POLITECNICO DI TORINO
Collegio di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

Implementazione di un approccio analitico nella gestione delle scorte 3PL in Exide Technologies

Relatore

prof. *Maurizio Schenone*

Candidato

Giacomo Rabino

AA 2019/2020

Ai miei genitori, ai miei nonni, a mio fratello.

A tutti coloro che mi sono amici, a chi c'è e a chi c'è stato.

A coloro che mi hanno aiutato nel perseguire

i miei obiettivi e hanno creduto in me.

Sommario

Introduzione **7**

1 La Batteria **11**

1.1 La batteria al Piombo 11

1.1.1 Reazioni elettrochimiche *13*

1.1.2 Componenti *14*

1.2 Batterie trattate & classificazione aziendale 17

1.2.1 Confronto tra batterie al Piombo e al Litio *18*

1.2.2 Tipologie di batterie piombo-acido *19*

1.2.3 Classificazione aziendale *23*

1.2.4 Classificazione tecnologica *25*

1.3 Ricarica: perché, ogni quanto 29

1.3.1 Direttive Exide stock management *32*

1.4 Constraints 33

2 Il Magazzino **36**

2.1 La gestione Gi.Ber SRL 39

2.1.1 Il gestionale TWS e la giacenza *41*

3 Lo sviluppo del progetto **42**

3.1 Sviluppo & Data Gathering 43

3.2 Data analysis 48

4 Risultati **56**

4.1 Considerazioni 56

4.2 Risultati analitici della gestione preventiva 58

5 Proiezioni **61**

5.1 Nel breve termine 61

5.2 Nel medio-lungo termine 62

6 Glossario **64**

7 Bibliografia **66**

Indice tabelle e figure

1 – Schema funzionamento cella di un accumulatore Piombo-acido 12
2 – Sezioni dall'alto di diverse tipologie di griglie 15
3 – Flusso di produzione delle griglie 15
4 – Esploso di una batteria Exide 17
5 – Confronto dei punti di forza tra batterie con tecnologia al Piombo e agli ioni di Litio 18
6 – Composizione del magazzino 21
7 – Dettaglio codice punzonatura termostampata su coperchio batteria 23
8 - Esempio codice GPN con legenda 24
9 - Specifiche batterie "dry" 25
10 - Sottoclassificazione batterie "dry" 26
11 – Specifiche batterie "Wet Sb/Ca" 27
12 - Specifiche batterie "Wet Ca/Ca" 27
13 - Specifiche batterie "Agm-Gel" 28
14 - Specifiche batterie al Litio 29
15 – Relazione tra densità elettrolita e SoC 30
16 – Relazione tra SoC e OCV di un accumulatore Piombo-acido al calcio 31
17 – Politica di gestione accumulatore Piombo-acido tradizionale addizionato al Calcio 33
18 – Curva di scarica batteria al piombo-acido discretizzata 35
19 - Blueprint del magazzino 37
20 – Linee di etichettatura del magazzino 38
21 – Estratto dal file giornaliero relativo alla giacenza 41
22 - Estratto della giacenza elaborata da Gi.Ber 45
23 - Rilevazioni punti caldi magazzino 04/07/19 46
24 - Dati metereologici da "ilmeteo SRL" 47
25 - Striscia termometrica Thermax, esposizione di 15 gg al sesto piano del magazzino 47
26 - Analisi ABC con classe indicata nella colonna J 49
27 - Analisi FastMovers 50
28 - Query SQL 51
29 - Modulo VB 52

30 - Richiamo modulo VB e calcolo stima SoC 52
31 - Estratto della giacenza Gi.Ber processata 53
32 - Controllo con incrocio ordini e giacenza TWS processata 54
33 - Estratto da piano di preparazione di agosto 2019 55
34 - Schema della tecnologia comunicativa EDI tra aziende 57
35 - Risultati analitici 59
36 – Vendite batterie AM nel triennio FY18-19-20 60

Introduzione

Questo elaborato di tesi è stato sviluppato in seguito allo svolgimento di un tirocinio curricolare presso Exide Technologies, un'azienda manufatturiera americana leader mondiale nella produzione di diverse tipologie di batterie al piombo-acido.

L'azienda nasce in America nel 1888 a Philadelphia, negli USA. La sede di svolgimento delle attività di tirocinio è stata lo stabilimento italiano di Romano di Lombardia, in provincia di Bergamo. Le batterie prodotte da Exide Technologies sono destinate a principalmente a rifornire le case madri produttrici di mezzi di trasporto ed il mercato aftermarket della ricambistica.

La permanenza in azienda mi ha permesso di venire in contatto con il segmento degli autoricambi nel settore automotive, in particolare con l'ambito di gestione dello stock a magazzino, prima della fase di vendita al cliente.

Il magazzino in questione, oggetto di svolgimento del progetto che ho seguito, è designato allo stoccaggio delle batterie piombo-acido ed ha una capienza massima che sfiora 300.000 pezzi. La proprietà del magazzino è di un'azienda terza, Gi.Ber SRL, che fornisce ad Exide Technologies prestazioni di manovalanza e manodopera.

Il mercato di riferimento relativo al progetto sviluppato è quello della ricambistica, chiamato anche mercato dei pezzi aftermarket. A livello economico per mercato aftermarket si intendono le transazioni post-vendita realizzate dai professionisti del mondo della riparazione e distribuzione della ricambistica.

Il mercato dei ricambi è direttamente collegato alla spesa effettuata annualmente in manutenzione. Secondo "Il Sole 24 Ore" (2019) gli italiani spendono annualmente circa € 13 miliardi in manutenzione di autoveicoli. Da uno studio realizzato tra maggio 2015 e aprile 2016 da "Gipa Italia", società di ricerca sui mercati del post-vendita automotive, è emerso che il suddetto mercato abbia un valore superiore a quello relativo alla vendita di automobili nuove.

Exide Technologies si identifica sia come operatore *OE* (Original Equipment) nella fornitura di pezzi originali alle case madri produttrici di automezzi, sia *IAM* (Independent Aftermarket Manufacturers) come fornitore nel mercato dei pezzi di ricambio.

In un mercato così importante le aziende devono fronteggiare diversi competitors indipendenti *IAM*, le case automobilistiche stesse, gli operatori *OE*, ma anche il mercato dei pezzi contraffatti. Secondo un rapporto della Guardia di Finanzia, fornito da "Anfia", soltanto nel periodo tra gennaio 2014 e marzo 2016 sono stati sequestrati oltre 1,6 milioni di parti non

conformi per auto, moto e biciclette. Risulta perciò molto importante per le aziende implementare attenti controlli sui propri prodotti lungo tutta la catena di distribuzione.

Nel mercato attuale, bisogna fronteggiare molta concorrenza che con il mondo dell'e-commerce è aumentata rispetto ai decenni passati. Per guadagnare la propria share nel mercato di riferimento e mantenere *competitive advantage* è necessario prevedere e pianificare le azioni da attuare in futuro, senza lasciare nulla al caso.

Nella gestione del prodotto a magazzino questo si realizza quando vengono implementate delle tecniche di stock management definite *lean,* che derivano da un approccio chiamato *lean management*. Questo consiste in un insieme di pratiche che permettono di ridurre al massimo tutte quelle attività che non portano un valore aggiunto al prodotto finale, eliminando gli sprechi (waste).

Per implementare in modo efficace una gestione lean del magazzino è necessario avere a disposizione dei dati efficaci, ovvero affidabili, aggiornati e indispensabili. Occorre effettuare uno studio sui flussi compiuti dai materiali, dall'arrivo in magazzino alla spedizione. In questo modo è possibile individuare in quali step del processo si verificano inefficienze ed agire di conseguenza. Prima di passare ai fatti è quindi necessario raccogliere determinate informazioni, quelle proprie dei prodotti a stock (come età del pallet, numero batch, modello…) e quelle relative allo svolgimento delle operazioni dei magazzinieri.

Durante i miei mesi di permanenza in Exide Technologies ho sviluppato un progetto riguardo l'automatizzazione dell'analisi dei dati relativi allo stato del magazzino, giorno per giorno, al fine di diminuire i tempi necessari alla previsione e programmazione della manutenzione dello stock di batterie. Oltre a ciò, ho effettuato alcune indagini sui processi svolti in magazzino e sulle caratteristiche dello stesso, per scovare inefficienze di processo e comunicazione. Parallelamente ho svolto la pianificazione della manutenzione dello stock utilizzando i tool da me elaborati.

Il magazzino in questione è di proprietà di un'azienda terza, denominata Gi.Ber SRL, che fornisce ad Exide Technologies servizi di manodopera e logistica. Il magazzino ha una capienza massima di quasi 300.000 pezzi ed è designato allo stoccaggio di batterie piombo-acido destinate al mercato dei pezzi di ricambio, detto "aftermarket". Questo implica che gli ordini che riceve il suddetto magazzino siano spesso di grandezze diverse, a seconda delle esigenze dei clienti, e possano contenere anche prodotti con caratteristiche molto diverse tra loro.

Il trend delle vendite del mercato aftermarket (AM) annualmente registra un picco deli volumi delle vendite tra il mese di settembre ed il mese di ottobre. Questo si verifica a causa delle alte temperature che si raggiungono durante i mesi estivi, le quali hanno l'effetto di diminuire la

vita utile delle batterie piombo-acido negli autoveicoli e ne sancisce la fine quando queste sono in esercizio già da qualche anno.

I fornitori di ricambi e gli autoriparatori, principali clienti del mercato aftermarket di Exide Technologies, a seguito di questi avvenimenti schedulano i loro approvvigionamenti di batterie concentrandoli nei mesi che seguono la fine del caldo estivo.

Pertanto, la gestione a magazzino delle batterie piombo-acido a partire dal periodo di marzo è finalizzata ad agevolare le operazioni che si vanno a svolgere nei mesi di picco, a fine estate.

L'obiettivo finale si può riassumere come la gestione e la pianificazione delle operazioni di gestione dello stock, secondo una logica supportata da data analysis e dall'implementazione di pratiche sostenibili e scalabili in termini di tempo e risorse.

In magazzino le operazioni di gestione del prodotto riguardano principalmente:

- Il controllo delle batterie per verificarne e stimarne lo stato di carica (SoC).
- La ricarica periodica delle batterie per mantenerne le caratteristiche tecniche ed evitarne il deperimento durante il periodo di stoccaggio, nonché per garantire la consegna del prodotto in stato di carica ottimale.
- L'etichettatura di batterie che vengono stoccate "anonime", ovvero sprovviste di etichetta. Questo accade perché uno stesso modello può essere a clienti diversi con le proprie esigenze.

Nel **primo capitolo** è presente una spiegazione tecnica relativa al funzionamento della batteria al piombo-acido e una breve illustrazione della sua storia. La necessità di manutenzione delle batterie durante i mesi che trascorrono in magazzino è dettata dai componenti chimicamente attivi che contengono. Il capitolo prosegue con un'analisi dei vincoli imposti dalla situazione.

Il **secondo capitolo** tratta nel dettaglio le caratteristiche il magazzino di riferimento, descrivendone le caratteristiche tecniche e la metodologia di lavoro tra Exide Technologies e il fornitore di manodopera e logistica Gi.Ber SRL. Successivamente è stato effettuato un approfondimento relativo alla gestione presente nel magazzino Gi.Ber.

Lo sviluppo del progetto viene affrontato nel **terzo capitolo.** Per rendere chiaro al lettore lo svolgimento delle attività del progetto e gli attori coinvolti viene spiegata la composizione del dipartimento di logistica, dove ho avuto modo di collaborare, e la sua correlazione relativamente ad altri dipartimenti di Exide Technologies, a Gi.ber, ai clienti e ai fornitori.

Vengono illustrate fondamenta teoriche della gestione adottata, della previsione della domanda e della classificazione ABC, in modo da chiarire la linea di intervento adottata sui processi. Il capitolo prosegue illustrando lo svolgimento del progetto, a cominciare dal raccoglimento dei dati fino al loro processamento ed utilizzo.

Vengono introdotti i tool informatici necessari ad automatizzare le operazioni di estrazione dei dati e le leve su cui è possibile agire per effettuare la manutenzione dello stock. Alla fine del capitolo si presenta l'insieme delle operazioni day to day da svolgere giornalmente per garantire un efficace funzionamento aiuto nella realizzazione dei piani di preparazione.

Il **quarto capitolo consiste** nella stesura dei risultati del progetto. Il confronto viene effettuato analizzando alcuni KPI riguardo le performance del magazzino e della logistica, in termini di riduzione dei complaint tra gli stessi periodi dell'anno 2018 e 2019.

Infine, nel **quinto capitolo**, vengono formulate ed esposte alcune considerazioni riguardo possibili interventi futuri, le proiezioni, sulla base di quanto analizzato e percepito necessari durante il periodo di lavoro. Le proiezioni sono suddivise tra breve e medio-lungo termine, in relazione al trade off di risorse, benefici e priorità, dettate dall' urgenza delle necessità stesse.

Alla fine del trattato è presente un **glossario**, consultabile in qualunque momento dal lettore, contenente alcune definizioni relative ai termini più tecnici e relativi al settore automotive.

Segue una sezione contenente la **bibliografia** della tesi dove sono citate le fonti relative ad alcune affermazioni e ad alcuni dati presenti nell'elaborato.

1 La Batteria

Per comprendere nel dettaglio il comportamento e le caratteristiche della batteria piombo-acido post-produzione, durante lo stoccaggio e l'utilizzo della stessa è necessario studiarne la composizione ed il funzionamento. Questo capitolo, di natura propedeutica ai successivi, permette di comprendere alcuni aspetti della gestione a magazzino. Infatti, questa gestione può risultare ostica sotto certi aspetti e pertanto necessita di essere attentamente pianificata.

In seguito, vengono illustrati i vari componenti della batteria piombo-acido e le reazioni elettrochimiche che avvengono all'interno, preceduti da una breve introduzione storica.

1.1 La batteria al Piombo

L'accumulatore al piombo-acido nasce nel 1859 dagli studi del fisico francese **Gaston Planté**.

La batteria, per definizione, si riferisce al collegamento di due o più elementi tra loro, uno di fianco all'altro. Esiste una distinzione tra due tipologie di batterie, quelle *primarie* e quelle *secondarie*.

Sono chiamate batterie *primarie* quelle batterie che possono essere utilizzate una volta sola: non possono venire ricaricate la loro vita utile si esaurisce con un solo ciclo di utilizzo. Queste vengono denominate pile.

Le batterie *secondarie* sono invece quelle che possono essere ricaricate ed utilizzate più volte, e scientificamente vengono definite accumulatori: è questo il caso del prodotto trattato in questa tesi.

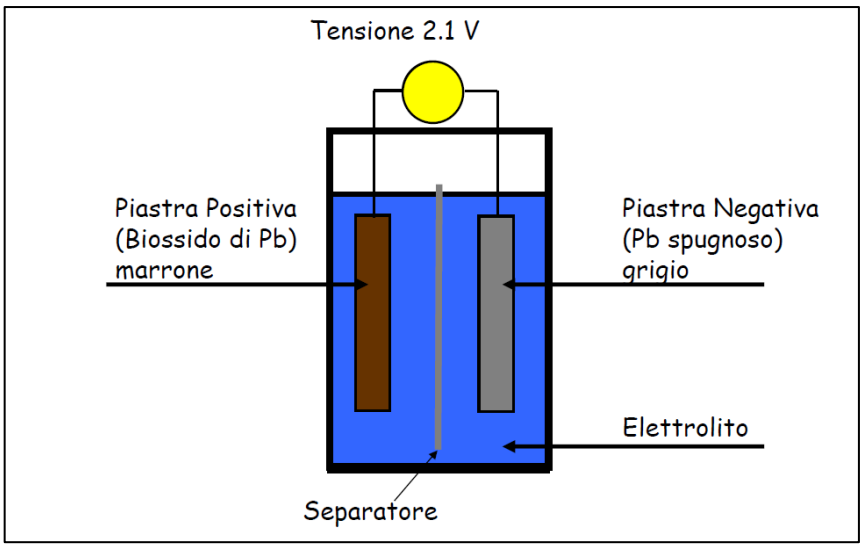
Nella stesura dell'elaborato, per semplicità e per familiarità con il termine da parte del lettore, viene fatto riferimento all'accumulatore piombo-acido come "batteria".

Una batteria piombo-acido è un dispositivo che permette l'accumulo di energia elettrica attraverso l'avvenimento di un processo elettrochimico: conseguentemente è possibile il rilascio controllato dell'energia elettrica sotto forma di corrente continua. La batteria può essere ricaricata e riutilizzata per un certo numero di volte, fino ad arrivare al deterioramento delle componenti chimicamente attive presenti al suo interno e alla fine della vita utile.

Dagli studi di Gaston Plantè ad oggi la batteria piombo-acido si è evoluta seguendo il processo tecnologico, che ha permesso di migliorarne le caratteristiche tecniche e l'affidabilità, riducendone la pericolosità durante l'utilizzo e nel trasporto. Tuttavia, la reazione elettrochimica alla base del funzionamento è sempre la stessa del 1859.

La singola cella di una batteria presenta una tensione nominale di 2,1 V [Volt] ed è formata da due piastre, una positiva ed una negativa, immerse in un elettrolita e separate da una membrana. Normalmente la batteria è composta di 6 celle, generando all'incirca una differenza di potenziale di circa 12 V.

Di seguito è presente un semplice schema che permette la comprensione della composizione di una cella da 2,1 V al suo interno:



1 – Schema funzionamento cella di un accumulatore Piombo-acido

Le caratteristiche tecniche di una batteria piombo-acido vengono generalmente definite da 3 fattori principali: tensione nominale (V), capacità (Ah) e corrente di scarica a freddo (A).

La **tensione nominale (V)** indica la differenza di potenziale nominale misurata ai poli terminali della batteria (positivo e negativo) a circuito aperto (Open Circuit Voltage, OCV).

Per quanto riguarda la **capacità** (**Ah**) della batteria, misurata un Ampere*h, si intende la quantità di elettricità che può essere erogata scaricando l'accumulatore, ad un determinato regime, fino ad una tensione prestabilita. Per le batterie avviamento, ovvero quelle batterie che devono garantire una scarica profonda per un numero molto elevato di cicli, le norme internazionali valutano la capacità alla scarica in 20 ore, secondo il *protocollo C20*. Secondo questo protocollo si considera terminata la scarica quando la tensione è scesa sotto un valore di 10,5 V per una batteria da 12 V a 25 °C. La capacità della batteria è funzione della quantità di materiali chimicamente attivi (polo positivo, polo negativo ed elettrolita) presenti nell'accumulatore: maggiore è la capacità della batteria, più ingombrante e pesante sarà la stessa.

La **corrente di scarica a freddo**, misurata in Ampere (A), fornisce un'indicazione riguardo l'attitudine dell'accumulatore durante la procedura di avviamento di un ipotetico veicolo. In gergo, è indicata anche come corrente di spunto. Il valore in Ampere si ottiene scaricando la batteria partendo da una situazione di carica completa, con una corrente prestabilita, in condizioni ambientali avverse a circa –18 °C. Viene poi misurata la tensione raggiunta ad intervalli di tempo definiti e il tempo richiesto dalla batteria per raggiungere la minima tensione ancora accettabile. La prestazione della batteria nella scarica a freddo è funzione diretta della dimensione delle piastre, della superficie esposta all'acido e quindi della porosità delle materie attive. È per questo motivo che la batteria di un'automobile è più contenuta di quella di un autotreno, ad esempio, in quanto il motore ed i servizi ausiliari del mezzo richiedono maggiore corrente di spunto e capacità.

1.1.1 Reazioni elettrochimiche

La reazione chimica che avviene in una batteria piombo-acido è detta reversibile, perché una volta avvenuta è possibile ripristinare i composti chimici iniziali. La reazione che avviene è ovviamente diversa tra polo positivo e negativo, durante la scarica e carica.

Sull'elettrodo negativo avviene la reazione anodica, ovvero il piombo (Pb) delle piastre negative reagisce con l'acido solforico andandone a formare i sali di solfato di piombo.

La reazione anodica, **polo negativo** in fase di scaricamento:

$$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$$

E inversamente in fase di carica:

$$PbSO_4 + 2e^- \rightarrow Pb + SO_4^{2-}$$

Al **polo positivo**, il catodo, avviene la seguente reazione in fase di scarica:

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

Mentre durante la carica la reazione avviene inversamente, infatti, la corrente fornita permette di dissolvere il solfato di piombo e far tornare la batteria allo stato precedente:

$$PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^-$$

La **reazione complessiva** che avviene all'interno della batteria è la seguente:

In fase di scarica:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

In fase di carica:

$$2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$$

Caricando l'accumulatore con un generatore di corrente continua collegato ai poli della cella, viene invertito il passaggio degli elettroni. In questo modo si forza lo spostamento delle cariche elettriche negative dalle piastre positive, ripristinando la differenza di potenziale ed i composti chimici. Il solfato di piombo $PbSO_4$ che si era depositato sulle piastre si dissolve, staccandosi dalle piastre e aumentando la densità della soluzione elettrolita.

