione generici…).

Il tempo totale necessario per la gestione delle batteria PHEV in una giornata per il magazzino M1 è riassunto nella seguente tabella:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	150,000	0,459	1,050	72,249
CONTROLLO	150,000	0,143	1,070	22,928
ETICHETTATURA	150,000	0,297	1,070	47,672
IMMAGAZZINAMENTO	150,000	1,186	1,050	186,726
TOTALE RICEVIMENTO				**329,574**
PRELIEVO	150,000	1,107	1,050	174,322
ETICHETTATURA	150,000	0,297	1,070	47,672
CARICAMENTO	150,000	0,359	1,050	56,499
TOTALE SPEDIZIONE				**278,493**
SCARICO	150,000	0,459	1,050	72,249
IMMAGAZZINAMENTO	150,000	0,988	1,050	155,605
PRELIEVO	150,000	1,107	1,050	174,322
CARICAMENTO	150,000	0,359	1,050	56,499
TOTALE VUOTI				**458,675**

3.3.5. Calcolo tempi con batterie MHEV

Come per le batterie PHEV anche per i contenitori delle batterie MHEV sono previste le attività di Ricevimento Spedizione e gestione dei Vuoti. Le uniche differenze nei tempi sono il numero di contenitori da gestire e la superficie che deve percorrere l'operatore durante il controllo e l'etichettatura.

I contenitori da gestire ogni giorno sono 12 anziché 150 e lo spazio da percorrere da parte dell'operatore diventa:

$$((1000 * 12) * 4 + 1200 * 2)mm = 50400mm$$

Tutti gli altri risultati restano invariati, quindi:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	12,000	0,448	1,050	5,648
CONTROLLO	12,000	0,133	1,070	1,713
ETICHETTATURA	12,000	0,288	1,070	3,693
IMMAGAZZINAMENTO	12,000	1,186	1,050	14,938
TOTALE RICEVIMENTO				**25,993**
PRELIEVO	12,000	0,855	1,050	41,030
ETICHETTATURA	12,000	0,293	1,070	14,057
CARICAMENTO	12,000	0,390	1,050	18,743
TOTALE SPEDIZIONE				**73,830**
SCARICO	12,000	0,448	1,050	5,648
IMMAGAZZINAMENTO	12,000	0,934	1,050	11,763
PRELIEVO	12,000	0,855	1,050	10,770
CARICAMENTO	12,000	0,390	1,050	4,920
TOTALE VUOTI				**33,102**

3.3.6. Tempi totali e risorse necessarie

Per calcolare i tempi totali per la gestione di batterie nel magazzino M1, basta sommare i tempi che necessitano le batterie PHEV e sommare i tempi che necessitano le batterie MHEV.

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	**TEMPI PHEV**	**TEMPI MHEV**	**TEMPI TOTALI**
RICEVIMENTO	329,574	25,993	**355,567**
SPEDIZIONE	278,493	73,830	**352,323**
GESTIONE VUOTI	458,675	33,102	**491,777**
TOTALE	1066,742	132,925	**1199,667**

1199,667 minuti corrispondo a $\frac{1199,667}{60} =$***20 ore***; Il magazzino rimane aperto 22,5 ore al giorno su 3 turni quindi ogni carrello "lavora" un massimo di 22,5 ore ed ogni persona lavora 7,5 ore.
Dato che sono necessarie 2 tipologie di carrello, allora saranno necessari:

3 RISORSE UMANE	**2 CARRELLI**

3.3.7. Calcolo tempi con batterie PHEV e MHEV a Scaffalatura

L'unica differenza che influenza in maniera rilevante i tempi della gestione delle batterie in un magazzino a Terra o un magazzino a Scaffalatura è la dimensione del magazzino.
Le aree di ricevimento e di spedizione hanno le stesse dimensioni sia nel caso delle batterie PHEV che nel caso delle batterie MHEV e le tipologie di carrelli che vengono utilizzati sono le stesse.
Di conseguenza Scarico del Camion, Carico del Camion, Controllo ed Etichettatura hanno gli stessi tempi sia che le batterie siano impilate a terra sia che vengano usate scaffalature.
Tempi di immagazzinamento per le batterie PHEV:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	**CALCOLO TEMPI (min.)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,859
Caricamento carrello	0,082
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,291
Tempo ogni 1 batteria	**1,203**

Il tempo necessario a movimentare le batterie nell'area stoccaggio sono calcolati come il prodotto tra la velocità del carrello e la distanza media percorsa (il doppio della diagonale dell'area stoccaggio):

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(2 * \sqrt{2 * 3000}m\right) = \ 1{,}859min$$

Tempi di prelievo per le batterie MHEV

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	CALCOLO TEMPI (min.)
Avvicino carrello alle batterie	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area spedizione	1,859
Caricamento carrello	0,082
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,141
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**1,124**

La movimentazione dei contenitori vuoti ha gli stessi tempi, quindi:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	150,000	0,459	1,050	21,806
CONTROLLO	150,000	0,138	1,070	46,965
ETICHETTATURA	150,000	0,293	1,070	193,031
IMMAGAZZINAMENTO	150,000	1,203	1,050	189,423
TOTALE RICEVIMENTO		**2,092**		**451,225**
PRELIEVO	150,000	1,124	1,050	177,020
ETICHETTATURA	150,000	0,293	1,070	46,965
CARICAMENTO	150,000	0,359	1,050	56,499
TOTALE SPEDIZIONE		**1,775**		**280,484**
SCARICO	150,000	0,459	1,050	72,249
IMMAGAZZINAMENTO	150,000	1,203	1,050	189,423
TOTALE		**1,661**		**261,672**

PRELIEVO	150,000	1,124	1,050	177,020
CARICAMENTO	150,000	0,359	1,050	56,499
TOTALE VUOTI		**1,483**		**233,519**

3.3.8. Conclusione Tempi

Le batterie a Scaffalatura seguono le stesse regole dell'impilamento a Terra, quindi il totale dei tempi è:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	**TEMPI PHEV**	**TEMPI MHEV**	**TEMPI TOTALI**
RICEVIMENTO	451,225	26,208	**477,433**
SPEDIZIONE	280,484	19,451	**299,934**
GESTIONE VUOTI	495,191	33,102	**528,292**
TOTALE	1226,899	78,761	**1305,660**

1305,660 minuti corrispondo a $\frac{1305,660}{60} =$ ***22 ore***; Il magazzino rimane aperto 21 ore al giorno su 3 turni quindi ogni carrello "lavora" un massimo di 21 ore ed ogni persona lavora 7,5 ore.
Dato che sono necessarie 2 tipologie di carrello, allora saranno necessari:

3 RISORSE UMANE	**2 CARRELLI**

Dalle analisi risulta che le risorse necessarie sono uguali sia se si impila a Terra che se si impila a Scaffali, ma i tempi dedicati alla gestione dei contenitori sono minori se i contenitori sono impilati a Terra.

Descrizione	***TERRA***	***SCAFFALI***
AREA INTERNA	2900	3000
AREA TOTALE	**4800**	**4900**
ORE DI LAVORO	**19.983**	**21.761**
RISORSE UMANE	3	3
CARRELLI	2	2

3.3.9. Costificazione e Conclusioni Magazzino Batterie PHEV e MHEV

I costi per le gestione del magazzino dipendono dalla superficie, dai tempi necessari per la gestione dei contenitori e dalla superficie del magazzino stesso e dalle normative di sicurezza e possono essere divisi in costi di investimento e costi di mantenimento.
I costi di mantenimento sono:

- L'affitto del magazzino costa 6,5€ al mese a metro quadrato di superficie incluso dei servizi di base di acqua ed elettricità;
- Le risorse umane costano 42000€ lordi a persona all'anno;
- L'affitto del carrello è di 850€ al mese.

I costi di investimento sono legati alle normative di sicurezza ed alla costruzione degli scomparti degli scaffali.
Un semplice estintore non è sufficiente a fermare un incendio in un magazzino di batterie agli Ioni di Litio, quindi si è tenuti ad installare sul soffitto gli estintori a sprinkler. I costi legali alla sicurezza sono calcolati come costi di investimento con un ammortamento di 3 anni:

- Il costo degli ugelli è di 6€ a pezzo ed è necessario 1 ugello ogni 10 metri quadrati per i magazzino a terra e 2 ugelli ogni 10 metri quadrati per i magazzino a scaffale;
- Il costo delle tubature per portare acqua agli ugelli è invece di 150€ al metro quadrato; per i magazzini a scaffalatura è necessaria il doppio della tubatura.

Anche il costo della costruzione della Scaffalatura che può essere sempre ammortizzato in 3 anni:

- Uno scomparto costa 131,25€ ed è in grado di contenere solo un contenitore

Per semplificare i calcoli si riassumono i costi nella seguente tabella convertendoli tutti in costi annuali:

DESCRIZIONE COSTO	COSTO ANNUALE	UNITÀ DI MISURA
Scomparto Scaffale	43,75	€/Pallet
Risorse	42000	€/Persona
Carrelli	10200	€/Carrello
Affitto aree	78	$€/M^2$
Sprinkler	0,2	$€/M^2$
Pipes (tubi)	50	$€/M^2$

I costi dovuti all'affitto del magazzino sono quindi:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Area Stock	2900,00	3000,00
Area Totale	4800,00	5000,00
Costi affitto/m^2	78,00	78,00
Costi affitto area	**374.400,00 €**	**390.000,00 €**

I costi delle risorse umane sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Risorse	3	3

Costi/risorsa	42000,00	42000,00
Costi risorse	**126.000,00 €**	**126.000,00 €**

I costi per l'affitto del carrello sono:

DESCRIZIONE	**TERRA**	**SCAFFALE**
Carrelli	2	2
Costi/carrello	10200,00	10200,00
Costi carrelli	**20.400,00 €**	**20.400,00 €**

I costi richiesti dalla costruzione degli scomparti sono:

DESCRIZIONE	**TERRA**	**SCAFFALE**
Costi/pallet	131,25	131,25
INV	0,00 €	168.525,00 €
Amm.	**0,00 €**	**56.175,00 €**

I costi derivanti dalla costruzione degli Ugelli (Sprinkler) sono:

DESCRIZIONE	**TERRA**	**SCAFFALE**
Sprinkler (ugello)	6,00	6,00
N° Sprinker (Ugelli)	290,00	600,00
INV	1.740,00 €	3.600,00 €
Amm.	**580,00 €**	**1.200,00 €**

I costi richiesti dalla costruzione delle tubature sono:

DESCRIZIONE	**TERRA**	**SCAFFALE**
TUBI	150,00	150,00
Metri Tubi	2900,00	6000,00
INV	435.000,00 €	900.000,00 €
Amm.	**145.000,00 €**	**300.000,00 €**

Il totale dei costi è dato dalla somma dei costi di ammortamento dell'investimento e di mantenimento:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Costi affitto area	374.400,00 €	390.000,00 €
Costi risorse	126.000,00 €	126.000,00 €
Costi carrelli	20.400,00 €	20.400,00 €
Costi/pallet	0,00 €	56.175,00 €
Costi Sprinkler (ugello)	580,00 €	1.200,00 €
Costi Pipes (Tubi)	145.000,00 €	300.000,00 €
Costi TOTALI	**661.362,03 €**	**880.461,51 €**

Il magazzino M1 costa 660mila euro l'anno se le batterie sono impilate a Terra, mentre costa 880mila euro l'anno se le batterie sono impilate a scaffalatura. Impilare a terra è la soluzione più economica.

3.4 Calcolo dei Costi per immagazzinare le batterie BEV

3.4.1 Dimensionamento magazzino Batterie BEV (Terra)

L'analisi SWOT fatta per l'immagazzinameto delle batterie PHEV e MHEV porta agli stessi risultati per le batterie BEV. La pericolosità e l'ingombro delle batterie rende non conveniente l'utilizzo di altri tipi di stoccaggio su tutte le tipologie di batteria agli Ioni di Litio. Anche nel caso delle batterie BEV, quindi, impilare a Terra o a Scaffalatura rappresenta la migliore soluzione.

I contenitori delle batterie BEV hanno dimensioni di 1690mm*1350mm come superficie e 600mm in altezza.

