

POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Ingegneria di Ingegneria Industriale
e dell'informazione

Corso di Laurea Magistrale in Mobility Engineering



POLITECNICO
MILANO 1863

**Ottimizzazione della flotta per la distribuzione della carta stampata
e studio della transizione all'elettrico**

Relatore: Professor Roberto Maja

Correlatore: Marcello Belotti

Correlatore: Stefano Ferrario

Tesi di Laurea a cura di:
Federico Turri 10578719

Anno accademico 2021/2022

Abstract

In questo progetto di Tesi si analizzerà il settore e le problematiche della Distribuzione della carta stampata, considerando il caso specifico delle aziende ADP srl e Agenzie Riunite srl.

Questo progetto si concentra su due tematiche principali:

- 1) l'ottimizzazione logistica della distribuzione di riviste e quotidiani di due aziende cooperanti
- 2) la transizione elettrica dei furgoni usati per la consegna della merce

Il primo punto verrà studiato mediante un approccio tecnico con lo scopo finale di ridurre i costi e arrivare ad una soluzione ottimale per le due aziende; la soluzione sarà però modificata seguendo una mentalità imprenditoriale, non si andrà solamente a seguire il risultato elaborato dai calcoli, bensì verrà modificato anche in base all'esperienza di chi lavora in azienda per ottenere una soluzione effettivamente applicabile e non solo teorica.

Il secondo punto invece rappresenterebbe una vera e propria rivoluzione per le aziende, avendo esse sempre operato con veicoli diesel. Questa seconda parte di lavoro verrà quindi contornata da ipotesi di lavoro studiate per il caso specifico.

Abstract - English

In this thesis project, i will analyze the sector and the problems of Printed Paper Distribution, considering the specific case of the companies ADP srl and Agenzie Riunite srl.

The project focus will be on two main themes:

- 1) the logistical optimization of the distribution of magazines and newspapers of two cooperating companies;
- 2) the electric transition of vehicles used for the delivery of goods

The first point will be studied by means of a technical approach with the final aim of reducing costs and arriving at an optimal solution for the two companies. However, the solution will be modified according to an entrepreneurial mentality and will not just follow the result worked out by calculations, but it will also be modified according to the experience of those people working in the company in order to obtain a solution that is actually applicable and not just theoretical.

The second point, on the other hand, would represent a real revolution for companies, as they have always operated with diesel vehicles. This second part of the work will therefore be accompanied by working hypotheses designed for the specific case.

Sommario

Abstract	2
Abstract - English	3
Introduzione	7
Stato dell'Arte – Premessa	8
Stato Dell'Arte - Editoria	9
Stato Dell'Arte - Ottimizzazione	10
ADP e Agenzie Riunite	11
Esperienza in azienda	13
<i>ADP</i>	13
Distribuzione	13
Rifornimenti	14
Pacchi standard	15
Resa	15
<i>Agenzie Riunite</i>	17
Distribuzione	17
Rifornimenti	18
Resa	19
<i>Consegna Merce</i>	19
Panoramica del progetto	20
<i>Dati</i>	20
Edicole	20
Veicoli	21
Orario di preferenza consegna merce	21
<i>Assunzioni</i>	21
Analisi dei Dati	22
<i>ADP</i>	22
<i>Agenzie Riunite</i>	24
Geolocalizzazione delle edicole	26
Organizzazione dei Giri	28
<i>Giri di Consegna - Agenzie Riunite</i>	28
<i>Giri di Consegna - ADP</i>	31
Procedimento	32
Analisi degli Scenari	40
<i>Scenario Attuale</i>	40
Risultati	41

Valori Numerici -ADP	42
Valori Numerici – Agenzie Riunite	43
Costi - ADP	44
Costi – Agenzie Riunite	45
<i>Scenario Ottimizzato</i>	47
<i>Confronto</i>	50
ADP	50
ADP - Costs	56
Agenzie Riunite	58
Costi – Agenzie Riunite	63
Ottimizzazione ADP + Agenzie Riunite	65
Veicoli Consegna	69
<i>Ipotesi</i>	71
Calcolo dei consumi	73
<i>ADP – Consumi di Carburante</i>	75
<i>Agenzie Riunite – Consumi di Carburante</i>	76
<i>ADP – Emissioni</i>	76
<i>Agenzie Riunite – Emissioni</i>	77
Stato dell’Arte - Elettrificazione	78
Stato dell’arte - Costi	84
<i>Ipotesi</i>	86
Furgone Elettrico	87
Stazione di Ricarica	90
<i>Dove</i>	90
<i>Come</i>	92
<i>Quando</i>	93
<i>Scenario senza accumulatore</i>	94
<i>Scenario con Accumulatore (BESS)</i>	98
Emissioni – Scenario Elettrico	100
Conclusioni	103
Possibili scenari futuri	105
<i>Ottimizzazione</i>	105
<i>Elettrificazione</i>	106
Riferimenti	107

Introduzione

In questa Tesi descriverò lo studio e l'applicazione di un modello atto ad ottimizzare l'organizzazione della flotta dei furgoni per la consegna delle merci. Il modello verrà sviluppato considerando i vincoli di tempo, spazio e volume occupato. Un ulteriore vincolo risiede nella diversa conformazione del territorio e della rete stradale: strade cittadine portano a tempistiche e organizzazione del lavoro molto diverse rispetto a strade principali o autostrade.

Per dimostrare meglio il funzionamento del modello mostrerò il caso di ADP srl e di Agenzie Riunite srl, due aziende operanti, tra gli altri campi, nel settore della distribuzione della carta stampata.

Le due aziende nonostante svolgano lo stesso identico lavoro (ovvero rifornire edicole e punti vendita), operano in maniera diversa, seguono un metodo di lavoro simile ma differente. Questo concetto si lega ad uno dei principali obiettivi di questa Tesi: trovare un metodo che sia congeniale a tutte le aziende che lavorano nel settore della distribuzione e consegna delle merci.

Successivamente la mia analisi vergerà sulla possibilità di sostituire i veicoli a trazione diesel con furgoni elettrici, evidenziandone le potenzialità e le criticità per il settore in esame.

Tutto il lavoro di questo elaborato gira attorno a poche parole chiave: **Giri di Consegna**. Essi rappresentano semplicemente il metodo organizzativo di distribuzione della merce.

Il primo macro-obiettivo di questa tesi in letteratura scientifica viene definito *Vehicle Routing Problem*. Lo scopo del problema è ottimizzare le rotte di una flotta di veicoli per la consegna della merce considerando i dovuti vincoli legati alle condizioni al contorno. Il risultato finale rappresenterà un miglioramento della condizione iniziale in termini di distanza percorsa, tempistiche e soprattutto costi.

Dopo qualche breve capitolo riguardante la mia esperienza fisica in azienda e alcune considerazioni riguardanti il settore di competenza delle aziende inizierà la parte di analisi e risoluzione del problema.

Ma qual è il problema su cui vergerà questo elaborato? Il tutto può essere riassunto nei seguenti punti:

- A fronte di una crisi sempre maggiore nel settore delle edicole e della carta stampata è possibile andare a ridurre i costi operativi senza stravolgere metodologia di lavoro?
- Quali soluzioni organizzative è opportuno seguire per ottenere un concreto miglioramento?
- Le soluzioni proposte da un possibile modello matematico sono praticamente applicabili?
- Una transizione verso i veicoli elettrici è attuabile per il caso in esame?
- La transizione è economicamente conveniente? Se sì, quali soluzioni è meglio seguire?

Per rispondere a queste domande non sarà solamente necessario un approccio teorico e scolastico, comunque fondamentale per usare un metodo scientifico ed ottenere un risultato sensato. Questa Tesi ha anche l'obiettivo di seguire un approccio imprenditoriale, seguendo indicazioni e suggerimenti direttamente dalle persone che lavorano nelle aziende. Motivo per cui molte delle ipotesi e delle scelte che sono descritte nel corpo di questo elaborato sono maturate successivamente a un periodo di un mese in cui ho lavorato in prima persona nelle varie postazioni al fianco dei dipendenti.

Qui di seguito riporto una breve descrizione delle macro-aree in cui è suddivisa la tesi.

- 1) I primi capitoli sono una breve descrizione dello stato dell'arte del mondo della distribuzione della carta stampata in Italia e in Europa dove si inquadrono i principali problemi del settore.

- 2) Successivamente viene descritta l'esperienza in azienda, con particolare attenzione alle postazioni lavorative che ho provato durante l'esperienza di tirocinio.
- 3) Nella terza parte vi è la descrizione dei dati forniti, con particolare attenzione alla tipologia di problemi che sono ricorsi durante le prime fasi del progetto.
- 4) La quarta parte descrive nel dettaglio i passaggi seguiti per sviluppare un metodo efficace atto all'ottimizzazione della logistica dei Giri di Consegna.
- 5) Nella quinta parte mostro e analizzo i risultati ottenuti con il modello; risultati che sono poi commentati e confrontati con la situazione di partenza.
- 6) In questa parte parlo del secondo obiettivo della tesi: l'elettrificazione, partendo da alcuni studi presenti in letteratura scelgo una soluzione per il caso di ADP e Agenzie Riunite.
- 7) Conti e considerazioni per la transizione dei veicoli diesel in mezzi elettrici.
- 8) Conclusioni finali accompagnate da possibili scenari futuri di sviluppo partendo dalle soluzioni che proporrò nella Tesi.

Stato dell'Arte – Premessa

Questa sezione rappresenta la base della Tesi, e considerando l'argomento considerato ho deciso di dividerla in tre parti:

- 1) Editoria
- 2) Ottimizzazione
- 3) Elettrificazione
- 4) Costo dei veicoli elettrici

Le prime due sono discusse di seguito, mentre le ultime due sono riportate più avanti nella trattazione: in seguito alla parte di elaborato riguardante l'ottimizzazione della flotta.

Ho fatto questa scelta in quanto ritengo importante considerare ed analizzare gli studi inerenti all'argomento della transizione elettrica in funzione dei risultati ottenuti dalla prima parte dell'elaborato. L'argomento è stato infatti studiato in innumerevoli articoli e presenta quindi un numero infinito di sfaccettature e punti di sviluppo diversi.

La ricerca che ho svolto si è concentrata principalmente su articoli e studi che ho trovato sul sito *Scopus* e su *Google Scholar*. La quantità di informazioni generali e specifiche è molto elevata; pertanto, delle decine di pubblicazioni che ho consultato, cito soltanto gli studi che mi sono stati effettivamente utili e che mi hanno aiutato a prendere le decisioni a mio avviso più opportune per questo elaborato.

Stato Dell'Arte - Editoria

Non è un segreto che il mondo dell'editoria e in particolare della vendita di pubblicazioni tramite edicole sia in declino: numerosi fattori quali la digitalizzazione, l'avanzare della tecnologia e il biennio 2020-2021 marcato dal Covid19 hanno inevitabilmente indebolito questo settore.

Per citare alcuni dati, [1] negli ultimi 15 anni le edicole sono passate da essere 42000 a circa 25000.

[2] In particolare ad oggi sono presenti 24596 rivendite di giornali in Italia, ma questi punti vendita sono divisi in diverse categorie: 6435 sono edicole che vendono esclusivamente prodotti editoriali; 5909 sono edicole che offrono pubblicazioni di misura prevalente insieme ad altri prodotti di differente natura commerciale. Ci sono poi 8723 negozi che rappresentano punti di vendita non esclusivi quali tabaccherie. I rimanenti sono detti punti vendita promiscui, per cui la stampa è un'attività secondaria.

I dati di marzo 2022, comparati con quelli di marzo dello scorso anno, raccontano che hanno chiuso 540 edicole esclusive, 317 edicole con attività prevalente. Insieme questi due numeri rappresentano l'85% di tutte le chiusure nel settore dei negozi di vendita di giornali.

Il dato riguardante le altre due categorie può sembrare più confortante, "solamente" 149 edicole non esclusive e 78 edicole con attività secondaria hanno chiuso nello stesso periodo, ma vi è grande incertezza di come si evolverà la situazione nei prossimi anni.

Questi dati portano gli editori e in particolare i distributori di giornali ad aggiornarsi per non andare verso un futuro di fallimento. Numerosi distributori in Italia si muovono verso il settore dell'e-commerce e della logistica per mantenere fiorente la propria attività.

Inoltre, diventa sempre più importante cercare di ridurre i costi e ottimizzare le risorse a disposizione delle aziende di distribuzione, ma come funziona il rifornimento delle edicole in Italia?

Il processo inizia presso gli editori, che in base alla domanda commissionano la quantità di copie da stampare di ogni pubblicazione da mandare sul mercato. Quando le copie sono pronte vengono assegnate a una delle 46 società di distribuzione in Italia. Nel caso in cui si tratti di riviste e periodici questi vengono prima indirizzati in un centro nazionale e poi smistati a una serie di distributori locali sul territorio. Per quanto riguarda i quotidiani, per ragioni di tempo molto limitato da quando vengono stampati a quando vengono consegnati all'edicola, le copie vengono direttamente inviate ai vari distributori locali.

Per coprire tutti i punti vendita e agevolare la consegna ogni giornale viene stampato in più punti sul territorio nazionale, sfruttando accordi con le varie tipografie locali.

Il trasporto delle pubblicazioni dal distributore alle edicole viene effettuato con mezzi diesel, che ritirano la merce già smistata presso l'azienda per poi consegnarla durante la notte al punto vendita.

Per ottimizzare tempi e costi la resa delle pubblicazioni invendute nei giorni precedenti viene caricata subito dopo lo scarico della merce nuova. La resa viene poi riportata alla società di distribuzione, che ha il compito di smistare l'invenduto in base agli editori e in modo tale da rimandare il tutto all'editore corretto.

Stato Dell'Arte - Ottimizzazione

I giornali sono distribuiti in tutto il mondo seguendo metodi molto diversi tra loro. Questo fattore rende l'argomento molto vario e ha portato a numerose analisi negli ultimi anni. A seconda dell'area geografica del mondo, vengono scelte soluzioni diverse per la consegna dei giornali: camion, biciclette, moto, auto private, ecc. ecc.

Di seguito verranno presentati alcuni casi che si avvicinano alla situazione che verrà studiata in questo progetto di tesi, con un breve accenno al modello seguito in questi casi.

In generale, il problema da risolvere è chiamato *Vehicle Routing Problem (VRP)*, che può essere riassunto come segue: un numero limitato di veicoli di una certa capacità di carico nota, partendo da un deposito noto, deve raggiungere una serie di punti spaziali una volta sola, conoscendo la domanda di merci che ogni punto richiede. Nel caso di questa tesi, il deposito è rappresentato dalle aziende ADP e Agenzie Riunite, mentre i punti da raggiungere, suddivisi in turni di consegna, sono i chioschi.

Un esempio di caso di studio correlato è presentato in [3], svoltosi a Bangkok. Lo studio si propone di esaminare il problema della distribuzione di un quotidiano mattutino e di minimizzare il costo totale senza violare i vincoli di capacità e di finestra temporale. I problemi consistono negli orari di partenza dei veicoli, nell'instradamento dei veicoli, nella localizzazione dei centri di distribuzione e dei punti di consegna e nell'assegnazione dei punti di consegna ai centri di distribuzione. I risultati dimostrano il notevole impatto sui costi ottenuto sviluppando simultaneamente il programma di logistica e di dispacciamento. Gli aspetti principali su cui si basa lo studio sono la pianificazione strategica e lo studio di un algoritmo per migliorare la distribuzione mattutina dei giornali.

Gli autori utilizzano un modello di calcolo circondato da condizioni e limiti per cercare una soluzione ottimale.

Dall'altra parte del mondo, a Curitiba, in Brasile, viene condotto lo studio [4]. In questo caso, viene discussa l'ottimizzazione del problema della distribuzione dei giornali. Lo scopo di questo lavoro è quello di presentare una metodologia per fornire una soluzione a un *Green Vehicle Routing Problem (BGVRP)* bi-obiettivo. La metodologia, illustrata utilizzando il problema della distribuzione dei giornali e istanze tratte dalla letteratura, è stata suddivisa in tre fasi: Fase 1, trattamento dei dati; Fase 2, approcci metaeuristici (ibridi o non ibridi), utilizzati in modo comparativo e, Fase 3, analisi dei risultati, con un confronto tra gli algoritmi utilizzati.

L'obiettivo è quello di studiare una possibile ottimizzazione della distanza totale percorsa e di mostrare la relativa riduzione delle emissioni di CO₂. La somiglianza con questo documento riguarda l'obiettivo di ridurre la distanza totale e quindi il consumo. Questo studio è prezioso nonostante le differenze con il caso di questa tesi: l'uso di motociclette per la consegna finale dei giornali e i numerosi punti di smistamento da cui partono le merci.