Il solfato di piombo è un pessimo conduttore di elettricità. Nella fase di scarica, ovvero di stoccaggio e uso della batteria, questo si deposita sulle piastre dell'accumulatore, riducendo la conducibilità delle stesse.

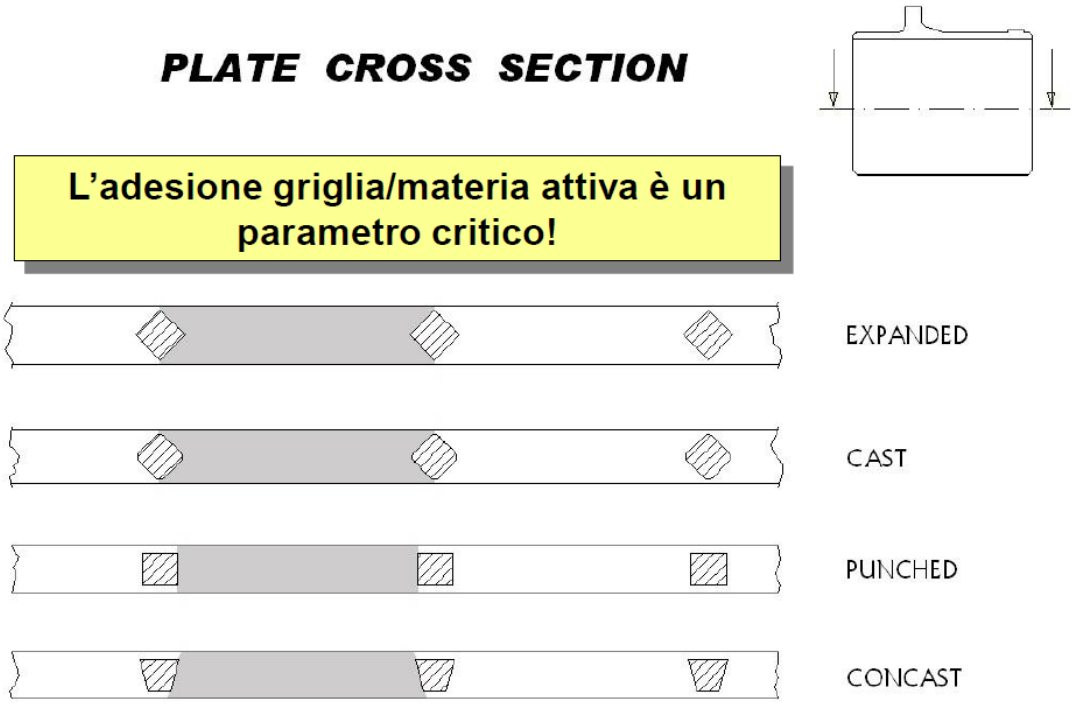
Conseguentemente anche la soluzione elettrolita perde conducibilità, a causa della diminuzione della densità dovuta ai composti sulfurei che vengono formati. La resistenza interna della batteria aumenta, infatti in una batteria soggetta al fenomeno della solfatazione la tensione misurata ai capi può risultare ingannevolmente più alta del normale.

Questo fenomeno è denominato **solfatazione** e nell'utilizzo della batteria, con l'invecchiamento della stessa, è un avvenimento permanente ed irreversibile. Se la batteria viene mantenuta carica e si evita la scarica completa il fenomeno della solfatazione può essere minimizzato e ritardato, permettendo alla batteria di durare per la sua naturale longevità.

1.1.2 Componenti

La batteria piombo-acido è composta da piastre di piombo, formate da griglie ed elettrodi, a bagno in una soluzione acida detta elettrolita. Nel contenitore in plastica (polipropilene) della batteria sono presenti dei separatori che fungono da isolante tra le piastre positive e negative.

Le **griglie** formano la struttura portante degli elettrodi nelle celle della batteria e fungono anche da collettore di corrente, ovvero conducono l'elettricità fino all'utilizzatore esterno. Sulla superficie delle griglie viene spalmato un impasto di materiale chimicamente attivo, che va a formare gli elettrodi.



2 – Sezioni dall'alto di diverse tipologie di griglie

I materiali base con cui vengono realizzate sono leghe di Piombo con Antimonio (Sb) o Calcio (Ca), per garantire stabilità sia meccanica che chimica. Le percentuali nella lega variano: è presente tra 0.6 e 3.5% di Antimonio o tra 0.08 e 0.12% di Calcio. In Exide Technologies le griglie vengono prodotte con la fusione e laminazione della lega di piombo: il nastro laminato viene poi espanso tramite procedimenti meccanici che ne conferiscono la forma richiesta.

3 – Flusso di produzione delle griglie

La creazione della griglia potrebbe anche avvenire non per espansione ma direttamente per fusione (cast o in continuous casting) o per pressatura (punching). Adottare una tecnica piuttosto che un'altra va a conferire un profilo diverso alla struttura della griglia, come si può notare dalla figura precedentemente mostrata.

È dimostrato che con l'espansione del materiale si forma una griglia con una sezione che garantisce un'alta adesione dell'impasto, conferendo un'ottima affidabilità ed efficienza di esercizio nel tempo.

Gli elettrodi sono formati da un impasto chimicamente attivo contenente una miscela di ossido di piombo e altri additivi. Gli additivi sono in parte comuni tra l'elettrodo negativo e quello positivo. Tra questi figurano l'acido, che favorisce le reazioni elettrochimiche e crea porosità, e l'*acqua*, che conferisce plasticità favorendo la spalmatura dell'impasto. Un'ulteriore additivo è la *fibra artificiale* che rafforza il legame fisico delle particelle e migliora dunque la durata di vita.

Vi sono ulteriori elementi che vengono addizionati solamente all'impasto destinato all'elettrodo negativo, il quale come vedremo in seguito è sottoposto a diversi stress e diverse reazioni rispetto all'elettrodo positivo. Tra questi vi è il *solfato di bario*, che fornisce un punto di crescita dei cristalli di solfato permettendo la scarica rapida anche a basse temperature migliorando l'avviamento. Altri additivi dell'elettrodo negativo sono l'*espansore (Vanisperse),* che consente di creare ulteriore porosità, e i *carboni attivi,* che favoriscono la ricaricabilità dell'accumulatore.

La combinazione formata dalla griglia e dall'adesione su di essa dell'impasto definisce la piastra. A seconda dell'impasto ed i suoi additivi, elencati poco fa, la piastra può essere destinata all'elettrodo positivo o negativo.

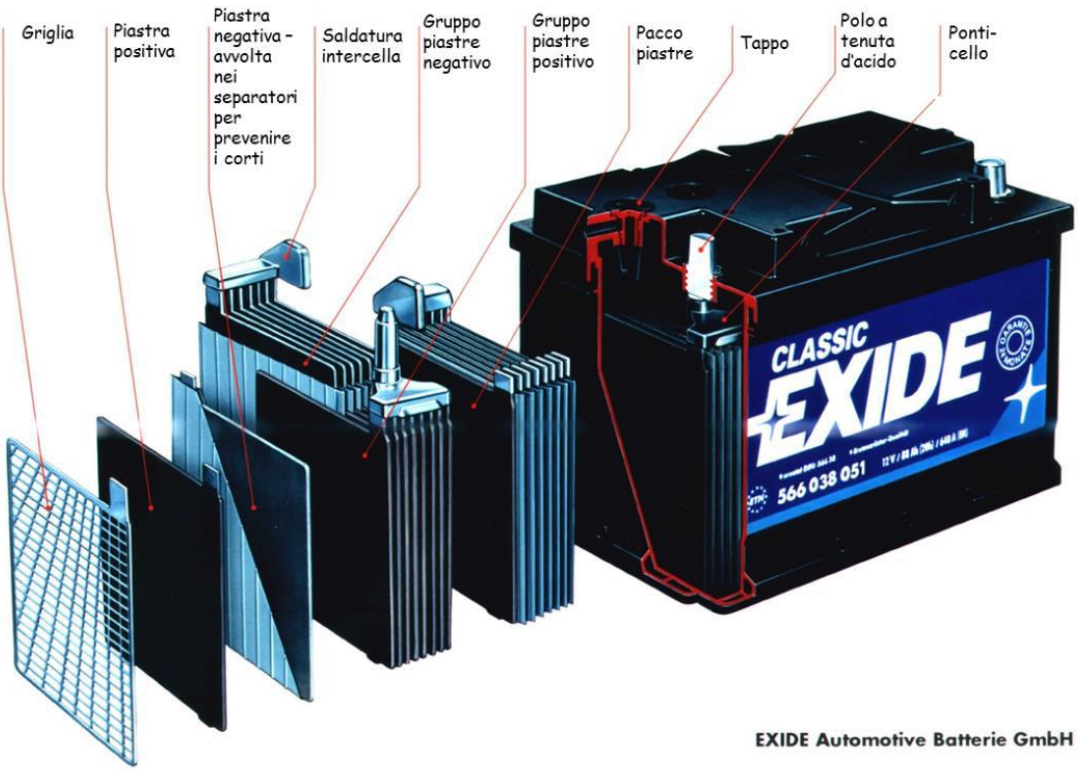
All'interno della batteria le piastre vengono a contatto con l'**elettrolita**, costituito da acido solforico diluito in acqua. Questo materiale agisce da conduttore e permette il movimento degli ioni elettrici tra le piastre positive e negative quando la batteria viene ricaricata o scaricata.

Inoltre, l'acido ha un ruolo nel processo di scarica in quanto gli ioni reagiscono chimicamente con gli elettrodi per produrre solfato di piombo.

Le piastre non vengono in contatto fisico tra di loro ma solo con l'elettrolita. Non possono toccarsi perché ciò causerebbe un cortocircuito della batteria. Per evitare ciò le piastre vengono divise dai **separatori**, delle membrane realizzate in materiale adatto a resistere alle condizioni di temperatura e di acidità all'interno della batteria.

Generalmente il separatore è realizzato in polietilene (PE) e deve presentare una certa porosità (50-70%) per garantire la conduzione degli ioni da una piastra all'altra (dimensioni < 1 μm) e delle nervature, chiamate *rib*, per mantenere un certo distanziamento tra le piastre.

Queste parti sono contenute all'interno di un contenitore, normalmente realizzato in polipropilene (PP), un tipo di plastica resistente ma leggera. Il PP garantisce caratteristiche meccaniche adatte anche in ambiente freddo, non viene eroso dall'acido solforico e può resistere agli altri fluidi chimicamente aggressivi (carburante, olio freni, liquido radiatori) normalmente presenti all'interno di un veicolo.



4 – Esploso di una batteria Exide

1.2 Batterie trattate & classificazione aziendale

Al giorno d'oggi le batterie sono prodotte in numerose varianti, ognuna con caratteristiche che vanno a soddisfare diverse esigenze d'impiego.

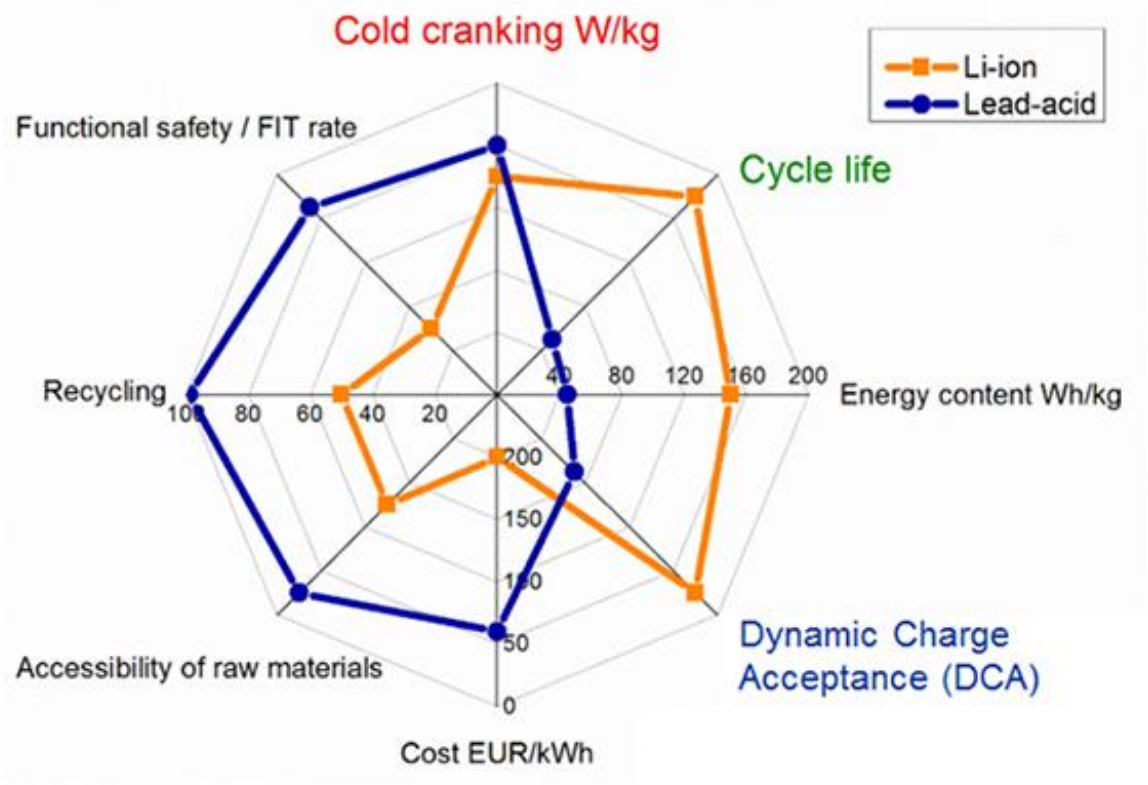
Al giorno d'oggi le batterie piombo-acido sono ancora, dopo decenni di utilizzo, un prodotto molto competitivo sul mercato grazie ai costi di produzione contenuti ed i processi di produzione ottimizzati. Oltre a ciò, le materie prime necessarie alla produzione sono largamente accessibili e le batterie esauste presentano un'elevata riciclabilità, vicina al 100%. Quest'ultimo aspetto risulta molto importante per il business delle batterie piombo-acido, in un mondo industriale che si indirizza sempre più verso il riciclaggio e la diminuzione dell'impatto ambientale.

1.2.1 Confronto tra batterie al Piombo e al Litio

Negli ultimi decenni sono state sviluppate e sono entrate nel mercato le batterie agli ioni di litio, che garantiscono un'energia specifica decisamente maggiore a quelle al piombo-acido, permettendo di ridurre peso e dimensioni.

I vantaggi della batteria piombo-acido, d'altro canto, la rendono ancora un oggetto appetibile sul mercato e difficilmente sostituibile, laddove il peso e la dimensione della batteria non vanno a creare problemi. Il suo utilizzo risulta decisamente più conveniente rispetto alle batterie agli ioni di litio nelle applicazioni come avviamento di motori a combustione interna, batterie in carrelli elevatori e come gruppi di continuità nel mondo delle telecomunicazioni.

Le batterie piombo-acido garantiscono prestazione maggiori degli ioni di Litio a basse temperature, il che giustifica ulteriormente il vantaggio nell'utilizzo nel mondo dei trasporti, dove l'avviamento di un automezzo deve essere garantito sia in condizioni calde che molto fredde, come nella stagione invernale.



5 – Confronto dei punti di forza tra batterie con tecnologia al Piombo e agli ioni di Litio

Il grafico mostrato raffigura e confronta diversi punti di forza delle batterie piombo-acido e delle batterie agli ioni di Litio. Come si evince osservandolo, le categorie dove le batterie agli

ioni di litio performano meglio delle batterie piombo-acido riguardano la **vita utile** (life-cycle), l'**energia specifica** e la **DCA**, ovvero il maggior numero di condizioni possibili (T°, SoC, età) che potenzialmente garantiscono una ricarica corretta.

Queste risultano però solo in parte riciclabili, più costose a livello di produzione e di difficile stoccaggio, perché necessitano di una particolare cura in quanto infiammabili e quindi pericolose da maneggiare e mantenere. Nel magazzino 3PL di Exide sono presenti in misura inferiore all'1%.

In quanto alla riciclabilità, l'accesso alle materie prime, la sicurezza durante l'esercizio e il costo di produzione le batterie piombo-acido sono migliori rispetto a quelle agli ioni di litio.

Principalmente nel magazzino di riferimento sono presenti batterie piombo-acido, che rappresentano il core business di Exide Technologies.

1.2.2 Tipologie di batterie piombo-acido

Tra le batterie piombo-acido a stock esistono due categorie di batterie, da differenziare in quanto necessitano di attenzioni completamente diverse dal punto di vista della manutenzione del prodotto a magazzino. Le categorie a cui si fa riferimento sono quella delle batterie "**dry**", ovvero stoccate e vendute senza essere state attivate, e quelle invece denominate "**wet**", che vengono vendute già attivate, ovvero dopo essere state formate e adeguatamente ricaricate.

Le batterie wet sono generalmente preferibili alle dry in termini di durata nel tempo e affidabilità durante l'utilizzo. Tutte le batterie di primo impianto, ovvero quelle batterie fornite alle case costruttrici di autoveicoli per essere installate sulle nuove produzioni sono batterie appartenenti alla categoria wet.

La formazione è un processo che può essere definito come di "*inizializzazione*" della vita della batteria. In sostanza ci si riferisce alla fase in cui viene aggiunto acido alla batteria per la prima volta e conseguente alla prima ricarica. Quest'ultima deve avvenire lentamente, ovvero fornendo alla batteria un livello di corrente minore di quello standard di ricarica: è un processo che deve avvenire in modo controllato per permettere ai reagenti di cominciare la reazione chimica senza pericolo di surriscaldamento. Alla fine di questo processo la batteria diventa operativa, ovvero diventa capace di fornire energia elettrica.

Una formazione troppo veloce può accadere nel caso che venga fornita una corrente ritenuta troppo elevata alle batterie, che genererebbe troppo calore e rischierebbe di rovinare irrimediabilmente la batteria.

Alla luce di questo processo che interessa le batterie wet, vien da sé intendere che questa tipologia necessita di un processo di produzione più lungo e dispendioso.

Oltre a questo step di *inizializzazione*, le batterie wet, durante il periodo di stoccaggio a magazzino, devono essere tenute sotto controllo periodicamente e ricaricate quando necessario o secondo certi intervalli di tempo prestabiliti. Le caratteristiche elettrochimiche delle batterie **wet** le rendono inoltre sensibili ai cambiamenti di temperatura e umidità. Richiedono cura durante le operazioni di spostamento e le spedizioni, in quanto a seconda dei modelli possono spillare acido se capovolte o inclinate.

Le batterie dry, d'altra parte, non necessitano di manutenzione in magazzino e sono completamente inerti in quanto piombo e acido non si trovano ancora a contatto.

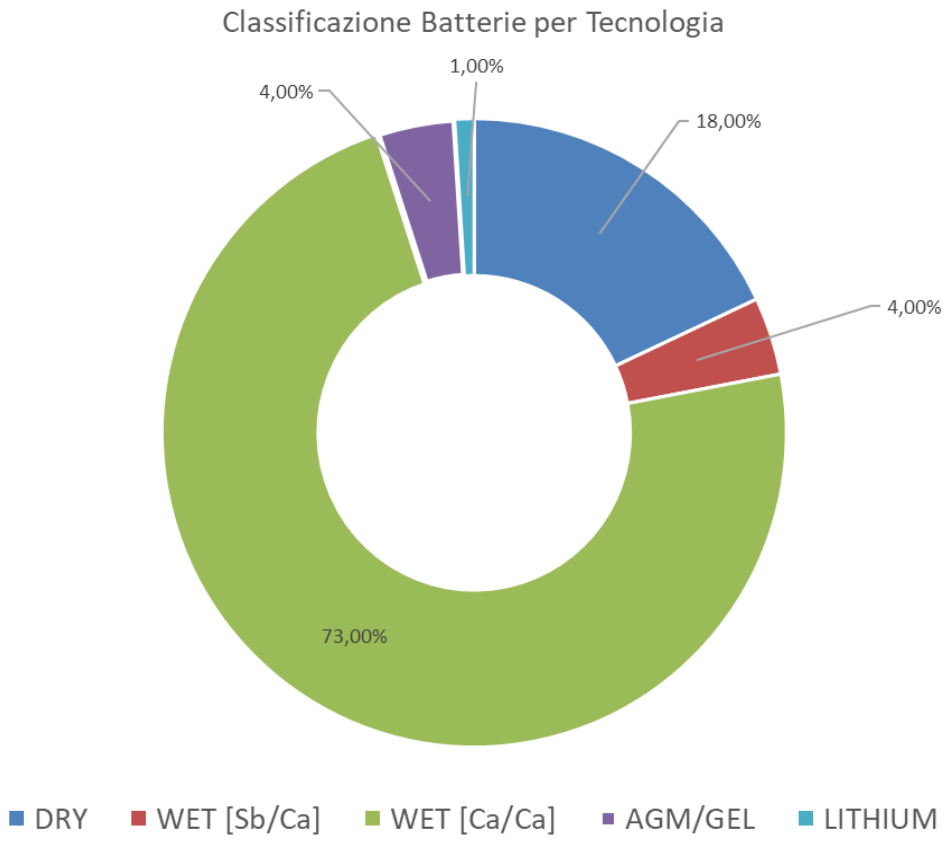
Le batterie **dry** risultano molto più convenienti da un punto di vista della gestione a magazzino e di costi legati al processo produttivo. Nonostante ciò, i modelli di batterie **dry** stoccati nel magazzino di riferimento e destinati al mercato aftermarket rappresentano mediamente durante l'anno meno del 20% del totale dei prodotti presenti.