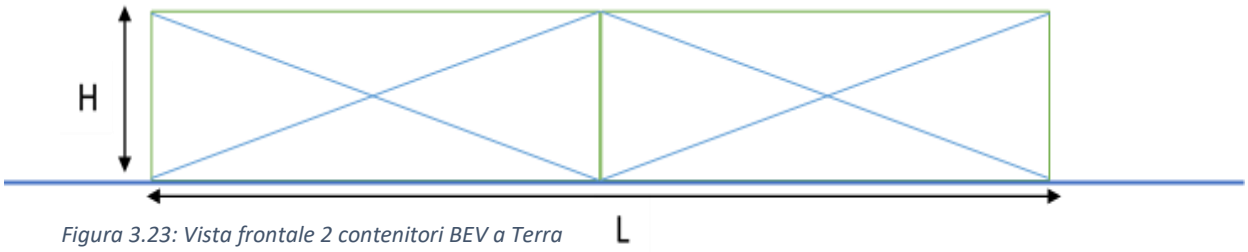


Figura 3.23: Vista frontale 2 contenitori BEV a Terra

L'ingombro di una batteria impilata a terra è:

$$L = 2 * 1690mm = 3380mm \qquad H = 600mm$$

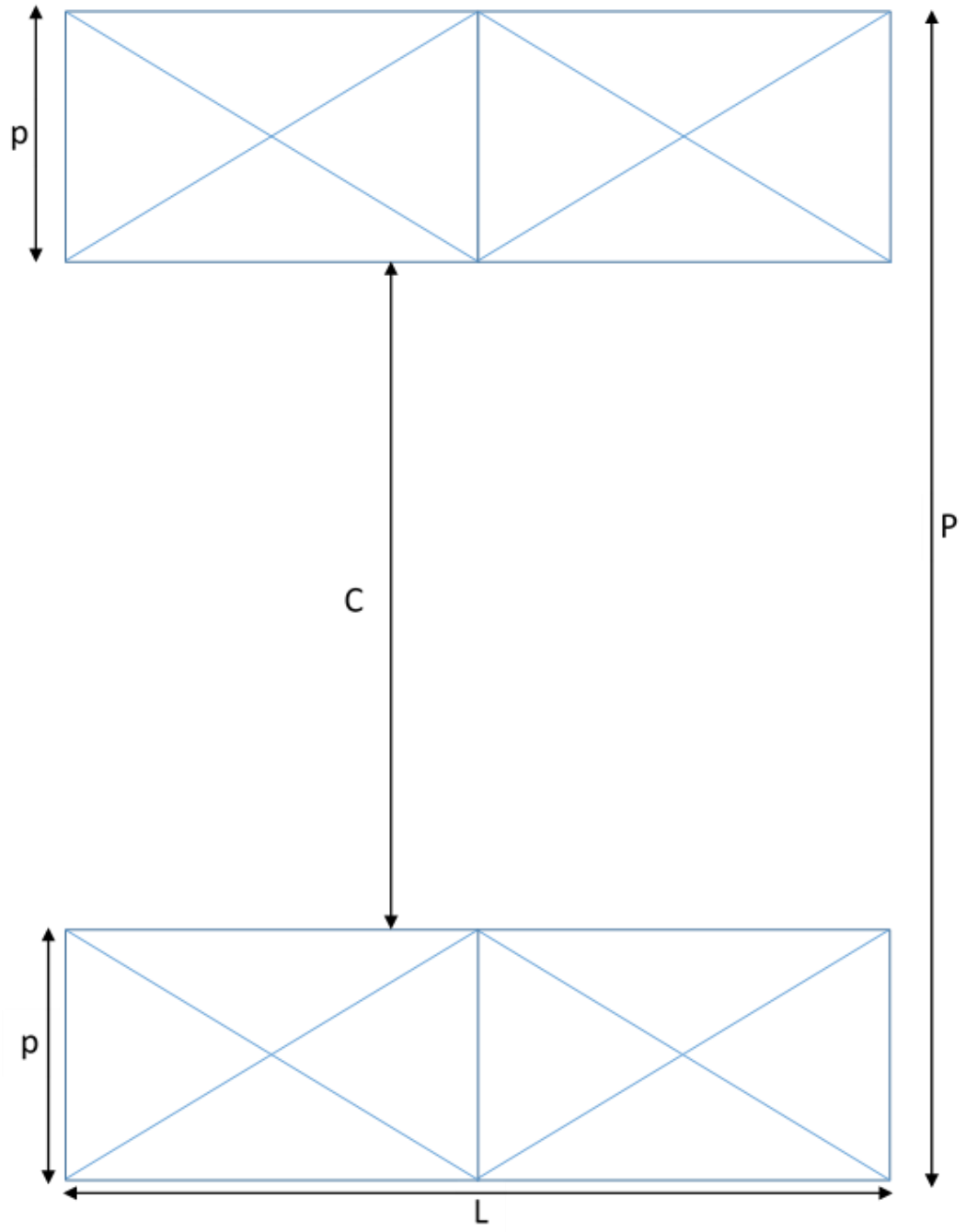


Figura 3.24: Vista dall'alto di 4 pile di contenitori BEV

Come nel magazzino M1 i carrelli utilizzati sono gli elevatori frontali, quindi la larghezza del corridoio deve essere almeno 3,5metri:

$$p = 1350mm \qquad C = 3500mm$$

$$P = (1350+3500+1350)\ \text{mm} = 6200\text{mm}$$

Dove P sta ad indicare la profondità di 2 contenitori (*Fig. 3.12*).

Moltiplicando la lunghezza per la profondità si ottiene:

$$L * P = 3380mm * 6200mm = 20{,}956m^2$$

Dato che i contenitori BEV possono essere impilati a 5, quattro pile immagazzinano 20 contenitori.
La superficie occupata da un singolo contenitore è:

$$\frac{20{,}956m^2}{20} = 1{,}0478m^2$$

La domanda dello stabilimento di M2 è di 300 batterie al giorno, ogni contenitore è in grado di trasportare una sola batteria BEV e nel magazzino sono richiesto 10 giorni scorta, quindi bisogna immagazzinare 3000 contenitori.
Quindi la superficie totale dovrebbe essere

$$1{,}0478m^2 * 3000 = 3143{,}4m$$

Con la possibilità di impilare a 5, le pile di contenitori necessarie sono:

$$\frac{3000}{5} = 600$$

Dispongo le pile su 43 colonne e 14 righe (43*14=602) lasciando 2 posti liberi

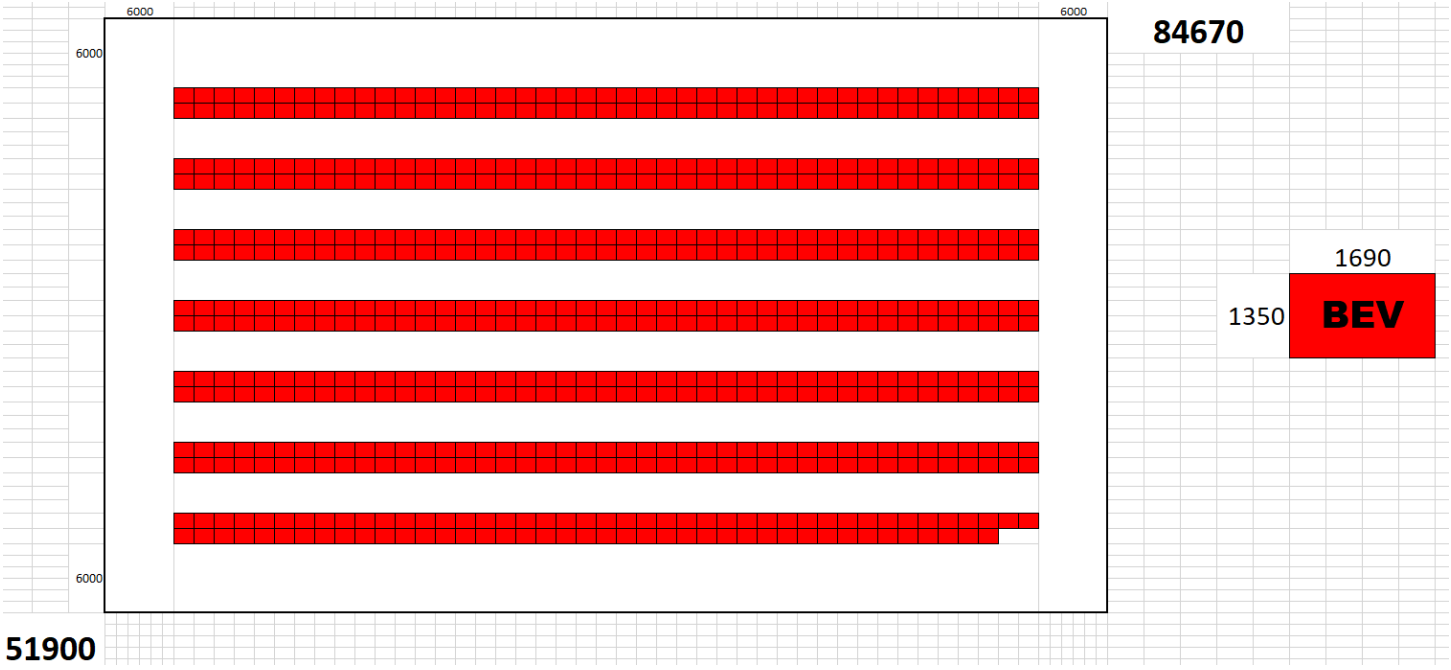


Figura 3.25: Area Stock del magazzino M2 con batterie messe a terra

Come per il magazzino M1 sono necessari 6 metri di corridoio per isolare gli eventuali incendi delle batterie, quindi l'area totale è:

$$A_{stocc.} = P_{tot} * L_{stocc.} = (84670 * 51900)mm^2 = 4394{,}375m^2$$
$$\approx \mathbf{4400}\boldsymbol{m^2}$$

3.4.2 Dimensionamento magazzino Batterie BEV (Scaffalatura)

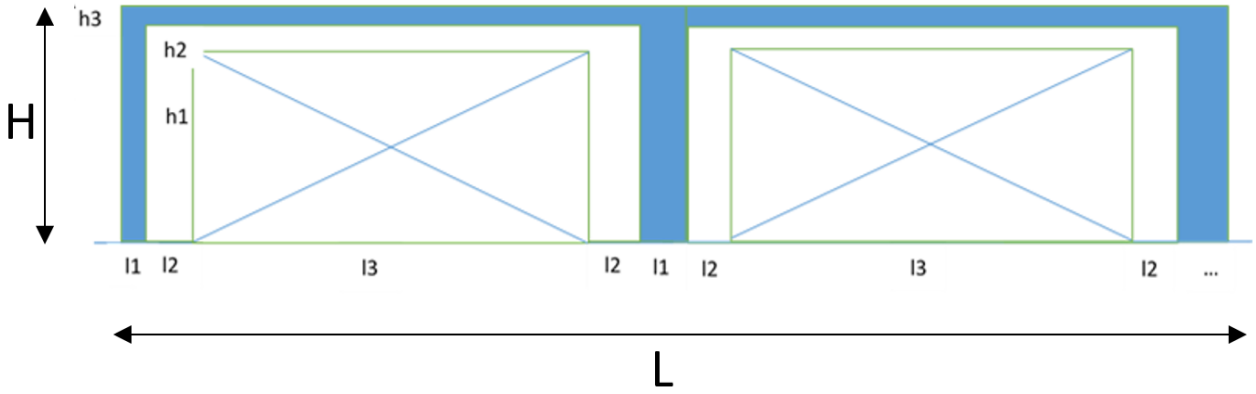


Figura 3.26: Fronte di 2 scomparti che immagazzinano contenitori BEV

Anche nel caso di contenitori BEV all'interno di ciascun scomparto si riesce ad inserire solo un contenitore e le misure dello spessore della spalla, dello spessore del corrente e degli interspazi tra i contenitori e la spalla non cambiano.

l1= 100mm l2= 150mm l3= 1690mm

$$L = l1 * 2 + l2 * 4 + l3 * 2 = (100 * 2 + 150 * 4 + 1690 * 2)mm = 4180mm$$

h1= 600mm h2= 150mm h3= 100mm

$$H = h1 + h2 + h3 = (600 + 150 + 100)mm = 850mm$$

Come per il magazzino M1 nella vista dall'alto basta aggiungere un piccolo interspazio tra i scomparti adiacenti per modificare l'ingombro di un contenitore impilato a scaffalatura rispetto ad uno impilato a terra. Infatti il contenitore deve sporgere leggermente dalla scaffalatura (F*ig. 3.27)*