Infine, si fa riferimento al documento [5], che tratta il problema della distribuzione dei giornali a San Paolo, in Brasile. Le analogie con questo documento sono molte:

- Le copie vengono stampate in due centri di stampa e poi trasportate ai centri di distribuzione. Dal centro di distribuzione vengono utilizzati veicoli di consegna come furgoni o scooter per la consegna dell'ultimo miglio.
- La consegna al cliente deve avvenire entro le 6:30 del mattino, quindi è fondamentale lavorare in modo rapido ed efficiente. Questo punto evidenzia anche come il caso in esame sia un esempio di problema di instradamento dei veicoli con finestre temporali.
- L'obiettivo è l'ottimizzazione della consegna dell'ultimo miglio.

ADP e Agenzie Riunite

Le due aziende coinvolte in questo progetto di Tesi sono ADP srl e Agenzie Riunite srl.



Figura 1: Logo ADP

ADP srl nasce nel 1961 come agenzia di distribuzione locale di stampa e periodici. L'attività di distribuzione è stata nel tempo studiata ed evoluta fino ad oggi, alla ricerca di metodi sempre più moderni e innovativi per andare incontro alle esigenze del mercato.

ADP ha sede a Lainate e fornisce oltre 200 tra edicole, supermercati e punti vendita; inoltre rifornisce l'aeroporto di Milano Malpensa.

Con il tempo ADP entra anche in altri settori, primi tra tutti l'e-commerce e la logistica che ad oggi rappresentano il capo saldo e punto forte dell'azienda.



Figura 2: Logo Agenzie Riunite

Agenzie Riunite nasce nel 2010 dalla fusione di due aziende storiche operanti nel settore della distribuzione della carta stampata. Nonostante la sua giovane storia, l'azienda è attiva in molti campi: dall'e-commerce alla gestione dei magazzini, dalle spedizioni nazionali e internazionali alla fornitura di edicole e supermercati del proprio territorio.

Agenzie Riunite rifornisce circa 250 edicole in un'area che va dal confine svizzero alla zona est di Milano.

Le due aziende operativamente fanno la stessa cosa: riforniscono le edicole; tuttavia gestiscono i processi di distribuzione in modi diversi, che verranno analizzati nei seguenti capitoli.

Ci sono quindi numerosi aspetti comuni alle due compagnie che riguardano il processo che la merce segue da quando arriva in azienda a quando viene consegnata:

- 1) In mattinata vengono scaricate le pubblicazioni dei periodici (riviste, figurine, magazine ecc ecc) nella forma di pacchi caricati su bancali.
- 2) Il primo passo è quello di dividere le pubblicazioni in uscita in giornata dalle pubblicazioni che vanno tenute in magazzino come scorta
- 3) Successivamente le copie vengono smistate e assegnate alle edicole che le hanno richieste.
- 4) Le edicole da rifornire sono divise in **Giri di Consegna**, ovvero gruppi di edicole che vengono rifornite dallo stesso camion. Ad ogni edicola viene assegnato un codice univoco e viene assegnata ad un giro di consegna.
- 5) Durante la notte i veicoli partono dal magazzino per fornire le edicole della merce ordinata, ritirando subito dopo la resa e riportandola in azienda
- 6) Il giorno successivo la resa viene smistata o macerata per conto degli editori.

Le aziende sono aperte tutti i giorni sviluppando l'orario di lavoro su turni, in modo da dividere il lavoro nell'arco delle 24 ore e non fermarsi mai, tranne qualche eccezione dovuta a festività.

Esperienza in azienda

Nelle prime tre settimane di stage mi sono recato sia presso Agenzie Riunite che presso ADP srl per capire nel dettaglio come funziona il processo di distribuzione delle copie. Ho quindi lavorato nelle principali postazioni di lavoro delle due aziende, elencate di seguito:

- Distribuzione
- Resa
- Rifornimenti
- Attività notturna
- Consegna

In questo capitolo è riportata una breve descrizione delle postazioni di lavoro appena elencate; separerò la descrizione per le due aziende in quanto ci sono alcune differenze che è opportuno sottolineare.

ADP

Distribuzione

La distribuzione è il primo passo verso la consegna alle edicole della merce. Le pubblicazioni seguono un processo di smistamento composto da numerosi passaggi che verranno descritti brevemente di seguito.

- 1) Durante la mattinata i fornitori portano all'agenzia le copie da distribuire basandosi sulle ordinazioni fatte dall'azienda stessa. Le copie sono organizzate su bancali
- 2) I bancali vengono aperti e analizzati. È infatti procedura controllare la Bolla di consegna del fornitore, presente insieme alla merce, su cui viene indicato il numero di copie delle pubblicazioni contenute nel bancale.
- 3) Successivamente le copie vengono divise tra merce destinata alla consegna e merce da mantenere in magazzino.
- 4) La merce da distribuire viene poi portata presso una postazione dove un addetto si occupa della prima fase di smistamento. ADP infatti lavora con 3 sottoaree denominate **isole**, ogni isola raccoglie un gruppo di edicole in base alla zona di appartenenza delle stesse.
- 5) L'addetto per ogni pubblicazione segue la seguente procedura.
 - a. Scannerizza una copia
 - b. Un programma indica quante copie o pacchi interi vadano mandati ad ogni isola
 - c. Basandosi sulle indicazioni del programma divide manualmente le copie della pubblicazione su 3 carrelli, uno per isola. Inoltre è presente un bancale dedicato al Terminal1 dell'aeroporto di Milano Malpensa, ma viene trattato a parte.
- 6) I carrelli vengono poi portati alla propria isola, dove altri 2 addetti usano un altro programma per scannerizzare e dividere le copie in base alle indicazioni a monitor.

L'isola è infatti una zona a pianta rettangolare con 3 lati occupati da scaffali, divisi a loro volta da delle etichette che indicano il giro di consegna e lo scalo. Sotto ogni etichetta vengono posizionate delle ceste, ogni cesta rappresenta l'edicola appartenente al giro e allo scalo indicato. Inoltre è presente un led che indica, ogni volta che una pubblicazione viene scannerizzata, quante copie inserire a mano in ogni cesta.
- 7) Gli operatori dividono le copie tra le edicole dell'isola, questo può portare ad errori commessi dagli operatori, ma sono errori facilmente correggibili: se ad esempio non viene inserita una copia nella cesta di un'edicola questa avanzerà alla fine, basterà quindi ricontrollare le ceste e trovare quella senza copia. I problemi principali di questa procedura sono ovviamente legati al tempo perso.
- 8) Quando una cesta è piena viene identificata con numero del giro e dello scalo, chiusa, portata su un carrello e sostituita da una nuova.

- 9) A fine giornata nell'ultima cesta di ogni edicola viene inserita la *Bolla* con l'elenco di tutte le copie distribuite per l'edicola stessa. Questo metodo serve a certificare la corretta quantità di tutte le pubblicazioni richieste dall'edicola.
- 10) Infine tutte le ceste vengono organizzate su dei carrelli in base al loro giro di appartenenza e organizzate nel magazzino, dove gli autisti la notte passeranno per inserirle nel vano dei veicoli di consegna.



Figura 3: carrello

L'impiego di questi carrelli non è casuale: essi hanno il grande vantaggio (oltre alla praticità dei movimenti) di ridurre l'uso dei muletti. La diretta conseguenza è la riduzione dei costi e l'incremento della sicurezza sul luogo di lavoro.

Rifornimenti

I rifornimenti sono tutte quelle pubblicazioni che sono già presenti in magazzino e che qualche edicola richiede al distributore, sono quindi nella maggior parte dei casi numeri già usciti.

Questa postazione di lavoro presso ADP è gestita da un operatore, i compiti da svolgere sono molteplici.

- 1) La mattina il primo compito riguarda lo smistamento su alcuni scaffali delle copie extra che non sono state distribuite il giorno prima. Queste copie formano la scorta del magazzino.
- 2) In base alle richieste delle edicole l'operatore grazie a un programma ha l'elenco di tutte le copie che devono essere uscite per la consegna
- 3) Le copie vengono prese dagli scaffali e divise, grazie sempre al codice a barre, per giro di consegna.
- 4) Infatti i rifornimenti vengono inseriti in ceste di colore diverso rispetto a quelle utilizzate per la distribuzione, e in particolare è presente una sola cesta per giro.
- 5) Tutte le copie della pubblicazione destinate al rifornimento vengono poi rivettate con la bolla, per poi essere inserite nella cesta del loro Giro di consegna.
- 6) Le ceste del rifornimento vengono poi portate nella postazione dedicata alla distribuzione dei pacchi standard.

Pacchi standard

Con la denominazione 'Pacchi standard' si fa riferimento ai pacchi interi di figurine o riviste richiesti dalle edicole. Accade spesso infatti che alcune edicole anziché richiedere qualche copia di una pubblicazione ne richiedano un pacco intero. Per evitare inutili processi di smistamento il pacco (appunto standard) non viene aperto e smistato ma viene portato direttamente in una zona apposita.

1	2	3	4	5	...
29	28	27	26	25	...

Questa zona si trova verso l'uscita del magazzino, in essa vi sono dei carrelli (uno per Giro) dove i pacchi standard vengono riposti. In questo carrello i pacchi di tutte le edicole appartenenti al Giro vengono impilati l'uno sull'altro, per essere poi recuperati la sera dall'autista assegnato.

Resa

Durante il Giro di consegna notturno, gli autisti oltre a consegnare la merce (in alcuni giorni della settimana) ritirano la merce rimasta invenduta e che gli edicolanti rimandano indietro. La merce resa segue il seguente processo:

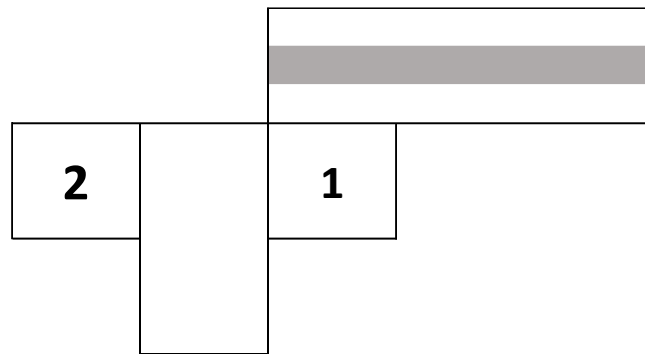
- Le ceste e i pacchi vengono caricati su dei carrelli e portati alla postazione della resa.
- La postazione della resa è basata sul macchinario qui riportato:



Figura 4: macchinario resa

In ADP ci sono due postazioni di resa e quindi due macchinari.

- La postazione della resa è così composta:



Per ogni macchina lavorano 2 addetti, uno internamente la zona del macchinario e uno esternamente.

Il primo ha diversi compiti:

- aprire manualmente, attraverso l'uso di un programma, il file legato ad una certa edicola.
- l'operatore passa ad una ad una le copie sul rullo, con il codice a barre rivolto verso l'alto, in questo modo il lettore di codice a barre è in grado di identificare la pubblicazione e dedicarla al proprio editore.



Figura 5: rullo del macchinario resa

- La copia procede sul rullo dove sono posizionate diverse fotocellule, una per ogni editore, quando la copia arriva nei pressi dell'editore corrispondente il rullo si abbassa lasciando cadere la copia in uno scatolone aperto denominato pall box.



Figura 6: sensore



Figura 7: pall box

L'operazione viene ripetuta per ogni copia.

- Una volta terminate le copie rese dall'edicola, l'operatore2 torna a lavorare sul programma salvando il passaggio di tutte le copie rese. Viene quindi eseguito un controllo dal programma che comunica all'operatore se le copie passate siano tutte quelle previste dalla resa o se ci sia mancanza o eccedenza di copie.
- Il processo viene poi ripetuto per tutte le edicole del Giro di consegna.
- Ogni edicola invia anche una Bolla, su cui sono indicate le copie rese, le bolle vengono divise per Giro e conservate dall'azienda.
- Il processo viene ripetuto per tutti i Giri di consegna.

Agenzie Riunite

Distribuzione

La distribuzione in Agenzie Riunite funziona in modo molto diverso rispetto ad ADP. La differenza principale sta nella movimentazione della merce. Di seguito descrivo brevemente il processo:

- In questo caso il tutto si riduce ad una sola grande postazione che viene definita 'Tavolo', di cui riporto uno schema della vista dall'alto

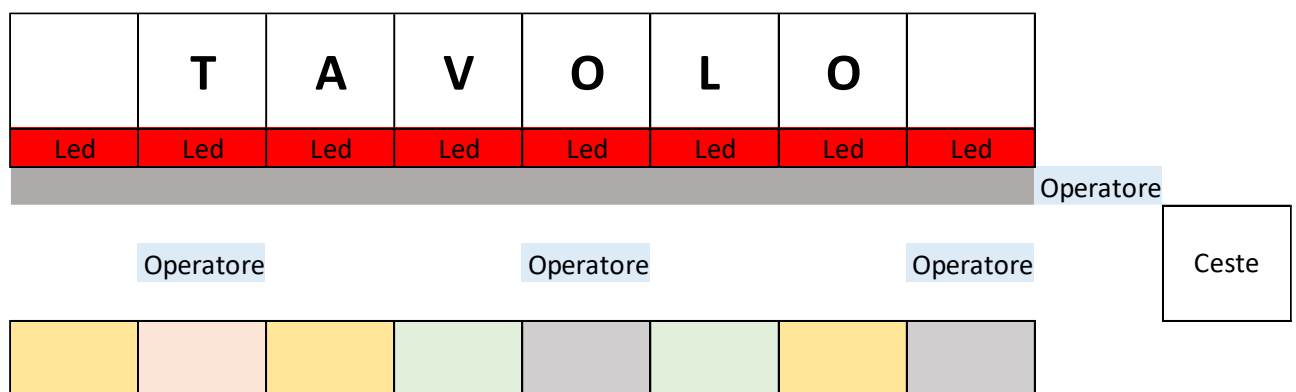


Figura 8: schema postazione distribuzione Agenzie Riunite

- Durante la giornata vengono scaricati i bancali contenenti le pubblicazioni dei periodici e vengono allineati lungo una linea immaginaria di fianco a dove si posizionano gli operatori. Gli operatori si posizionano con alle spalle i bancali di copie
- La sera le copie vengono posizionate su degli scaffali verticali davanti alla postazione degli operatori e viene associata ad ogni pubblicazione una posizione ben definita tra gli scaffali. La posizione è in corrispondenza dei led riportati in figura 8.
- L'operatore sulla destra si trova alla fine di un rullo (linea grigia in figura 8) ed inserisce in un programma il codice dell'edicola di cui vanno preparate le ceste.
- I led si illuminano indicando il numero di copie di ogni rivista da consegnare all'edicola in questione.
- Gli altri operatori appoggiano sul rullo le copie richieste, che vengono portate all'operatore sulla destra che ha il compito di farle cadere dal rullo nelle ceste. Un sensore conta le copie che cadono dal rullo per controllare che il numero finale combaci con la richiesta dell'edicola.
- Quando una cesta è piena viene sostituita con quella successiva e quando le copie sono state tutte inserite si passa all'edicola successiva.
- Infine le ceste vengono poste su dei bancali, uno per Giro, e portati nelle postazioni dedicate pronte per essere caricate sui furgoni dagli autisti la notte.

Il punto forte di questa soluzione è la poca movimentazione della merce, che da quando viene scaricata a quando viene inserita nelle ceste non cambia postazione.

Probabilmente il punto debole di questa scelta sta nel conteggio: vi è la possibilità che gli operatori (o il sensore alla fine del rullo) sbagliano a contare il numero di copie.

Nel caso in cui questo accada tutte le ceste dell'edicola vengono portate ad una postazione dove è presente un operatore con un computer che scansiona a mano il codice a barra di ogni copia, controllando se ne manchi qualcuna. In caso positivo la copia viene presa dal Tavolo e segnata.

A differenza di ADP i pacchi standard vengono inseriti nelle ceste insieme alle copie sciolte.

La procedura appena descritta viene seguita tutti i giorni dedicati alla distribuzione tranne il lunedì. Durante questo giorno, a causa della distribuzione tra le altre di pubblicazioni estere, la distribuzione avviene su scaffali seguendo un processo molto simile ad ADP. In questo caso sugli scaffali viene posizionata una cesta per edicola, e grazie a un programma a computer, una volta selezionata la pubblicazione viene indicato quante copie distribuire per ogni edicola.