Le batterie **wet** rappresentano la maggior parte del magazzino perché nonostante gli svantaggi di gestione rispetto alle batterie dry sono le batterie che offrono le migliori prestazioni e l'affidabilità. Infatti, il processo di formazione e attivazione della batteria svolto in Azienda, subito dopo la produzione rende la batteria più performance e reattiva. La formazione non è un processo plug & play da affidare all'utilizzatore finale, soprattutto per batterie con capacità superiori a quelle richieste da una motocicletta o un ciclomotore. L'attivazione richiede dimestichezza con l'utilizzo di acidi e con l'uso corretto di un caricabatteria. Oltre a questo discorso relativo al mercato AM, per i clienti OE e le loro necessità di produzione le batterie devono arriva pronte all'uso e con un elevato livello di qualità.

I dati sulla composizione del magazzino, presenti nel grafico successivo, sono stati elaborati e manipolati per riflettere la composizione media del magazzino in modo qualitativo. Questa classificazione è stata estrapolata da livelli di giacenza provenienti dai mesi di agosto e settembre 2019, e mostra la composizione del magazzino Gi.Ber a titolo informativo. Il numero medio di batterie presenti in magazzino durante l'arco temporale citato si attesta a circa 220,000 batterie.

È importante notare che nel grafico, oltre alle wet e dry di cui abbiamo parlato, esistono le **batterie al Litio**. Queste rappresentano una piccola porzione dello stock e vengono gestite a parte. Le batterie al Litio vengono approfondite successivamente.

Le batterie **AGM** e **GEL** ricadono sotto la macrocategoria wet. Possiamo quindi osservare la composizione del magazzino divisa nei tre macro-gruppi **wet**, **dry** e **Litio**.



6 – Composizione del magazzino

Per completare questa introduzione sui modelli di batterie è necessario scomporre ulteriormente in sottocategorie il gruppo di batterie **wet**.

Queste, infatti, si suddividono in due sottocategorie principali: le **flooded** e le **VRLA**.

Le **flooded**, il cui nome letteralmente significa *"a bagno"*, sono quelle batterie piombo-acido che presentano uno sfiato sulla parte superiore del guscio di plastica. Non sono batterie sigillate in maniera ermetica.

Come è stato mostrato precedentemente, nella reazione di scaricamento della batteria vengono prodotti ossigeno e idrogeno. Questo avviene principalmente se la batteria viene ricaricata troppo in fretta, con correnti più elevate del necessario, o se esposta a temperature troppo alte. Lo sfiato serve per permettere ai gas di uscire evitando di elevare la pressione all'interno della batteria.

Con la formazione e conseguente perdita dei gas si perde una parte dell'acqua presente nella soluzione di elettrolita e la densità dello stesso tende a salire. In seguito, in fase di ricarica, diventa più difficile sciogliere i solfati di piombo depositati sulle piastre. La batteria aumenta la sua resistenza interna e diventa più soggetta al fenomeno della **solfatazione**.

È importante quindi che le batterie flooded vengano stoccate e mantenute ad un livello di carica massima. In fase di esercizio è importante che siano rabboccate entro periodi più o meno lunghi. Questo dipende dal tipo di batteria, ad esempio, una batteria flooded standard potrebbe richiedere il rabbocco prima di una flooded "low-maintenance".

Le batterie **flooded** sono la tipologia di batterie più diffusa, infatti appartengono a questa categoria sia le batterie indicate a livello di nomenclatura aziendale come WET al Calcio, sia quelle WET Antimoniali (Sb).

La batteria flooded non può essere capovolta durante l'esercizio perché si rischia la fuoriuscita dell'acido contenuto al suo interno, creando una situazione pericolosa per cose e persone, oltre che compromettendo il funzionamento della stessa.

Secondo uno studio effettuato dall'università *RWTH di Aachen, Germania (2018),* il costo delle batterie flooded in termini di energia si aggira intorno ai $150 per kWh. Questo livello di costo è tra i più bassi tra le tipologie di batterie disponibili sul mercato.

Le **batterie VRLA** invece sono batterie **sealed**, che significa sigillate. È opportuno notare che comunque nessuna batteria al piombo-acido può essere completamente sigillata. VRLA significa appunto Valve Regulated Lead Acid. Ricadono sotto questa categoria le batterie AGM e GEL. Le caratteristiche proprie di AGM/GEL sono approfondite nel capitolo successivo relativo alla classificazione tecnologica. Esattamente come tutte le batterie piombo-acido anche queste, durante le fasi di esercizio, rilasciano ossigeno e idrogeno. Essendo sigillate, però, questi tendono a rimescolarsi e a non poter sfiatare in nessun modo, a meno che la pressione interna non aumenti oltre una soglia limite. La ricombinazione avviene ad una pressione relativamente bassa, pari a circa 0.14 bar. Nel caso la pressione si alzasse eccessivamente allora la valvola regolatrice si aprirebbe momentaneamente per ripristinare le condizioni di pressione esercizio ottimali ed evitare situazioni di pericolo dovute alla deformazione o rottura del corpo in PP della batteria.

Una VRLA può quindi "sfiatare", specialmente se la batteria viene posta in condizioni di temperature molto elevate o viene caricata in modo errato, nello specifico troppo velocemente. Il vantaggio nell'utilizzo di queste batterie, possibile grazie alla valvola e alle caratteristiche AGM/GEL, è che possono operare in condizioni estreme di stress meccanico o di orientamento, come posizione verticale o forti vibrazioni. Sono anche chiamate maintenance free, infatti non necessitano di manutenzione per tutta la vita utile. Pertanto, non è mai necessario il rabbocco per una batteria VRLA. Sempre secondo lo studio di *RWTH* (*2018*) citato precedentemente il costo delle batterie VRLA è stimato essere intorno a $260 per kWh, **circa il 75% in più del modello flooded**.

1.2.3 Classificazione aziendale

A livello aziendale i prodotti necessitano di un sistema identificativo che permetta di conoscerne le caratteristiche tecniche e le informazioni commerciali. Nel caso di Exide technologies esistono due tipologie di codici che permettono di risalire a diverse informazioni relative alle batterie esaminate.

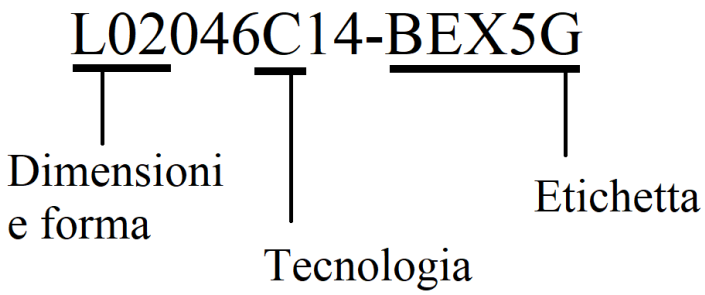
La **punzonatura** è un codice termostampato presente sul corpo di plastica della batteria che permette, tramite un sistema cifrato non rivelabile, di identificare lo stabilimento di provenienza e la data di fabbricazione.

Questo è necessario per risalire al batch di produzione, nonché allo stabilimento produttivo responsabile, perché le batterie possono provenire oltre che dall'impianto produttivo di Romano di Lombardia anche da un altro stabilimento Exide Technologies del resto del mondo.

La seguente immagine scattata nel magazzino di riferimento raffigura la punzonatura termostampata di una batteria piombo-acido Exide.

7 – Dettaglio codice punzonatura termostampata su coperchio batteria

All'interno del contesto logistico aziendale le batterie vengono identificate mediante l'uso di un **codice GPN**, una serie alfanumerica di 15 cifre. Di seguito viene è illustrato un esempio di codice GPN con legenda.



8 - Esempio codice GPN con legenda

La prima parte delle cifre, fino al trattino indicato, serve per riconoscere i diversi aspetti tecnologici della batteria. Ad esempio, con le prime 3 cifre si identifica la grandezza della batteria, e quindi la dimensione e forma del contenitore di polipropilene esterno che le caratterizza. È possibile risalire anche alla tecnologia presente all'interno della batteria, come *AGM* o *Pb/Ca*, osservando la settima cifra. In questi primi caratteri è contenuta anche l'informazione riguardante un eventuale serigrafia termostampata sul contenitore della batteria: questa caratteristica è molto importante perché quando la batteria presenta la serigrafia relativa ad un cliente specifico, non può essere riutilizzata per altri clienti neanche mediante ulteriori lavorazione, come la rietichettaura.

La seconda parte del codice GPN, dal trattino in poi, descrive l'etichetta applicata sul prodotto, se presente. Infatti, questa potrebbe anche non essere stata apposta sul prodotto finché è stoccato in magazzino: in questo caso la batteria viene classificata in gergo come "anonima". Le *batterie anonime* possono essere vendute come tali, per permettere al cliente finale di personalizzarle con il proprio marchio. Nel caso di batteria anonima il codice GPN presenta dei caratteri speciali che identificano una batteria senza etichetta, ovvero non appartenente ad alcun brand specifico. In questo caso saranno evase dal magazzino con la sola applicazione di etichette di sicurezza, per il rispetto delle normative vigenti.

In un secondo caso, le batterie anonime vengono etichettate al momento del ricevimento di un ordine, personalizzandole con il marchio richiesto dal cliente. Nel magazzino gestito da Gi.Ber, infatti, sono presenti tre linee di etichettatura, attivabili ed utilizzabili a seconda delle esigenze di lavoro. Exide Technologies propone diversi marchi proprietari, oltre a etichettare anche a nome dei clienti stessi.

Operare con le batterie "anonime" conferisce ad Exide Technologies una certa flessibilità in termini di gestione del magazzino, a discapito di un lead time maggiore rispetto alle batterie già pronte.

Ad agosto 2019 nel magazzino si registravano il 42% di batterie "anonime" e conseguentemente il 58% circa di batterie già etichettate, su un totale di circa 220.000 pezzi.

1.2.4 Classificazione tecnologica

Nel magazzino di riferimento Exide Technologies stocca fino a 13 tecnologie di batterie differenti. Le tecnologie di funzionamento delle batterie differiscono in base alle sostanze additive contenute all'interno dei propri elementi attivi, come griglie, piastre o elettrolita.

La presenza di queste sostanze influenza il comportamento della batteria nei suoi diversi utilizzi. Oltre a ciò, vengono influenzate la modalità di ricarica, che può differire per corrente necessaria, e la vita a scaffale della batteria.

Alcune delle tipologie presentano similarità sotto il punto di vista della gestione. Nella realizzazione del tool di monitoraggio ho proposto di creare cinque macro-gruppi entro i quali far ricadere determinate categorie. In questo modo manutenzione e controlli possono essere efficientemente effettuati sulle batterie più simili.

Di seguito una breve descrizione di ognuno dei cinque macro-gruppi e delle tecnologie di batterie che inglobano.

Batterie non attive (dry)

Le batterie identificate come "*dry*", ovvero "*secche*", sono quelle batterie che vengono vendute al cliente ancora da attivare. Durante il tempo passato in magazzino le componenti chimicamente reattive presenti all'interno della batteria non sono a contatto tra di loro. Per questo motivo durante il periodo di permanenza in magazzino non richiedono controlli o manutenzione preventiva (ad esempio la ricarica).

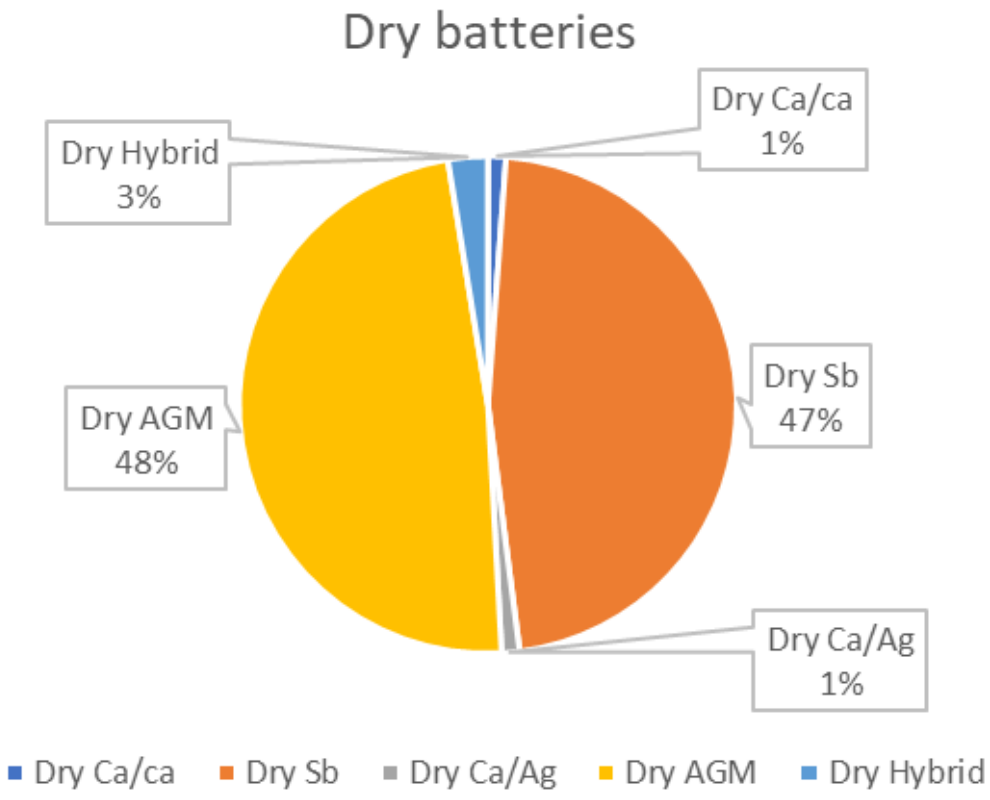
Batterie DRY		
ID	**Descrizione**	**Vita a scaffale (gg)**
B	Dry Charge Ca/Ca	1460
D	Dry Charge Low Sb	1460
J	Dry Charge Ca/Ag	1460
F	Dry Charge AGM	1460
V	Dry Charge Hybrid	548

9 - Specifiche batterie "dry"

Queste batterie risultano stoccabili per un tempo maggiore rispetto a quelle già attive, perché la reazione elettrochimica ancora non è avvenuta, ed il deterioramento dei componenti avviene in modo molto meno rapido. La shelf life, ovvero la vita a scaffale in magazzino delle batterie viene conteggiata a partire dalla data di produzione e può arrivare fino a quattro anni. Oltre questo lasso temporale le batterie non possono più essere vendute perché non rispetterebbero i

criteri di qualità necessari. Come accennato in precedenza **rappresentano circa un quinto** della composizione del magazzino, **il 18%.**

Le tipologie di batterie "dry" che offre Exide Technologies sono diverse e vengono classificate in cinque sottocategorie, importanti a livello di stock management perché differenti nella vita a scaffale. Principalmente le dry sono composte da *batterie Sb*, batterie addizionate all'antimonio, e dry AGM, ovvero batterie con tecnologia AGM ma attivabili dal cliente. Le batterie dry AGM, ovvero con tecnologia Absorbent Glass Mat, sono modelli che presentano tra le griglie un tappetino di fibra di vetro, che si impregna dell'elettrolita e ne svolge il medesimo compito. In questo modo le batterie possono sopportare le condizioni di esercizio più estreme, a livello di posizionamento e stress meccanico. Entrambe possono restare a scaffale per 1460 giorni, ossia 4 anni, senza subire alterazioni che si possano riflettere nella futura attivazione e funzionamento.



10 - Sottoclassificazione batterie "dry"

Dalla classificazione proposta nell'immagine circa la composizione del magazzino "dry" si evince che questi due modelli di batterie, dry AGM e dry Sb, compongono circa il 95% di batterie dry a stock mediamente in magazzino. Il restante 5% è composto da batterie Hybrid,

Pb/Ag e Ca/Ca, le quali sono ormai quasi in disuso e vengono prodotte in quantità ridotte per soddisfare la poca richiesta rimasta.

Batterie attive contenenti Antimonio

Batterie Wet Sb/Ca		
ID	**Descrizione**	**Vita a scaffale (gg)**
R	Semi-Traction 4% Sb	548
S	WET Low Sb	548
W	WET Hybrid Ca/Sb or Sb/Sb	548

11 – Specifiche batterie "Wet Sb/Ca"

Le batterie wet Antimoniali sono una tipologia di batterie pombo-acido con una shelf life di un anno e mezzo, ovvero 548 giorni. Sono batterie delicate, che necessitano di rigorosa attenzione quando maneggiate. Sono un prodotto in declino, che **occupa appena il 4% del magazzino**. Di questo 4% le Hybrid Ca/Sb ne compongono il 96%. Gli altri modelli coprono il resto del portafoglio.

Batterie attive contenenti Calcio

Batterie Wet Ca/Ca		
ID	**Descrizione**	**Vita a scaffale (gg)**
C	WET Ca/Ca	730

12 - Specifiche batterie "Wet Ca/Ca"

La batteria piombo-acido addizionata al Calcio rappresenta la categoria più vasta in magazzino, occupandone **circa il 75%** della composizione totale. Con una **shelf life di due anni** dalla data di produzione è la batteria più venduta di Exide Technologies. Sono le batterie che storicamente vengono installate sulle automobili di uso comune, e quindi corrispondo a quelle fornite ai clienti OE. I principali clienti del mercato AM sono rivenditori di autoricambi e officine specializzate. Queste tipologie di batterie sono stoccate sia già etichettate che in forma anonima. Quelle già pronte sono più della metà dello stock e presentano marchi *Exide Technologies*, come *Tudor* o *Sonnenschein*, ovvero marchi proprietari dei clienti di riferimento. Il 42% di questa tipologia di batteria viene stoccato come materiale anonimo. Infatti, vista la natura dei clienti, è frequente che le batterie vengano marchiate al momento della spedizione per rispondere al meglio ai repentini cambiamenti nelle esigenze di mercato.

Le batterie che devono subire la lavorazione di etichettatura prima di uscire dal magazzino presentano un lead time di preparazione dell'ordine decisamente più alto. Il lavoro svolto nel progetto, relativo ai piani di preparazione, è utile in questo senso a prevedere le lavorazioni dei mesi di picco della domanda per preparare il materiale anzitempo.

Batterie con tecnologia AGM e GEL

Batterie AGM-Gel		
ID	**Descrizione**	**Vita a scaffale (gg)**
A	AGM	730
G	GEL	730
M	Orbital	1460

13 - Specifiche batterie "Agm-Gel"

Come accennato in precedenza esistono batterie sigillate, chiamate VRLA. Ricadono sotto questa categoria le batterie AGM e al GEL. Grazie alla valvola che le sigilla non possono spillare acido.

Nelle batterie **VRLA AGM** l'elettrolita è assorbito da separatori costituiti da una massa spugnosa in fibra di vetro. Questi separatori dividono le piastre tra di loro ma permettono il passaggio di elettroni senza la presenza di un liquido libero. AGM significa per l'appunto Absorbent Glass Mat, tappetino assorbente in vetro. In questo modo le batterie possono sopportare le condizioni di esercizio più estreme, come vibrazioni e posizionamenti verticali o mobili, come ad esempio in ambito marino.

L'elettrolita assume quindi il comportamento non più di un liquido ma rimane fermo al suo posto anche in condizioni avverse. Grazie alla presenza dei separatori in fibra di vetro è scongiurato il pericolo di cortocircuito tra le piastre, in ogni situazione. Sono adatte all'avvio di motori grazie alle loro elevate correnti di spunto

Le **batterie VRLA al GEL** sono simili alle AGM, ma al posto di avere dei separatori in fibra di vetro presentano all'interno un addensante che, disciolto nell'elettrolita, lo rende molto denso e compatto. In questo modo la soluzione, resa gel dall'addensante, rimane ferma tra le piastre e non si muove all'interno della batteria, se mossa. Presentano gli stessi vantaggi delle AGM, ma brillano di più in termini di longevità, sopportando però in modo peggiore le scariche profonde e la ricombinazione. Entrambe le tipologie di batterie, AGM e GEL, hanno una shelf life di due anni.

Le batterie VRLA sono più costose delle batterie flooded ed il loro impiego è giustificato dall'utilizzo finale. Compongono solamente il 4% del magazzino aftermarket di Romano di

Lombardia, perché questo si rivolge principalmente a al mercato dei ricambi per automezzi, mezzi pesanti e agricoli. Questa tecnologia è invece impiegata principalmente nel settore delle telecomunicazioni, per gruppi di continuità e trazione, e in ambiente marino.