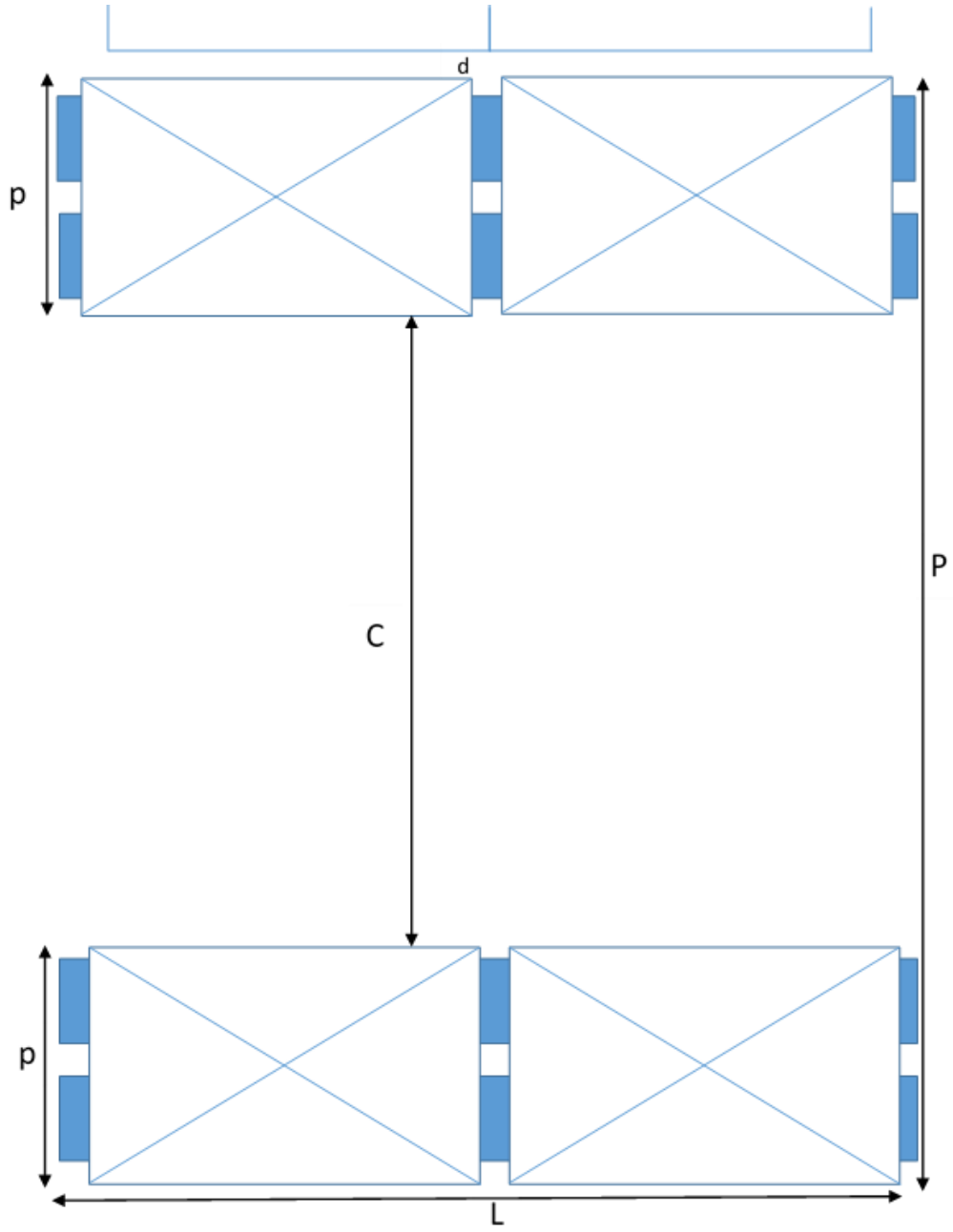


Figura 3.27: Vista dall'alto pile BEV Impilate a Scaffale

p=1350mm C=3500mm d=100mm

$$P = (1350 + 3500 + 1350 + 100)mm = 6300mm$$

Quindi la superficie occupata dall'ingombro di 4 pile di scomparti è:

$$L * P = \ 4180mm * 6300mm = 26{,}334m^2$$

Le scaffalature permettono di costruire 6 scomparti e di impilare a 7, quindi ogni contenitore ha un ingombro di:

$$\frac{26{,}334m^2}{28} = 0{,}9405m^2$$

La superficie totale dovrebbe essere:

$$0{,}9405m^2 * 3000 = \ 2821{,}5m^2$$

Potendo impilare a 7, il numero di pile necessario è:

$$\frac{3000}{7} \approx \ 429$$

Per ottimizzare gli spazi si dispongono le pile in 27 file e 16 colonne (27*16=432), avanzando 2 posti vuoti.

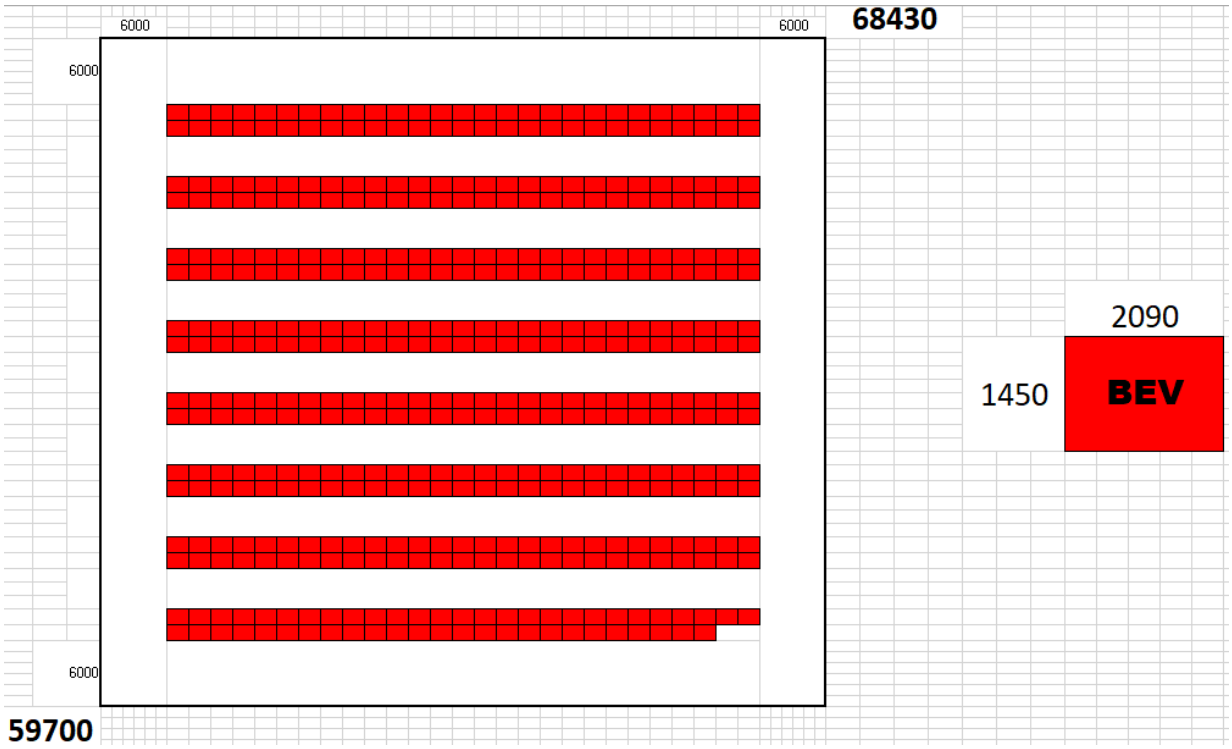


Figura 3.28: Area Stock del magazzino M2 con batterie messe a Scaffalatura

Con i 6 metri di corridoio necessari per isolare gli eventuali incendi delle batterie, l'area totale diventa:

$$A_{stocc.} = \ P_{tot} * L_{stocc.} = (68430 * 59700)mm^2 = 4085{,}271m^2 \approx$$

$$\mathbf{4100}\boldsymbol{m^2}$$

3.4.3 Calcolo dimensioni aree ricevimento, spedizione e quarantena

Come nel magazzino M1 anche in questo caso è necessario pianificare aree ricevimento e spedizione separate. La domanda di batterie è di 300 contenitori al giorno ed ogni camion trasporta un massimo di 50 contenitori, quindi:

$$\frac{300}{50} = 6$$

Il magazzino M2 riceve 6 camion di batterie BEV ogni giorno e, rimanendo aperto per oltre 22 ore, ha circa 3-4 ore per scaricare il camion. È sufficiente quindi pianificare una sola area di ricevimento ed una sola area di spedizione.

Anche in questo caso è necessario fare una simulazione grafica con Excel per poter calcolare la superficie delle aree destinate al ricevimento ed alla spedizione.

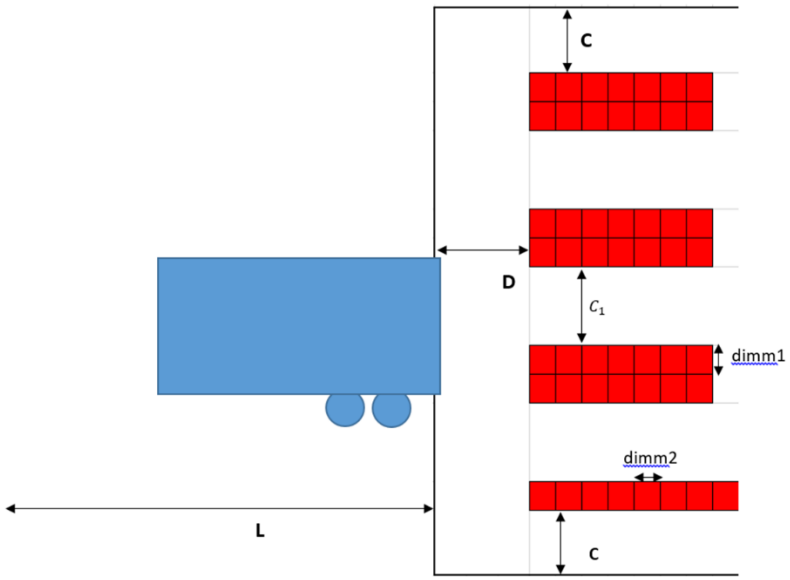


Figura 3.29: Area Ricevimento/ Spedizione Batterie BEV

Conviene allora distribuire le 50 batterie BEV in 8 colonne e 7 file, lasciando 6 posti vuoti (*Fig. 3.29*)

Le dimensioni degli spazi sono le stesse del magazzino M1, quindi:

$dimm_1$= 1350mm $dimm_2$= 1690mm $C_i = 3500mm$

D= 4500mm L_e = 20000mm C= 3000mm

$$P_R = (2 * C + 2 * C_i + 7 * dimm_1) = (2 * 3000 + 2 * 3500 + 7 * 1350)\text{mm} = 25950\ \text{mm}$$

$$L_R = L_e + D + 7 * dimm_2 = 20000 + 4500 + 8 * 1690mm = 38020mm$$

Le aree totali di ricevimento e spedizione sono:

$$A_R = A_S = L_S * P_S = L_R * P_R = 38020mm * 25950\text{mm} = 986{,}619m^2 \approx 1000m^2$$

Anche l'area quarantena ha gli stessi spazi del magazzino M1 e deve poter stoccare quattro pile di contenitori messi a terra (*Fig. 3.30*).

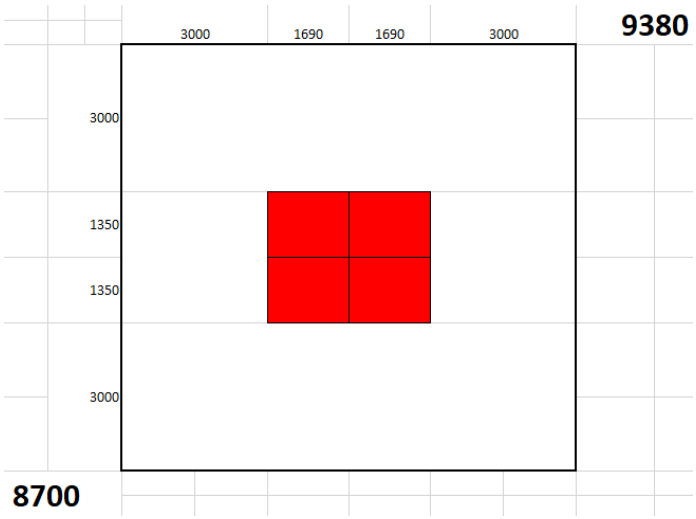


Figura 3.30: Aerea Quarantena batterie BEV

$$A_q = (9380 * 8700)\ mm^2 = 81{,}606m^2 \approx 80m^2$$

3.4.4 Conclusioni sugli Spazi per il magazzino Batterie BEV

In conclusione gli spazi totali occupati dal magazzino M2 con i contenitori a Terra sono

$$L_{Terra} = L_r + L_{stocc.} = (38020 + 84670)mm = 88230mm$$

$$P_{Terra} = 51900mm$$

Superficie Totale (*Fig. 3.31*):

$$S_{Terra} = L_{Terra} * P_{Terra} = 122690mm * 51900mm = 6367{,}611m^2$$
$$\approx \mathbf{6400m^2}$$