Rifornimenti

La postazione dei rifornimenti è sostanzialmente uguale alla corrispondente già descritta per ADP. Anche in questo caso le copie, dopo essere state cercate e ritirate dalle scorte del magazzino, vengono portate agli addetti della distribuzione e smistate nei Giri.

Resa

Questa zona del magazzino segue sostanzialmente lo stesso processo di ADP: la merce segue lo stesso percorso attraversando un macchinario che legge i codici a barre delle copie per poi dividerle per editore nei pall box.

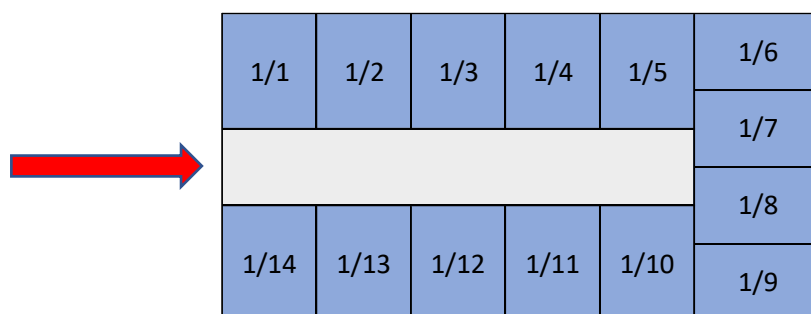
Ciò che cambia è qualche procedura:

- Prima di posizionare le copie sulla macchina della resa, non viene inserito manualmente il codice dell'edicola in un programma. L'uso del doppio codice a barre identifica sia l'edicola che l'editore, eliminando di fatto il tempo necessario per passare da un'edicola ad un'altra.
- Le copie delle figurine non vengono fatte passare nel macchinario della resa, ma vengono separate a mano dagli operatori e suddivise per editore in una postazione a parte.

Consegna Merce

L'ultima postazione in cui ho lavorato è il punto finale di tutto il processo di distribuzione: la consegna della merce. Il processo di consegna è uguale per entrambe le aziende, i passaggi che descriverò a breve sono quindi da intendere validi sia per ADP che per Agenzie Riunite.

- 1) Durante le prime ore della notte gli autisti si recano in azienda per effettuare l'operazione di *smazzatura* dei giornali. I pacchi di quotidiani infatti, a differenza delle altre pubblicazioni, arrivano in azienda di notte in modo tale da essere consegnati la mattina stessa insieme alle altre pubblicazioni.
- 2) Ogni operatore si occupa di smistare le copie di quotidiani del proprio Giro e di chiuderli a pacco come mostrato in Figura 9 nel capitolo successivo. Si evita quindi di inserire i quotidiani in ceste per evitare un ingombro eccessivo.
- 3) Terminata l'operazione del punto 2), l'autista mette i quotidiani e le ceste del proprio Giro sul furgone seguendo un ordine preciso.



La freccia indica il portellone del furgone, le ceste vengono posizionate in senso orario da sinistra verso destra. Se un'edicola ha più di una cesta le casse vengono impilate l'una sull'altra. I pacchi di quotidiani (e i pacchi standard per ADP) si impilano a loro volta sopra le ceste.

- 4) Verso le 4:30 del mattino l'autista inizia il Giro, seguendo un ordine di consegna basato sulla distanza delle edicole dall'azienda e in base all'orario al quale gli edicolanti vorrebbero ricevere la merce.
- 5) Per ogni edicola l'autista ritira la Resa, questo avviene nei giorni della settimana dedicati.
- 6) terminate le consegne l'autista ritorna in azienda e scarica la resa in magazzino, essa verrà smistata come descritto precedentemente nella giornata di lavoro successiva.

Panoramica del progetto

Conclusasi la doverosa introduzione si passa alla parte implementativa.

Ma per quale motivo è necessaria l'ottimizzazione delle flotte delle due aziende? La principale ragione è il decrescente numero di edicole aperte sul suolo italiano: con la costante riduzione della domanda le aziende di distribuzione si vedono costrette a riorganizzare le flotte di distribuzione.

Il secondo motivo è legato al voler ridurre quelli che sono costi e tempi di consegna, lo scopo di questa prima parte dell'analisi verge infatti sulla possibilità di ridurre il numero di Giri e quindi di veicoli utilizzati in modo da limare i costi delle due aziende, restando ovviamente nei tempi previsti e mantenendo alta la qualità del servizio.

La fase di ottimizzazione è suddivisa in due sotto parti:

- 1) La prima parte riguarda l'ottimizzazione dei Giri di Consegna delle aziende in modo separato, quindi viene eseguito lo stesso procedimento ma mantenendo le aziende indipendenti l'una dall'altra.
- 2) Nella seconda parte invece si si considererà di riorganizzare la divisione delle edicole tra le due aziende. Questa soluzione punta ad evitare tutte quelle situazioni in cui un furgone di ADP per raggiungere la sua area di competenza attraversa la zona fornita da Agenzie Riunite (e viceversa), andando così a percorrere una distanza inutile.

Prima di procedere con ulteriori dettagli, presento i dati e le ipotesi sotto i quali svilupperò l'intero progetto.

Dati

Per lo svolgimento dell'analisi di ottimizzazione sono stati necessari molti dati che verranno presentati qui di seguito, a partire dalla geolocalizzazione delle edicole ai volumi di carico dei mezzi di consegna dedicati ai Giri. Lo studio è stato svolto partendo dai dati di consegna della settimana dal **16 al 22 maggio 2022**. Il motivo di questa scelta è la presa in considerazione di un periodo che non fosse affetto da festività chiusure o eventi particolari che potessero falsare la media delle edicole aperte e dei volumi d carico.

Qui di seguito vengono riportati i Dati forniti alla stessa maniera sia da ADP che da Agenzie Riunite; successivamente nella sezione dedicata all'analisi dei dati descriverò la parte di dati forniti in modo differente dalle due aziende. Questa parte avrà lo scopo di arrivare ad un punto comune per iniziare con la parte implementativa.

Edicole

Entrambe le aziende hanno fornito informazioni reali riguardanti le edicole servite, tali informazioni, escluse latitudine e longitudine che non sono visibili, sono state riportate nella seguente tabella.

DATA	TIPO	CodPV	RAG_SOC	Figu	cpRIVISTE	cpFIGURINE	PACCHI	cpVOLANTI	cpSOLE
16/05/2022	A	1	COCCIA MAURO	No	194	0	4	0	105

- Tipo: può essere "A" o "B". "A" indica una pubblicazione quotidiana, mentre "B" indica una pubblicazione periodica.
- CodPv: indica il codice univoco assegnato all'edicola.
- RAG_SOC: si riferisce al nome dell'edicola

- Figu: "sì" o "no", si riferisce alla presenza di adesivi/figurine nelle copie, quindi se è "no" significa che le copie sono solo riviste.
- cpRIVISTE: si riferisce al numero totale di riviste/giornali consegnati a quell'edicola.
- cpFIGURINE: numero totale di figurine consegnate all'edicola.
- PACCHI: si riferisce alle confezioni standard consegnate al chiosco.
- cpISOLE: si riferisce al numero di copie destinate a essere distribuite nelle "Isole" di ADP.

Veicoli

Le aziende usano furgoni diesel per effettuare le consegne della merce alle edicole. Ad ogni Giro viene assegnato un furgone abbastanza capiente per contenere la merce da consegnare.

Per questo argomento dedicherò un capitolo a parte nella parte centrale di questo elaborato.

Orario di preferenza consegna merce

Molti degli edicolanti (circa metà) richiedono alle aziende di distribuzione di consegnare la merce ad un orario specifico. Più avanti si vedrà come questo vincolo sia molto limitante.

L'altra metà delle edicole invece in accordo con l'azienda ha un cassonetto in cui mettere la merce; l'autista possiede le chiavi del cassonetto (o dell'edicola stessa) in modo tale da effettuare la consegna senza che l'edicolante sia presente.

Assunzioni

- Entrambe le aziende usano delle ceste per contenere le pubblicazioni di tipo B (periodici). Le ceste hanno dimensione 60x40x31 centimetri.
- Entrambe le aziende non inseriscono le pubblicazioni quotidiane all'interno delle ceste, ma confezionano le pubblicazioni di tipo A come mostrato nell'immagine seguente.



Figura 9: pacchi di giornali

Questa procedura viene seguita per risparmiare spazio: i quotidiani possono essere facilmente impilati sopra le ceste senza andare dispersi nel furgone.

Basandomi sulla mia esperienza personale, **una cesta** occupa lo stesso spazio di **180 giornali**.

- ADP segue la stessa procedura dei giornali anche per i pacchi standard: vengono caricati sui furgoni fuori dalle ceste.

Agenzie Riunite a differenza di ADP inserisce i Pacchi standard nelle ceste.

Per esperienza personale, lo spazio occupato da **una cesta** è lo stesso occupato da **8 Pacchi standard**

Analisi dei Dati

Il primo passo per sviluppare l'analisi consiste nell'analisi e nella pulizia dei dati forniti. I dati. Anche in questo caso è opportuno separare il caso di ADP dal caso di Agenzie Riunite.

ADP

In questo caso mi è stata fornita anche la **Latitudine** e la **Longitudine** di ogni edicola. Questi dati saranno fondamentali per la riorganizzazione dei Giri nei capitoli successivi.

Inoltre ADP mi ha fornito le informazioni riguardanti l'ordine attuale dei Giri di Consegna, il dato è stato fornito sotto forma di fogli di carta come l'esempio che riporto qui di seguito:

The image shows two pages of a handwritten delivery schedule. The left page is titled '2015' and lists 15 stops (5/2 to 5/15) with columns for 'Ceste', 'Rif', and 'Pacchi'. A blue box highlights a row for stop 5/8. The right page lists 11 stops (22/1 to 22/11) with columns for 'Ceste', 'Rif', and 'Pacchi'. Handwritten notes include 'gds' and 'BIS 13'. At the bottom of the right page, there are handwritten calculations: 'TOT 22'.

Figura 10: resoconto ceste Giri

In questo tipo di foglio sono presenti numerose informazioni utili alla tesi:

- In alto a sinistra è evidenziata in rosso la data
- A sinistra la prima colonna indica il Giro e il numero della fermata; 5/4 ad esempio indica che si tratta del Giro 5, fermata 4.
- Subito più a destra viene invece scritta la Ragione Sociale dell'edicola
- Per ogni edicola viene scritto a mano quante ceste sono necessarie per contenere le copie smistate alle isole. (rettangolo blu in Figura).
- In alto a destra in verde vengono evidenziate tre categorie di prodotto:
 - 1) Scatole
 - 2) Rifornimenti
 - 3) Pacco Ufficio

Queste tre categorie di merce sono separate dai prodotti distribuiti e suddivisi nelle isole, tipicamente sono pacchi tenuti nella postazione passeggero del furgone, quindi non saranno considerati nel proseguo dell'elaborato.

Come si può intuire, ho dovuto trasportare questa tipologia di dati (essendo scritti a mano) su un foglio di lavoro Excel, questo per tutti i Giri di ADP per tutti i giorni di cui avevo i dati.

L'obiettivo principale è stato ottenere un numero unico che comprendesse il volume occupato dalla merce (comprensivo di ceste, pacchi standard e quotidiani) nel vano dei furgoni. Per ottenere questo valore ho usato le ipotesi descritte nel paragrafo precedente:

- Una cesta occupa lo stesso spazio di 180 quotidiani
- Una cesta occupa lo spazio di 8 pacchi standard

Il risultato è un valore non intero che rende l'idea di quanto spazio sia effettivamente occupato dalle pubblicazioni. Questo valore servirà per riorganizzare i Giri basandosi anche sul volume di carico occupato.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva che mostra il numero totale di 'ceste' per ogni giorno considerato per ogni Giro di Consegna.

Giro	Chests					Edicole per Giro
	17 05	18 05	19 05	20 05	AVG	
1	41.6	38.8	37.2	41.9	39.9	13
2	45.8	42.8	41.8	47.6	44.5	13
3	43.4	32.2	32.6	38.3	36.6	14
4	37.1	30.3	30.5	39.8	34.4	13
5	35.0	27.6	29.8	35.1	31.9	15
11	47.3	36.6	31.9	45.0	40.2	16
12	31.8	29.6	24.0	32.7	29.5	8
13	43.3	38.1	35.0	40.9	39.3	12
14	41.8	38.7	33.4	38.6	38.1	13
15	38.7	33.0	29.0	37.4	34.5	12
22	39.4	30.6	31.5	32.5	33.5	10
23	41.0	36.2	32.8	36.4	36.6	12
24	34.2	29.8	26.7	28.9	29.9	12
25	37.5	32.5	31.0	33.4	33.6	14
26	35.4	35.1	27.0	31.4	32.2	13
27	37.5	32.7	32.8	34.7	34.4	12
28	27.8	23.1	19.9	26.0	24.2	12
29	28.3	26.8	24.2	25.1	26.1	11
TOT	686.9	594.4	551.1	645.8	619.6	225

Tabella 1: numero ceste giorno per giorno ADP

Agenzie Riunite

In questo caso non mi è stata la geolocalizzazione delle edicole, in questo caso ho quindi provveduto ad usare il sito [31] per definire le coordinate di Latitudine e Longitudine poi fondamentali per il progetto.

D'altro canto sono stato fornito di un File contenente il numero preciso di Ceste consegnate ad ogni edicola nella settimana in esame. Un esempio viene fornito qui:

Cod	Cliente	Casse
Giro 20		
1063	CALAMUS SAS DI BRE	3
1106	BERTOLINO ANTONIO	2
1073	EDICOLA CELESTINA S	3
1333	BENNET PONTE TRES	4
1061	FESTA PAOLO	4
1064	L'ANGOLO DELLA NOTI	2
1065	CARTOLERIA BOZZI DI	3
1066	CORVI CLAUDIA	4
1074	PACINI IVANA	2
1011	IL GIOCO EDUCATIVO	4
1330	COOP PONTE TRESA G	3
Fine Giro 20		34

Tabella 2: numero ceste Giro 20 AR, dato fornito

A differenza di ADP il numero di pubblicazioni acquistate da ogni edicola non mi è stato fornito, tuttavia ho a disposizione il numero totale di pubblicazioni sia dei quotidiani che dei periodici.

Somma di Distribuito		Etichette di colonna			
Etichette di riga		Notturna	Scaffale diurna	Tavolo	Totale complessivo
P		71290	54400	159153	284843
17/05/2022		12387	52763	26796	91946
18/05/2022		15224	25	29622	44871
19/05/2022		20694	1464	40903	63061
20/05/2022		12941	13	30773	43727
21/05/2022		5764	135	31059	36958
22/05/2022		4280			4280
Q		187248			187248
16/05/2022		30264			30264
17/05/2022		25405			25405
18/05/2022		25339			25339
19/05/2022		25157			25157
20/05/2022		26527			26527
21/05/2022		29086			29086
22/05/2022		25470			25470
Totale complessivo		258538	54400	159153	472091

Tabella 3: dati distribuzione delle copie Agenzie Riunite

L'approccio che ho deciso di seguire per calcolare quanto spazio viene effettivamente occupato nei vani di carico dalla merce venduta è quindi differente rispetto a quanto fatto per ADP.

- 1) Da questi dati è possibile stimare la quantità di pubblicazioni giornaliere per chiosco.
- 2) Per ogni giorno della settimana considerata, partendo dalla quantità totale di casse, si calcola la percentuale di casse di ogni edicola.
- 3) Moltiplicando la percentuale ottenuta per la quantità totale di pubblicazioni giornaliere, si stima la quantità di queste ultime per ogni edicola.

Un esempio viene riportato di seguito (edicola 1023)

- Ammontare totale di ceste consegnate da Agenzie Riunite in data 17/05/2022 = 621
- Ceste consegnate all'edicola 1023 in data 17/05/2022 = 5
- % rappresentate le ceste consegnate alla 1023 rispetto al totale = 0.805 %
- Totale dei quotidiani consegnati da Agenzie Riunite in data 17/05/2022 = 25405 (riquadro rosso in Figura)
- Stima del numero di quotidiani consegnati all'edicola 1023:

$$Q = 0.805 * 25405 = 204.6$$

Lo stesso ragionamento viene seguito per tutte le edicole.

Usando poi le stesse ipotesi viste per ADP ho calcolato lo spazio occupato nel vano dei furgoni per ogni edicola, sommando lo spazio occupato da ceste e quotidiani.