Le batterie AGM rappresentano un prodotto di punta della tecnologia piombo-acido di Exide Technologies in Italia, infatti lo stabilimento di Romano è specializzato a livello Europeo nella loro produzione e sviluppo tecnologico. Le **Orbital** sono un particolare marchio di AGM sviluppato da Exide, con una shelf life di 4 anni. Rappresentano circa il 10% della categoria AGM/GEL.

Batterie al Litio

Batterie al Litio		
ID	**Descrizione**	**Vita a scaffale (gg)**
L	Lithium	1460

14 - Specifiche batterie al Litio

Come descritto nel capitolo precedente le batterie al Litio sono batterie completamente diverse dalle batterie piombo-acido sotto tutti gli aspetti, dalla produzione allo smaltimento. Non rappresento il core business di Exide Technologies ma sono state introdotte per ampliare l'offerta del marchio Exide, principalmente in ambito motociclistico. Questi prodotti hanno una shelf life di quattro anni e diversi protocolli di sicurezza e manutenzione. Rappresentano solo l'1% del totale delle batterie presenti in magazzino.

Le peculiarità delle batterie agli ioni di Litio le rendono diverse dal punto di vista della gestione del prodotto, dello smaltimento, delle prestazioni e delle condizioni di utilizzo. Non è l'obiettivo di questa tesi approfondire l'argomento, né tantomeno trattarlo in modo superficiale. Pertanto, la piccola percentuale di Litio verrà citata solamente in questo capitolo, mentre si proseguirà con un approfondimento sul vero core business di Exide, le batterie al piombo.

1.3 Ricarica: perché, ogni quanto

Lo stato di carica (state of charge, SoC) di un accumulatore, nel nostro caso di una batteria piombo-acido, è rappresentato da una percentuale frutto del rapporto tra la capacità rimanente alla batteria rispetto alla capacità nominale (Ah).

Come descritto precedentemente, in una batteria il SoC è direttamente proporzionale alla densità, e quindi al peso specifico, dell'elettrolita presente al suo interno. Quando la batteria viene ricaricata la soluzione di acido solforico si concentra, grazie al discioglimento dei solfati di piombo dalle piastre. Al contrario in fase di scarica la densità dell'elettrolita diminuisce per il formarsi dei cristalli di solfato di piombo sulle piastre.

Misurando il **peso specifico dell'elettrolita** si può ottenere con precisione il valore di SoC della batteria. Questa relazione varia con il variare della temperatura, e la lettura deve essere corretta di conseguenza. Una temperatura più bassa porta, infatti, l'elettrolita a misurare una densità maggiore, e viceversa.

Di seguito una tabella che indica la relazione tra peso specifico dell'elettrolita e SoC, di una batteria piombo-acido all'Antimonio (Pb/Sb), a 26 °C. Tutte le misurazioni sono compiute dopo almeno 24 ore dalla ricarica.

SoC approssimativo	**Peso specifico medio a 26°C [g/cm^3]**	**Cella [V]**
100%	1.265	2.10
75%	1.225	2.08
50%	1.190	2.04
25%	1.155	2.01
0%	1.120	1.98

15 – Relazione tra densità elettrolita e SoC

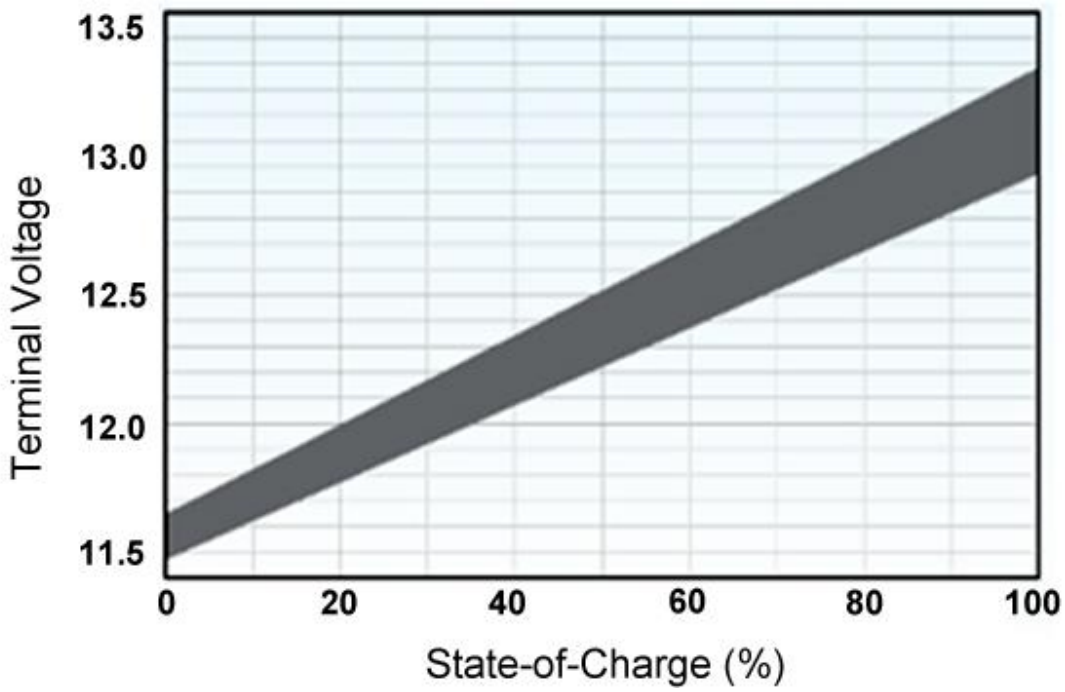
Questa metodologia si riferisce ad un procedimento molto specifico, utilizzato normalmente in un contesto di laboratorio. La procedura non è replicabile in larga scala per i controlli giornalieri che devono essere effettuati sulle batterie stoccate in magazzino.

Un metodo più conveniente anche se più indiretto per stimare il SoC consiste nel ricavare la percentuale di carica dalla misurazione della **differenza di potenziale** a circuito aperto (OCV, open circuit voltage). È un modo più versatile e veloce a discapito di una minore affidabilità del risultato, in certe condizione.

Nel caso in cui la batteria abbia subito una ricarica o un utilizzo nelle ore precedenti al controllo questo metodo risulta poco efficace. La procedura di carica o scarica determina un'oscillazione del voltaggio rilevato che non rappresenta più una stima affidabile del SoC.

È infatti raccomandato effettuare i controlli di tensione dopo almeno 24 ore dalla ricarica o utilizzo di una batteria. Se la temperatura viene mantenuta costante e trascorre il tempo necessario a stabilizzare la batteria è possibile utilizzare un voltmetro per fare una stima e pensare che il SoC reale rientri entro un certo intervallo.

Nel grafico seguente viene illustrata la relazione tra le due grandezze per una batteria piombo-acido al calcio alla temperatura di 26 °C.



16 – Relazione tra SoC e OCV di un accumulatore Piombo-acido al calcio

Nel magazzino Gi.Ber, per poter eseguire spesso ed in modo efficiente i controlli sulle batterie, si ricorre alla stima del SoC tramite la rilevazione della tensione.

I voltmetri utilizzati dal personale vengono controllati e tarati a cadenza settimanale dal personale tecnico per garantire una misurazione più precisa e affidabile e diminuire al minimo i fattori di errore.

È importante notare che la misurazione della differenza di potenziale può fornire una misurazione errata se la batteria è vecchia e soggetta al fenomeno della solfatazione. Infatti, i solfati intaccando le piastre aumentano la resistenza interna della batteria.

$$R[\Omega] = \frac{V}{I\,[A]}$$

Secondo la legge di Ohm, a parità di corrente richiesta alla batteria, se aumenta il valore della resistenza questa ai suoi capi farà rilevare un valore di tensione più elevato del normale. Inevitabilmente ciò va a falsare le stime dello stato di carica e la reale capacità della batteria. Bisogna perciò tenere conto che se in magazzino sono presenti prodotti per tempi molto lunghi, generalmente oltre i 6 mesi, la stima del SoC di queste batterie non può rivelarsi precisa.

Da ciò deriva la necessità di trattare questo prodotto con un approccio di tipo **FIFO**.

Il First In First Out è una politica di gestione della merce a magazzino che prevede di evadere sempre la più datata, così da evitare di aumentare l'età media dei prodotti in magazzino. Rispettare questo tipo di gestione è fondamentale per assicurarsi che la qualità del prodotto e l'immagine della compagna non vengano intaccate. Allo stesso tempo è una sfida, vista la grande volatilità dei dati riguardanti le batterie, le differenze di qualità tra i vari batch di diversi stabilimenti produttivi e il goal finale di abbassare il processing time di ogni ordine.

Oltre all'aspetto tecnologico legato al mantenimento del SoH delle batterie, la gestione preventiva implementata con il progetto è volta a ridurre in tempi di lead time di evasione gli ordini. Il miglioramento di questo aspetto sfocia in un miglioramento della percezione del servizio da parte del cliente.

È per questo motivo che la stima del livello di scarica delle batterie è un'informazione che sarà legata particolarmente allo studio della domanda, per ottimizzare e rendere più efficiente la futura preparazione degli ordini.

1.3.1 Direttive Exide stock management

Per perseguire gli obiettivi di qualità dei propri prodotti Exide Technologies fornisce dei protocolli di controllo e mantenimento dello stock da effettuarsi nei propri magazzini. Le linee guida emanate dalla sede principale americana devono essere scrupolosamente seguite allo stesso modo in tutte le sedi dislocate nel resto del mondo. Nello specifico, esistono protocolli diversi per le differenti tecnologie di batterie.

Queste politiche sono necessarie al fine di mantenere uno standard elevato. Una qualità elevata significa offrire al cliente prodotti, e quindi batterie, che possano replicare le stesse prestazioni ogni volta che vengono acquistate. È un requisito fondamentale di ogni azienda manufatturiera, per guadagnare fiducia nei clienti e competitive advantage rispetto alla concorrenza.

Per una questione di riservatezza verranno descritte, a titolo esemplificativo, delle linee guida generali applicabili a tutti i tipi di batterie piombo-acido.

Product	Plant	Recharge comments	OCV control Interval (random sampling of about 3 cells/blocks per pallet)	min OCV for dispatch		Min OCV in stock	Max Shelf Life
				Dispatch to Inter Company	Dispatch to final customer (AM) [based on about 80% SoC min]		
Flooded Ca/Ca	All	Batteries shall not be charged more than twice before sale	First time after 3 months then every month	12.65V	12.60V	12,40V	24 months

17 – Politica di gestione accumulatore piombo-acido tradizionale addizionato al calcio

È previsto un controllo della tensione ai capi della batteria da effettuarsi al più entro tre mesi dalla fabbricazione di una batteria, controllo che dopo essere stato effettuato per la prima volta è da ripetersi ogni mese che il prodotto trascorre in magazzino. Ogni volta che si effettua un controllo di tensione su di un pallet di batterie, si intende il controllo a campione della tensione su tre batterie scelte casualmente. La batteria che fornisce il risultato più basso di tensione viene presa come riferimento per la stima del SoC. Le batterie, dal processo di attivazione alla consegna al cliente, non possono mai essere ricaricate più di due volte.

Oltre a ciò, le batterie non possono essere evase dal magazzino se la loro tensione non rispetta un livello minimo di carica. Il motivo è duplice. Il cliente si aspetta che la batteria arrivi pronta per l'utilizzo immediato. Generalmente le batterie rimarranno nel magazzino del rivenditore finale ancora per qualche settimana, a maggior ragione devono essere evase dal magazzino Gi.Ber con un certo livello di SoC adatto a preservare le prestazioni della batteria durante questi tempi. Un altro motivo riguarda il SoH degli accumulatori, infatti, se le batterie scendono al di sotto dei livelli prestabiliti come limite potrebbero danneggiarsi in modo irreversibile. È il caso in cui la batteria, scaricandosi troppo profondamente, presenti segni di solfatazione. Per questo motivo, nel caso, malaugurato, che si verifichi una situazione simile, un campione del batch viene trasportato in laboratorio dove vengono effettuati dei controlli per verificare lo stato di salute (SoH) della batteria. Se le batterie risultano in buona salute, scariche ma non solfatate, possono essere ricaricate semplicemente, mentre se presentano dei problemi ma possono essere recuperate vengono sottoposte ad un processo di "desolfatazione". Questo processo, che è simile alla formazione e quindi inizializzazione delle batterie nuove, serve per sciogliere i cristalli di solfato di piombo e cercare di ripristinare la salute delle batterie. Non è sempre conveniente tentare questo procedimento in quanto è molto costoso analizzare e mobilitare delle batterie senza una certezza che esse possano essere completamente recuperate. Non è un procedimento standard, ma un tentativo di recupero. In una situazione di gestione ideale non si dovrebbe mai arrivare a desolfatare una batteria.

1.4 Constraints

I principali constraint relativi allo sviluppo del progetto sono rappresentati dalle risorse disponibili e dai tempi. Infatti, lo svolgimento di tutte le operazioni, dalla raccolta dati all'uso giornaliero dei tool di monitoraggio, ha parallelamente assistito ad un'attenta allocazione delle risorse disponibili.

Il vincolo più immediato che è venuto a galla durante la pianificazione del progetto, a maggio 2019, è **stato il tempo**. Il tirocinio ha avuto una durata prevista di circa 17 settimane. I tempi di sviluppo e implementazione sono stati studiati e distribuiti per garantire la fine del progetto in tempo per i mesi di picco della domanda e della fine dell'esperienza formativa. Per poter tener traccia dei dati e calcolare i risultati del progetto sono rimasto in contatto con i colleghi del reparto logistica. Sono stato reso partecipe delle prestazioni del magazzino anche durante i miei studi, così da poter presentare correttamente e dare una visione completa del progetto all'interno di questo elaborato.

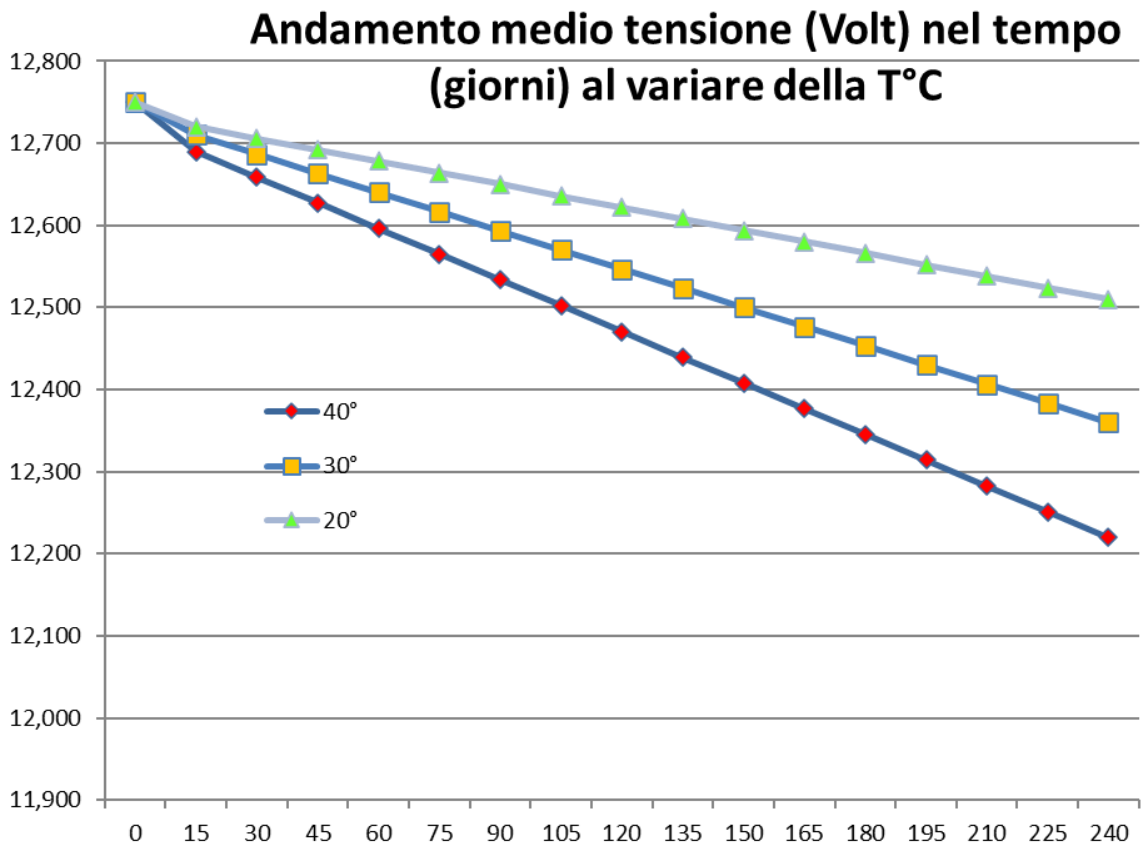
Come accennato un'importante aspetto da gestire sono state le **risorse disponibili**. Il progetto, con la realizzazione dei piani di preparazione, ha rappresentato un costo di attuazione, relativo alla movimentazione e ricarica delle batterie.

L'ottica di realizzazione di questi piani preparatori è stata quella di anticipare questi costi di ricarica, che si sarebbero concretizzati più tardi nei mesi, per riuscire ad evadere le batterie ordinate che si sarebbero trovate scariche. Osservando l'impatto economico del progetto, l'ammontare dei costi relativi alla gestione dello stock non cambia ma risulta distribuito in modo più eguale durante i mesi precedenti il picco.

Un altro aspetto interessante per poter conoscere i prodotti e prendere decisioni di gestione è la presenza di **dati su di essi e l'affidabilità** di questi. Infatti, la raccolta di dati è un passo fondamentale per poter automatizzare le operazioni di controllo e di ricarica preventiva. Questi dati devono anche essere testati in termini di affidabilità e ambiguità. Tanto più i dati di controllo tensione sulle batterie sono recenti, tanto più la stima risulterà affidabile. Questo aspetto si è rivelato vero anche dopo una raccolta dati effettuata manualmente. Ho effettuato delle verifiche personalmente riguardo lo scaricamento delle batterie, monitorando settimanalmente certe tipologie di accumulatori e confrontando i risultati con le curve di scarica teoriche, mostrate nel paragrafo successivo.

Un altro fattore, considerabile come vincolo per il suo effetto sui prodotti a stock, è l'influenza della **temperatura** sulle batterie piombo-acido. Infatti, la temperatura funge da catalizzatore e accelera la reazione di degradazione delle batterie, scaricandole e favorendo il fenomeno della solfatazione.

Di seguito un grafico che ho elaborato sfruttando le nozioni fornite dal reparto ricerca & sviluppo di Exide Technologies. Il grafico spiega il naturale abbassamento di tensione rilevata agli elettrodi di una batteria al Pb/Ca in 3 diverse condizioni di temperatura ambientale, 20, 30 e 40 °C. La tensione di partenza è pari a quella rilevata circa 24 ore dopo la completa carica della batteria, ovvero circa 12,75 – 12,78 V. Se osserviamo i protocolli Exide una batteria piombo-calcio è da considerarsi scarica quando presenta un OCV sotto i 12,62 V.



18 – Curva di scarica batteria al piombo-acido discretizzata

Osservando il grafico che rappresenta la curva di scarica e supponendo che il prodotto venga stoccato nuovo, formato e carico a magazzino, dopo una sola stagione a temperatura estiva si trova in una situazione borderline, con tensione rilevata ai capi compresa tra 12,55 e 12,62 V. In condizioni più miti, invece, come ad esempio in autunno, dopo 3 mesi la batteria può verosimilmente trovarsi in condizioni ottimali di vendita, con una tensione rilevata ai capi compresa tra 12,67 e 12,70 V.

È importante tenere conto di queste condizioni e andare a tracciare i tempi di esposizione delle batterie alle temperature più elevate.

2 Il Magazzino

Il magazzino è di proprietà di Gi.Ber SRL, una ditta di Usuelli Trasporti. Esperti nel campo della logistica da più di 50 anni, è un gruppo a conduzione familiare specializzato nel business dello stoccaggio di batterie piombo-acido. Il magazzino Gi.Ber di riferimento di questo elaborato è situato a Romano di Lombardia, in via Dante Alighieri, e fornisce operazioni di stoccaggio, manodopera e logistica per Exide Technologies, che è il suo maggior cliente. Di fatto, Exide Technologies è proprietaria di più del 90% dei prodotti a magazzino.