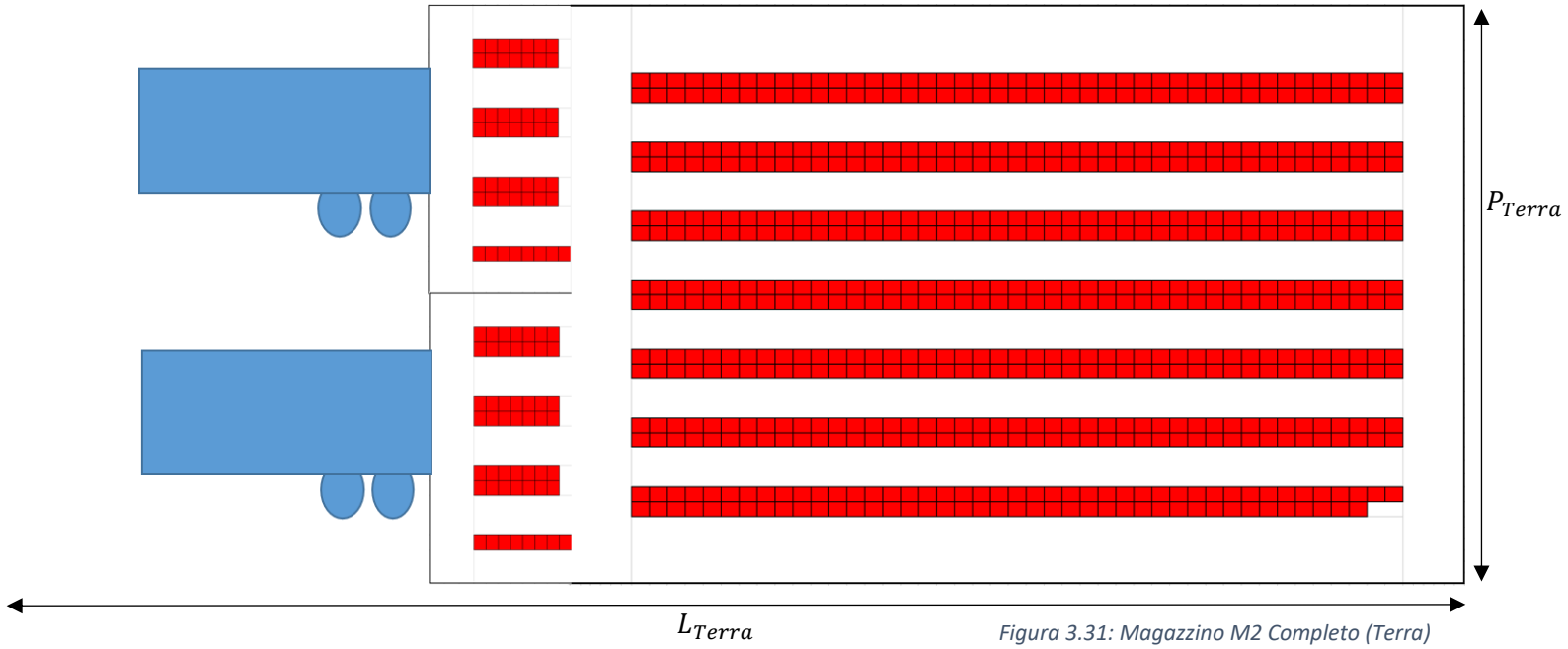


Figura 3.31: Magazzino M2 Completo (Terra)

Invece gli spazi totali occupati dal magazzino M2 con i contenitori a Scaffalatura sono

$$L_{Scaffalatura} = L_r + L_{stocc} = (38020 + 68430\ )mm = 106450mm$$

$$P_{Scaffali} = 59700mm$$

Superficie Totale (*Fig. 3.32*):

$$S_{Scaffali} = L_{Scaffali} * P_{Scaffali} = 106450mm * 59700mm = 6355{,}65m^2 \approx \mathbf{6350m^2}$$

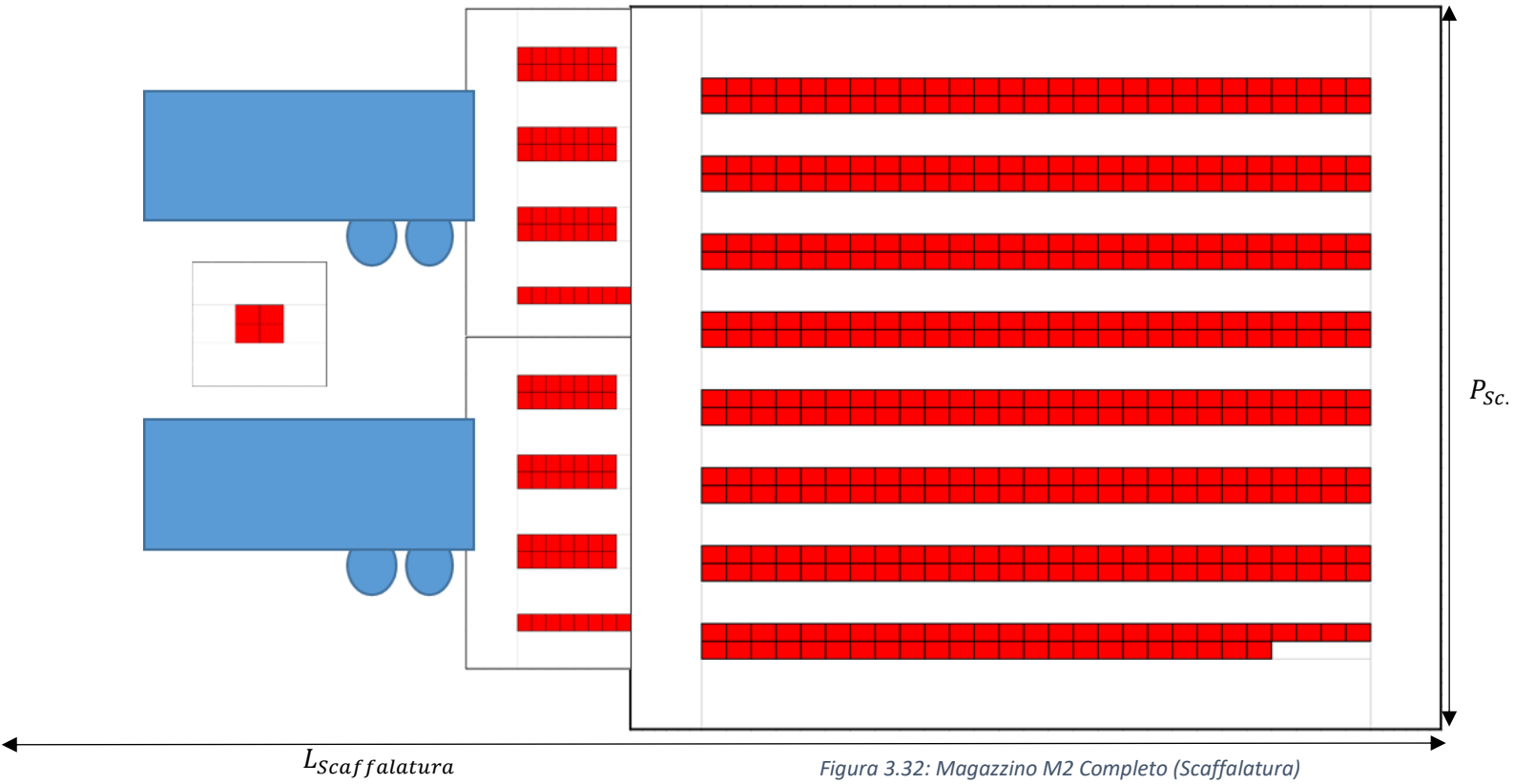


Figura 3.32: Magazzino M2 Completo (Scaffalatura)

	TERRA	***SCAFFALI***
BEV	4400	**4100**
BEV con ricevimento	6400	**6350**

In questo caso è il magazzino a Scaffalatura ad occupare meno spazio

3.4.5 Calcolo tempi Ricevimento e Spedizione con batterie BEV a Terra

Le procedure necessarie per il ricevimento e per la spedizione delle batterie BEV nel magazzino M2 sono le stesse delle batterie PHEV e MHEV del magazzino M1:
Scarico del camion, Controllo visivo delle batterie, Etichettature e immagazzinamento per l'area ricevimento; Prelievo dal magazzino, Etichettatura e Carico del camion per l'area spedizione.
Dato che i carrelli utilizzati sono gli stessi, rispetto alla gestione delle batterie PHEV e MHEV gli unici tempi che cambiano sono i tempi che vengono dedicati ai percorsi all'interno del magazzino; i tempi dedicati al trasporto dei contenitori tra le aree ricevimento o spedizione ed il magazzino equivalgono a:

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(\sqrt{2 * 4085{,}271}\right) * 2 = 2{,}169min$$

i tempi dedicati al trasporto dei contenitori tra le aree ricevimento o spedizione ed il camion equivalgono a:

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(\frac{1690 * 8 + 4500 + 13000}{1000}\right) m = 0{,}372min$$

i tempi necessari ad effettuare il percorso di controllo ed etichettatura delle risorse umane equivalgono a:

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left((1690 * 8) * 5 + 1350 * 7\right) = 1{,}156\text{min}$$

Tutti i tempi sono indicati nelle tabelle riportate sotto (i tempi indicati riguardano la movimentazione delle batterie impilate a Terra).

Ricevimento:

DESCRIZIONE TEMPI SCARICO	CALCOLO TEMPI (minuti)
Avvicino carrello al camion	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie dal camion	0,150
Sposto batterie area controllo	0,372
Caricamento carrello	0,016
Deposito batterie	0,050
Inforco seconda batteria	0,050
Deposito seconda batteria	0,050
TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,939
TEMPO TOTALE per 1 MDR	0,469

DESCRIZIONE TEMPI Controllo	CALCOLO TEMPI (minuti)
Tempo percorso	1,156
Tempo controllo batterie (5sec/batteria)	4,167
Tempo compilazione modulo conformità	1,875
TEMPO TOTALE per 1 MDR	0,144

DESCRIZIONE TEMPI Etichettatura	CALCOLO TEMPI (minuti)
Stampa etichetta	0,065
Tempo percorso	1,156
Controllo corrispondenza	0,150
Abbinamento etichetta-MDR	0,060
TEMPO TOTALE per 1 MDR	0,298

DESCRIZIONE TEMPI Immagazzinamento	CALCOLO TEMPI (minuti)
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	2,250
Caricamento carrello	0,099
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,699
TEMPO TOTALE per 1 MDR	1,417

Totale Ricevimento:

TEMPI Scarico	0,469
TEMPI Controllo	0,144
TEMPI Etichettatura	0,298
TEMPI Immagazzinamento	1,417
TOTALE Tempi Ricevimento	**2,328**

Spedizione:

Descrizione Attività (Prelievo)	Calcolo Tempi (Prelievo) (min.)
Avvicino carrello alle batterie	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area Spedizione	2,250
Caricamento carrello	0,099
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	2,549
TEMPO TOTALE per 1 MDR	1,274

Descrizione Attività (Etichettatura)	Calcolo Tempi (Etichettatura) (min.)
Stampa etichetta	0,065
Tempo percorso	1,156
Controllo corrispondenza	0,150
Abbinamento etichetta-MDR	0,060
TEMPO TOTALE per 1 MDR	0,298

Descrizione Attività (Caricamento Camion)	Calcolo Tempi (Caricamento Camion) (min.)
Inforco batteria	0,050
Deposito sopra seconda batteria	0,050
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Sposto batterie camion	0,372
Caricamento carrello	0,016
Alzo batterie	0,050
Deposito batterie nel camion	0,150
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,739**

Tempi totali spedizione

TEMPI Prelievo	1,274
TEMPI Etichettatura	0,298
TEMPI Caricamento Camion	0,739
TOTALE Tempi Spedizione	**2,311**

3.4.6 Calcolo tempi Vuoti con batterie BEV a Terra

Poiché il magazzino M2 segue le stesse procedure del magazzino M1, anche in questo caso è necessario inserire, nelle ore di attività del magazzino, il tempo dedicato alla movimentazione dei contenitori Vuoti che devono essere rispediti al fornitore. I tempi relativi al ricevimento ed alla spedizione sono elencati nelle tabelle:

Ricevimento

Descrizione Attività: Scarico Camion	**Calcolo Tempi (min.)**
Avvicino carrello al camion	0,150
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie dal camion	0,150
Sposto batterie area controllo	0,372
Caricamento carrello	0,016
Deposito batterie	0,050
Inforco seconda batteria	0,050
Deposito seconda batteria	0,050
TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,939
TEMPO TOTALE per 1 MDR batterie	**0,469**

Descrizione Attività: Immagazzinamento	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,095

Caricamento carrello	0,048
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	1,493
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,746**

Spedizione

Descrizione Attività: Prelievo	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Sposto batterie area stoccaggio	1,095
Caricamento carrello	0,048
Inforco secondo MDR	0,050
Alzo batterie	0,050
Rimuovo batterie	0,050
Deposito batterie	0,050
Tempo ogni 2 MDR batterie	1,343
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,671**