Infine, sommando lo spazio occupato da ogni edicola all'interno di un Giro, è possibile ottenere una tabella riassuntiva che mostra lo spazio occupato in ogni furgone.

Giro	Ceste					
	Giro	1705	1805	1905	2005	2105
1	45.4	39.8	40.5	41.1	45.4	42.4
2	52.8	39.8	40.5	43.7	46.7	44.7
3	43.0	27.8	29.7	33.1	37.4	34.2
4	46.6	33.1	33.8	38.4	40.0	38.4
5	50.3	47.7	39.2	42.4	48.0	45.5
12	65.0	50.4	43.2	49.0	50.7	51.7
13	38.0	30.5	25.7	35.8	48.0	35.6
14	56.5	47.7	40.5	47.7	48.0	48.1
15	54.0	39.8	41.9	38.4	44.0	43.6
16	61.4	41.1	39.2	42.4	45.4	45.9
17	77.3	49.1	48.6	58.3	60.1	58.7
19	54.0	37.1	35.1	41.1	41.4	41.7
20	63.8	43.8	40.5	43.7	53.4	49.0
21	41.7	31.8	31.1	29.2	32.0	33.2
22	7.0	7	4	10	7	7.0
TOT	756.9	559.5	529.7	584.5	640.6	619.8

Tabella 4: numero ceste giorno per giorno Agenzie Riunite

Geolocalizzazione delle edicole

Le due aziende riforniscono le edicole nell'area che va da nord-ovest di Milano fino al confine settentrionale tra Lombardia e Piemonte, affacciandosi sul Lago Maggiore.

Come si può vedere nell'immagine qui sotto, le due aziende (puntatore giallo) distano circa 20 km in linea d'aria, il che significa che per consegnare le merci, i veicoli di AR passano spesso attraverso aree appartenenti ad ADP e viceversa.

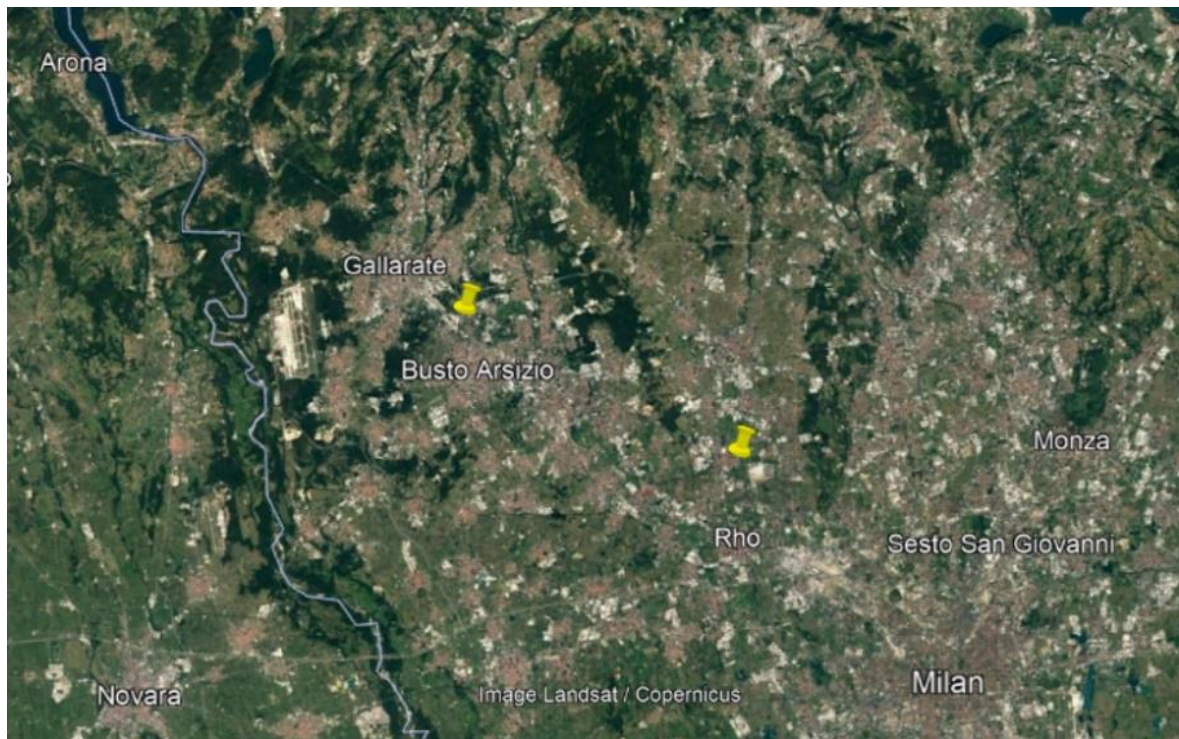


Figura 11: mappa zone servite dalle aziende

Nello specifico, ADP rifornisce due zone:

- La zona a nord ovest di Milano
- La zona più a ovest da Gallarate al lago Maggiore

La parte centrale che collega queste due macro-zone è invece fornita da AR, che si occupa dell'intera sezione verticale da nord a sud, cioè da ovest di Milano via Varese fino alla parte più settentrionale del Lago Maggiore.

L'area in questione è caratterizzata per la maggior parte da piccole città e, specialmente andando verso il Lago Maggiore, da piccoli centri abitati collegati da strade principali. Questo dettaglio sarà fondamentale per il proseguo dell'elaborato.

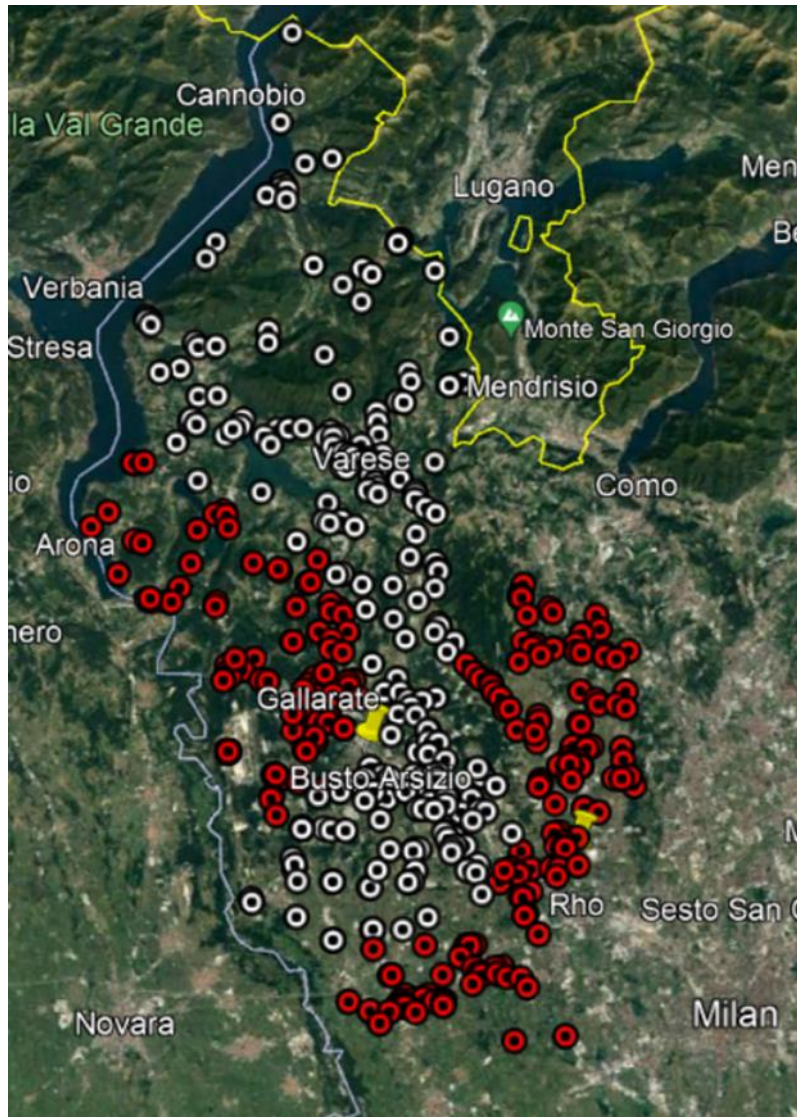


Figura 12: localizzazione edicole

Nella Figura vengono rappresentate tutte le edicole servite dalle aziende:

- I punti rossi sono le edicole rifornite da ADP
- In bianco sono le edicole servite da Agenzie Riunite

Da questo schema è molto evidente la divisione netta tra le aree di competenza di ADP e di Agenzie Riunite.

Un particolare da evidenziare è che i furgoni che di ADP che riforniscono la zona nord-ovest devono attraversare un'area molto ampia di competenza di Agenzie Riunite. Questo fattore porta i furgoni a percorrere sia all'andata che al ritorno un quantitativo non indifferente di chilometri, che si riflette in un costo extra per l'azienda. Anche questo fattore verrà considerato successivamente per l'analisi atta a ridurre il numero di Giri.

Organizzazione dei Giri

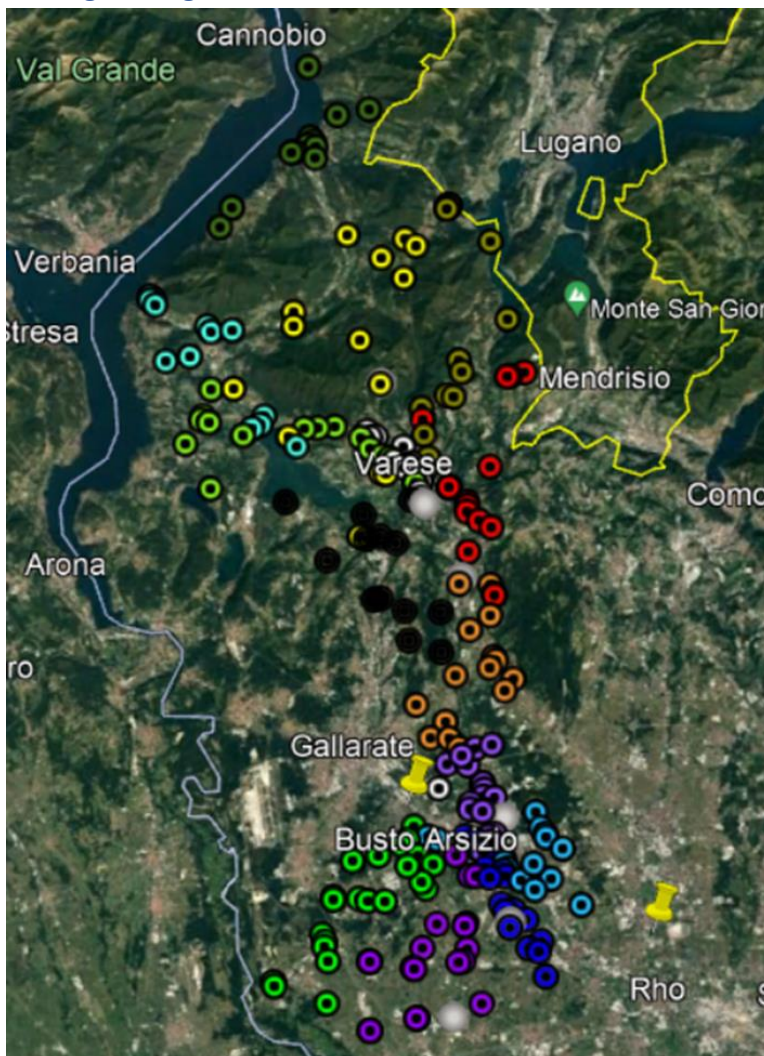
Le due aziende hanno una visione diversa della distribuzione dei prodotti, anche se il numero di edicole fornite è più o meno lo stesso. ADP infatti ha molti più Giri di Agenzie Riunite, in particolare si parla di 18 giri per ADP e 14 Giri per Agenzie Riunite.

Questa scelta diversa incide sul volume all'interno del vano di carico, come verrà mostrato successivamente i furgoni di Agenzie Riunite sono tendenzialmente più carichi. Le due strategie portano a vantaggi e svantaggi differenti:

- Caricare di più i furgoni porta sicuramente ad un'ottimizzazione maggiore dello spazio e ad una riduzione di costi
- Di contro però, gestire un numero minore di furgoni può portare ad una peggiore divisione e organizzazione delle edicole.

Per rendere il tutto più chiaro riporto di seguito le mappe dei Giri per entrambe le aziende.

Giri di Consegna - Agenzie Riunite



Round	N° stands
1	13
2	16
3	13
4	15
5	14
12	22
13	13
14	17
15	17
16	18
17	19
19	13
20	11
21	13

Tabella 5: numero edicole per Giro Agenzie Riunite

Figura 13: edicole divise per Giro Agenzie Riunite

Nella Figura vengono riportati i Giri di Agenzie Riunite divisi per colore. Nella tabella di fianco alla Figura viene riportata la legenda dei Giri insieme al numero di edicole assegnate a ogni Giro.

Oltre ai punti di consegna riportati nelle tabelle, Agenzie Riunite rifornisce alcune edicole della zona di Busto Arsizio che vengono assegnate al giro 11. Queste edicole non sono considerate nell'elaborato in quanto si recano presso l'azienda per ritirare autonomamente la merce.

I punti principali su cui si può intervenire per migliorare l'organizzazione delle edicole nel caso di Agenzie Riunite sono:

- La distribuzione spaziale delle edicole
- Il numero di edicole per giro di consegna

Con il primo punto si intende che alcuni Giri sono concentrati nella stessa area. Questo porta più furgoni a percorrere diversi chilometri nella stessa direzione attraversando magari aree rifornite da altri veicoli. Questo fattore porta ad un incremento del numero di chilometri totali percorsi dai furgoni e ad un conseguente aumento dei costi.

Questo fenomeno è molto evidente nell'area mostrata nella seguente Figura, che rappresenta il caso dei Giri 3,4,13 e 19:



Figura 14: incrocio Giri 3,4,13 e 19 AR

Il secondo punto invece si riferisce alla poca egemonia nel numero di edicole assegnate ad ogni giro. Come si vede nella tabella di pagina 20 infatti, vi sono Giri a cui sono assegnate 11-13 edicole; mentre altri in cui il numero di punti vendita arriva fino a 20. Questa differenza elevata si riflette anche nel volume di carico e quindi nello spazio occupato all'interno del vano di carico:

Round	Chests
1	45.4
2	52.8
3	43.0
4	46.6
5	50.3
12	65.0
13	38.0
14	56.5
15	54.0
16	61.4
17	77.3
19	54.0
20	63.8
21	41.7

Tabella 6: quantità ceste per Giro Agenzie Riunite

Come si nota dalla tabella, il numero di ceste trasportate dal Giro più carico (17) è più del doppio del numero di ceste del Giro più scarico (13).

L'obiettivo principale che mi sono prefissato per questa azienda non sarà tanto quello di ridurre il numero di furgoni usati, già molto contenuto, ma principalmente quello di organizzare meglio l'organizzazione spaziale e quantitativa delle edicole.

Giri di Consegna - ADP

Round	N° stands
1	13
2	13
3	14
4	13
5	15
11	16
12	8
13	12
14	13
15	12
22	10
23	12
24	12
25	14
26	13
27	12
28	12
29	11

Tabella 7: numero di edicole per Giro ADP

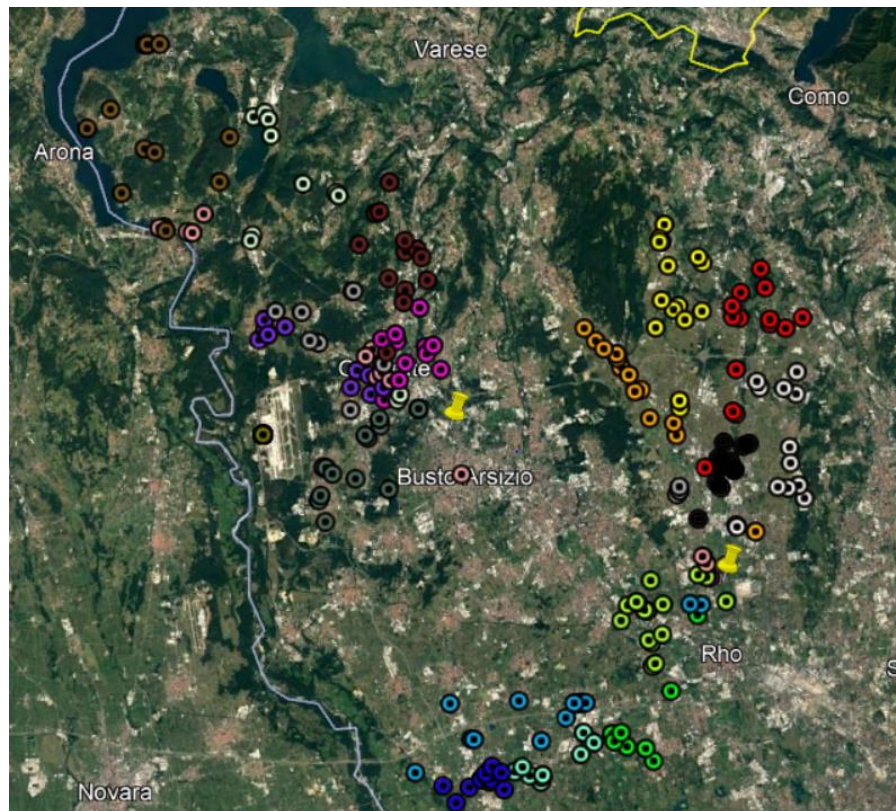


Figura 15: edicole divise per giro ADP

Come per l'altra azienda, i Giri sono elencati nella tabella di fianco alla Figura 15 rappresentate i giri divisi per colore. Anche in questo caso è riportato il numero di edicole assegnato ad ogni Giro.