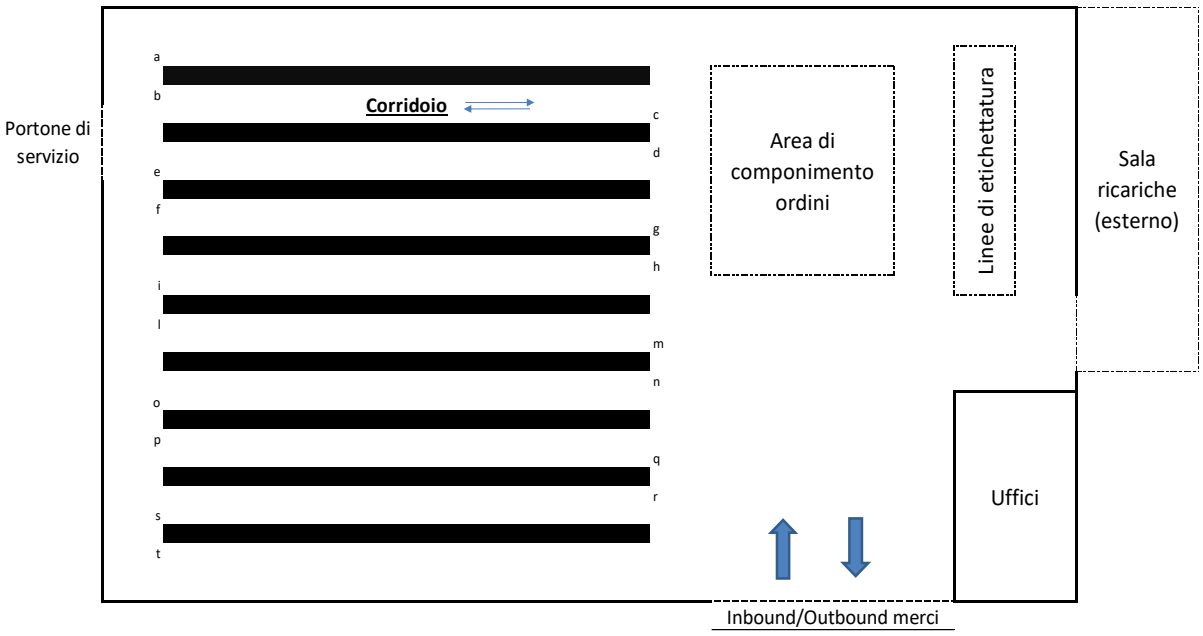
La struttura del magazzino è di recente realizzazione, del 2015, e si aggiunge ad altri magazzini di Gi.Ber nella collaborazione con Exide Technologies. Prima della fabbricazione del magazzino di riferimento i prodotti aftermarket di Exide erano affidati ad un altro fornitore di logistica. Le funzioni svolte di manodopera riguardano la ricarica, l'eventuale etichettatura del prodotto e la preparazione alla spedizione verso il cliente.

La merce presente in magazzino può provenire sia dallo stabilimento di Romano di Lombardia che da altri stabilimenti situati in altre parti del mondo. Non è raro osservare uno stesso modello di batteria stoccato a magazzino proveniente però da batch e produttori siti in zone diversi. In questo caso è possibile che i diversi batch presentino lievi differenze a livello qualitativo. Ad esempio, produzioni diverse possono risultare in prodotti che mantengono lo stato di carica in modo lievemente diverso.

Il magazzino è di tipo tradizionale e possiede una capienza massima che può sfiorare i 300.000 pezzi. Questo numero dipende dalla tipologia di batterie stoccate, che differiscono per dimensione in base alla capacità e destinazione d'uso.

La struttura del magazzino è formata da un capannone industriale in cemento armato che si estende per circa 5300 m^2, con sistema di aerazione a finestre sul tetto. Non è presente un sistema di climatizzazione degli ambienti. All'interno della struttura la maggior parte della superfice è occupata dalla zona di stoccaggio, che è formata da 9 scaffalature bifacciata intervallate da 10 corridoi per un totale di 18 facciate. Ognuna di queste facciate ospita 63 locazioni che si espandono verticalmente per 6 livelli, compreso il picking di livello terra. La locazione più elevata si trova a circa 13 metri da terra.

Il numero di ubicazioni presenti sulle scaffalature è pari a 6804 posti pallet. Ogni locazione è individuata da un numero univoco, associato fisicamente alla postazione. Ogni pallet invece è identificato da un numero progressivo generato dal sistema gestionale, che viene aggiornato ogni volta che il prodotto presente sul pallet cambia o subisce una lavorazione, come un'etichettatura, che va a cambiare il codice prodotto. La conformazione del magazzino a livello grafico si può osservare nella seguente immagine.



19 - Blueprint del magazzino

Oltre ai posti presenti sulle scaffalature esiste la possibilità di stoccare di ulteriore materiale sul perimetro del magazzino, dove sono poste delle scaffalature a muro a 8 livelli, alte 5,5 metri. Generalmente queste locazioni sono utili per stoccare bobine per l'etichettatura di batterie e materiale promozionale di Exide Technologies, in quanto di dimensione ridotta rispetto alle ubicazioni per i pallet.

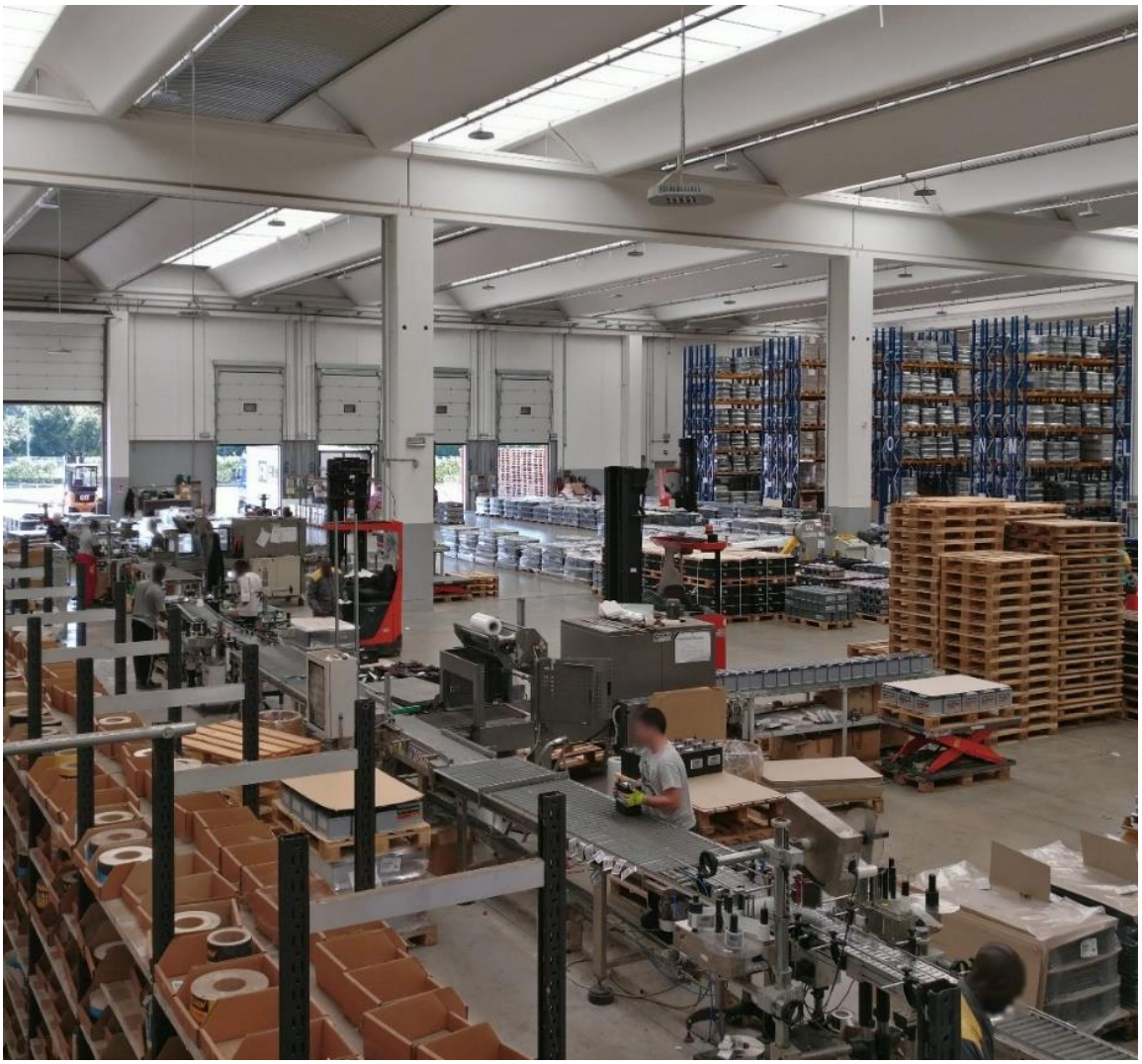
Tutti i prodotti stoccati in magazzino sono identificati da un **codice a barre**, per permettere agli operatori di svolgere operazioni di carico/scarico e dialogare con il sistema gestionale tramite l'ausilio di un **palmare** wireless. Ogni volta che viene pallettizzato un nuovo prodotto, prima di essere inserito nell'apposita ubicazione, deve essere stampata ed apposta sopra un'apposita etichetta identificativa. Nel caso di lavorazione sui prodotti di un pallet, come un'etichettatura effettuata su una linea del magazzino, è necessario stampare una nuova etichetta per identificare il nuovo prodotto, che in seguito all'etichettatura cambia codice GPN.

Come illustrato nel blueprint nel magazzino mostrato sopra è presente una zona dedicata agli **uffici**, dove vengono svolte le operazioni di amministrazione e comunicazione con Exide Technologies ed i servizi esterni di trasporti.

Come accennato in precedenza il fornitore Gi.Ber offre come servizio anche la ricarica per il mantenimento delle batterie che vengono stoccate più a lungo. La ricarica può avvenire nello stesso magazzino, dove è presente una sala dedicata a queste operazioni, oppure in un'altra location di appoggio, sempre di proprietà della stessa azienda fornitrice.

La sala ricariche presente “in loco”, all’interno del magazzino preso in considerazione dal progetto, è di piccole dimensioni e può soddisfare la ricarica di poche centinaia di batterie al giorno.

Al contrario, la sala ricariche “di appoggio” è decisamente più performante e capiente, e può ricaricare fino a 3500 batterie al giorno: il numero massimo dipende dalla capacità delle batterie stesse, che quanto più è maggiore quanto più le batterie sono grandi e necessitano tempi di ricarica maggiori. Un altro constraint della sala ricariche “grande” è il trasporto, infatti, le batterie devono essere spostate con l’ausilio di un camion o bilico che deve viaggiare con più carico possibile per abbatterne il costo.



20 – Linee di etichettatura del magazzino

Le linee di etichettatura del magazzino, mostrate nello scatto soprastante, vengono utilizzate in fase di preparazione di un ordine partendo da batterie "anonime", ovvero stoccate in magazzino senza etichettatura che ne indichi il marchio.

Nel magazzino di riferimento sono presenti tre linee di etichettatura. Queste vengono attivate secondo necessità. Generalmente le batterie anonime per essere etichettate devono essere *depallettizate* manualmente da un addetto. Il pallet deve essere liberato dall'imballaggio protettivo, in modo che le batterie possano essere posizionate singolarmente sul nastro della linea. L'etichettatura avviene tramite un veloce macchinario che viene tarato secondo le dimensioni della batteria e caricato con le bobine di etichette necessarie. Alla fine del nastro un altro addetto si occupa di comporre nuovamente il pallet e stampare una nuova etichetta identificativa.

Durante questa fase, alcune batterie vengono anche imballate singolarmente. È un procedimento di sicurezza richiesto da certi clienti per rispettare le norme di alcuni stati extraeuropei.

Durante la fase di etichettatura preventiva le batterie vengono anche sottoposte ad un check relativo alla tensione. Infatti, nel caso richiedessero di essere ricaricate, le operazioni devono essere svolte in concomitanza per ottimizzare i flussi del magazzino ed evitare ridondanze che genererebbero perdite di tempo e di efficienza.

2.1 La gestione Gi.Ber SRL

Il magazzino Gi.Ber presenta una squadra di addetti assunti direttamente dall'azienda affiancati da altri provenienti da una cooperativa esterna. In questo modo Gi.Ber riesce a rispondere alle esigenze stagionali e ai picchi di domanda in maniera flessibile e adeguata.

Il rapporto da fornitore di Gi.ber verso Exide non è un approccio third-party logistics (3PL) puro, bensì è una fornitura di manodopera subordinata a richieste specifiche di Exide. Infatti, è la stessa Exide Technologies ad indicare quali batterie devono essere evase, preparate, ricaricate e/o etichettate.

La scelta di Exide di terziarizzare in questo modo lo stoccaggio e la preparazione delle batterie aftermarket ricade in un'ottica di risparmio e ottimizzazione delle risorse.

Per poter garantire dei buoni risultati da questa tipologia di collaborazione è necessario un efficiente sistema di comunicazione bidirezionale, per permettere ad entrambe le parti di essere costantemente aggiornate tra di esse. La riuscita di queste premesse è dettata dalla qualità delle informazioni da entrambe le aziende.

La terziarizzazione permette a Exide Technologies di concentrarsi sul proprio core business e dedicare meno risorse alla gestione del magazzino. Oltre a ciò, è permessa una maggior flessibilità operativa, per affrontare i picchi di domanda e quindi i periodi dove gli ordini si concentrano maggiormente. Affidare parte della logistica ad uno specialista del settore permette anche di sfruttare il know-how e garantire un maggior livello di servizio ai clienti finali. Terziarizzare significa trasformare una parte di costi fissi in costi variabili, quindi ottenere una serie di vantaggi in termini di flessibilità, operativa e finanziaria. È possibile ridurre costi legati a personale e allo stoccaggio, così come il costo è più gestibile e meno impattante a bilancio.

Una corretta gestione del rapporto con il cliente consente a Gi.Ber sinergie ed economie di scala dalle quali può ottimizzare i propri costi integrando le richieste di altri clienti oltre ad Exide Technologies.

Esistono però anche svantaggi e possibili complicazioni da questa collaborazione, infatti può accadere al cliente di perdere, anche parzialmente, il controllo della situazione nel caso in cui il fornitore si prenda certe libertà o non venga rispettato appieno il contratto stipulato.

Exide Technologies rischia anche di perdere parte del proprio know-how nella gestione del prodotto visto che le operazioni logistiche non sono svolte in-house, ma completamente all'esterno dell'azienda. Per integrare i sistemi aziendali delle parti si può incorrere in costi finanziari legati al cambiamento che possono essere svantaggiosi.

Gi.ber SRL, da parte sua, ha effettuato un importante upgrade del sistema gestionale a maggio 2019, passando da un programma di gestione denominato Asso ad un più completo e tecnologico Warehouse Management System chiamato TWS. Questo nuovo sistema di gestione permette di avere una visione d'insieme più approfondita del contenuto del magazzino, garantendo e coadiuvando il rispetto della policy **FIFO**. Infatti, rispetto ad Asso, permette di gestire il materiale e tenere traccia di cambiamenti ai prodotti, lavorazioni e ricariche in modo automatico.

Il FIFO, come accennato in precedenza, è estremamente importante nella gestione delle batterie piombo-acido, in quanto il prodotto contiene elementi che tendono a deteriorarsi nel tempo. La gestione di questo aspetto impatta sulla qualità percepita dal cliente. Inoltre, quanto maggiore è il tempo di permanenza della batteria all'interno del magazzino, tanto più aumentano i costi di stoccaggio, a causa delle necessarie ricariche.

A settembre 2019, nella collaborazione tra le due parti è ancora in atto il processo di integrazione dei sistemi aziendali di gestione degli ordini. Alla data indicata infatti la comunicazione di lavorazioni da parte di Exide viene eseguita manualmente. È in progetto l'implementazione di un sistema automatico ed integrato, chiamato *Electronic Data Interchange* (*EDI*), il cui sviluppo però è ritardato da problemi organizzativi.

Un altro problema riguarda la coordinazione di certi controlli da parte di Exide su Gi.Ber, come quelli di inventario e di controllo tensioni. Vi sono discrepanze circa la capacità di operazioni gestibile da Gi.Ber e quella richiesta, e non sempre i dati di giacenza sono aggiornati come dovrebbero. Problemi di questo tipo nascono quando non vi è una completa cooperazione tra le parti.

2.1.1 Il gestionale TWS e la giacenza

Ogni giorno il magazzino Gi.Ber, tramite il proprio warehouse management system chiamato **TWS**, elabora un file contenente tutti i dati relativi alla **giacenza** di merce in magazzino aggiornati al momento dell'elaborazione. Questo file contiene informazioni dettagliate riguardanti tutti i pallet di batterie stoccati in magazzino: il modello, la quantità disponibile, le data di produzione. Oltre a ciò, è presente il numero di volte che quel pallet di batterie è stato sottoposto a ricarica (colonna *RICARICHE*), se lo è stato, ed anche la tensione rilevata (colonna *TENS LETTURA*) dagli operatori all'ultimo controllo effettuato, con la data di quest'ultimo (colonna *ULTIMA LETTURA*).

Dalla seguente porzione del file di giacenza si possono osservare alcuni dei dati disponibili.

COD_ART	QTA PRES	DATA PRODUZ	TENS LETTURA	ULTIMA LETTURA	RICARICHE	LETTURE TENSIONE
B24033C239A	72,00	*26/07/2018*	12,80	*31/05/2019*	1	1
B24033C239A	72,00	*04/10/2018*	12,60	*20/02/2019*	0	1
B24033C239A	72,00	*26/07/2018*	12,50	*07/06/2019*	0	2
B24033C239A	72,00	*26/07/2018*	12,50	*07/06/2019*	0	2

21 – Estratto dal file giornaliero relativo alla giacenza

Il file relativo ad un determinato giorno viene condiviso nella notte ai server di Exide Technologies tramite un protocollo telematico FTP. In questo modo al mattino del giorno seguente il reparto di logistica di Exide lavora con un file aggiornato alla sera del giorno precedente. L'aggiornamento dei dati all'interno del file di giacenza dipende dai movimenti di magazzino, **inbound** e **outbound**, che vengono registrati dagli addetti tramite un palmare che scannerizza i codici a barre posti sui pallet. Anche le **operazioni manuali di verifica della tensione**, che vengono effettuate periodicamente da protocolli dettati da Exide Technologies, vengono registrati nella giacenza tramite il palmare.

3 Lo sviluppo del progetto

Il reparto di logistica di distribuzione di Exide Technologies, di cui ho fatto parte, è formato da una squadra di otto persone. Le principali mansioni del team sono relative alla gestione e all'evasione di ordini che riguardano sia il mercato aftermarket che quello original equipment (OE).

Exide Technologies, sul territorio italiano, offre un servizio di raccolta batterie esauste per procedere al riciclaggio delle stesse. Tutte le operazioni di questo progetto, chiamato *New Life*, sono anch'esse seguite dal reparto logistica. Queste operazioni vengono gestite in collaborazione con aziende specializzate nello smaltimento e recupero del piombo esausto.

Inoltre, anche i reclami dei clienti passano attraverso il reparto logistica. Infatti, in caso di problemi con la ricezione degli ordini o di malfunzionamenti dei prodotti, i clienti possono effettuare un reclamo al customer service, che si rivolge poi al dipartimento di logistica per individuare il problema e le relative cause. Per effettuare le mansioni di verifica la logistica deve assicurarsi che il problema non riguardi le condizioni di trasporto. Una volta appurato ciò, il passo successivo consiste nel rivolgersi al dipartimento di qualità, per cercare risalire alla radice del problema: gli addetti di questo reparto esaminano un campione del prodotto dichiarato difettoso per ricercare eventuali anomalie. Qualora vi fosse la conferma che il danno presentato dalla merce non sia imputabile in nessun modo al cliente, il disagio viene coperto in garanzia, inviando al cliente un nuovo stock di merce.

Per poter svolgere efficacemente questi compiti è necessario possedere un'ottima consapevolezza circa il magazzino e delle sue caratteristiche, per poterlo rifornire e mantenere nel modo più efficiente.

La sede italiana di Exide Technologies lavora stretto contatto con le altre sedi europee per poter garantire ai propri clienti le merci corrette. Infatti, in caso di necessità, i fabbisogni possono anche essere coperti tramite lo stock presente in altre. Se invece la merce è presente in magazzino, viene evasa dallo stesso.

Come spiegato, per essere sempre pronta, necessita di una certa capacità di previsione.

Il progetto svolto, oggetto di descrizione di questa tesi, nasce da proprio questa necessità di mantenere sotto controllo e gestire le batterie a magazzino. Una tracciatura attenta permette di diminuire il lead time di evasione dell'ordine. La buona riuscita della gestione avviene andando a prevedere gli ordini futuri per approntare le batterie necessarie, senza eccedere e quindi evitando costi superflui.

3.1 Sviluppo & Data Gathering

Principalmente come tool e linguaggi per l'elaborazione dei dati sono stati utilizzati Microsoft Access, Excel, SQL e Visual Basic. Il progetto, nel suo svolgimento, si articola in diverse fasi parallele, atte a completare il quadro di informazioni necessarie e azioni da intraprendere. Di seguito sono commentate le due fasi principali, seguite da una serie di studi e controlli accessori alla realizzazione degli strumenti.

Ho deciso di implementare una serie di operazioni su MS Access che giornalmente forniscono un quadro completo dello stato del magazzino, andando a stimare il SoC (stato di carica) delle batterie. Queste, infatti, vengono periodicamente controllate e misurate, da protocollo. Nella realtà dei fatti però queste operazioni non sempre possono essere svolte, in quanto esistono situazioni in cui prevale la priorità di evadere ordini piuttosto che lo svolgimento della manutenzione preventiva. È possibile quindi che a giacenza esistano batterie che presentino dati di controllo effettuati mesi prima: è importante verificare che queste batterie siano ancora cariche, se non possibile con un controllo manuale, con un algoritmo che ne stimi **lo stato di carica (SoC)**. In questo modo si possono ridurre i controlli da parte degli addetti, che possono concentrarsi su altre operazioni.