Descrizione Attività: Carico Camion	**Calcolo Tempi (min.)**
Inforco batteria	0,050
Deposito sopra seconda batteria	0,050
Inforco batterie (2 MDR batteria)	0,050
Tempo necessario andata e ritorno	0,372
Caricamento carrello	0,016
Alzo batterie	0,050
Deposito batterie nel camion	0,150
TEMPO TOTALE ogni 2 MDR batterie	0,739
TEMPO TOTALE per 1 MDR	**0,369**

I tempi totali per ricevimento e spedizione di un contenitore vuoto per batterie PHEV sono:

TEMPI Scarico	0,469
TEMPI Immagazzinamento	0,746
TEMPI Prelievo	0,671
TEMPI Carico	0,369
TOTALE Tempi Vuoti	**2,225**

3.4.7 Tempi totali e risorse necessarie

Anche nel magazzino M2 si deve tenere conto del tempo di risposo delle risorse umane:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	300,000	0,469	1,05	147,83
CONTROLLO	300,000	0,144	1,07	46,21
ETICHETTATURA	300,000	0,298	1,07	95,69
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	1,417	1,05	446,34
TOTALE RICEVIMENTO		2,328		**736,07**
PRELIEVO	300,000	1,274	1,05	401,46
ETICHETTATURA	300,000	0,298	1,07	95,69
CARICAMENTO	300,000	0,739	1,05	232,66
TOTALE SPEDIZIONE		2,311		**729,82**
SCARICO	300,000	0,469	1,05	147,83
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	0,746	1,05	235,10
PRELIEVO	300,000	0,671	1,05	211,48
CARICAMENTO	300,000	0,369	1,05	116,33
TOTALE VUOTI		2,256		**710,75**
TOTALE TEMPI		6,896		**2176,65**

2176,65 minuti corrispondo a $\frac{2176,65}{60} =$***36,28 ore***; Il magazzino rimane aperto 21 ore al giorno su 3 turni da 7,5 ore quindi ogni carrello "lavora" un massimo di 21 ore ed ogni persona lavora 7,5 ore. Dato che sono necessarie 2 tipologie di carrello, si deve calcolare il tempo di lavoro di ognuno dei 2 carrelli. Come già scritto il carrello sollevatore (carrello A) serve a movimentare i contenitori dal camion all'area di ricevimento e dall'area spedizione al camion. Il carrello elettrico frontale (carrello B) serve per stoccare e prelevare i contenitori movimentandoli dall'area di ricevimento all'area stock o dall'area stock all'area spedizione.

I tempi sono:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	TEMPO CARRELLO A (Min.)	TEMPO CARRELLO B (Min.)
SCARICO	147,83	
IMMAGAZZINAMENTO		446,34
PRELIEVO		401,46
CARICO	232,66	
SCARICO VUOTI	147,83	
IMMAGAZZINAMENTO VUOTI		235,10
PRELIEVO VUOTI		211,48
CARICO VUOTI	116,33	
TOTALE MINUTI	**644,66**	**1294,39**
TOTALE ORE	**10,74**	**21,57**

Sono necessarie quindi:

5 RISORSE UMANE	**3 CARRELLI**

3.4.8 Calcolo tempi con batterie BEV a Scaffalatura

Come per il magazzino M1, anche in questo caso l'unica differenza tra l'impilazione a terra e quella a scaffalatura, nei tempi necessari per la movimentazione delle batterie, è dovuta alle superficie dell'area stoccaggio che modifica i tempi che il carrello dedica ad immagazzinare i contenitori e a prelevarli:

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(2 * \sqrt{2 * 3000}m\right) = \ 2{,}169min$$

Rifacendo tutti i calcoli, i risultati sono:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	300,000	0,469	1,05	147,83
CONTROLLO	300,000	0,144	1,07	46,21
ETICHETTATURA	300,000	0,298	1,07	95,69
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	1,373	1,05	432,43
TOTALE RICEVIMENTO		2,284		**722,16**
PRELIEVO	300,000	1,232	1,05	388,21
ETICHETTATURA	300,000	0,298	1,07	95,69
CARICAMENTO	300,000	0,739	1,05	232,66
TOTALE SPEDIZIONE		2,269		**716,57**
SCARICO	300,000	0,469	1,05	147,83
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	0,789	1,05	248,45
PRELIEVO	300,000	0,714	1,05	224,83
CARICAMENTO	300,000	0,369	1,05	116,33
TOTALE VUOTI		2,341		**737,45**
TOTALE TEMPI		6,894		**2176,18**

2176,18 minuti corrispondo a $\frac{2176{,}18}{60}$ $=$***36,27 ore***, quindi sono necessarie:

5 RISORSE UMANE	3 CARRELLI

3.4.9 Conclusione Tempi

Le differenze dei tempi necessari per la movimentazione delle batterie e della superficie occupata tra l'impilatura a Scaffalatura o a Terra per il magazzino M2 è riassunta nella seguente tabella:

Descrizione	***TERRA***	***SCAFFALI***
AREA INTERNA	4400	**4100**
AREA TOTALE	6400	**6350**
ORE DI LAVORO	**38,28**	**36,27**
RISORSE UMANE	5	5
CARRELLI	3	3

3.4.10 Costificazione e Conclusioni Magazzino Batterie BEV

Le Tipologie di costo del magazzino M2 sono le stesse del Magazzino M1:

DESCRIZIONE COSTO	COSTO ANNUALE	UNITÀ DI MISURA
Scomparto Scaffale	43,75	€/Pallet
Risorse	42000	€/Persona
Carrelli	10200	€/Carrello
Affitto aree	78	$€/M^2$
Sprinkler	0,2	$€/M^2$
Pipes (tubi)	50	$€/M^2$

I costi dovuti all'affitto del magazzino sono quindi:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Area Stock	4394,375	4085,271
Area Totale	6355,07	6355,65
Costi affitto/m^2	78,00	78,00
Costi affitto area	**495.695,07 €**	**495.740,70 €**

I costi delle risorse umane sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Risorse	5,00	5,00
Costi/risorsa	42000,00	42000,00
Costi risorse	**210.000,00 €**	**210.000,00 €**

I costi per l'affitto del carrello sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Carrelli	3,00	3,00
Costi/carrello	10200,00	10200,00
Costi carrelli	**30.600,00 €**	**30.600,00 €**

I costi richiesti dalla costruzione degli scomparti sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Pallet	0,00	2574,00
Costi/pallet	131,25	131,25
INV	0,00 €	337.837,50 €
Amm.	**0,00 €**	**112.612,50 €**

I costi derivanti dalla costruzione degli Ugelli (Sprinkler) sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Sprinkler (ugello)	6,00	6,00
N° Sprinker (Ugelli)	439,44	817,05
INV	2.636,63 €	4.902,33 €
Amm.	**878,88 €**	**1.634,11 €**

I costi richiesti dalla costruzione delle tubature sono:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
TUBI	150,00	150,00
Metri Tubi	4394,38	8170,54
INV	659.156,25 €	1.225.581,30 €
Amm.	**219.718,75 €**	**408.527,10 €**

Il totale dei costi è dato dalla somma dei costi di ammortamento dell'investimento e di mantenimento:

DESCRIZIONE	TERRA	SCAFFALE
Costi affitto area	495.695,07 €	495.740,70 €
Costi risorse	210.000,00 €	210.000,00 €
Costi carrelli	30.600,00 €	30.600,00 €
Costi/pallet	0,00 €	112.612,50 €
Costi Sprinkler (ugello)	878,88 €	1.634,11 €
Costi Pipes (Tubi)	219.718,75 €	408.527,10 €
Costi TOTALI	**956.892,70 €**	**1.259.114,41 €**

Il magazzino M2 costa 960mila euro l'anno se le batterie sono impilate a Terra, mentre costa 1mln e 260mila euro l'anno se le batterie sono impilate a Scaffalatura. Anche in questo caso impilare a terra è la soluzione più economica.

3.5 Riduzione dei costi grazie al Carrello FLEXI

3.5.1 Riduzione Spazi area Stoccaggio

Per calcolare il risparmio di superficie e di costi dovuti all'utilizzo del carrello FLEXI, conviene prendere come riferimento la soluzione più economica di immagazzinamento delle batterie, che per il magazzino M2 è la soluzione a Terra (dimostrato in cap. 3.4).

L'area del magazzino M2 a Terra con carrelli elevatori frontali è ≈ 4400m^2

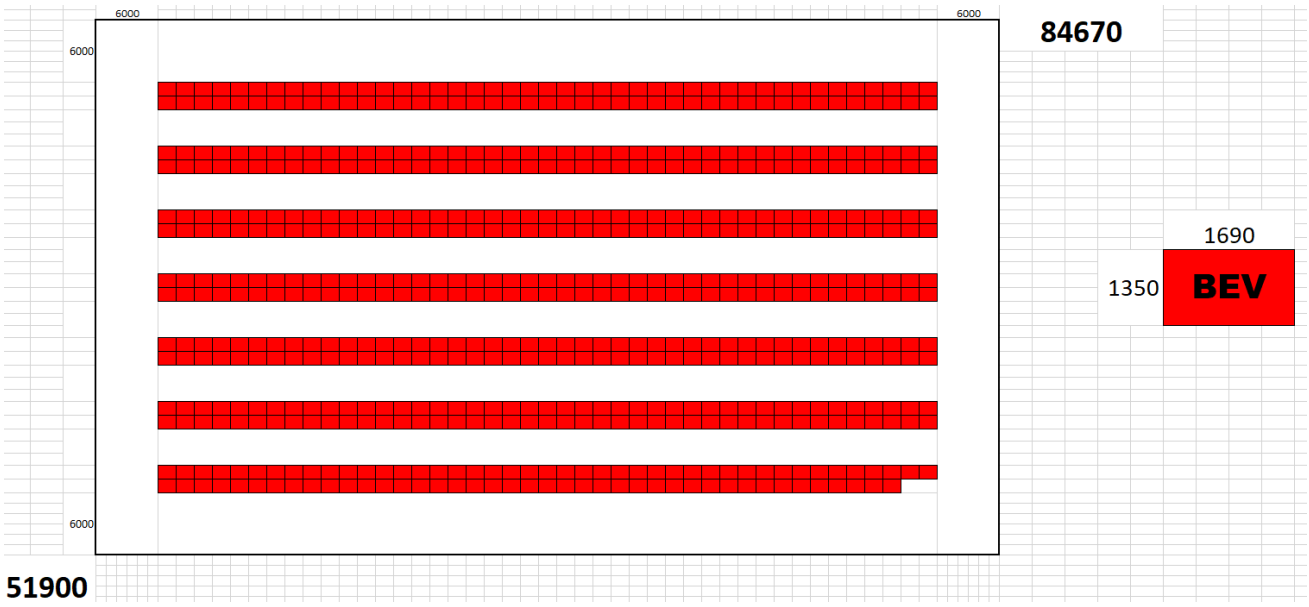


Figura 3.33: Area Stock del magazzino M2 con Carrello elevatore Frontale

$$84670 * 51900 = 4394{,}375m^2 \approx \mathbf{4400}\boldsymbol{m^2}$$

I carrelli FLEXI sono in grado di entrare e fare manovre in corridoi larghi 2000mm, quindi permettono di risparmiare 1500mm per ogni corridoio, riducendo la profondità del magazzino.