La principale differenza con il caso di Agenzie Riunite, come si evince dai dati, è la distribuzione delle edicole nei Giri: **il numero medio di edicole per Giro di ADP è di 12.5**, mentre la media per **Agenzie Riunite è di 15.3**.

Inoltre, tranne qualche sporadico caso, le edicole sono distribuite in maniera più omogenea.

L'analisi e l'ottimizzazione dei turni di ADP sarà quindi finalizzata sia, come nel caso di AR (anche se in minima parte), al bilanciamento del numero di edicole per Giro sia a una significativa riduzione del numero di Giri. Questo risultato porterà a sfruttare meglio lo spazio nei furgoni e ad un incremento nel numero di edicole assegnate ad ogni giro.

Procedimento

Come nei casi di studio citati nei capitoli dedicati allo stato dell'arte, anche in questo progetto si fa riferimento al *Vehicle Routing Problem*, ma prima di affrontare questo problema è necessario riorganizzare la divisione dei chioschi in diversi percorsi di consegna.

Per portare a termine questo compito, sono state seguite le fasi qui descritte (i calcoli sono stati eseguiti separatamente per le due aziende e i risultati saranno analizzati in seguito):

- Si utilizza il metodo del calcolo della distanza euclidea tra tutte le edicole fornite dall'azienda, in modo da conoscere la distanza relativa tra un'edicola e l'altra.

La formula generica per la distanza euclidea è la seguente:

$$d = \sqrt{(X_i - X_{i+1})^2 + (Y_i - Y_{i+1})^2 + (Z_i - Z_{i+1})^2} \quad (1)$$

X Y e Z sono coefficienti progettati per simulare la curvatura della Terra; si basano sul raggio terrestre, sulla latitudine e longitudine. Le formule dei coefficienti sono riportate di seguito.

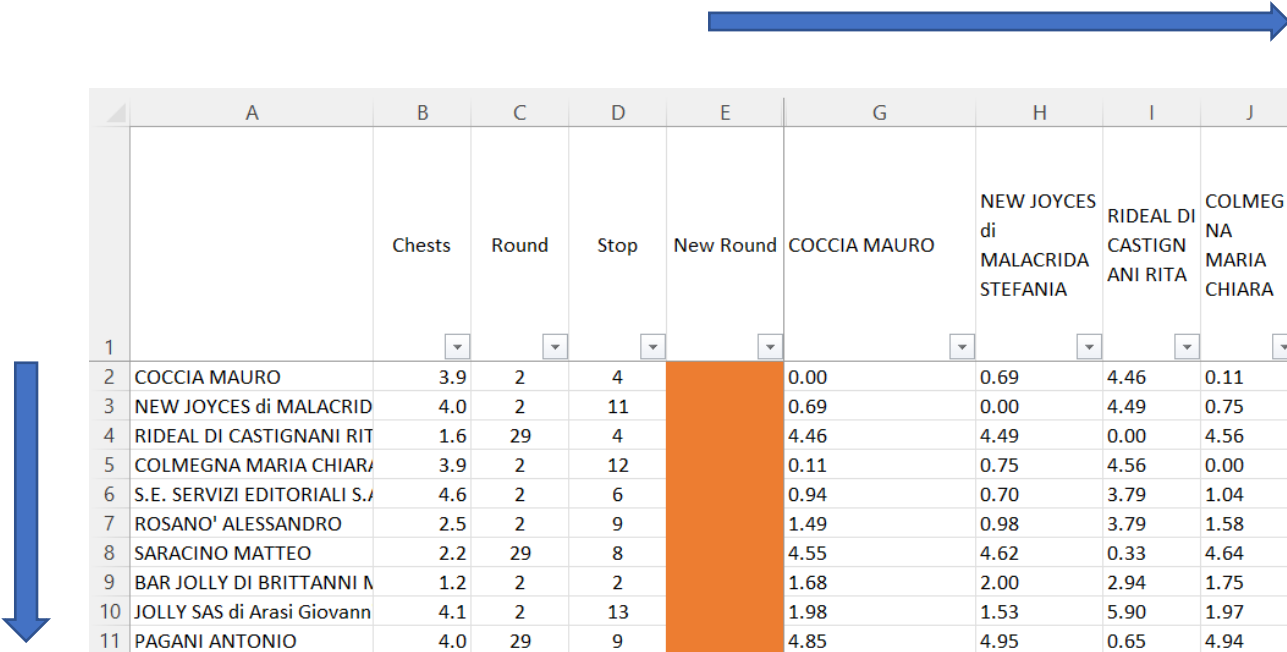
$$\begin{aligned} X &= R * \cos\left(\text{Lat} * \frac{\pi}{180}\right) * \cos\left(\text{Long} * \frac{\pi}{180}\right) \\ Y &= R * \cos\left(\text{Lat} * \frac{\pi}{180}\right) * \sin\left(\text{Long} * \frac{\pi}{180}\right) \\ Z &= R * \sin\left(\text{Lat} * \frac{\pi}{180}\right) \end{aligned}$$

- Il punto precedente porta ad una formula che calcola la distanza lineare tra due punti. Nel mondo reale, ovviamente, il collegamento tra due punti non è così semplice: sono necessarie delle strade.
- Per ottenere una formula più realistica, i valori di distanza ottenuti con la formula del passaggio precedente sono stati confrontati con i valori delle distanze stradali reali calcolate con *Google Maps*. Questo confronto non è altro che un rapporto tra la distanza reale ricavata da Google Maps e il risultato della formula appena descritta.
- Successivamente, è stata calcolata la media di circa 30 rapporti per avere un valore che tenesse conto di un numero elevato di casi. Il risultato è il numero **1,445** che rappresenta un **coefficiente correttivo** che moltiplica la formula (1) per il calcolo della distanza Euclidea.
- Si ottiene quindi la formulazione seguente:

$$d_R = 1,445 * \sqrt{(X_i - X_{i+1})^2 + (Y_i - Y_{i+1})^2 + (Z_i - Z_{i+1})^2}$$

I valori ottenuti da questa formula sono espressi in chilometri [km].

- Il passo successivo è quello di costruire una grossa tabella di dimensioni nxn che rappresenti le distanze relative tra tutte le edicole servite. (Una tabella per azienda). Qui di seguito viene riportato una frazione della tabella riguardante le edicole di ADP.



	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K
		Chests	Round	Stop	New Round	COCCIA MAURO	NEW JOYCES di MALACRIDA STEFANIA	RIDEAL DI CASTIGNANI RITA	COLMEGNA MARIA CHIARA	S.E. SERVIZI EDITORIALI S.A.S.
1		▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
2	COCCIA MAURO	3.9	2	4		0.00	0.69	4.46	0.11	0.94
3	NEW JOYCES di MALACRIDA	4.0	2	11		0.69	0.00	4.49	0.75	0.70
4	RIDEAL DI CASTIGNANI RITA	1.6	29	4		4.46	4.49	0.00	4.56	3.79
5	COLMEGNA MARIA CHIARA	3.9	2	12		0.11	0.75	4.56	0.00	1.04
6	S.E. SERVIZI EDITORIALI S.A.S.	4.6	2	6		0.94	0.70	3.79	1.04	0.00
7	ROSANO' ALESSANDRO	2.5	2	9		1.49	0.98	3.79	1.58	0.63
8	SARACINO MATTEO	2.2	29	8		4.55	4.62	0.33	4.64	3.93
9	BAR JOLLY DI BRITTANNI M	1.2	2	2		1.68	2.00	2.94	1.75	1.45
10	JOLLY SAS di Arasi Giovanni	4.1	2	13		1.98	1.53	5.90	1.97	2.17
11	PAGANI ANTONIO	4.0	29	9		4.85	4.95	0.65	4.94	4.26
12	IANNUZZELLI LEONARDO	6.1	2	5		2.28	1.58	4.94	2.33	1.79

Tabella 8: esempio tabella distanze relative

Descrizione della tabella:

- A) In questa colonna sono elencate tutte le edicole
- B) Ceste per ogni edicola
- C) Giro di consegna
- D) Il numero di fermata dell'edicola nel giro attuale, per esempio 11 indica che l'edicola in questione è l'undicesima fermata nel giro attuale.
- E) Nuovo Giro, questa colonna rappresenta l'output della tabella: il nuovo giro a cui verrà assegnata l'edicola.
- G) Dalla colonna G in poi, tutte le edicole sono elencate nello stesso ordine dalla riga 2 in poi. I valori numerici dalla cella G2 in poi rappresentano la distanza relativa tra le due edicole espressa in chilometri. Ovviamente, la diagonale di questa tabella contiene solo valori uguali a 0.

Il passo successivo è quello di dividere le tabelle delle aziende in **Macro-Zone**. Le edicole fornite da ADP sono divise in:

- Zona Nord, che comprende i giri 1, 2, 3, 4 e 5 per un totale di 68 edicole.
- Zona Sud, che comprende i Giri 11, 12, 13, 14 e 15 per un totale di 62 edicole.
- Zona Nord-Ovest, che comprende i restanti Giri: 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29 per un totale di 95 edicole.

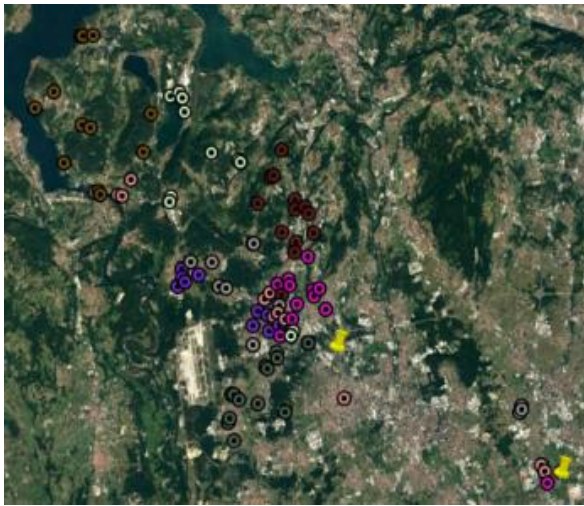


Figura 16: zona Nord-Ovest ADP

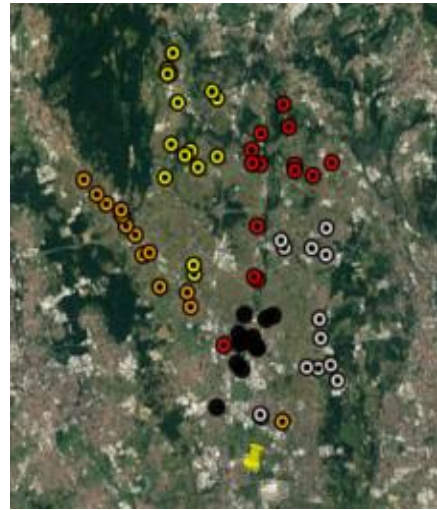


Figura 17: zona Nord ADP

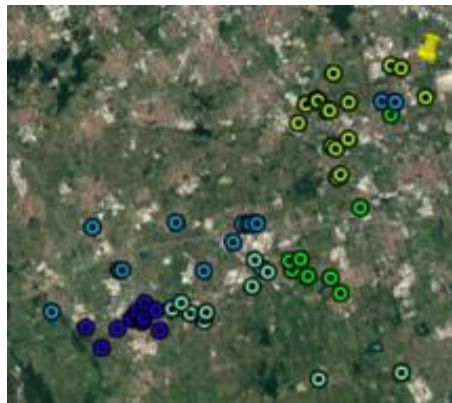


Figura 18: zona Sud ADP

Mentre l'area servita da Agenzie Riunite viene suddivisa in:

- Zona Nord, che contiene i Giri 1, 2, 3, 4, 5, 13, 19, 20, 21 per un totale di 126 edicole.
- Zona Sud, che conta i giri 12, 14, 15, 16 e 17 per un totale di 93 edicole.

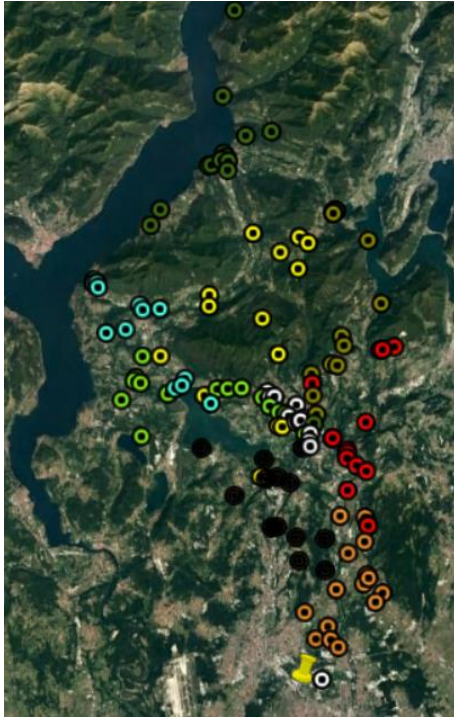


Figura 19: zona Nord Agenzie Riunite

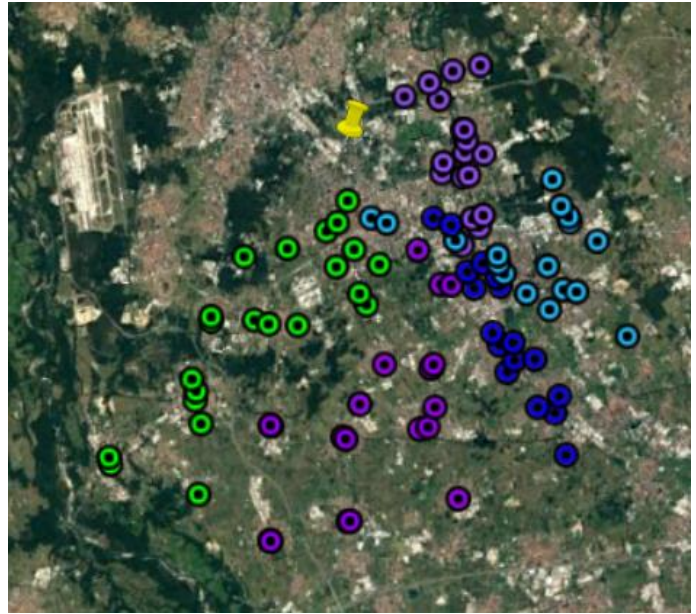


Figura 20: zona Nord Agenzie Riunite

Per ogni Macro-Zona viene poi effettuata una redistribuzione delle edicole seguendo le direttrici date dai **Centroidi dei Giri di partenza**.

Un **Centroide** viene calcolato facendo la media delle coordinate di latitudine e longitudine delle edicole appartenenti a quello stesso Giro. In questo modo si ottengono un totale di 14 Centroidi per Agenzie Riunite e un totale di 18 Centroidi per ADP.