Lo sviluppo dell'algoritmo è frutto dell'incrocio tra studi diversi. Alcune informazioni preliminari che mi sono state necessarie mi sono state fornite dall'ambiente di ricerca & sviluppo (R&D) di Exide Technologies e una parte l'ho raccolta personalmente tramite una raccolta dati che ho effettuato sul campo nei mesi di maggio, giugno e luglio direttamente nel magazzino Gi.Ber. Il confronto tra i dati teorici e pratici mi ha permesso di realizzare un diagramma di flusso per descrivere e controllare analiticamente il SoC delle batterie. Tutto ciò tenendo conto di tipologia di batteria, periodo di permanenza in magazzino, frequenza dei controlli e temperatura di stoccaggio.

Il tool racchiude in sé due diverse stime di scarica in base a due stati di temperatura, per andare a stimare la scarica delle batterie in modo adeguato in due periodi, uno denominato "freddo" e uno denominato "caldo". Questi due periodi sono necessari per stimare precisamente il SoC, in quanto le curve di scarica a 20 o a 30 °C cambiano notevolmente.

Per rendere il tool utile e pratico è stata effettuata un'analisi ABC che segue la regola 80:20 di Pareto per individuare le tipologie di batterie più vendute, di classe A, in modo da concentrare la manutenzione preventiva su di esse. Le batterie prese in considerazione dallo studio sono solamente le **wet** che necessitano di manutenzione preventiva e controlli rigidi. Infatti, le tipologie più vendute sono anche quelle che devono essere evase più in fretta, perché il **demand time**, ovvero il tempo che il cliente è disposto ad attendere da quando piazza un ordine a quando lo riceve, è minore rispetto ad altri prodotti meno richiesti e più di nicchia, di classe B o C.

Le batterie in classe A sono state denominate in gergo fastmovers (FM), ovvero batterie che ruotano in magazzino più velocemente di altre.

Lo sviluppo del progetto è stato possibile anche grazie ad un'attività di previsione della domanda. Principalmente questa previsione viene effettuata mediante l'utilizzo di criteri **look-back**, osservando i fabbisogni passati e sulla base dei dati e dell'esperienza, formulare i piani di lavorazione delle batterie in modo continuo, per approntarle.

L'inizio delle attività comincia nel mese di maggio 2019, pertanto le proiezioni sulla domanda futura sono state effettuate per i mesi di settembre e ottobre 2019. È da notare che durante questi due mesi dell'anno si verifica un picco stagionale delle vendite per il mercato aftermarket, dovuto al calo del calore estivo, che come accennato è fonte di stress per le batterie a fine vita, e agli stagionali rifornimenti di officine e rivenditori di autoricambi.

Questa parte del progetto stima i volumi di vendita futura tramite l'analisi di tre fonti principali, documenti di Exide Technologies a disposizione del reparto di logistica. Si stratta delle **vendite storiche**, ovvero le vendite relative degli anni precedenti dei clienti aftermarket nei periodi analizzati, dei **forecast** di vendita, realizzati dal reparto marketing e in linea con le aspettative dettate dalle campagne promozionali, e **dagli ordini non ancora confermati** ma già posti dai clienti. Quest'ultimo file è molto importante al fine della gestione dello stock in prossimità dell'evasione degli ordini. Infatti, lo scopo del progetto è preventivamente preparare lo stock per renderlo pronto alla spedizione al momento utile. La classificazione ed impiego dei fastmovers risponde a ciò, ma per coprire più casi possibili è necessario tenere conto anche degli ordini già a portafoglio dell'azienda, anche se non ancora confermati. In questo caso si vanno a coprire anche eventuali ordini di materiali di classe B o C, ma comunque imminenti.

Una volta identificati i dati rilevanti riguardanti le macroaree appena esposte, un programma di MS Access elabora i dati e fornisce indicazioni circa le batterie sulle quali è necessario intervenire al più presto, con priorità maggiore. Questi risultati giornalieri prendono il nome di **piani di preparazione**, che può includere dei piani **di ricarica preventiva** delle batterie così come piani di etichettatura preventiva di materiale anonimo. Il risultato dell'elaborazione quindi, che viene eseguita giornalmente solamente aggiornando i file di supporto, fornisce un quadro chiaro delle azioni da intraprendere nel magazzino per prepararsi al futuro.

Come esposto precedentemente, al termine di ogni giornata di lavoro il gestionale del magazzino Gi.Ber genera un file contenente tutte le informazioni relative ai prodotti in magazzino. Questo file viene chiamato **giacenza** ed è molto utile per conoscere i parametri relativi allo stato attuale dei prodotti e dei controlli effettuati durante la giornata. Ogni pallet è composto dagli stessi prodotti ed è associato ad un'ubicazione specifica. Tutte le informazioni relative ad un'ubicazione sono contenute in questo file, che presenta 34 dati per ogni riga.

Di seguito è presente un estratto dell'articolo *L02046C14-BEX5G*, una batteria da automobile utilitaria. La tabella è stata semplificata e trasposta in verticale per favorirne la leggibilità. Non contiene 34 attributi, ma solo alcuni, per rendere l'idea del tipo di informazioni al lettore.

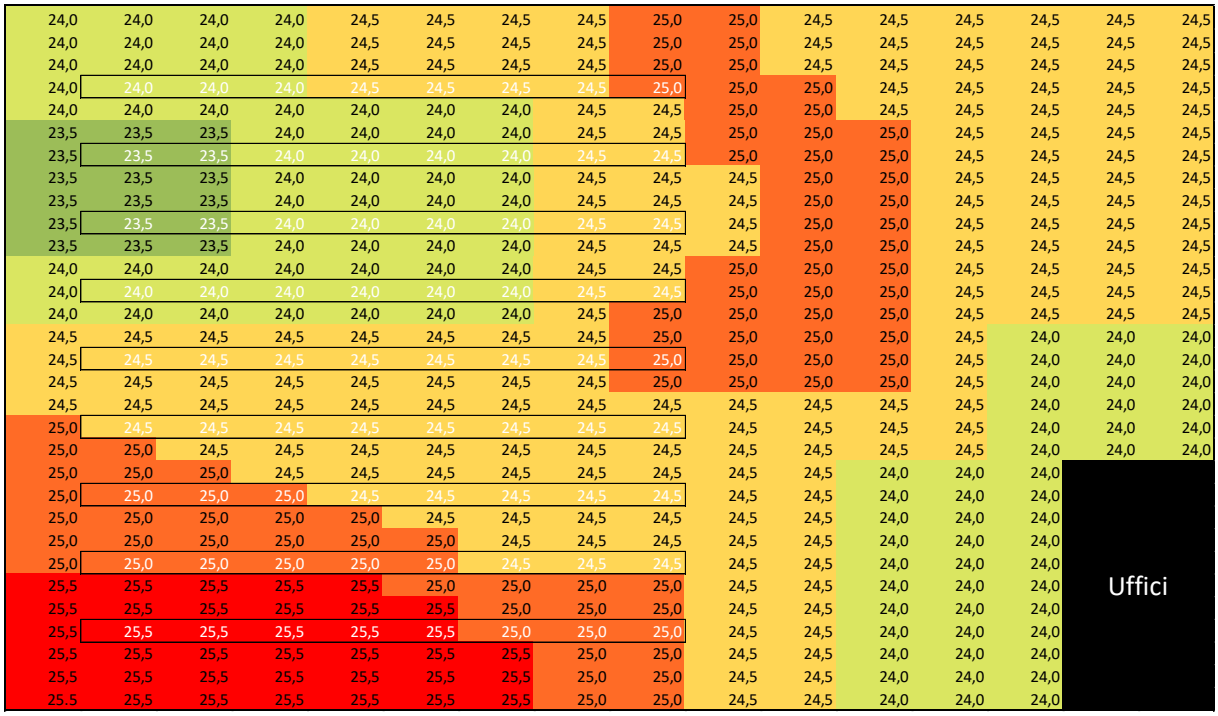
COD_ART	L02046C14-BEX5G
Tecnologia	C
Anon	Etichettata
COD_MCON	36
COD_MAGF	MAG
UBICAZIONE	MI-31-02-01
DATA_CARICO	*04/05/2019*
QTA_PRES	60,00
QTA_IMPE	0,00
BOLLA	19Y007
DATA_BOLLA	*04/05/2019*
ORDINE	19Y007
DATA_PRODUZ	*06/02/2019*
DATA_SCADZ	*05/02/2021*
TENS_VALORE	12,74
TENS_DATA	*03/07/2019*
TENS_RICAR	1
TENS_LETTURE	2
COD_SALRE	19S002473
COD_BVERS	19M2534

22 - Estratto della giacenza elaborata da Gi.Ber

Ogni pallet presente a magazzino dovrebbe possedere tutte le informazioni riportate in tabella. Questo non sempre è possibile, in quanto esistono situazioni in cui non è possibile effettuare tutti i controlli dovuti in tempo. Allo stesso modo è importante per il lavoro di analisi creare dei criteri di valutazione dei dati per considerarli più o meno affidabili.

Oltre alla realizzazione dei piani di preparazione, ho passato diverso tempo in magazzino per studiare gli aspetti che impattano sulla merce e sulle operazioni. In particolare, ho svolto **un'analisi delle temperature** raggiunte in magazzino durante i mesi estivi: infatti il magazzino non possiede un impianto di climatizzazione e le alte temperature estive danneggiano e accelerano il processo di deterioramento della merce.

Da questi dati è stata elaborata una *heatmap*, una mappa dei punti caldi, consultabile e utilizzabile per avere una stima empirica delle temperature estive all'interno del magazzino.



23 - Rilevazioni punti caldi magazzino 04/07/19

Questi dati, raccolti in quattro sessioni di misurazioni, sono stati utili a sviluppare l'algoritmo di previsione della scarica (SoC). Il magazzino è stato misurato con la sonda di un voltmetro *GBC*, precisamente una sonda di temperatura di Tipo K (NiCr-Ni). Le rilevazioni sono state effettuate nei diversi punti critici mostrati nella heatmap.

Nella figura soprastante, la mappa è stata elaborata a partire da dati raccolti il 4 luglio 2019. Come si evince da un esame della stessa, il calore si concentra maggiormente nelle zone del magazzino con meno ricircolo di aria.

È da notarsi infatti, come indicato nel blueprint del magazzino mostrato precedentemente, che le zone meno calde sono quelle dove si trovano le banchine di inbound e outbound. Il magazzino è stato oggetto di misurazioni di temperatura per quattro volte, per confrontare i dati e verificarne la ripetibilità.

I dati in esame sono stati coerenti tra loro e la fotografia del 4 luglio, illustrata nella heatmap, riflette fedelmente la situazione durante il periodo estivo.

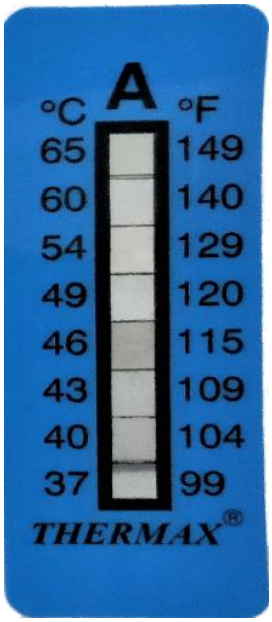
Precisamente durante la giornata del 4 luglio 2019, esternamente, condizioni climatiche a Romano di Lombardia erano le seguenti:

Località	Romano di Lombardia
Data	04/07/2019
T Media	24 °C
T Min	17 °C
T Max	30 °C
Umidità	64%

24 - Dati metereologici da "ilmeteo SRL"

Oltre a queste misurazioni puntuali, sono state effettuate rilevazioni riguardo la temperatura massima raggiunta dai pallet in magazzino. Vista la scarsa aerazione presente nel magazzino, solo naturale tramite i pannelli di vetro sul tetto, è stato osservato che i pallet più colpiti dalla temperatura sono quelli nelle ubicazioni poste più in alto in magazzino, al sesto piano. La verifica analitica di questo ragionamento è stata effettuata mediante l'impiego di strisce termometriche. Questi particolari dispositivi permettono di monitorare per un periodo più o meno lungo un ambiente (tra i 10 e 20 giorni) e forniscono un'indicazione precisa della temperatura massima che viene raggiunta durante il periodo analizzato.

Le strisce sono state poste sopra alle batterie contenute all'interno dei pallet campione e applicate su quelle meno a contatto con l'aria e quindi che con meno possibilità di dissipare il calore. In questo modo è stato possibile conoscere la temperatura e le condizioni delle batterie più colpite.



25 - Striscia termometrica Thermax, esposizione di 15 gg al sesto piano del magazzino

Grazie all'analisi effettuata con le strisce termometriche è stato rilevato che durante i mesi più caldi dell'anno può esserci una notevole differenza tra la temperatura presente a terra e quella all'ultimo piano della scaffalatura, che può essere maggiore fino a 5 °C.

3.2 Data analysis

Nei metodi di indagine della gestione delle scorte, l'analisi ABC è uno strumento utile alla categorizzazione dell'inventario. È un'analisi condotta per verificare quali voci dello stock a magazzino risulti più conveniente gestire. Nello specifico l'analisi consiste nel considerare il consumo annuo dei prodotti e il relativo valore investito, ordinando tutti i prodotti in modo decrescente.

Il ragionamento che segue l'analisi ABC è dettato dalla legge 80/20, o principio di Pareto. Pareto è stato un ingegnere ed economista del diciannovesimo secolo.

Il principio di Pareto, enunciato da Pareto nel 1897, stabilisce che dato un insieme di fattori F che determinano un certo risultato P, una minima parte di fattori F, circa il 20%, determina una quota importante della prestazione finale F, circa l'80%; al contrario, una considerevole parte dei fattori F (80%) contribuisce in modo marginale alla prestazione P (20%). Questo enunciato empirico-statistico è stato anche applicato nel tempo come legge "80/20".

Applicando il principio ad un magazzino si può stimare che l'80% del valore economico totale di un magazzino sia generato dal 20% degli articoli. La domanda non è distribuita in modo uniforme tra gli articoli, pertanto è necessario concentrare la forza lavoro del magazzino sui prodotti che generano più valore.

Nello specifico l'analisi svolta sui prodotti presenti nel magazzino Gi.Ber si è articolata nella suddivisione degli articoli in classi, denominate A, B e C.

Gli articoli che generano maggiore valore sono quelli di classe A, denominati in gergo aziendale fastmovers. La gestione dello stock nei piani di preparazione spiegati in seguito si concentra su questi prodotti.

I materiali sono stati ordinati in ordine decrescente in base al valore immobilizzato ed è stata calcolata una funzione di tipo cumulativo per rapportare il valore investito in funzione del numero di voci presenti nel magazzino.

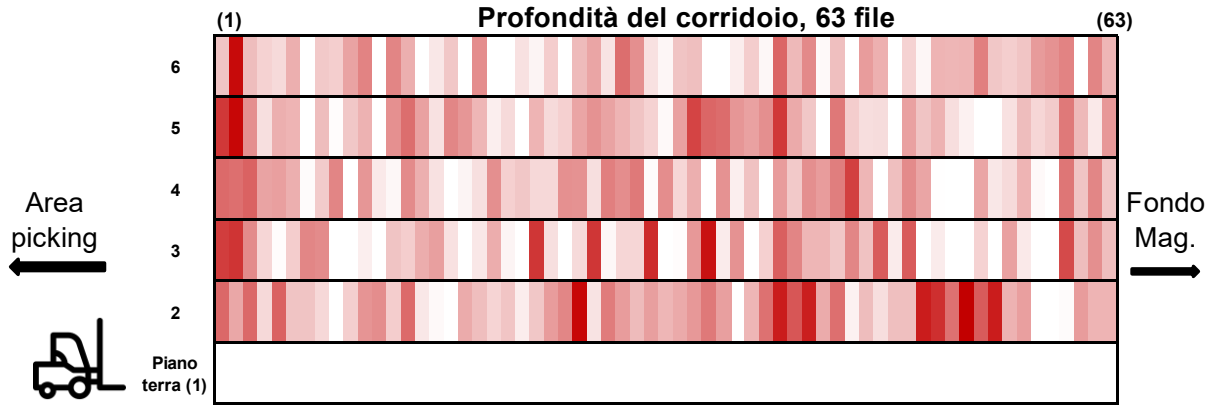
	A	B	H	I	J	K
1	Codice Articolo	Tecnologia	Valore cum.	Articoli cum.		
141	LB3067C119B	C	76,3%	19,0%		
142	L02054C14-G976K	C	76,5%	19,1%		
143	LB1049C119A	C	76,7%	19,3%		
144	LB1041C119B	C	76,9%	19,4%		
145	LB2054C129B	C	77,1%	19,5%		
146	D05102C33-AIV4J	C	77,3%	19,7%		
147	LB1046C02-AEX2F	C	77,4%	19,8%	CLASSE A	
148	LB4070C08-B976K	C	77,6%	19,9%		
149	L03068C14-G976K	C	77,8%	20,1%		
150	LB2059C029B	C	78,0%	20,2%		
151	D02075C019A	C	78,2%	20,4%		
152	LB4073C069B	C	78,4%	20,5%		
153	L06095C05-FIV4K	C	78,5%	20,6%		
154	LB1034C349E	C	78,7%	20,8%		
155	D04083C23-BIV4J	C	78,9%	20,9%	CLASSE B	
156	L02066C05-A976K	C	79,1%	21,0%		
157	L03080C269D	C	79,2%	21,2%		
158	L02066C059B	C	79,4%	21,3%		
159	D06115C109B	C	79,6%	21,4%		
160	LB1046C029B	C	79,7%	21,6%		
161	LB2054C09-H976K	C	79,9%	21,7%		
162	C73011F01-AEXCF	F	80,0%	21,8%		
163	L01025C349A	C	80,2%	22,0%		
164	C53019F02-AEXCF	F	80,3%	22,1%		
165	L03053C339A	C	80,5%	22,3%		
166	L02058C869B	C	80,7%	22,4%		

26 - Analisi ABC con classe indicata nella colonna J

In figura è riportato un estratto dell'analisi ABC, omettendo alcuni dati a causa di dati sensibili per l'azienda. Si evince chiaramente che all'incirca il 20% degli articoli generano l'80% del valore del magazzino. Lo sviluppo del progetto di gestione dello stock si basa sui materiali in classe A, in modo tale da concentrare la manutenzione predittiva sui prodotti che hanno un'alta probabilità di essere richiesti e pertanto devono essere trovati pronti, al giusto livello di SoC e in uno stato di ottima salute (SoH).

Al fine di studiare e comprendere eventuali criticità del magazzino Gi.Ber è stato svolto uno studio sulla disposizione dei prodotti in classe A, in magazzino. Per agevolare e velocizzare le operazioni di picking è infatti consigliato che siano stoccate in prossimità dell'area di composizione degli ordini, oltre che nei piani più bassi del magazzino. Quest'ultimo fattore tiene conto anche della temperatura minore presente nei piani più bassi, e quindi nei mesi estivi rende meno impattante l'effetto deleterio del calore eccessivo.

Ho realizzato un'infografica a riguardo, per la quale sono stati graficamente individuati i prodotti fastmovers presenti nel magazzino, e la loro rispettiva ubicazione. Le 18 facciate del magazzino sono state considerate ognuna come una matrice a sé, di 63 colonne in orizzontale, che rappresentano le file, e 6 livelli verticali, che rappresentano i piani della scaffalatura. Le 18 matrici sono state sommate tra di loro, ottenendo una matrice riassuntiva della disposizione dei fastmovers in magazzino. Dalla rappresentazione grafica si individua chiaramente quali ubicazioni vengono maggiormente affollate dai fastmovers, mediamente, all'interno del magazzino.



27 - Analisi FastMovers

Le posizioni considerate migliori per collocare questi materiali ad alto indice di rotazione sono quelle ai piani più bassi e più vicine all'area picking. In questo modo si riducono i tempi ciclo di prelievo e carico in magazzino della merce. Le aree meno convenienti, al contrario, risultano essere quelle più vicine al fondo del magazzino e collocate ai piani più alti. Nell'infografica si può apprezzare la concentrazione di fastmovers, contraddistinta da una tonalità di rosso più accesa, tra le diverse ubicazioni delle 18 facciate. Principalmente, al momento di elaborazione di questa fotografia della densità del magazzino, si nota una concentrazione nei secondi piani, anche se distante dalla zona di picking. Vi è anche una presenza di fastmovers stoccati sui piani più alti, ma in prossimità della zona di picking. Osservando queste indicazioni ed implementando nel gestionale Gi.Ber delle direttive che impongano di stoccare i fastmovers vicino al picking e più in basso possibile, non solo si ridurrebbero i tempi operativi di ciclo, ma durante la stagione calda i prodotti sarebbero meno soggetti all'autoscarica catalizzata dal calore.