Con il corridoio ridotto conviene disporre i contenitori in 30 colonne e 20 file, senza avanzare posti vuoti (*Fig. 3.34*):

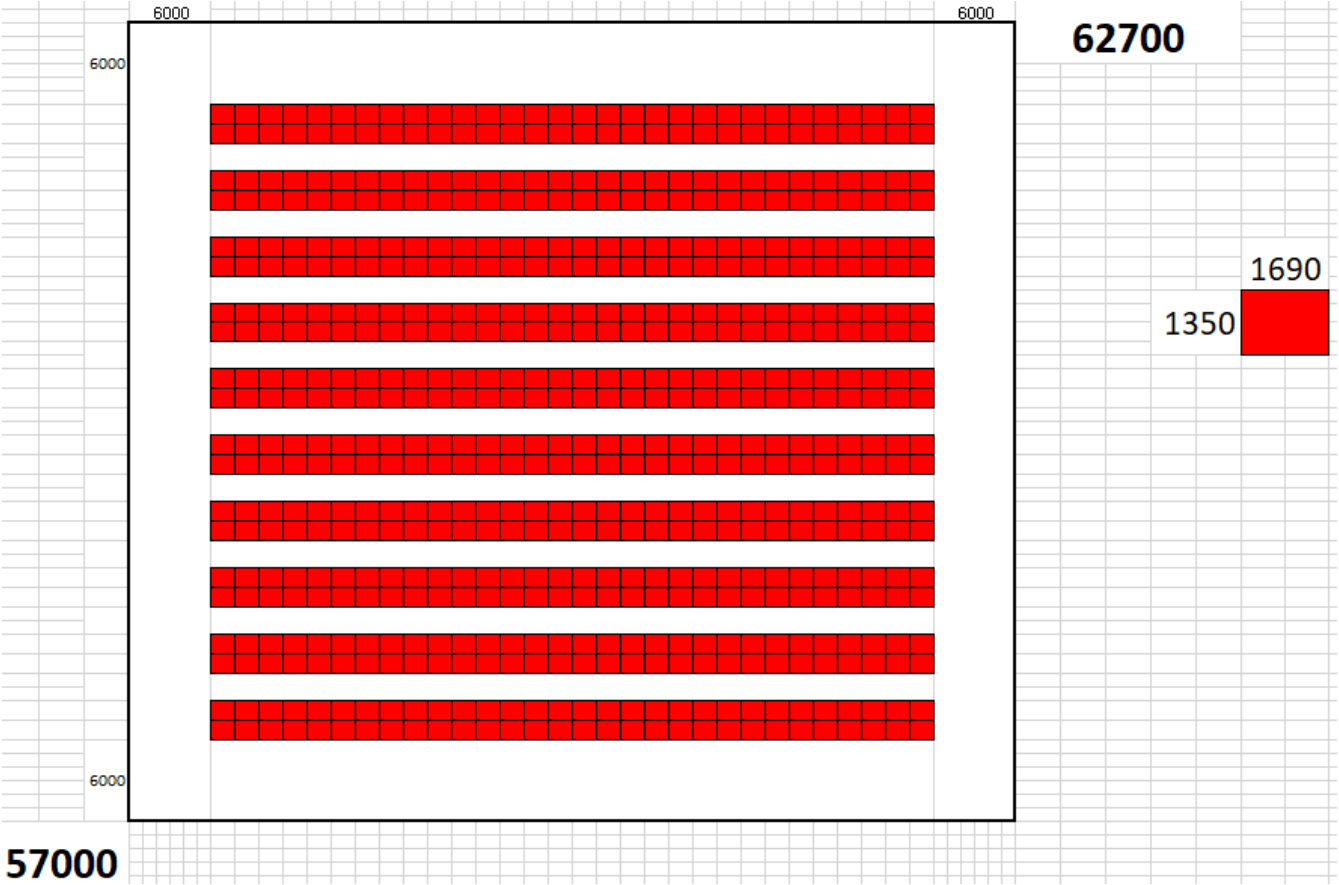


Figura 3.34: Area Stock del magazzino M2 con Carrello FLEXI

$$57000mm * 62700mm = 3537{,}9m^2 \approx \mathbf{3540m^2}$$

Si ha quindi un risparmio di circa

$$4400m^2 - 3540m^2 = \mathbf{860m^2}$$

3.5.2 Riduzione Spazi aree ricevimento, spedizione e quarantena

La riduzione della larghezza dei corridoi interni permette un risparmio anche nelle aree di ricevimento e spedizione e nell'are di quarantena.

Per le aree ricevimento e spedizione conviene disporre i contenitori in 5 colonne e 10 file e inforcare i contenitori sul lato più corto, girandoli di 90gradi:

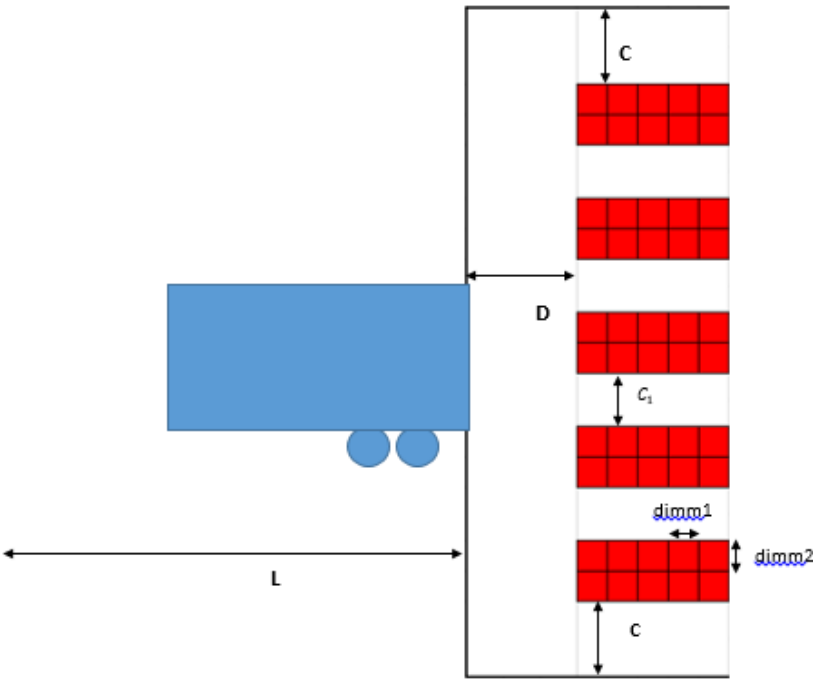


Figura 3.35: Area Ricevimento/ Spedizione Batterie BEV con carrello FLEXI

$dimm_1$= 1690mm $dimm_2$= 1350mm $c_i = 2000mm$

D= 4500mm L_e = 20000mm C= 1500mm

$$P_R = (2 * C + 4 * c_i + 7 * dimm_1) = (2 * 1500 + 4 * 2000 + 10 * 1690)\text{mm} = 27900\ \text{mm}$$

$$L_R = L_e + D + 7 * dimm_2 = 20000 + 4500 + 5 * 1350mm = 31250mm$$

Le aree totali di ricevimento e spedizione sono:

$$A_R = A_S = L_S * P_S = L_R * P_R = 31250mm * 27900\text{mm} = 871{,}875m^2 \approx \mathbf{900m^2}$$

Anche in questo caso l'area di quarantena può essere inserita all'interno del magazzino senza modificarne l'area totale.

3.5.3 Conclusioni sugli Spazi grazie ai Carrelli FLEXI

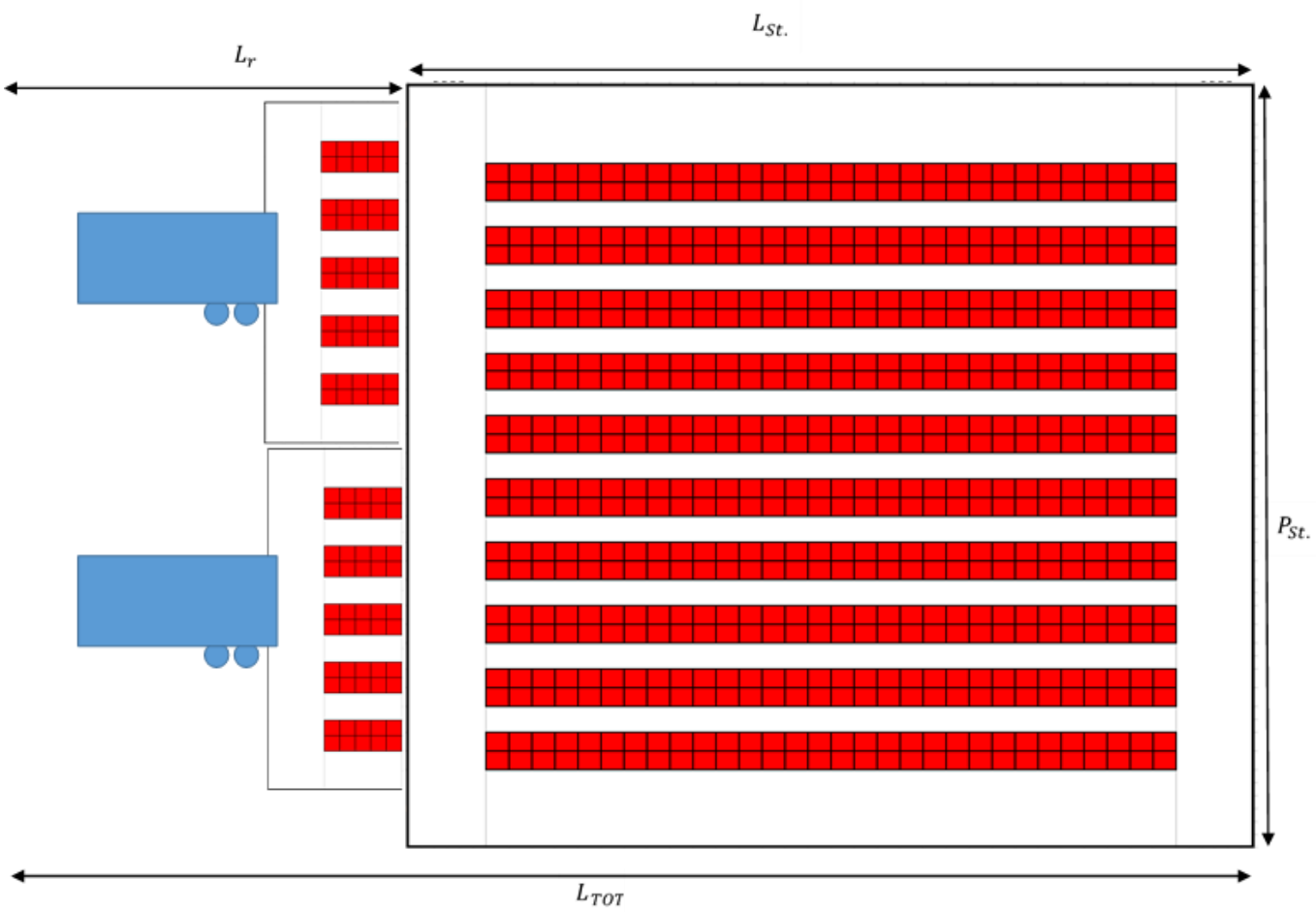


Figura 3.36: Magazzino M2 Completo con Carrelli FLEXI

La lunghezza totale del magazzino M2 è data dalla somma della lunghezza dell'area ricevimento e della lunghezza dell'area stock (Fig. 3.36):

$$L_{TOT} = L_r + L_{Stock} = 31250mm + 62700mm = 93950mm$$

La profondità totale è invece uguale alla profondità dell'area dello stoccaggio (Fig. 3.36):

$$P_{Stock} = 57000mm$$

La superficie Totale è quindi:

$$L_{TOT} * P_{TOT} = 9350mm * 57000mm = 5355{,}15m^2 \approx \mathbf{5400m^2}$$

La superficie totale del magazzino con i carrelli elevatori frontali era invece

$$L_{TOT} * P_{TOT} = 122690mm * 51900mm = 6367{,}611m^2 \approx \mathbf{6400m^2}$$

Si ha quindi un risparmio totale di $1000m^2$

In tabella sono riassunte le misure delle superfici totali del magazzino M2 con e senza l'ausilio dei carrelli FLEXI

DESCRIZIONE	**M2 carrelli Frontali**	**M2 carrelli FLEXI**	**Risparmio superficie**
AREA STOCK	4400m^2	3540m^2	860m^2
AREA TOTALE	6400m^2	5400m^2	1000m^2

3.5.4 Calcolo risparmio tempi Ricevimento, Spedizione e Vuoti

Dato che la velocità del carrello non può (per motivi di sicurezza) aumentare, il risparmio dei tempi di lavoro nel magazzino è dovuto solo alla diminuzione della superficie totale del magazzino e, conseguentemente, alla lunghezza dei percorsi necessari a movimentare, controllare ed etichettare le batterie.