Legenda simboli:

- Blu: Centroidi AR
- Rosso: Centroidi ADP
- Giallo: Aziende

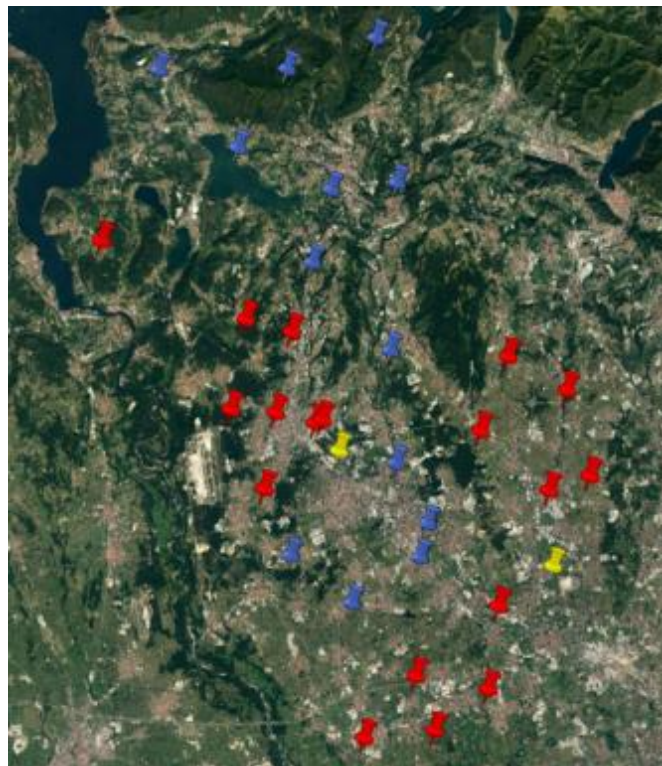


Figura 21: mappa centroidi

Le coordinate dei centroidi vengono poi inserite nelle tabelle nxn delle Macro-Zone. Da qui seguendo delle semplici regole si ridefiniscono i Giri di consegna.

- Partendo dai Giri il cui centroide è più distante dall'azienda (o comunque partendo dai casi più isolati per semplicità) assegno le 10 edicole più vicine al centroide.
- Al valore appena ottenuto vengono poi aggiunte le edicole che si trovano sulla strada da percorrere per raggiungere il centroide considerato.
- Ogni volta che un'edicola viene assegnata a un centroide viene compilata la cella della colonna E della tabella 7 con il numero del Giro rappresentato dal centroide.
- Questo passaggio rende unica l'assegnazione di ogni edicola a un Giro di consegna, evitando quindi che, una volta passati all'analisi del centroide successivo, la stessa edicola venga assegnata più volte.

	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K
		Ceste	Giro	Fermata	Nuovo Giro	COCCIA MAURO	NEW JOYCES di MALACRIDA STEFANIA	RIDEAL DI CASTIGN ANI RITA	COLMEG NA MARIA CHIARA	S.E. SERVIZI EDITORIA LI S.A.S.
1		▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
2	COCCIA MAURO	3.9	2	4	2	0.00	0.69	4.46	0.11	0.94
3	NEW JOYCES di MALACRID	4.0	2	11	2	0.69	0.00	4.49	0.75	0.70
4	RIDEAL DI CASTIGNANI RIT	1.6	29	4	3	4.46	4.49	0.00	4.56	3.79
5	COLMEGNA MARIA CHIARA	3.9	2	12	2	0.11	0.75	4.56	0.00	1.04
6	S.E. SERVIZI EDITORIALI S.A.	4.6	2	6	2	0.94	0.70	3.79	1.04	0.00
7	ROSANO' ALESSANDRO	2.5	2	9	2	1.49	0.98	3.79	1.58	0.63
8	SARACINO MATTEO	2.2	29	8	3	4.55	4.62	0.33	4.64	3.93
9	BAR JOLLY DI BRITTANNI M	1.2	2	2	2	1.68	2.00	2.94	1.75	1.45
10	JOLLY SAS di Arasi Giovann	4.1	2	13	2	1.98	1.53	5.90	1.97	2.17
11	PAGANI ANTONIO	4.0	29	9	3	4.85	4.95	0.65	4.94	4.26

Tabella 9: tabella 7 aggiornata con i nuovi Giri

Il risultato di questi passaggi è la riassegnazione di tutte le edicole a dei nuovi Giri di Consegna, che sono numerati come i Giri di Consegna originali.

Inoltre, il procedimento fa sì che i giri di consegna abbiano un numero di edicole che sia simile, rendendo più equilibrata la distribuzione del carico nei mezzi di consegna.

Infine, il riarrangiamento delle edicole porta anche a una riduzione del numero di Giri: infatti alcuni Giri di consegna nella situazione originale rifornivano poche edicole, è stato quindi possibile eliminare 3 giri di consegna per ADP e uno per Agenzie Riunite. Come verrà mostrato nelle seguenti pagine, nonostante questa modifica i chilometri percorsi e il volume di carico trasportato dai mezzi di consegna non sono risultati eccessivi.

Qui di seguito vengono riportati i risultati della riassegnazione delle edicole confrontandoli con la situazione iniziale, prima per ADP e poi per Agenzie Riunite.

ADP

Nuovo Giro	Originale		Ottimizzato	
	Ceste	Edicole per Giro	Ceste	Edicole per Giro
1	41.6	13	48.4	14
2	45.8	13	41.5	12
3	43.4	14	41.6	16
4	37.1	13	44.3	14
5	35.0	15	35.0	15
11	47.3	16	43.7	14
12	31.8	8	0.0	0
13	43.3	12	58.7	16
14	41.8	13	45.3	14
15	38.7	12	49.1	15
22	39.4	10	50.5	15
23	41.0	12	44.6	17
24	34.2	12	51.9	16
25	37.5	14	43.2	16
26	35.4	13	37.1	13
27	37.5	12	52.1	18
28	27.8	12	0.0	0
29	28.3	11	0.0	0
Media	38.2	12.5	45.8	15

Tabella 10: confronto numero ceste ADP

Agenzie Riunite

Round	Original		Optimized	
	Chests	Kiosk per Round	Chests	Kiosk per Round
1	45.4	14.0	46.6	14.0
2	52.8	16.0	50.3	17.0
3	43.0	14.0	0.0	0.0
4	46.6	15.0	55.2	17.0
5	50.3	14.0	60.1	16.0
12	65.0	22.0	55.2	19.0
13	38.0	13.0	56.5	18.0
14	56.5	17.0	63.8	18.0
15	54.0	17.0	47.9	16.0
16	61.4	18.0	61.4	17.0
17	77.3	19.0	68.7	18.0
19	54.0	13.0	61.1	16.0
20	63.8	14.0	67.3	17.0
21	41.7	13.0	52.8	16.0
Average	53.6	15.6	57.5	16.8

Tabella 11: confronto numero ceste Agenzie Riunite

Un dato che evidenzia il buon risultato dell'arrangiamento delle edicole è la differenza della media di ceste e di edicole servite nei due casi riportati. Il caso ottimizzato riporta un incremento di entrambi i valori, questo sta a significare che la capacità dei veicoli è sfruttata meglio. È importante sottolineare che anche nel caso ottimizzato l'attitudine di ADP di caricare meno i furgoni rispetto ad Agenzie Riunite viene mantenuta.

L'altro risultato che è stato ottenuto è invece più evidente se mostrato mediante Google Earth. Seguendo anche i suggerimenti dei Presidenti aziendali l'organizzazione dei giri ha reso gli stessi giri di consegna più orientati lungo una direzione. Come infatti si può notare sia nel caso di ADP ma soprattutto nel caso di Agenzie Riunite, i Giri di Consegna nel caso originale sono disposti a zone, questo porta a un problema: i mezzi di consegna si trovano spesso a passare nell'area rifornita da altri veicoli, questo genera uno spreco di tempo e risorse.

L'organizzazione ottimizzata tende invece come detto sopra ad evitare che più veicoli passino nella stessa zona e a fare sì che essi seguano direzioni diverse.

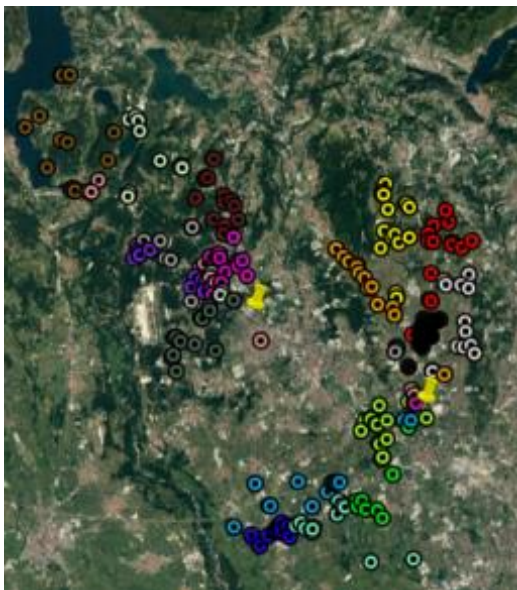


Figura 22: ADP originale

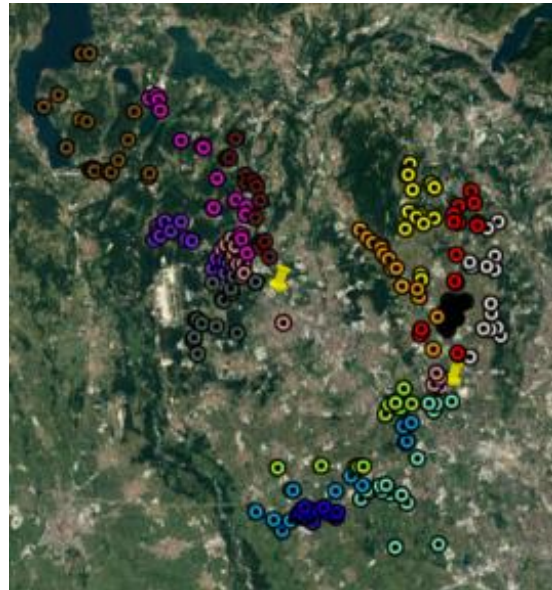


Figura 23: ADP ottimizzato

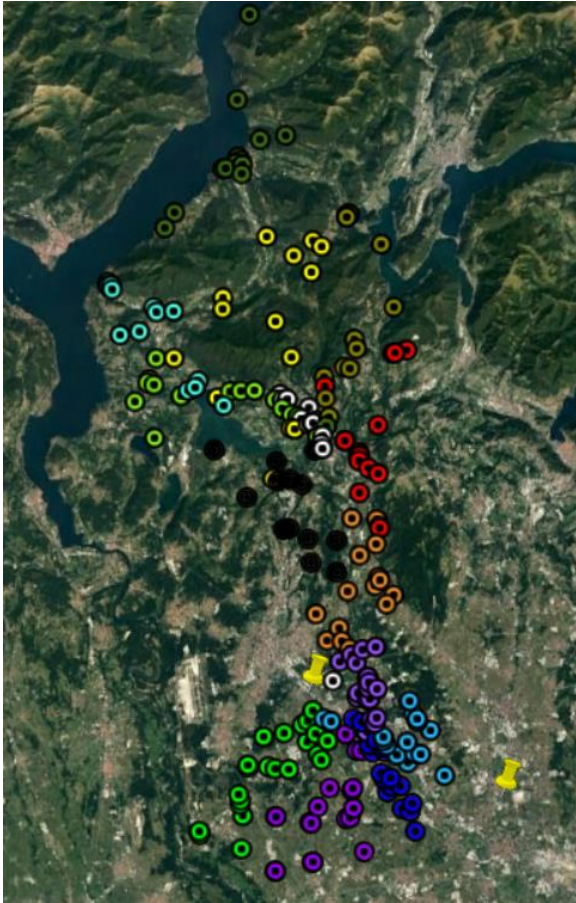


Figura 24: Agenzie Riunite originale

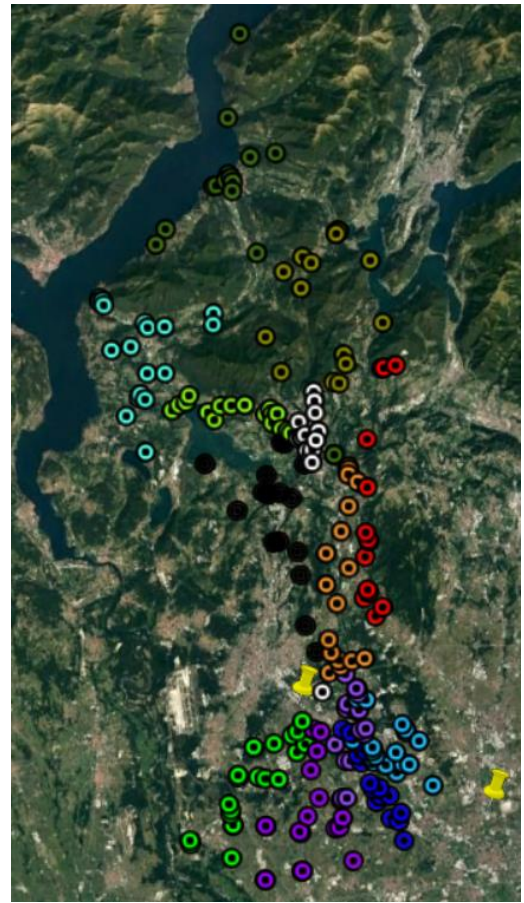


Figura 25: Agenzie Riunite ottimizzato

I passaggi successivi di questo studio riguarderanno il verificare che tutti i vincoli precedentemente citati, come i tempi di consegna e la capacità di carico dei mezzi, vengano rispettati.

Analisi degli Scenari

L'organizzazione delle edicole non porta però soltanto a una diversa disposizione dei giri di consegna, è necessario osservare quali grandezze cambiano tra uno scenario e l'altro.

In questo capitolo verranno analizzati, in base ai dati forniti dall'azienda, le tabelle orarie dei mezzi di consegna, il carico trasportato e i chilometri percorsi dagli stessi.

In entrambi gli scenari sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Le distanze relative fra le edicole e l'azienda che le rifornisce precedentemente calcolate
- Il numero di ceste per edicola, usato come unità di misura per valutare il volume occupato nei mezzi di consegna
- Il costo dei Giri.

I due scenari verranno confrontati per ogni Giro di Consegna sulle seguenti Grandezze:

- Chilometri percorsi
- Ceste trasportate nel Giro di Consegna considerato
- Tempo impiegato da quando il veicolo lascia l'azienda a quando il veicolo torna in azienda
- Tempo per effettuare l'ultima consegna
- Costo complessivo del giro

Scenario Attuale

Per prima cosa per ogni Giro di consegna viene creata una tabella $n \times (n+2)$, dove n è il numero di edicole rifornite dal giro considerato. Le due colonne aggiuntive sono dovute all'inserimento delle due aziende ADP e Agenzie Riunite. Lo scopo di queste tabelle è rappresentare la distanza relativa tra le edicole dello stesso giro e le distanze dall'azienda di partenza, usando sempre la formula analizzata nei capitoli precedenti con le stesse ipotesi.

	LA ROSA C	ALLEDICO	IL PUNTO	PERAZZO	MANTEGA	GD Media	VECCHIAT	GIORNALI	PEREGO V	COLOMBI	MILLECOL	LA MIA EC	CLERICI S	ADP	AGENZIE RIUNITE
1 LA ROSA C	0.0	0.1	5.8	5.9	5.0	4.5	6.6	7.5	11.5	11.5	13.1	11.1	11.6	3.0	23.9
2 ALLEDICO	0.1	0.0	5.8	5.9	5.0	4.5	6.5	7.5	11.4	11.4	13.0	11.0	11.4	3.1	23.8
3 IL PUNTO	5.8	5.8	0.0	1.1	1.5	2.3	3.0	4.2	8.2	8.8	10.0	9.4	9.9	7.9	28.3
4 PERAZZO	5.9	5.9	1.1	0.0	0.9	1.7	1.9	3.1	7.2	7.7	8.9	8.3	8.8	8.3	27.6
5 MANTEGA	5.0	5.0	1.5	0.9	0.0	0.8	2.0	3.2	7.4	7.9	9.2	8.2	8.7	7.6	26.8
6 GD Media	4.5	4.5	2.3	1.7	0.8	0.0	2.1	3.3	7.5	7.8	9.2	7.9	8.5	7.2	26.0
7 VECCHIAT	6.6	6.5	3.0	1.9	2.0	2.1	0.0	1.2	5.5	5.9	7.2	6.4	7.0	9.4	26.7
8 GIORNALI	7.5	7.5	4.2	3.1	3.2	3.3	1.2	0.0	4.2	4.7	6.0	5.2	5.8	10.4	26.4
9 PEREGO V	11.5	11.4	8.2	7.2	7.4	7.5	5.5	4.2	0.0	1.1	1.7	2.9	3.2	14.4	26.8
10 COLOMBI	11.5	11.4	8.8	7.7	7.9	7.8	5.9	4.7	1.1	0.0	1.7	1.9	2.2	14.5	25.9
11 MILLECOL	13.1	13.0	10.0	8.9	9.2	9.2	7.2	6.0	1.7	1.7	0.0	3.2	3.2	16.1	27.0
12 LA MIA EC	11.1	11.0	9.4	8.3	8.2	7.9	6.4	5.2	2.9	1.9	3.2	0.0	0.5	14.1	24.0
13 CLERICI S	11.6	11.4	9.9	8.8	8.7	8.5	7.0	5.8	3.2	2.2	3.2	0.5	0.0	14.6	23.8

Tabella 12: distanze relative Giro 1 ADP

Questo caso è sicuramente il più semplice dei due: l'ordine delle edicole nei vari Giri di Consegna è già stabilito. Partendo dai dati appena elencati viene costruita una tabella per ogni Giro, viene riportato di seguito l'esempio per il Giro 1 di ADP.