Come accennato precedentemente l'analisi dei dati viene svolta sui materiali di classe A. Una volta identificati e isolati i dati relativi a questa classe, vengono processati tramite un applicativo MS Access programmato tramite MS SQL. I dati vengono processati per ottenere

una stima dello stato di carica attuale delle batterie. Questi dati sono quelli relativi alla giacenza fornita da Gi.Ber più recente, generalmente risalente alla sera del giorno precedente.

L'obiettivo di questo applicativo è di fornire una stima del SoC, allo scopo di semplificare le operazioni per individuare le batterie potenzialmente scariche che richiedono manutenzione. Di seguito un estratto del programma MS Access, programmato in linguaggio MS SQL, dove si possono osservare le espressioni condizionali IIF annidate.

```
  SELECT SummerDays(G2.TENS_DATA, Date()) AS DAYS_30DEGREES_EXPOSURE,
  DateDiff("d",G2.TENS_DATA, Date()) - SummerDays(G2.TENS_DATA, Date()) AS DAYS_20DEGREES_EXPOSURE,

IIF(TENS_VALORE>12.89,IIF(giorni_da_ultima_misurazione>120,"Probabile_scarica","OK"),
IIF(TENS_VALORE>12.84,IIF(giorni_da_ultima_misurazione>100,"Probabile_scarica","OK"),
IIF(TENS_VALORE>12.79,IIF(giorni_da_ultima_misurazione>70,"Probabile_scarica","OK"),
IIF(TENS_VALORE>12.74,IIF(giorni_da_ultima_misurazione>35,"Probabile_scarica","OK"),
IIF(TENS_VALORE>12.67,IIF(giorni_da_ultima_misurazione>20,"Probabile_scarica","OK"),
"Probabile_scarica"))))) AS STATO,
IIF(eta<91,Iif(TENS_VALORE>12.64,"OK","RICARICA_1"),
IIF(eta<183,"RICARICA_2",IIF(eta<731,"DESOLFATAZIONE_&_RICARICA_2","ROTTAMAZIONE"))) AS TIPO_RICARICA,
IIF(giorni_da_ultima_misurazione<31,"Attendibile","Effettuare_misurazione") AS STOCK_AGGIORNATO,
IIF(G2.DATA_PRODUZ LIKE G2.DATA_BOLLA,"Data_produz_=databolla","OK") AS [Check], *
FROM (SELECT *, DateDiff("d",[G1]![DATA_PRODUZ],NOW()) AS eta,
Year(DATA_PRODUZ)-Year(Now()) As anni_vecchiaia,
          DateDiff("d",[G1]![TENS_DATA],NOW()) AS giorni_da_ultima_misurazione, LEFT(G1.COD_ART,3) AS TIPOMONOB
from (

  SELECT  *
  FROM database_bies AS F
```

28 - Query SQL

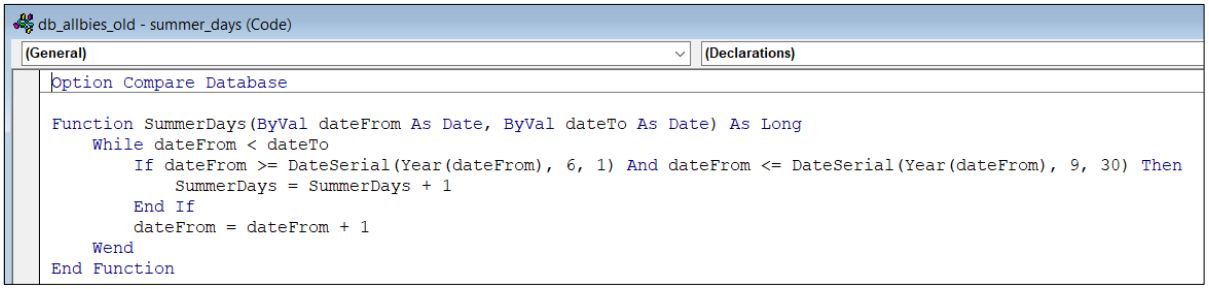
Lo scopo di questo estratto di codice è di spiegare la logica secondo la quale si elabora un'indicazione circa il SoC della batteria, in termini di conforme o non conforme, andando anche a verificare se il dato presente in magazzino non rispetta le policy di controllo Exide e se deve quindi essere segnalato.

Per sviluppare una stima numerica del SoC della batteria, una stima puntuale più precisa, espressa in Volt, è stato necessario andare a verificare i giorni trascorsi dall'ultima verifica dell'operatore in magazzino, e di seguito sottrarre per ogni giorno un certo numero dal voltaggio iniziale.

Per le batterie piombo-acido al calcio (piombo-calcio), ad esempio, vengono sottratti 0.0023 V per ogni giorno passato in magazzino ad una temperatura "estiva", mentre vengono sottratti 0.0014 V per ogni giorno del resto dell'anno. Questi valori sono stati ottenuti studiando le curve di scarica presentate in precedenza, nel capitolo relativo alla batteria. Sono stati effettuati diversi test in magazzino per verificare la bontà dell'algoritmo. L'errore di stima, quando presente, è volutamente orientato a fornire una tensione stimata più bassa, per limitare il numero

di batterie considerate “falsamente cariche”. Infatti, in caso di errore nella stima, risulta più conveniente trovare delle batterie “falsamente scariche” piuttosto che il contrario.

Per implementare la feature di scarica differente a seconda della temperatura stagionale media ho programmato nell’applicativo MS Access un modulo Visual Basic che permette di contare i giorni dell’anno trascorsi dall’ultimo controllo effettuato suddividendoli tra estivi, compresi tra il primo giugno ed il trenta settembre, o resto dell’anno, compresi tra il primo ottobre e il trentuno maggio. In questo modo è possibile tenere conto dell’effetto che la temperatura di stoccaggio esercita sul livello di carica e sul livello di salute delle batterie in magazzino.



29 - Modulo VB

Il modulo Visual Basic viene richiamato dall’applicativo MS Access, come mostrato nell’estratto successivo. In questo modo è possibile utilizzare i valori calcolati dal modulo come variabili nei calcoli svolti tramite SQL.

```
FROM (SELECT(G3.TENS_VALORE - (DAYS_30DEGREES_EXPOSURE*0.0023)- (DAYS_20DEGREES_EXPOSURE*0.0014) ) AS Tensione_stimata_oggi, *
FROM
(
  SELECT SummerDays(G2.TENS_DATA, Date()) AS DAYS_30DEGREES_EXPOSURE,
  DateDiff("d",G2.TENS_DATA, Date()) - SummerDays(G2.TENS_DATA, Date()) AS DAYS_20DEGREES_EXPOSURE,
```

30 - Richiamo modulo VB e calcolo stima SoC

Il risultato di questa elaborazione consiste nella creazione ed esportazione di un nuovo file MS Excel, simile a quello di partenza della giacenza, ma con più attributi al suo interno. In questo modo è possibile giornalmente processare automaticamente la giacenza di Gi.Ber e ottenere il nuovi dati in modo molto veloce e pratico. Svolgere manualmente questi calcoli e statistiche può portare via fino a 2 ore al giorno, come ho potuto constatare di persona durante le prime fasi del progetto. Con il procedimento automatizzato con MS Access ora possibile in circa quindici minuti.

Di seguito è presente l’estratto di una riga della giacenza, come mostrato in precedenza, ma questa volta contenente i dati processati dal tool MS Access. La riga relativa al pallet di batterie *C76008C03-AEX14* è stata trasposta per leggibilità e i dati non pertinenti sono stati omessi.

Controllo del 5 settembre 2019	
Stima (Volt)	**12,699**
DAYS_30DEGREES_EXPOSURE	96
DAYS_20DEGREES_EXPOSURE	86
Days since LAST CHECK	**182**
Age (days)	352
GPN CODE	C76008C03-AEX14
Technology	C
UBICAZIONE_Mag	MA-47-04-01
DATA_CARICO_TWS	04/05/2019
QTA_PRESENTE	100
QTA_IMPEGNATA	0
BOLLA	19Y005
DATA_BOLLA	04/05/2019
DATA_PRODUZ	18/09/2018
DATA_SCADZ	18/09/2020
TENS_VALORE (Volt)	**12,92**
TENS_DATA (day of he last check)	**07/03/2019**

31 - Estratto della giacenza Gi.Ber processata

Nella prima riga è presente la stima del SoC del pallet di batterie. È stata calcolata come spiegato precedentemente tenendo conto dei giorni di stoccaggio passati dall'ultimo controllo effettuato, tenendo conto dei due livelli di temperature medie.

Successivamente all'analisi dei materiali fastmovers, in classe A, e alle stime del livello di carica, le condizioni per determinare la priorità dello stock da mantenere vengono ulteriormente vincolate.

È stato introdotto il portafoglio degli ordini aziendali relativi al mercato aftermarket, al fine di verificare che i potenziali ordini dei clienti potessero essere soddisfatti dalle condizioni del magazzino. Il portafoglio degli ordini è l'insieme di tutti gli ordini attivi dell'azienda, classificati in base allo stato degli ordini stessi. Lo stato di un ordine indica se questo è un ordine potenziale, richiesto ma non confermato, un ordine già pagato o un ordine in fase di processo, oltre ad altre diciture aziendali. Osservare gli ordini potenziali piazzati dai clienti è stato utile per verificare che all'interno del magazzino e dei piani di preparazione fossero presenti le batterie necessarie a soddisfare tutti gli ordini presenti.

Tramite un applicativo MS Access ho verificato queste condizioni, generando un file MS Excel che permette di osservare quante delle batterie presenti a portafoglio sono attualmente pronte in magazzino e quante necessitano invece di riguardi.

Nell'immagine successiva si possono osservare tre tabelle. La prima è un riassunto delle batterie richieste da un certo numero di ordini potenziali, ridotto in questo caso per non mostrare dati sensibili e per facilitare la leggibilità, la seconda riguarda un prospetto circa la presenza e la

quantità del codice GPN relativo all'ordine in magazzino, e la terza è un riepilogo riassuntivo della seconda tabella.

La seconda tabella differenzia le batterie tra etichettate e anonime, che quindi richiedono un passaggio ulteriore per poter essere evase. Entrambe le categorie sono ulteriormente suddivise tra cariche e scariche, prendendo come tensione di riferimento quella di policy Exide o inserendo una soglia a piacere per svolgere le valutazioni del caso.

Carico
Scarico

Tens rifer 12,62

ORDINI			GIACENZA TWS (WET) (RANGE: ACGLMRSW)								
Somma di QTAR			Etichettato		Anonimo						
Codice GPN	Total		Tot etic.	<12,62	Anon1	Anon2	<12,62	-->	TOT	SCARICO
L02054C14-GEX3J	1568		1544	60	0	569	89		2113	149
L03068C14-GEX3J	1406	Ok	2476	0	0	349	0		2825	0
L01054C03-AEX2F	1009	Ok	2758	648	0	1624	504		4382	1152
LB1041C34-GEX3J	467		156	154	0	105	0		261	154
L03078C03-AEX2F	409	Ok	3905	3315	0	1891	1530		5796	4845
LB3067C31-GEX3J	393	Ok	785	0	0	310	106		1095	106
L01054C03-ATU2F	341	Ok	1797	941	0	1624	504		3421	1445
LB2059C02-AEX2F	254		832	652	0	372	271		1204	923
L02066C05-AEX2F	245	Ok	3659	1680	0	249	69		3908	1749
D31074C38-AEX3J	240		492	302	671	0	0		1163	302
L03078C03-ATU2F	231		102	102	0	1891	1530		1993	1632
LB3070C03-AEX2F	225		975	871	0	48	0		1023	871
L05086A37-FEXMD	218	Ok	534	72	831	0	32		1365	104
L02046C14-BTR1A	200		0	0	1795	0	120		1795	120

32 - Controllo con incrocio ordini e giacenza TWS processata

Quando compare un "Ok" evidenziato di verde a fianco della prima tabella degli ordini, allora la merce presente in magazzino è carica ed etichettata se necessario, pronta per essere evasa. Se "Ok" non è presente allora bisogna valutare quali casi richiedono ricarica, quali etichettatura, e quali entrambe le operazioni. Con questo strumento, affiancato al precedente di valutazione dello stato dei fastmovers, è possibile assemblare dei piani di preparazione per mantenere correttamente la merce, con la possibilità di tenere d'occhio il quadro completo della situazione ordini a portafoglio e merce in magazzino.

Laddove la merce a magazzino non sia sufficiente per soddisfare gli ordini, e questo non dipenda dalle condizioni del materiale ma dal fatto che non sia fisicamente presente, allora si genera un fabbisogno che viene gestito a livello di dipartimento di logistica di produzione.

Sulla base delle informazioni giornalmente processate tramite i tool presentati in questo capitolo è possibile individuare quali batterie necessitano intervento. Lo sviluppo di questo progetto e l'introduzione di pratiche di manutenzione predittiva adottate da Exide Technologies si traducono in un nuovo tipo di collaborazione tra Exide e Gi.Ber, che include queste nuove mansioni da svolgersi parallelamente al resto.

La stesura dei piani di preparazione risulta in un piano composto da diverse batterie che necessitano di essere ricaricate ed eventualmente etichettate. Il risultato si presenta come un piano di lavorazione per il magazzino, che autonomamente gestisce e smista il lavoro da fare entro tempistiche accordate precedentemente. I tempi necessari per finire un piano di preparazione dipendono dalla capacità di lavoro del magazzino in un dato periodo e dalla mole di lavoro presente nell'ordine di lavorazione.

Indicativamente sono stati svolti piani di preparazione ogni 10 giorni per un periodo di 3 mesi, tra giugno e settembre 2019.

	A	C	D	E	G	I	J	K
1	Codici Articolo	COD_MC	COD_MA	UBICAZIONE	QTA_PRI	Piano	Etichettatura	Etichetta
1252	L02069A699F	36	MAG	MR-10-05-01	60	7(split1)	Si, etichettare	L02069A69-FEXMD
1253	L02069A699F	36	MAG	MT-37-03-01	60	7(split1)	Si, etichettare	L02069A69-FEXMD
1254	ATM090C019A	36	MAG	MM-18-06-01	24	7(split1)	Si, etichettare	ATM090C01-AEXJP
1255	ATM090C019A	36	MAG	MQ-12-04-01	24	7(split1)	Si, etichettare	ATM090C01-AEXJP
1256	ATM090C019A	36	MAG	MR-32-04-01	24	7(split1)	Si, etichettare	ATM090C01-AEXJP
1257	D05100C01-ARI4A	36	MAG	MB-02-04-01	21	7(split1)	No	
1258	D05100C01-ARI4A	36	MAG	MC-20-02-01	21	7(split1)	No	
1259	D05100C01-ARI4A	36	MAG	MC-29-04-01	21	7(split1)	No	
1260	D05100C01-ARI4A	36	MAG	MC-34-02-01	21	7(split1)	No	
1261	D05100C01-ARI4A	36	MAG	MC-36-05-01	21	7(split1)	No	

33 - Estratto da piano di preparazione di agosto 2019

Ognuno di questi piani comprende le informazioni necessarie agli operatori del magazzino per attuare le lavorazioni. Il mio punto di contatto principale del magazzino durante lo svolgimento di un piano mi ha sempre tenuto aggiornato su eventuali anomalie o inesattezze nella stima dei SoC, permettendomi di correggere e cambiare il mio approccio per renderlo sempre più preciso e funzionale.

Le batterie lavorate da un piano vedono aggiornarsi più attributi della giacenza, ovvero la data relativa all'ultima ricarica, all'ultima misurazione ed il valore della stessa. In caso di etichettatura del pallet di batterie, questo a sistema rinasce come nuovo pallet, mantenendo però le informazioni della batteria relative a data di produzione e numero di ricariche effettuate. Questo accade perché una batteria anonima, quando etichettata cambia codice GPN dell'articolo e si trasforma in un nuovo prodotto. A livello di manutenzione e qualità ciò non ha rilevanza in quanto si conserva la data di produzione e le informazioni relative ai controlli effettuati in precedenza.

Nei piani di preparazione che ho creato e seguito nel periodo di permanenza in Exide Technologies sono state effettuate lavorazioni su più di 100.000 batterie, a fronte di un magazzino capace di ospitarne fino a 300.000, suddivise su 11 piani di lavorazione ufficiali.

4 Risultati

4.1 Considerazioni

Prima dell'esposizione dei dati che mostrano come la gestione preventiva dello stock abbia influito sulle prestazioni del magazzino, si propongono alcune considerazioni. Principalmente, penso sia importante contestualizzare l'ambiente di lavoro di svolgimento di tutte le attività lavorative di questo tirocinio. L'inserimento in azienda è stato efficace e facile, complice un team brillante che ha saputo accogliermi e istruirmi molto velocemente. Exide Technologies si trova giornalmente a mediare con i propri fornitori, come Gi.Ber od i corrieri per le spedizioni. Il rapporto tra le due aziende è di terziarizzazione di un servizio, infatti, il cliente, Exide, si appoggia a Gi.Ber per lo svolgimento di tutte le mansioni descritte in questa tesi.

Il management di Exide Technologies è altamente strutturato e ramificato. L'azienda, in stile americano, è composta da una suddivisione matriciale che consente di capillarizzare e distribuire i compiti e le responsabilità ai propri lavoratori. È molto diverso il caso di Gi.Ber SRL, un'azienda italiana a conduzione familiare che si propone di fornire un servizio i manodopera ad una multinazionale.

La struttura aziendale di Gi.Ber si differenzia, oltre alla dimensione diversa, da una linea di management più tradizionale, volto alla gestione delle proprie mansioni nel migliore dei modi, anche se questo può significare una distribuzione delle responsabilità ai propri dipendenti più trasversale.

Il punto di incontro tra le due aziende si concretizza a livello finanziario grazie alla soddisfazione di un bisogno e alla fornitura di un servizio. Ritengo opportuno far notare che si tratta di un rapporto fruttuoso e che perdura tra le aziende da molti anni. Nonostante ciò, è anche importante osservare che a livello comunicativo il rapporto tra le due aziende è talvolta vittima delle differenze di visione aziendali. La differenza di gestione tra le due aziende, talvolta, va a influire sulla qualità delle comunicazioni che non sempre si dimostra essere impeccabile.

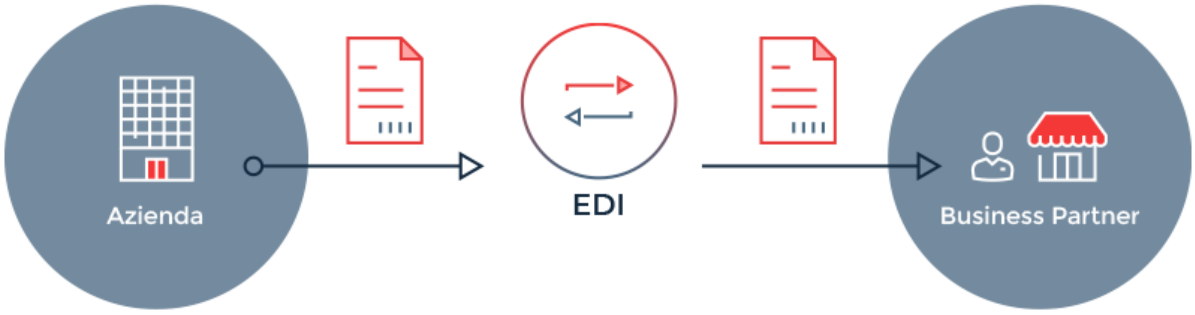
Un rapporto di terziarizzazione di un servizio risulta efficace quando sottostante al raggiungimento di diversi obiettivi, come trattato precedentemente.

Il motivo che ho individuato, causa di queste mancanze, risiede principalmente in una gestione che è da sempre molto manuale e volta alla risoluzione della singola situazione, in maniera poco o non tracciata. La risoluzione di un problema risulta efficace quando si trova una soluzione che perdura nel tempo e permette di evitare di commettere nuovamente gli stessi errori. È naturale che ogni giorno ci si trovi a risolvere problemi diversi, soprattutto nel mondo della

logistica dove si ha a che fare con alti livelli di incertezza ed ambiguità. In questo rapporto tra aziende non è raro osservare una risoluzione di questi svolta in modo pragmatico e volto a risolvere ogni situazione prendendola singolarmente, senza avvalersi di pratiche standardizzate e tracciate. Questo tipo di gestione può essere efficace per mantenere un certo livello di servizio, ma si rivela limitante e poco scalabile in altre situazioni. Come ho specificato si tratta di uno dei tanti aspetti della gestione dei rapporti tra le aziende, e non della totalità dei casi.

È importante notare che le azioni intraprese dalle aziende, sia Gi.Ber che Exide Technologies, siano un segnale positivo che mostra una tendenza alla risoluzione di queste situazioni.

L'aggiornamento del gestionale di Gi.Ber al Warehouse Management System TWS ne è una prova tangibile. Successivamente l'introduzione della tecnologia di comunicazione *EDI* sarà il tassello che andrà a sancire una gestione molto più attenta ed analitica per la comunicazione di entrambe le aziende. L'*Electronic Data Interchange (EDI)* è una tecnologia di comunicazione interaziendale che permette lo scambio di documenti standardizzati. In questo modo le informazioni di scambio tra i gestionali delle due aziende avverranno automaticamente senza necessità di intervento umano, e quindi più velocemente e precisamente.