Il risparmio si ha quindi:

Nei tempi dedicati al trasporto dei contenitori tra le aree ricevimento o spedizione ed il magazzino;

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(\sqrt{2 * 3537{,}9m^2}\right) * 2 = 2{,}019min$$

Nei tempi dedicati al trasporto dei contenitori tra le aree ricevimento o spedizione ed il camion;

$$\frac{0{,}012min}{m} * \left(\frac{1350 * 5 + 4500 + 13000}{1000}\right) m = 0{,}291min$$

Nei tempi necessari ad effettuare il percorso di controllo ed etichettatura delle risorse umane.

$$\frac{0{,}012min}{m} * ((1350 * 5) \ * 6 + 1690 * 10) = 0{,}861\text{min}$$

Rimanendo invariati gli altri tempi, i risultati sono:

Ricevimento

TEMPI Scarico	0,427
TEMPI Controllo	0,138
TEMPI Etichettatura	0,292
TEMPI Immagazzinamento	1,290
TOTALE Tempi Ricevimento	**2,147**

Spedizione

TEMPI Prelievo	1,154
TEMPI Etichettatura	0,292
TEMPI Caricamento Camion	0,654
TOTALE Tempi Spedizione	**2,100**

Vuoti

TEMPI Scarico	0,427
TEMPI Immagazzinamento	0,802
TEMPI Prelievo	0,727
TEMPI Carico	0,327
TOTALE Tempi Vuoti	**2,283**

3.5.5 Risparmio tempi totali e risparmio risorse

I tempi totali necessari alla movimentazione delle batterie BEV nel magazzino M2 con il carrello FLEXI si possono riassumere nella seguente tabella:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	PEZZI/GIORNO	T. UNITARIO	FATT. RIPOSO	T. TOTALE (MIN)
SCARICO	300,000	0,427	1,05	134,47
CONTROLLO	300,000	0,138	1,07	44,32
ETICHETTATURA	300,000	0,292	1,07	93,80
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	1,290	1,05	406,43
TOTALE RICEVIMENTO		2,147		**679,03**
PRELIEVO	300,000	1,154	1,05	363,46
ETICHETTATURA	300,000	0,292	1,07	93,80
CARICAMENTO	300,000	0,654	1,05	205,95
TOTALE SPEDIZIONE		2,100		**663,21**
SCARICO	300,000	0,427	1,05	134,47
IMMAGAZZINAMENTO	300,000	0,802	1,05	252,76
PRELIEVO	300,000	0,727	1,05	229,13
CARICAMENTO	300,000	0,327	1,05	102,97
TOTALE VUOTI		2,284		**719,34**
TOTALE TEMPI		6,531		**2061,57**

2061,57 minuti corrispondo a $\frac{2061,57}{60} =$ ***34,36 ore***. È quindi necessario fare nuovamente i calcoli sui tempi che occupano le 2 tipologie di carrello (Sollevatore e FLEXI).

I tempi sono:

DESCRIZIONE ATTIVITÀ	TEMPO CARRELLO A (Min.)	TEMPO CARRELLO B (Min.)
SCARICO	134,47	
IMMAGAZZINAMENTO		406,43
PRELIEVO		363,46
CARICO	205,95	
SCARICO VUOTI	134,47	
IMMAGAZZINAMENTO VUOTI		252,76
PRELIEVO VUOTI		229,13
CARICO VUOTI	102,97	
TOTALE MINUTI	**577,87**	**1251,78**
TOTALE ORE	**9,63**	**20,86**

Sono necessarie quindi:

5 RISORSE UMANE	**2 CARRELLI**

Con l'uso dei Carrelli FLEXI si ha quindi un risparmio di circa 2 ore in una giornata lavorativa e questo permette l'affitto di un carrello in meno

3.5.6 Costificazione e Conclusioni

Le tipologie di costo dei magazzini con carrelli FLEXI sono differenti rispetto ai magazzini con Carrelli Elevatori Frontali: i Carrelli FLEXI costano 100 euro di affitto in più al mese, quindi 1200 euro in più all'anno.

Riassumendo le tariffe:

DESCRIZIONE COSTO	COSTO ANNUALE	UNITÀ DI MISURA
Scomparto Scaffale	43,75	€/Pallet
Risorse	42000	€/Persona
Carrelli	11400	€/Carrello
Affitto aree	78	$€/M^2$
Sprinkler	0,2	$€/M^2$
Pipes (tubi)	50	$€/M^2$

Avendo già dimostrato che il magazzino a Terra è più economico del magazzino a Scaffalatura, non si terrà presente il costo di investimento per costruire gli scomparti, dato che questo costo è rilevante solo nel magazzino a Scaffalatura.

I costi dovuti all'affitto del magazzino sono quindi:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
Area Stock	4394,375	3537,9	856,48
Area Totale	6355,65	5355,15	1000,50
Costi affitto/m^2	78,00	78,00	0,00
Costi affitto area	495.740,70 €	417.701,70 €	78039,00

I costi delle risorse umane sono:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
Risorse	5,00	5,00	0,00
Costi/risorsa	42000,00	42000,00	0,00
Costi risorse	**210.000,00 €**	**210.000,00 €**	**0,00**

I costi per l'affitto del carrello sono:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
Carrelli	3,00	2,00	1,00
Costi/carrello	10200,00	11400,00	-1200,00
Costi carrelli	**30.600,00 €**	**22.800,00 €**	**7800,00**

I costi derivanti dalla costruzione degli Ugelli (Sprinkler) sono:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
Sprinkler (ugello)	6,00	6,00	0,00
N° Sprinker (Ugelli)	439,44	353,79	85,65
INV	2.636,63 €	2.122,74 €	513,89
Amm.	**878,88 €**	**707,58 €**	**171,30**

I costi richiesti dalla costruzione delle tubature sono:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
TUBI	150,00	150,00	0,00
Metri Tubi	4394,38	3537,90	856,48
INV	659.156,25 €	530.685,00 €	128471,25
Amm.	**219.718,75 €**	**176.895,00 €**	**42823,75**

Il totale dei costi è dato dalla somma dei costi di ammortamento dell'investimento e di mantenimento:

DESCRIZIONE	CARRELLI FRONTALI	CARRELLI FLEXI	RISPARMIO
Costi affitto area	495.740,70 €	417.701,70 €	**78039,00**
Costi risorse	210.000,00 €	210.000,00 €	**0,00**
Costi carrelli	30.600,00 €	22.800,00 €	**7800,00**
Costi Sprinkler (ugello)	878,88 €	707,58 €	**171,30**
Costi Pipes (Tubi)	219.718,75 €	176.895,00 €	**42823,75**
Costi TOTALI	956.938,33 €	828.104,28 €	**128.834,05 €**

Il magazzino M2 costa 960mila euro l'anno se si utilizzano i carrelli Elevatori Frontali, mentre costa 830mila euro l'anno con i carrelli FLEXI.

Il risparmio è di 130mila euro annuali.

3.6 Aumento della domanda: scenari

3.6.1 Basso aumento della domanda (10%)

Finora la domanda è stata considerata costante ma probabilmente in futuro potrebbe aumentare. Si possono quindi considerare nuovi scenari dove la domanda è in aumento e calcolare che effetti avrebbero questi scenari sul magazzino.
Prendendo ad esempio il magazzino M2, per le batterie BEV si possono fare delle analisi su un aumento della domanda del 10%. Dato l'alto costo degli Scaffali, impilare a terra è sempre più economico, quindi in tutti gli scenari seguenti i contenitori delle batterie sono impilati a terra.

		M2 domanda standard		M2 domanda +10%	
Superficie stoccaggio		**4400**		**4800**	
Risorse umane	Carrelli	**5**	**3**	**6**	**3**
Costi Totali		**960.000 €**		**1.033.000 €**	

Nel caso di un aumento di domanda non troppo elevato, l'aumento della superficie e dei costi può essere considerato proporzionale. In questo caso non si possono fare nuovi investimenti per ridurre i costi e non si può modificare la politica aziendale.

3.6.2 Alto aumento della domanda (raddoppio o triplicazione)

Nel caso invece di un aumento di domanda molto elevato, quindi, per esempio, nel caso in cui la domanda raddoppi o triplichi, si verificherebbero questi scenari:

		M2 (domanda standard)		M2 (domanda doppia)	
Superficie stoccaggio		**4400**		**8000**	
Risorse umane	Carrelli	**5**	**3**	**11**	**4**
Costi Totali		**960.000 €**		**1.870.000 €**	

		M2 (domanda standard)		M2 (domanda tripla)	
Superficie stoccaggio		**4400**		**11500**	
Risorse umane	Carrelli	**5**	**3**	**19**	**7**
Costi Totali		**960.000 €**		**2.660. 000 €**	

In questo caso si può notare che l'aumento di superficie non è direttamente proporzionale all'aumento della domanda. Infatti, se la domanda raddoppia (cioè aumenta del 100%), la superficie aumenta solo dell'82% circa, mentre se triplica la superficie aumenta del 177%.
Questo è dovuto al fatto che aumentando la domanda, la percentuale di pile vuote o con meno di 5 contenitori diventa minore e quindi si sfruttano meglio gli spazi.
L'aumento di risorse umane è invece più che proporzionale con un aumento del 280% quando la domanda triplica. Questo perché l'aumento della domanda fa sia aumentare il numero di contenitori da movimentare, allungando proporzionalmente i tempi complessivi, ma fa aumentare anche la superficie totale del magazzino e conseguentemente fa aumentare la lunghezza dei percorsi per immagazzinare le batterie ricevute e prelevare quelle che si devono spedire.
L'aumento del numero di carrelli è invece più basso rispetto all'aumento percentuale della domanda perché i carrelli, soprattutto i carrelli Sollevatori usati solo per scaricare il Camion, sono

fortemente sottoutilizzati ed un aumento delle batterie da movimentare ne permette un maggiore utilizzo.

Conseguentemente a ciò è l'aumento percentuale dei costi può essere approssimato all'aumento della domanda. Quindi se la domanda raddoppia i costi raddoppiano e se la domanda triplica, i costi triplicano.

3.6.3 Raddoppio della domanda e diminuzione dei giorni scorta

Un elevato aumento della domanda, come può essere il suo raddoppio, può però portare ad una modifica delle politiche aziendali, cioè una riduzione del numero dei giorni scorta.
Rimanendo sull'esempio del magazzino M2, il raddoppio della domanda aumenta i flussi di contenitori in entrata e può quindi portare ad una riduzione dei giorni scorta da 10 a 8. Questo permetterebbe un risparmio di superficie dell'area stoccaggio e conseguentemente dei costi.

		M2 (domanda standard)		M2 (domanda doppia)		M2 con 8 giorni scorta	
Superficie stoccaggio		**4400**		**8000**		**6560**	
Risorse umane	Carrelli	**5**	**3**	**11**	**4**	**11**	**4**
Costi Totali		**960.000 €**		**1.870.000 €**		**1.680.000 €**	

La diminuzione dei giorni scorta da 10 ad 8 porta ad una diminuzione proporzionale delle scorte e conseguentemente dell'area stoccaggio (20%).
Questo però non va ad influenzare il numero di risorse umane e di carrelli necessari perché il flusso di entrata ed uscita delle merci rimane sempre uguale.
Dato che molti costi dipendono direttamente dalla superficie del magazzino (come l'affitto o le misure per la sicurezza), si riescono a contenere i costi totali avendo un aumento del 75% rispetto a costi totali iniziali.
Si può quindi concludere che un aumento elevato della domanda porta ad una diminuzione dei giorni scorta; quindi l'aumento percentuale dei costi del magazzino non è direttamente proporzionale all'aumento percentuale della domanda. In particolare, se la domanda raddoppiasse, i giorni scorta passerebbero da 10 ad 8 ed i costi del magazzino aumenterebbero del 75%.

4: Conclusione e considerazioni future

Questa Tesi è la continuazione delle ricerche di tesi precedenti sviluppate in FCA nell'ambito della supplychain delle batterie.

I risultati di questa tesi dimostrano che, tra il magazzino a scaffalatura ed il magazzino a terra, la soluzione più economica per le batterie agli ioni di litio è sempre il magazzino a terra e che la costruzione degli scomparti produce un costo talmente elevato da rendere il magazzino a terra più economico anche quando occupa una superficie maggiore.

Non è però discussa la possibilità di combinare le due soluzioni e, per esempio, di impilare 5 batterie BEV a terra e poi altre 6 a scaffalatura costruendo una pila di 11 batterie. Questo permetterebbe di sfruttare ulteriormente l'altezza e ridurre la superfice del 30% circa. Un altro aspetto non discusso è l'utilizzo di carrelli più efficienti del carrello FLEXI che permetterebbero di pianificare corridoi ancora più stretti.

Il progetto del magazzino può quindi essere ulteriormente migliorato e si possono trovare soluzione più economiche di quella qui proposta.

In più si è anche visto che, nel caso di un aumento elevato della domanda, si potrebbero ridurre i giorni scorta e quindi contenere l'aumento dei costi. Questa però è solo una delle possibili decisioni che potrebbe prendere FCA nel caso raddoppiasse o triplicasse la domanda. In futuro potranno essere fatte analisi più dettagliate sui trend che potrebbe avere la domanda e sulle modifiche che questi trend porterebbero al magazzino.

Anche le ricerche sull'auto elettrica penso non siano complete perché, nonostante le imposizioni legislative e le richieste di mercato, la realizzazione di auto elettriche per tutti i consumatori nel mondo è un progetto ancora insostenibile dato che ognuno dei problemi legati all'auto elettrica sono più profondi rispetto a come vengono presentati.

Ad oggi la mancanza di stazioni di ricarica sembra il problema principale, ma questo problema nasconde l'insufficienza di energia elettrica dell'attuale rete energetica per poter ricaricare milioni di auto ogni giorno. Sarebbe quindi necessario aprire nuove centrali di energia che probabilmente sarebbero a carbone o a petrolio e quindi venir meno all'obbiettivo principale della costruzione delle auto elettriche, cioè la riduzione dell'inquinamento.