Stop	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rag. Soc	LA ROSA G	ALLEDICO	IL PUNTO	PERAZZO E	MANTEGA	GD Media	VECCHIAT	GIORNALI	PEREGO V	COLOMBO	MILLECOL	LA MIA ED	CLERICI ST
Relat Dist [km]		0.15	5.78	1.12	0.89	0.80	2.13	1.25	4.22	1.07	1.66	3.18	0.54
Min from start [min]	2.59	4.89	13.83	17.17	20.95	24.55	29.11	32.61	39.68	42.96	46.95	52.76	55.84
Chests	1.1	3.3	1.7	2.0	3.6	6.7	3.5	4.9	2.0	1.5	3.7	3.2	4.2

Tabella 13: Giro 1 ADP

- 1) Le celle della prima riga indicano la fermata del Giro
- 2) *Rag. Soc* indica la ragione sociale dell'edicola
- 3) *Relat. Dist* è la distanza relativa tra una fermata e la precedente in chilometri. In questa tabella non viene mostrata la distanza tra l'azienda e la prima fermata e tra l'ultima fermata e l'azienda alla fine del Giro.
- 4) *Min from start* indica i minuti trascorsi da quando il veicolo è partito dall'azienda
- 5) *Chests* indica il numero di ceste consegnato all'edicola

La distanza relativa tra le varie fermate viene presa dalla tabella $n \times (n+2)$ sopra mostrata, andando a delineare un percorso e quindi una distanza totale percorsa che verrà calcolata nei passaggi successivi. Da notare

Per calcolare quello che invece è il tempo percorso (riga 4 della tabella 13) vengono effettuate alcune ipotesi:

- Lo scopo di questo progetto non è quello di ottenere un modello estremamente dettagliato del Routing dei mezzi di consegna, per tanto sono state identificate tre fasce di comportamento dei veicoli. Queste tre fasce sono basate sulla distanza tra una fermata e l'altra, nello specifico sulla riga 'Relat Dist' della tabella 13:
 - 1) Se il valore di distanza è minore di 1 km si suppone che il veicolo percorra quel tratto a una velocità di 30 km/h.
 - 2) Se il valore della distanza è maggiore, si suppone che il tratto venga percorso a 50 km/h.
 - 3) Se la fermata è la prima o l'ultima viene assunta una velocità di 70 km/h, questo perchè il veicolo percorre strade principali o superstrade per raggiungere velocemente il primo punto di consegna.
- Le ipotesi sopracitate si basano sulla supposizione di passare spesso in centri abitati, dove la velocità deve essere moderata e in presenza di incroci, attraversamenti pedonali e il lieve traffico presente negli orari di consegna delle merci, si parla della fascia oraria 4:30-7:00 del mattino.

Risultati

Utilizzando i valori evidenziati nel precedente paragrafo si calcolano per ogni Giro le grandezze qui riportate (non vengono mostrate tutte qui di seguito in quanto una volta descritto anche il caso ottimizzato i due scenari verranno confrontati giro per giro per entrambe le aziende):

Giro	Km	T[h]	T[min]	T, Ultima Consegna [min]
1	40.4	1.2	70.3	55.8
			Ora di Rientro	Orario Ultima Consegna
			05:40	05:25

Tabella 14: risultati Giro 1 ADP

Qui di seguito vengono descritte le grandezze calcolate:

- *Km*: la somma di tutte le distanze relative tra un'edicola e la precedente più la distanza tra l'azienda e la prima edicola più la distanza tra l'ultima edicola e l'azienda
- $T[h]$ è il tempo in ore necessario al veicolo di consegna per completare le consegne e tornare in azienda.
- $T[min]$ è $T[h]$ espresso in minuti
- $T, Ultima Consegna$: tempo in minuti da quando il furgone parte dall'azienda a quando effettua l'ultima consegna
- *Ora di Rientro*: l'ora alla quale il veicolo torna in azienda.
- *Orario Ultima Consegna*: l'ora alla quale viene effettuata l'ultima consegna.

Valori Numerici -ADP

Da questi risultati, e in particolare dai km percorsi, si evince la disparità tra i vari Giri di consegna. Come si vede qui di seguito ci sono veicoli che percorrono fino a 3/4 volte la distanza percorsa da altri.

La disparità è però data anche dalle diverse aree geografiche rifornite dalle aziende: questo fattore è specialmente evidente per ADP, che ha due zone molto vicine a se' (zona Nord e Zona Sud) e una zona (quella Nord-Ovest) più lontana, caratterizzata dai giri dal 22 al 29.

Giro	Km	Giro	Km
1	40.4	15	64.2
Giro	Km	Giro	Km
2	29.5	22	86.4
Giro	Km	Giro	Km
3	56.3	23	87.6
Giro	Km	Giro	Km
4	47.4	24	214.3
Giro	Km	Giro	Km
5	64.5	25	101.7
Giro	Km	Giro	Km
11	34.6	26	97.0
Giro	Km	Giro	Km
12	39.4	27	152.7
Giro	Km	Giro	Km
13	77.0	28	173.3
Giro	Km	Giro	Km
14	66.1	29	211.6

Tabella 15: distanza percorsa Giri ADP

Anticipando il capitolo successivo, i costi dei Giri per ADP sono divisi in una componente di costo fisso sommato a una componente di costo variabile legato al quantitativo di km percorsi dal veicolo, una riduzione di distanza percorsa e soprattutto una riduzione del numero di giri possono portare a un grande risparmio per l'azienda.

Round	Run Km	Round	Run Km
1	92.1	14	57.1
Round	Run Km	Round	Run Km
2	52.7	15	49.0
Round	Run Km	Round	Run Km
3	119.9	16	44.1
Round	Run Km	Round	Run Km
4	95.8	17	60.8
Round	Run Km	Round	Run Km
5	186.3	19	91.6
Round	Run Km	Round	Run Km
12	66.4	20	116.4
Round	Run Km	Round	Run Km
13	107.2	21	81.9

Tabella 16: distanza percorsa Giri Agenzie Riunite

La sostanziale differenza con il caso di ADP è la lunghezza dei Giri di consegna: nel caso precedente infatti, 5 Giri su 18 sono più corti di 50 km; qui invece solamente 2 Giri su 14 sono leggermente più corti di 50 km.

La spiegazione è dovuta a diversi fattori, sicuramente ADP fornisce un'area più circolare, quindi poco allungata. Al contrario Agenzie Riunite dilata la sua area di competenza da Nord a Sud spingendosi per numerosi km, andando fino al confine con la Svizzera.

Inoltre il motivo principale è ancora legato alla diversa mentalità per quanto riguarda il caricare i mezzi di consegna, Agenzie Riunite ha una media di 53.6 Ceste (unità di misura del volume di carico) per veicolo di consegna, mentre ADP ha una media di 38.2 Ceste. Questo diverso approccio porta i veicoli di Agenzie Riunite a servire più edicole, ad effettuare quindi più fermate e macinare più km.

I due metodi portano a vantaggi strategici diversi, da un lato per ADP è più facile affrontare eventuali giornate in cui il carico di consegna ha dei picchi. Di contro però il costo generale aumenta in quanto questa versatilità porta ad avere qualche Giro e quindi qualche mezzo in più da pagare.

I veicoli di Agenzie Riunite invece, nonostante sembra portino un costo maggiore per l'azienda dovendo percorrere più km singolarmente, alla fine dei conti grazie ad un'ottimizzazione maggiore della capacità di carico percorrono in totale meno km. Il grande risparmio sta nel ridurre il numero di viaggi di andata e ritorno per raggiungere la prima edicola rifornita nel Giro e tornare dall'ultima edicola all'azienda.

Costi - ADP

Infine, il parametro forse più indicativo per l'azienda è il costo del giro, oltre ad indicare quali siano i Giri più costosi è anche un segnale di dove sarebbe meglio agire in una possibile ottimizzazione. Di questo parametro vengono invece riportati i costi di tutti i Giri, sia per ADP che per Agenzie Riunite.

Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
1	8.59	15	9.83
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
2	8.03	22	10.98
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
3	9.42	23	11.04
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
4	8.96	24	17.62
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
5	9.84	25	11.77
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
11	8.29	26	11.53
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
12	8.54	27	14.43
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
13	10.50	28	15.50
Giro	Costo [€]	Giro	Costo [€]
14	9.93	29	17.48

Tabella 17: costi Giri ADP

I costi dei giri di consegna sono suddivisi in due fattori principali: un costo fisso per giro e un costo variabile basato sui chilometri percorsi dal veicolo.

$$Cost_{R1} = [(km_{R1} * a) + CF] * c_{\%1}$$

Il coefficiente 'a' è volutamente lasciato incognito, così come il costo fisso dei giri CF per privacy.

I valori mostrati in tabella 17 non rappresentano quindi i costi reali di ADP, bensì sono stati modificati appunto per mantenere la privacy dell'azienda. Vengono mostrati questi valori falsati per poter trarre delle conclusioni e evidenziare i risultati ottenuti con questo studio.

Come si evince dalla tabella 17 dei costi, i giri più costosi si trovano nel Nord-Ovest, a causa della distanza dall'azienda, che ne aumenta il costo.

In questo caso è ancora più evidente la differenza di metodo di gestione dei mezzi di consegna tra le due aziende, rendendo molto evidente come i Giri su cui ha senso concentrare di più l'ottimizzazione (se possibile) sono quelli più lontani e sparsi geograficamente.

Costi – Agenzie Riunite

Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
1	12.2	14	10.9
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
2	10.1	15	10.2
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
3	11.6	16	10.4
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
4	12.4	17	10.2
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
5	16.3	19	10.0
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
12	10.4	20	12.4
Round	Cost[€]	Round	Cost[€]
13	12.1	21	12.6

Tabella 18: costi Giri Agenzie Riunite

A differenza di ADP il costo del Giro non dipende direttamente da una componente fissa e una componente variabile legata ai km percorsi.

Agenzie Riunite fornisce una vasta area, questo implica percorrere strade di diverso tipo: autostrade, superstrade, strade di collina o di città. Ad oggi mi sono stati forniti i costi di ogni singolo Giro di Consegna e anche il costo di ognuno di essi. Come detto in precedenza però, il modello usato in questo progetto è un'approssimazione, che non considera esattamente le strade percorse dai veicoli nella realtà, ma va a simulare i percorsi intrapresi dai veicoli per raggiungere tutte le fermate all'interno di un percorso. Questo porta al risultato che i km calcolati usando il modello e i km percorsi forniti da Agenzie Riunite non coincidono perfettamente.

Questo tipo di situazione mi ha portato a formulare alcune ipotesi:

- Come prima ipotesi viene utilizzato lo stesso modello di ADP; quindi viene assegnato un costo fisso al giro al quale viene aggiunto un costo variabile legato ai km percorsi dal veicolo.
- Successivamente viene calcolato un coefficiente rappresentativo in percentuale dato dal rapporto tra la differenza del costo ottenuto dalla precedente ipotesi e il costo fornito dall'azienda.

$$c\% = \frac{C_m - C_0}{C_0}$$

Questo coefficiente indica quanto il costo che sarebbe dato soltanto da Costo Fisso più km percorsi debba essere incrementato o diminuito per avere un valore realistico.

Round	1	2	3	4	5	12	13
c%	8%	9%	-8%	8%	1%	4%	0%

Round	14	15	16	17	19	20	21
c%	16%	13%	18%	5%	-11%	-1%	17%

Tabella 19: coefficienti di costo

- Il coefficiente andrà quindi moltiplicato per i km percorsi ottenuti nel caso ottimizzato. Questa ipotesi è valida perché, come descritto nelle ipotesi di inizio progetto, il caso ottimizzato si basa sui Centroidi. I veicoli quindi dovendo seguire le stesse direzioni del caso originale percorrono indicativamente le stesse strade per raggiungere la zona di consegna. Quindi i costi maggiorati dovuti ad esempio al passaggio in autostrada vengono mantenuti anche nel caso ottimizzato.
- Nella tabella 19 è quindi indicato fornito dall'azienda, che sarà utilizzato come metro di confronto per il caso Ottimizzato.

Scenario Ottimizzato

Il concetto di base è lo stesso dello scenario precedente, con alcune differenze. La principale differenza è il mancato ordinamento delle edicole, ad ora è noto solo quali edicole sono in ogni giro.

Qui di seguito vengono riportati i passaggi per questo secondo scenario:

- Per ogni Giro di Consegna viene creata la tabella $n \times (n+2)$, con n numero delle edicole servite nel Giro
- Considerando la distanza delle edicole dall'azienda di partenza viene deciso un ordine sensato per le edicole. In generale viene scelta come prima tappa l'edicola più vicina.
- Successivamente viene scelta una direzione, principale da seguire: a logica sarebbe giusto andare all'edicola più vicina in termini di spazio, ma questo potrebbe portare nel complesso a percorrere un numero di km troppo elevato. un esempio viene riportato qui di seguito.

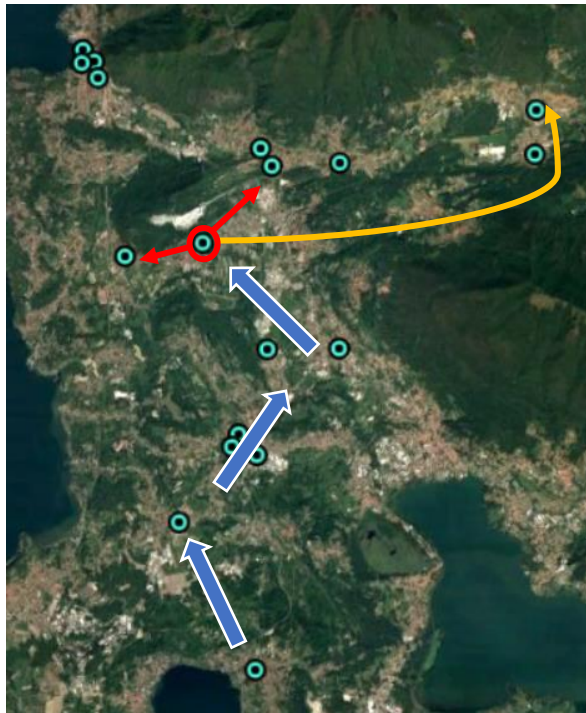


Figura 26: esempio problemi modello e risoluzione

Le frecce blu sono il percorso corretto, e sono già suggerite dal modello che indica di andare sempre all'edicola successiva più vicina. una volta arrivati all'edicola cerchiata in rosso l' algoritmo suggerirebbe di seguire una delle due frecce rosse, in quanto le edicole indicate dalle stesse portano alle edicole non ancora servite più vicine. Tuttavia, questa strada porterebbe nel complessivo a percorrere più strada del dovuto.

La soluzione migliore è quindi quella di seguire la strada indicata dalla freccia arancione, forzando la scelta sulle due edicole in alto a destra nell'immagine.

Questo processo genera l'ordinamento delle edicole nei Giri di consegna Ottimizzati.

- Una tabella simile a quella del caso originale viene costruita, questa volta con l'aggiunta di alcune informazioni. Utilizzando infatti le informazioni riguardanti la preferenza degli orari di consegna merci delle edicole che le hanno fornite, viene calcolato anche il tempo teorico di ritardo o anticipo di consegna rispetto all'orario ottimale. Qui di seguito viene riportato un esempio, una parte del Giro 1 di ADP.