34 - Schema della tecnologia comunicativa EDI tra aziende

Di conseguenza, vi saranno molte più pratiche standardizzate e più tracciabilità nei movimenti. È vero che per poter introdurre con successo questa tecnologia le due aziende devono essere pronte alla velocità di lavoro che l'EDI permette e richiede, per giustificarne l'investimento e l'utilizzo.

I dipartimenti di logistica delle rispettive aziende ne gioveranno e sapranno adattarsi alle nuove tecnologie, raggiungendo livelli di servizio maggiori e più efficienza nella gestione del rapporto di terziarizzazione tra le parti.

4.2 Risultati analitici della gestione preventiva

Per studiare e stimare l'impatto che l'intero progetto ha portato ed individuare i benefici delle nuove pratiche introdotte sono stati elaborati alcuni indicatori di performance. La gestione dello stock effettuata in maniera analitica e automatizzata, con l'introduzione ed esecuzione dei *piani di preparazione*, ha riflesso in modo positivo sulla qualità dello stock a magazzino.

Come anticipato precedentemente nel corso dell'elaborato, il terzista Gi.Ber ha aggiornato il proprio sistema gestionale a maggio 2019. Prima di ciò i dati erano gestiti in modo manuale, effettuando tutte le operazioni di controllo e mantenimento a seconda dei bisogni, senza programmarle.

Non è stato possibile risalire a dati contenenti percentuali di materiale scarico, ad esempio. Dopo l'aggiornamento del gestionale la situazione è cambiata e dal 2020 sarà possibile realizzare un confronto diretto dei dati con le prestazioni dei periodi futuri.

Come primo fattore di miglioramento ho individuato una riduzione del tempo necessario giornalmente ad analizzare i dati della giacenza. La persona designata del reparto logistica di Exide Technologies per effettuare queste operazioni in modo manuale, ovvero calcolare una stima del SoC delle batterie e assemblare dei piani di preparazione, impiega circa due ore all'inizio della giornata.

Queste operazioni vanno svolte giornalmente per verificare l'andamento dei piani e tenere lo stock sotto controllo. Dopo lo sviluppo e utilizzo dei tool di processamento dati e generazione automatica della giacenza "elaborata", il tempo necessario per effettuare tutti i controlli giornalieri è sceso a circa 15 minuti, **una variazione del tempo giornaliero necessario pari al -87%.**

Per valutare l'impatto del progetto sullo stock si è fatto riferimento ad un particolare KPI: si tratta del numero di resi richiesti dai clienti durante il periodo di settembre e ottobre, mesi di picco del mercato aftermarket delle batterie al piombo-acido.

Viene effettuato un confronto tra le prestazioni di questo indicatore durante l'anno fiscale 2020 (financial year 20, FY20), dopo lo sviluppo del progetto, e l'anno precedente, FY19, quando le attività di manutenzione e preparazione stock erano svolte manualmente ed in modo non preventivo.

Le richieste di reso in garanzia prese in considerazione per valutare questo impatto riguarda solamente il mercato aftermarket, quindi i prodotti usciti dal magazzino Gi.Ber, ed è stato rapportato alle vendite totali del settore AM Exide, per effettuare un confronto proporzionato tra gli anni anche nel caso che le vendite totali differissero.

In sostanza l'anno fiscale all'interno del quale il progetto è stato svolto è il FY20, che va da maggio 2019 ad aprile 2020. Conseguentemente l'anno fiscale precedente è indicato come FY19 e considera il periodo tra maggio 2018 ed aprile 2019.

	Segnalazioni aperte	Qtà batterie	Lead time evasione Italia (giorni)	Batterie segnalate su vendite totali bimestre
FY19 (Settembre-Ottobre)	**28**	**371**	**10**	**0,17%**
FY20 (Settembre-Ottobre)	**26**	**302**	**8**	**0,12%**
	-8%	-19%	-20%	

35 - Risultati analitici

Nella tabella mostrata sono riportati i numeri di segnalazioni aperte dai clienti per le richieste di sostituzione del materiale in garanzia. Le segnalazioni riportate sono quelle dove è stato appurato che la causa del reso è di natura qualitativa, ovvero per batterie scariche e quindi associata alla gestione delle batterie in magazzino e non a danni dovuti al trasporto.

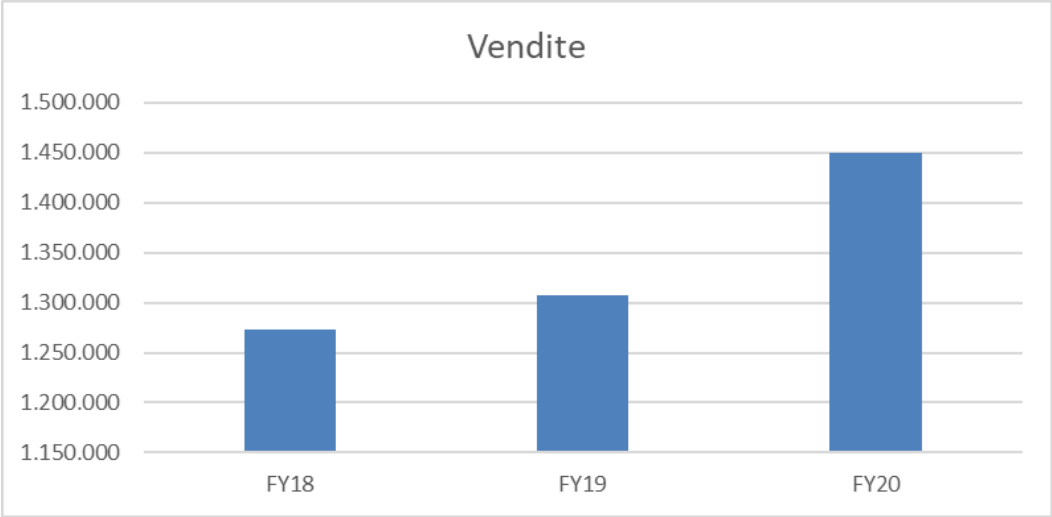
Questi motivi di qualità comprendono anche l'arrivo di batterie obsolete al cliente, troppo vecchie, batterie con i poli ossidati e batterie che non hanno la giusta quantità di acido quando fuoriescono dal magazzino.

Viene riportata anche la quantità di batterie contenute nelle segnalazioni e la percentuale che queste batterie conta sul totale delle batterie vendute nel mercato AM durante in bimestre di riferimento.

Come si può notare dalle percentuali nell'ultima colonna, nel bimestre settembre – ottobre 2018 dell'anno fiscale 19 (FY19) le batterie segnalate per difetti di qualità ammontano allo 0,17%. Nello stesso periodo dell'anno successivo questa percentuale calcolata sul totale delle vendite scende a 0,12%.

Analizzando i dati nominali si evince una variazione percentuale delle batterie segnalate del **-19%,** a fronte di una variazione sul numero di segnalazioni aperte del **-8%.**

È da apprezzare anche la diminuzione del lead-time degli ordini calcolato in base alle prestazioni nel servizio di clienti italiani. Questa **diminuzione del 20%** è frutto della manutenzione predittiva, che in molti casi ha portato a evadere prima un ordine perché di fatto era già stato preparato nelle settimane precedenti.



36 – Vendite batterie AM nel triennio FY18-19-20

Questo risultato è ottimo in virtù del fatto che oltre alla diminuzione nominale delle batterie segnalate, nel FY20 vi è stato anche un incremento totale delle vendite aftermarket, come si può osservare dal grafico mostrato. È da notare anche che il volume di vendite totali nel mercato aftermarket di Exide Technologies, registrando un incremento del +11% tra l'anno fiscale 19 e il 20. Alla luce di questi risultati l'implementazione di un approccio analitico di gestione dello stock risulta ancora più determinante e necessario per favorire il successo delle operations in un futuro contesto di crescita.

5 Proiezioni

In questo capitolo sono esposti alcuni spunti relativi a potenziali modifiche e evoluzioni nella gestione delle operazioni e dei processi che ho avuto modo di osservare e valutare durante la mia permanenza in Exide Technologies. I seguenti propositi sono stati pensati per migliorare le prestazioni dell'azienda e della sua collaborazione con Gi.Ber, sulla linea degli obiettivi prefissati a monte dello sviluppo del progetto in oggetto di questa tesi.

In termini più pratici si è tenuto a mente la ricerca della diminuzione del lead-time e quindi del d-time e p-time, la ridistribuzione del lavoro del magazzino durante i mesi dell'anno per evitare colli di bottiglia durante i mesi di picco e la ricerca di una qualità consegnata al cliente più elevata possibile. Dallo sviluppo e miglioramento di questi tratti Exide può migliorare la propria immagine e aumentare i margini operativi a livello logistico, snellendo e standardizzando i rapporti 3PL con Gi.Ber SRL.

5.1 Nel breve termine

Nei periodi di picco è noto sia a Gi.Ber che a Exide Technologies che si verifichino dei rallentamenti nella preparazione ed evasione degli ordini. Nei mesi da agosto a ottobre la mole di lavoro può subire impennate improvvise che vanno a saturare la capacità del magazzino, creando situazioni di ritardi che si ripercuotono su tutte le operazioni di evasione degli ordini, come picking, etichettatura, ricarica, imballaggio e spedizione. Si può far fronte a questa problematica proponendo una soluzione attuabile nel breve termine, entro 1 anno dall'introduzione del progetto oggetto di questo elaborato.

Per aumentare la capacità di lavoro è possibile introdurre **un turno di lavoro straordinario** per i periodi sopracitati. La suddivisione della giornata tra mattino e pomeriggio, ovvero giornaliero e notturno, permetterebbe di suddividere le operazioni. Nello specifico di dividere le operazioni di preparazione ordini, come picking, ricarica ed etichettatura, da quelle di evasione, come imballaggio e spedizione. Per poter attuare questa soluzione il magazzino Gi.Ber deve poter contare sulla flessibilità propri operatori, assunti e interinali, e su una pianificazione attenta relativa alla suddivisione del lavoro tra i due turni. Un vantaggio relativo a svolgere le operazioni di preparazione in orario notturno sarebbe l'assenza di ordini che entrano durante il turno. In questo modo il lavoro diventa organizzabile a inizio turno senza subire modifiche durante lo svolgimento dello stesso, risultando più fluido e pianificabile e meno soggetto ad imprevisti. Questa soluzione implica ovviamente un investimento maggiore che però viene giustificato da un alto livello di servizio.

Un altro aspetto di potenziale miglioramento riguarda la gestione dei controlli sulle batterie. Tanto più questi dati risultano accurati ed aggiornati, maggiori sono le possibilità di successo dell'algoritmo che stima il SoC delle batterie. Per garantire queste condizioni è necessario attuare una **pianificazione dei controlli sulle batterie**, in modo da creare e rispettare un piano piuttosto che relegare quest'attività "al tempo rimanente".

Le dinamiche del magazzino spesso rendono necessario prioritizzare altre attività, più centrali e pragmatiche. È comunque possibile, attuando una pianificazione, far rientrare anche queste altre task apparentemente secondarie ma che indirettamente portano un impatto e dei benefici nel medio e lungo termine. Risulterebbe più facile rispettare la gestione dei controlli durante un doppio turno, proposto precedentemente, che permetterebbe di aumentare la capacità di lavoro e dedicare più risorse su questo aspetto.

5.2 Nel medio-lungo termine

Esistono ulteriori soluzioni, implementabili in un arco temporale di medio-lungo termine, tra un anno e tre anni in prospettiva, perché più impegnative a livello di risorse.

Una miglioria nella gestione dei pallet e delle ubicazioni è una **possibile introduzione della tecnologia RFID** per tracciare i pallet, abbandonando di fatto il codice a barre. L'etichetta attualmente utilizzata da Gi.Ber per identificare un pallet di merce contiene informazioni riguardanti il codice GPN, l'ultimo valore di SoC rilevato e l'ubicazione a magazzino. Tutte queste informazioni vengono racchiuse da un codice a barre, e ogni volta che un'informazione relativa alle batterie cambia, deve essere stampata e applicata una nuova etichetta. In questo modo l'operatore può scannerizzare la nuova etichetta ed aggiornare i dati sul gestionale TWS.

L'RFID, che significa letteralmente Radio Frequency Identification, può velocizzare le operazioni di inserimento di merce a magazzino e tutte quelle operazioni che cambiano le caratteristiche della merce e quindi il codice a barre del pallet di batterie. L'RFID, trasmettendo le informazioni in modo magnetico, permette una veloce lettura dell'informazione. I dati contenuti nei chip RFID possono essere aggiornati senza sostituire l'etichetta. Il chip RFID inoltre non è soggetto a rovinarsi a causa di sporco e macchie, come può accadere con le etichette tradizionali di carta. L'introduzione di questa tecnologia permette anche la lettura simultanea di più codici, anche in movimento, velocizzando le operazioni di controllo e inventario. D'altro canto, l'RFID rappresenta un investimento non indifferente rispetto al costo dei codici a barre tradizionali, che possono essere fino a 40 volte più economici.

Per preservare la salute dei prodotti a magazzino, le batterie, è possibile agire sulle condizioni di stoccaggio. Andando a modificare un parametro molto importante, la temperatura, è possibile

rallentare lo scaricamento e il deterioramento delle batterie, riducendo così la manutenzione necessaria per mantenere il SoC e il SoH a livelli ottimali. Per mantenere anche durante i mesi più caldi una temperatura mite, prossima ai 20 °C, è necessario condizionare l'ambiente.

Una soluzione idonea per raffrescare un ambiente come il magazzino Gi.Ber, che si estende per 5300 m^2 e circa 15 metri di altezza è ricorrere all'installazione di un impianto di condizionamento canalizzato. Una soluzione del genere, in ottica di investimento, deve vedere entrambe le parti, Gi.Ber ed Exide Technologies, concordi e sulla stessa lunghezza d'onda.

Un investimento del genere da parte di Gi.Ber necessita di aggiornate condizioni di contratto con Exide Technologies. Exide da parte sua dovrebbe effettuare uno studio costi benefici per andare a verificare che l'aumento di costi logistici del magazzino 3PL sia giustificato dalla riduzione di autoscarica delle batterie. Vista la portata di questo possibile investimento ho preferito considerarlo con un potenziale miglioramento valutabile e attuale nei 3-5 anni in prospettiva dalla stesura di questo elaborato.

6 Glossario

Anfia – Associazione italiana dei produttori di componentistica per automobili.

Accumulatori AGM - Le batterie AGM, ovvero con tecnologia Absorbent Glass Mat, sono modelli che presentano al posto dell'elettrolita un tappettino di fibra di vetro che me svolge il medesimo compito. In questo modo le batterie possono sopportare le condizioni di esercizio più estreme, a livello di posizionamento e stress meccanico.

Autoscarica – È un fenomeno che si verifica all'interno di un accumulatore elettrochimico e corrisponde alla perdita di energia dovuta al passare del tempo. Dipende dalle reazioni fra materiale chimicamente attivo e da dispersioni interne.

Analisi ABC - L'analisi ABC è un'analisi statistica utilizzata in ambito aziendale e industriale, in particolare nella gestione dei materiali. Questo tipo di analisi presuppone una suddivisione degli oggetti in esame in categorie, solitamente 3, in modo da valutare il loro impatto economico, definendo quali sono gli articoli critici su cui focalizzare l'attenzione.

Batterie anonime – Le batterie anonime stoccate in magazzino sono quelle che non presentano nessun tipo di etichetta applicata che ne definisca il brand di vendita, se non quelle relative al rispetto degli standard di sicurezza.

Corrente di spunto – Caratteristica della batteria che ne definisce la capacità di fornire energia. Scientificamente è rappresentata dalla corrente che la batteria riesce a erogare alla temperatura di -17,8 ° C per un tempo di 30 secondi.

EDI - L'*Electronic Data Interchange (EDI)* è una tecnologia di comunicazione interaziendale che permette lo scambio di documenti standardizzati in modalità automatica e tracciata.

Indice di rotazione – Consiste nel numero di volte in cui uno stock di riferimento viene riapprovvigionato in un periodo prestabilito.

Magazzino tradizionale – È un magazzino dove le operazioni sono interamente svolte dagli operatori e dove è quindi assente l'automazione.

Original Equipment OE - I prodotti OE sono quei prodotti di Exide Technologies destinati direttamente alle case madri dei produttori di autoveicoli.

OCV – Open circuit voltage, ovvero la differenza di potenziale presente ai capi di una batteria quando viene effettuata la misurazione a circuito è aperto.

Protocollo FTP - Il protocollo FTP è un protocollo informatico utilizzato per la trasmissione di dati tra diversi host. È basato sula tecnologia TCP e sfrutta un'architettura di tipo client-server.

Fastmovers – Denominazione dei prodotti a magazzino con alto indice di rotazione e alti livelli di vendite.

SoC – State of Charge, indicazione del livello di carica di un accumulatore.

Striscia termometrica - Le strisce termometriche sono cartine adesive che rilevano la temperatura superficiale di un oggetto fornendo un valore massimo raggiunto. Per il controllo della temperatura le strisce termometriche vengono incollate sull'oggetto in esame.

Vita a scaffale / Shelf life – Indica il tempo che un prodotto può trascorrere in magazzino prima di diventare obsoleto.

7 Bibliografia

- Batteryuniversity.com. 2019. *Charging Lead Acid Batteries – Battery University*. [online] Disponibile: <https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_the_lead_acid_battery> [Accesso effettuato il 7 marzo 2020].
- Singh, A. and Karandikar, D., 2015. REVIEW ON DESULFATION OF LEAD-ACID BATTERY FOR HEV. [online] Troindia.in. Disponibile: <http://troindia.in/journal/ijcesr/vol2iss9/85-96.pdf> [Accesso effettuato il 27 marzo 2020].
- Pini, S., 2019. *Auto, Ricambi E Manutenzione Valgono 33 Miliardi*. [online] Ilsole24ore.com. Disponibile: <https://www.ilsole24ore.com/art/auto-ricambi-e-manutenzione-valgono-33-miliardi-ACpir8G> [Accesso effettuato il 31 marzo 2020].
- Power-sonic.com. 2020. TECHNICAL MANUAL SEALED LEAD-ACID BATTERIES. [online] Disponibile: <https://www.power-sonic.com/wp-content/uploads/2018/12/Technical-Manual.pdf> [Accesso effettuato il 3 aprile 2020].
- Eastpennmanufacturing.com. 2015. *Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA)*. [online] Disponibile: <https://www.eastpennmanufacturing.com/wp-content/uploads/Guide-to-VRLA-Batteries-1927.pdf> [Accesso effettuato il 15 aprile 2020].
- Perez, R., 1993. Lead-Acid Battery State Of Charge Vs. Voltage. [online] Scubaengineer.com. Disponibile: <https://www.scubaengineer.com/documents/lead_acid_battery_charging_graphs.pdf> [Accesso effettuato il 17 aprile 2020].
- Taylor, T., 2017. Storage of Electrical Energy. [online] Disponibile: <https://www.sif.it/media/2116a97a.pdf> [Accesso effettuato il 18 aprile 2020].
- Schaddelee, B. and Tempowski, J., 2020. *Recycling Used Lead-Acid Batteries*. [online] Apps.who.int. Disponibile: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259447/9789241512855-eng.pdf> [Accesso effettuato il 24 aprile 2020].
- Yuasa. 2020. Tutto Quello Che C'è Da Sapere Sulle Batterie - Yuasa. [online] Disponibile: <https://www.yuasa.it/informazioni/auto-veicoli-commerciali-leisure-e-marine/tutto-quello-che-ce-da-sapere-sulle-batterie/> [Accesso effettuato il 29 aprile 2020].

  Ilmeteo.it. 2019. *Che Tempo Faceva A Romano Di Lombardia Il 4 Luglio 2019 - Archivio ILMETEO.It*. [online] Disponibile: <https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Romano+di+Lombardia/2019/Luglio/4> [Accesso effettuato il 7 maggio 2020].
- Mobbs, M., 2020. Lead Acid Vs. Lithium-Ion Battery Comparison. [online] Disponibile: < https://static1.squarespace.com/> [Accesso effettuato il 3 maggio 2020].
- Pillot, C., 2020. Future Trends In The Rechargeable Battery Market. [online] Qualenergia.it. Disponibile: <https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/

attachments/Future%20trends%20in%20the%20rechargeble%20battery%20market.pdf> [Accesso effettuato il 13 maggio 2020].

- Ikeda, S., 2007. Innovations of Lead-Acid Batteries. [online] Nagoya Institute of Technology. Disponibile: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/electrochemistry/76/1/76_1_32/_pdf> [Accesso effettuato il 9 maggio 2020].
- Ibm.com. 2020. Cos'è L'Edi: Electronic Data Interchange? [online] Disponibile: <https://www.ibm.com/it-it/supply-chain/edi-electronic-data-interchange> [Accesso effettuato il 24 maggio 2020].