Un altro problema che entra ancora poco nel dibattito è la scarsità di riserve Ioni di Litio presenti nel mondo che non sarebbero in grado di coprire la domanda di milioni di batterie elettriche. Non da ultimo vi è la grossa difficoltà di smaltimento delle batterie una volta finito il loro ciclo di vita utile su cui non si è ancora trovata una soluzione ottimale. Ad oggi le soluzioni per questa problematica sono il riutilizzo della batteria per applicazioni minori (come il rifornimento di energie ad un condominio durante gli orari di punta), ma servono solo a rimandare il problema.

Bibliografia

STORIA DELL'AUTOMOTIVE

Camelia92, *I trasporti nel tempo: tesina*. Milano, Italy: Mondadori Media S.p.A
https://doc.studenti.it/appunti/storia/trasporti-tempo.html

Tim Lambert (2019). *A BRIEF HISTORY OF TRANSPORT.* Drayton, Portsmouth, Regno Unito: localhistories.org
http://www.localhistories.org/transport.html

E. di Camillo (Marzo, 2013). *Breve storia dell'evoluzione del trasporto nel tempo*. Torino, Italy: Centro Studi Subalpino.
https://www.centrostudisubalpino.it/files/Breve-storia-dell-evoluzione-del-trasporto-nel-tempo.pdf

The Editors of Encyclopaedia Britannica, (Sep, 1998). *History Of The Automobile*. Chicago, Illinois, Stati Uniti: Encyclopaedia Britannica
https://www.britannica.com/technology/automobile/History-of-the-automobile

History.com Editors, (April 26, 2010). Automobile History. New York, New York, Stati Uniti: A&E Television Networks
https://www.history.com/topics/inventions/automobiles

CAMBIAMENTI CLIMATICI

Quinto rapporto di valutazione IPCC, 2014
Programma di ricerca sui cambiamenti globali degli Stati Uniti, "Impatti dei cambiamenti climatici globali negli Stati Uniti", Cambridge University Press, 2009
Naomi Oreskes, "Il consenso scientifico sui cambiamenti climatici", Science 3 dicembre 2004: vol. 306 n. 5702 p. 1686 DOI: 10.1126 / science.1103618
https://climate.nasa.gov/causes/
Mike Lockwood, (dicembre 2009) "Cambiamento solare e clima: un aggiornamento alla luce dell'attuale minimo solare eccezionale", Atti della Royal Society A, 2, doi 10.1098 / rspa.2009.0519;

Judith Lean, "Cicli e tendenze dell'irradiazione solare e del clima", Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, vol. 1, gennaio / febbraio 2010, 111-122.
https://climate.nasa.gov/causes/

Einstein, A., B. Podolsky, and N. Rosen, 1935, “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?”, Phys. Rev. 47, 777-780.

Justus Masa, Stefan Barwe, Corina Andronescu, and Wolfgang Schuhmann (Ottobre 2018), *On the Theory of Electrolytic Dissociation, the Greenhouse Effect, and Activation Energy in (Electro) Catalysis: A Tribute to Svante Augustus Arrhenius*, Boschstrasse 12, D-69469 Weinheim, Germania ChemPubSoc Europe

Ru Huang, Haifeng Zhu, Eryuan Liang, Fayaz Asad, Jussi Grießinger (April 2019). *A tree-ring–based summer (June–July) minimum temperature reconstruction for the western Kunlun Mountains since AD 1681.* Amsterdam, Paesi Bassi: Scopus, Elsevier

Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. S Federal, Brazil: Revista em discussão.
http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx

Armando Gariboldi (Aug 9, 2019.) *Toh, il clima sta cambiando! 50 anni di grida d’allarme inascoltate.* Pavia, Italy: Nature in Action
https://www.natureinaction.it/il-clima-sta-cambiando-50-anni-di-grida-d-allarme-inascoltate/

AUTO ELETTRICHE

Daniele Pizzo (Maggio, 2019). *Le Fiat Elettra, dalla Panda alla Seicento elettrica.* Milano, Italy: Automoto.it - quotidiano di informazione automobilistica https://www.automoto.it/elettrico/auto-elettriche/le-fiat-elettra-c-erano-una-volta-la-panda-e-la-seicento-elettrica.html

Milena Gabanelli, Diego Antonelli, Marianna Capozi, Giulia Dezi, Tullia Fabiani, Francesco Laurenti, Flaviano Masella, Valeria Pannuti, Marina Tosto, Luca Ucciero (2017), *Dove va il mercato: 600 milioni di auto elettriche entro 20 anni.* Roma, Italy: RaiNews.it http://www.report.rai.it/dj/auto-elettriche-mercato-futuro/

Marco Savo (2019), *Auto elettriche 2020: modelli, autonomia e prezzi.* Roma, Italy: Newsauto.it - Testata Giornalistica Telematica https://www.newsauto.it/guide/auto-elettriche-prezzi-autonomia-2019-157185/#foto-10

FCA & GREEN LOGISTICS

FCA Group (Dicembre, 2017), *La nostra logistica viaggia "green",* 25 St James's Street, London SW1A 1HA, United Kingdom: Fiat Chrysler Automobiles https://www.fcagroup.com/it-IT/media_center/insights/Pages/logistica_green.aspx

i-FAST AL (2017), *SOSTENIBILITÀ,* Corso Agnelli, 200 - 10135 Torino: i-FAST Automotive Logistics S.r.l. https://www.i-fast.it/it/azienda/sostenibilita

FCA Group (Marzo, 2019), *L'acqua è una risorsa preziosa. Per tutti. ,* 25 St James's Street, London SW1A 1HA, United Kingdom: Fiat Chrysler Automobiles https://www.fcagroup.com/it-it/media_center/insights/pages/2019_world_water_day.aspx

FCA Group (Febbraio 6, 2018), *FCA Environmental Guidelines,* 25 St James's Street, London SW1A 1HA, United Kingdom: Fiat Chrysler Automobiles https://www.fcagroup.com/it-it/group/governance/FiatDocuments/New_Guidelines/FCA_Environmental_Guidelines_2018.pdf

FCA Group (Dicembre 31, 2018), *2018 SUSTAINABILITY REPORT,* 25 St James's Street, London SW1A 1HA, United Kingdom: Fiat Chrysler Automobiles https://www.fcagroup.com/it-

IT/investors/financial_information_reports/sustainability_reports/sustainability_reports/FCA_2018_Sustainability_Report.pdf#page=3

Battery & ELECTRIFICATION

Jhon Warner (Maggio, 2015), *The Handbook of Lithium-Ion Battery Pack Design*, Radarweg 29, 1000 AE Amsterdam, Netherlands: Elsevier https://books.google.it/books?id=Mbd7BgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false

Autosas S.p.a. (April, 2019), *Motori Ibridi Ford. Le 4 tecnologie disponibili,* Via della Cupola, 249 50145 Firenze: Autosas S.p.A. https://www.autosas.it/chi-siamo/eventi-e-news/prodotti-ford/motori-ibridi-ford-le-4-tecnologie-disponibili

Iperauto (Maggio, 2019), *Le differenze tra Mild Hybrid, Hybrid, Plug-In Hybrid, Electric,* via Industriale 41/1/3/4 Berbenno di Valt.na (SO): Iperauto SpA. https://www.iperauto.it/blog/info-e-mercato/le-differenze-tra-mild-hybrid

FCA Group (Settembre, 2019), *INNOVATION: ELECTRIFICATION AND SCM – ELECTIVE COURSE,* 25 St James's Street, London SW1A 1HA, United Kingdom: Fiat Chrysler Automobiles

Omar Fumagalli (Ottobre, 2019), *Quale ibrido, Confronto: motorizzazioni HEV e PHEV sulla stessa auto [schede tecniche],* Via Melzo, 9, Milano, Italy: AutoMoto.it https://www.automoto.it/elettrico/auto-ibride/quale-ibrido-confronto-motorizzazioni-hev-e-phev-sulla-stessa-auto-schede-tecniche.html

Gestione dei flussi logistici e delle scorte nei magazzini

Patrizia Licata (Agosto 2019), *Lean management: la strategia in 5 tappe che rende la forza sul campo più efficiente*, Via Copernico, 38, Milano, Italy: ICT&Strategy S.r.l. – Gruppo DIGITAL360 https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/supply-chain-management-cose-e-perche-e-importante-per-le-aziende/

Jobbydoo, *Il Supply Chain Manager: Chi è e Cosa Fa il Responsabile della Supply Chain*, Via Ticinello 22, 27100 Pavia, Italy: Fabulabs S.p.A. https://www.jobbydoo.it/descrizione-lavoro/supply-chain-manager

APICS Italian (2014), *RESPONSABILE DELLA SUPPLY CHAIN MODELLO DELLE COMPETENZE*, 8430 West Bryn Mawr, Suite 1000, Chicago, IL 60631 USA: APICS Not-for-profit organization https://www.lovecchioconsulting.it/C/APICS%20CompetencySCM%20_Italian.pdf

C. H. Robinson (June, 2019), *Truckload vs. Less than Truckload: What's the difference?*, Eden Prairie, Minnesota, U.S.: C.H. Robinson Worldwide, Inc. https://www.freightquote.com/blog/less-than-truckload-vs-truckload-freight-whats-the-difference/

Marben Acosta Terán (March, 2019), *WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN FULL TRUCK LOAD AND LESS THAN TRUCKLOAD (LTL)?*, 7667 Rue Cordner, LaSalle, QC H8N 2X2, Canada: MEXICOM LOGISTICS https://mexicomlogistics.com/what-is-the-difference-between-full-truck-load-and-less-than-truckload-ltl/

Confindustria Udine – Trasporti, dogane e commercio internazionale (Marzo, 2019), *IL TRASPORTO SU STRADA DELLE MERCI PERICOLOSE: LA NORMATIVA ADR - GUIDA OPERATIVA*, Udine, Italy: Confindustria Udine https://www.testo-unico-sicurezza.com/_media/guida-adr-2019.pdf

Antonio Nevani (Aprile 2016), *Conoscere la LOGISTICA - Ambito Nautico*, Via della Vite 30, 41121 Modena, Italy: Digital Index Editore https://books.google.it/books?id=ujQEDAAAQBAJ&pg=PT474&lpg=PT474&dq=tipologie+di+rimorchio+e+saturazione+a+volume&source=bl&ots=wajqI_aqlo&sig=ACfU3U3C9rCgjIxd9csbxWbwkl3_La9Y4g&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwjzjenHvujnAhWJY8AKHXzmCToQ6AEwAnoECAgQAQ#v=onepage&q&f=true

LogisticaEfficiente.it, *CARRELLO RETRATTILE,* Via Stilicone 12 - 20154 Milano: MLC Consulting Srl https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/magazzino/carrello-retrattile.html

Gianfranco Vignati (2002), *Manuale di Logistica,* Via Hoepli 5, 20121, Milano, Italy: Urlico Hoepli Editore SpA.
https://www.hoepli.it/libro/manuale-di-logistica/9788820344900.html?origin=google-shopping&gclid=EAIaIQobChMIob2Gwr7q5wIVHIGyCh2OnQKDEAQYASABEgINcfD_BwE

Mecalux, *Scaffalature Portapallet,* 1600 North 25th Ave. Melrose Park, Chicago, IL 60160, United States:Mecalux SA
https://mecaluxit.cdnwm.com/cataloghi/portapallet-convenzionale.1.3.pdf#_ga=2.6320372.779260798.1582558257-1552185505.1582294118&_gac=1.242405046.1582558257.EAIaIQobChMIzffX3prj5wIVAbTtCh3MBQAAEAAYASAAEgIUsfD_BwE

Jungheinrich (Dicembre, 2019), *Carrello Retrattile*, Schnackenburgallee 24, 22525, Hamburg, Germany: Jungheinrich AG
https://www.jungheinrich.it/resource/blob/780442/d9e6090cdf1ce9d52e36fea3174b70be/etv-c-factsheet-it-2019-12-pdf-data.pdf

Jungheinrich (Dicembre, 2019), *Carrello elevatore a quattro ruote*, Schnackenburgallee 24, 22525, Hamburg, Germany: Jungheinrich AG
https://www.jungheinrich.it/resource/blob/780370/75545b920da12e1af827b38557f372c4/efg-3-factsheet-it-2019-12-pdf-data.pdf

TopCar (2012), *Carrelli Elevatori FLEXI*, Via Massimo D'Antona, 2/4, BULCIAGO (LC), Italy: TOPCAR Movimentazione e Logistica s.r.l.
https://www.topcarsrl.com/carrelli-elevatori-flexi.php

TopCar (2012), *Carrello AC 1000*, Via Massimo D'Antona, 2/4, BULCIAGO (LC), Italy: TOPCAR Movimentazione e Logistica s.r.l.
https://www.topcarsrl.com/dettaglio-om.php?id=74

ANALISI SWOT

Robert M. Grant (2016), *L'analisi Strategica per le decisioni aziendali (Quinta edizione)*, Strada Maggiore 37, 40125, Bologna: Società editrice il Mulino