			S1	S2	S3	S4
	Round 1	Dist ADP [km]	3.3	7.2	7.6	7.9
		Rag. Soc.	EDICOLA P	GD Media	MANTEGA	IL PUNTO
			3	13	2	4
		Distanza Relativa [min] dalla partenza		3.9	0.8	1.5
			2.9	9.6	13.2	17.0
Orario di partenza	05:25:00	Ora di Arrivo	05:27:52	05:34:35	05:38:11	05:42:01
		Orario Ottimale		06:00:00		05:30:00
		Delta,t		00:25:25		00:12:01
		Ritardo/anticipo		ANTICIPO		RITARDO
		Ceste	3.8	6.7	3.6	1.7

Figura 27: grandezze Giro 1 ADP

- Alcune delle grandezze riportate in Figura 27 sono le stesse del caso originale, quindi non verranno descritte nuovamente, è però necessario fare chiarezza sugli elementi aggiuntivi che presenta questa tabella.
 - o Dist ADP è la distanza della fermata considerata rispetto all'azienda di partenza, in questo caso da ADP, espressa in km.
 - o Ora di partenza: una prima differenza decisionale rispetto al caso attuale sta nell'andare a cambiare anche l'orario di partenza: ad oggi tutti i Veicoli di consegna partono alla stessa ora, circa alle 4:30 del mattino. Questo accade quindi sia per i Giri che servono un'area limitrofa all'azienda sia ai Giri che vanno a rifornire le zone più distanti. Questo fattore unito al fatto che numerose edicole hanno un orario di preferenza per la consegna della merce intorno alle 6:00-7:00 del mattino obbliga alcuni autisti a sostare e aspettare che arrivi l'ora corretta per consegnare la merce. Andando a cambiare l'orario di partenza, questo problema può essere limitato, senza però andare a discapito di quelle edicole che al contrario richiedono che venga consegnata la merce ad un orario più anticipato. L'obiettivo infatti è quello di modificare l'orario di partenza andando a limitare al massimo la consegna in ritardo o in anticipo della merce. Nonostante questo obiettivo sia rilevante vi è stato dato meno peso rispetto all'ottimizzazione spaziale. La motivazione sta nelle intenzioni sia di ADP che di Agenzie Riunite: nel prossimo periodo entrambe le aziende puntano ad avere le chiavi della maggior parte delle edicole, in modo tale da poter gestire meglio gli orari di consegna senza far perdere tempo agli autisti, riducendo quindi anche i costi. Nell'ipotesi ideale in cui le aziende possedevano le chiavi di tutte le edicole tutti i giri potrebbero partire alla stessa ore (es 4:30 del mattino) in modo tale da evitare il traffico di rientro nelle ore successive, riducendo per l'appunto i tempi e i costi.
 - o Ora di arrivo: indica l'ora di arrivo indicativa a cui il mezzo raggiunge l'edicola. Questo dato è calcolato sommando all'orario di partenza il valore di '[Min] from Start' di ogni edicola. **Ipotesi:** in questo conto viene anche considerato il tempo di scarico merce. Questo valore è stato ipotizzato pari a 2 minuti. Questa decisione è stata presa dopo essere salito sui veicoli di consegna per seguire l'autista durante la consegna dei Giri e rappresenta un tempo medio nel quale l'operatore scende dal veicolo, scarica la merce, carica la resa e riparte. Quindi ai fini del conto per ogni edicola vengono aggiunti 2 minuti al tempo trascorso.
 - o Orario ottimale: l'ora ottimale fornita dall'edicolante, ovvero l'ora a cui egli vorrebbe che la merce arrivasse.

- Delta,t: la differenza tra l'Orario Ottimale e l'Orario Effettivo di consegna della merce (sempre su base teorica basandosi sui calcoli e sulle ipotesi descritte nel caso originale). Se la cella è vuota l'azienda possiede le chiavi dell'edicola o del cassonetto. Come accennato nei paragrafi precedenti, è stata data priorità all'ottimizzazione spaziale piuttosto che temporale; tuttavia, per quanto possibile l'ordinamento delle edicole è stato pensato anche tenendo conto degli orari ottimali di consegna, facendo sì che il 'Delta t' rimanga contenuto entro la mezz'ora di anticipo o ritardo.
- Anticipo/ritardo: Semplice rappresentazione grafica che indica se la merce è consegnata appunto in anticipo o in ritardo.
- Ceste: numero di ceste per edicola

Questo tipo di tabella viene costruita per ogni Giro di consegna del caso ottimizzato. Da questi nuovi valori è poi possibile calcolare gli stessi valori presentati nel caso originale con però qualche aggiunta.

Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
1	48.7	1.3	79.4	67.0
Tot Delay/Advance	Tot Chests		Comeback hour	Last Delivery Hour
1	48.4		06:44	06:31

Figura 28: tabella riassuntiva Giro 1 ADP

Qui di seguito vengono descritte le nuove grandezze che sono state calcolate:

- Tot Delay/Advance è il numero di ritardi o anticipi nella consegna della merce. In questo conteggio vengono considerati solamente i ritardi/anticipi superiori a 15 minuti. Questo intervallo di tempo è stato scelto in quanto rappresenta un buon compromesso che considera possibili problemi di traffico o imprevisti lungo il tragitto.
- Tot Chests è il numero di ceste totale consegnato alle edicole del giro considerato.

Confronto

In questo paragrafo vengono riportati i risultati delle analisi sia del caso originale che del caso ottimizzato, con conseguenti considerazioni riguardanti le differenze tra i due scenari.

ADP

Original					Optimized				
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
1	40.4	1.2	70.3	55.8	1	48.7	1.3	79.4	67.0
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		41.6	05:40:20	05:25:50			48.4	06:44:22	06:31:59
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
2	29.5	1.0	60.6	54.9	2	24.1	0.8	48.3	41.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		45.8	05:30:39	05:24:55			41.5	06:08:21	06:01:31
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
3	56.3	1.5	89.8	81.1	3	51.4	1.5	89.2	84.7
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		43.4	05:59:48	05:51:03			41.6	06:39:12	06:34:42

Tabella 20: confronto ADP Giri da 1 a 3

Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
4	47.4	1.3	77.7	57.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		37.1	05:47:45	05:27:03
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
5	64.5	1.6	96.3	83.3
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		31.0	06:06:20	05:53:17
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
11	34.6	1.2	72.6	68.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		47.3	05:42:39	05:38:09
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
12	39.4	1.0	57.1	51.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		31.8	05:27:07	05:21:06
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
13	77.0	1.7	104.9	86.7
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		43.3	06:14:57	05:56:42
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
14	66.1	1.6	97.6	74.6
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		41.8	06:07:35	05:44:34
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
4	52.8	1.4	86.4	79.7
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		44.3	06:26:25	06:19:41
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
5	60.2	1.5	87.9	74.0
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		35	06:17:53	06:04:00
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
11	54.0	1.5	88.3	83.0
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		43.7	06:38:20	06:32:57
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
13	61.1	1.6	93.2	94.8
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		58.7	06:18:12	06:19:49
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
14	84.1	2.0	118.7	103.7
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		45.3	07:13:45	06:58:39

Tabella 21: confronto ADP Giri da 4 a 14

Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
15	64.2	1.4	85.7	62.3
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		38.7	05:55:44	05:32:17
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
22	140.1	2.8	168.4	138.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		39.4	07:18:25	06:48:14
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
23	87.6	2.0	118.2	88.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		41.0	06:28:10	05:58:14
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
24	214.3	4.4	263.1	242.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		34.2	08:53:06	08:32:04
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
25	101.7	2.2	131.3	103.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		37.5	06:41:20	06:13:32
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
26	97.0	2.0	121.6	92.4
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		35.4	06:31:36	06:02:25
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
15	56.7	1.4	83.0	67.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		49.1	06:22:58	06:07:30
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
22	87.0	2.0	117.1	88.4
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		50.49444	06:42:07	06:13:21
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
23	109.2	2.6	155.1	121.7
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		44.6	07:10:07	06:36:43
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
24	72.4	2.1	123.1	117.6
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		47.8	06:18:07	06:12:34
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
25	87.2	2.0	118.6	93.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		43.2	06:38:37	06:13:12
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
26	86.3	1.8	109.6	73.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		37.1	07:19:37	06:43:07

Tabella 22: confronto ADP Giri da 15 a 26

Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
27	152.7	2.9	172.7	126.3	27	142.0	2.9	176.7	132.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		37.5	07:22:45	06:36:18			52.1	07:26:41	06:42:03
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery					
28	173.3	3.6	218.2	216.0					
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour					
		27.8	08:08:11	08:06:00					
Round	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery					
29	211.6	4.2	254.5	225.5					
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour					
		28.3	08:44:27	08:15:32					

Tabella 23: confronto ADP Giri da 27 a 29

Nelle tabelle appena mostrate vengono evidenziate tutte le grandezze dei Giri di consegna, nella colonna di sinistra del caso originale mentre a destra del caso ottimizzato.

I Giri che sono stati eliminati sono:

- 12, nella zona sud
- 28, nella zona nord-ovest
- 29, nella zona nord-ovest

I criteri seguiti per decidere quali Giri eliminare andando a spostarne le edicole in altri Giri sono i seguenti:

- 1) Considerare Giri di consegna che servissero un numero basso di edicole. Questo rappresenta un evidente vantaggio nella riassegnazione delle edicole servite: ci sono meno edicole da smistare nei giri limitrofi.
- 2) Cercare di eliminare i Giri che fossero poco isolati dagli altri, questo per permettere una migliore distribuzione delle edicole senza andare a sovraccaricare altri giri. Una dimostrazione di questo punto è la rimozione del giro 28 e 29, entrambi nella zona Nord-Ovest, che da sola contava 8 Giri sui 18 totali.
- 3) Cercare di rimuovere i Giri più dispersivi in termini di km. Come descritto prima infatti, il costo del Giro dipende direttamente dal numero di km percorsi dal veicolo di consegna. Nel caso specifico del Giro 28 e del Giro 29 la distanza percorsa è molto elevata in quanto per seguire gli orari di consegna merce ottimali forniti dagli edicolanti viene, a volte, sacrificata l'efficienza in termini di spazio. Al contrario, questo progetto punta alla riduzione di consumi ed emissioni e mette in primo piano l'efficienza spaziale. Questo modo di agire è anche agevolato dalle intenzioni delle aziende che puntano ad ottenere le chiavi di tutte le edicole in modo da poter organizzare meglio tutta la catena di distribuzione e abbattere i costi.

Seguire i 3 punti appena citati ha portato a una grossa riduzione in primis dei km percorsi dai veicoli, e conseguentemente del tempo impiegato per effettuare le consegne. Qui di seguito viene riportata una tabella riassuntiva delle differenze tra caso ottimizzato e caso originale a cui seguiranno delle considerazioni.

Giro	$\Delta t[m]$ tot	$\Delta t[\text{min}]$ LD	$\Delta[\text{km}]$	Giro	$\Delta t[m]$ tot	$\Delta t[\text{min}]$ LD	$\Delta[\text{km}]$
1	9.0	11.1	8.3	15	-2.8	5.2	-7.6
2	-12.3	-13.4	-5.5	22	13.1	14.5	0.6
3	-0.6	3.6	-5.0	23	36.9	33.5	21.6
4	8.7	22.6	5.4	24	-140.0	-124.5	-141.9
5	-8.5	-9.3	-4.4	25	-12.7	-10.3	-14.5
11	15.7	14.8	19.4	26	-12.0	-19.3	-10.7
12	-57.1	-51.1	-39.4	27	3.9	5.8	-10.7
13	-11.7	8.1	-15.9	28	-218.2	-216.0	-173.3
14	21.2	29.1	18.0	29	-254.5	-225.5	-211.6

Tabella 24: variazione grandezze ADP

- ' $\Delta t[m]$ tot' rappresenta la differenza di tempo in minuti tra il caso ottimizzato e il caso originale. Si riferisce al tempo totale che intercorre tra il momento in cui il veicolo lascia l'azienda e quello in cui ci ritorna alla fine del Giro.
Andando ad escludere i 3 Giri rimossi sui 6/16 di quelli rimasti vedono incrementare questo valore, in particolar modo il Giro 23 che mostra un incremento di quasi 37 minuti. Il motivo è che ad oggi rifornisce solo 12 edicole, nel caso ottimizzato andrebbe a rifornirne 17.
- ' $\Delta t[\text{min}]$ LD' similmente alla grandezza precedente rappresenta la differenza di tempo necessaria per effettuare l'ultima consegna tra il caso ottimizzato e il caso originale.
Stavolta 9 dei 16 Giri rimanenti presentano un incremento rispetto al caso base.
- $\Delta[\text{km}]$ ' rappresenta la differenza di km percorsi dai mezzi di consegna tra il caso ottimizzato e il caso base.
Qui solamente sei Giri vedono i loro km aumentare nonostante ci siano ben tre Giri in meno. Questo mostra quanto fosse importante andare a riorganizzare le edicole tra i vari giri: non solamente da un punto di vista economico (come verrà analizzato a breve) ma anche da un punto di vista di consumi ed emissioni.

Escludendo la zona Nord-Ovest, ovvero i Giri dal 22 al 29, l'andamento generale è quello di una riduzione sia in termini di spazio che di tempo. Il motivo principale è appunto il dare priorità all'ottimizzazione spaziale.

D'altro canto, alcuni Giri vedono i propri km e i propri tempi salire, questo è ovviamente dovuto al fatto che tutte le edicole tolte dai Giri 12, 28 e 29 sono state ridistribuite nei Giri limitrofi.

Da questi risultati si evince come lo studio abbia portato a uno scenario positivo per l'azienda, la forza di questo progetto è il fatto che con pochi accorgimenti ma ben studiati si possono ottenere grandi risparmi sia dal punto di vista dello spazio percorso che dello sforzo umano per portare a termine il rifornimento quotidiano delle edicole.

Infine, ho calcolato i valori giornalieri totali delle grandezze descritte finora, confrontando il caso originale con il caso ottimizzato.

Originale				
			Tot time	Delivery Time
Tot Space[km]		min	1429.50	1182.60
1644.1		h	23.82	19.71

Ottimizzato				
			Tempo totale	Tempo Consegna
Tot [km]		min	1288.93	1119.16
1077.3		h	21.48	18.65

Confronto	
% km	34%
% tempo totale	10%
% tempo consegna	5%

Tabella 25: confronto generale ADP

La grandezza che più è stata intaccata è ovviamente lo spazio percorso. La riduzione del 34% rispetto al caso originale è principalmente da attribuire nella rimozione di tre Giri: il 93% dei 567 [km] risparmiati.

ADP - Costs

Infine vengono analizzate le differenze dei costi tra i due scenari proposti. Nella seguente tabella vengono riportati i costi del caso ottimizzato, poi confrontati con il caso originale.

Da notare che i Giri 12, 28 e 29 non sono riportati nel confronto, in quanto ovviamente vedrebbero una riduzione di costo del 100%.

Giro	Costo [€]	Δcost
1	9.0	5%
2	7.7	-4%
3	9.2	-3%
4	9.2	3%
5	9.6	-2%
11	9.3	12%
13	9.7	-8%
14	10.9	9%

Giro	Costo [€]	Δcost
15	9.4	-4%
22	11.0	0%
23	12.2	10%
24	10.3	-42%
25	11.0	-6%
26	11.0	-5%
27	13.9	-4%

Tabella 26: confronto costi ADP

'Δcost' è calcolato come il rapporto tra il costo del Giro ottimizzato da cui viene sottratto il costo del Giro originale e il costo del Giro originale.

$$\Delta\text{cost} = \frac{C_0 - C_{\text{opt}}}{C_0}$$

Questa grandezza mostra che 10 dei 15 Giri rimasti mostrano una riduzione dei costi. In 7 di questi giri la riduzione è abbastanza bassa ma comunque considerevole, intorno al 5%.

Un breve appunto sul Giro 24, la riduzione estremamente alta del Costo di questo Giro è legata come descritto prima alla poca efficienza spaziale nell'organizzazione del Giro, a favore dell'andare incontro agli edicolanti per consegnare la merce all'orario loro più congeniale.

La riduzione dei costi è ovviamente legata alla riduzione dei km percorsi, questo mostra in maniera evidente quanto sia importante ottenere le chiavi delle edicole per poter organizzare nel modo migliore i Giri di consegna.

	Scenario Originale	Scenario Ottimizzato	Risparmio
Tot Cost[€]	202.3	153.4	24%

Tabella 27: costi giornalieri fittizi ADP

La maggior parte del risparmio nel caso ottimizzato deriva dalla rimozione dei tre giri. Del 25% di risparmio totale, il 6 è dato dall'ottimizzazione spaziale dei Giri non rimossi, mentre il restante 19 è dato dalla rimozione dei Giri 12, 28 e 29.

Infine riporto il conto del costo annuale dovuto ai Giri per Agenzie Riunite, considerando sempre un costo fittizio per privacy.

	Scenario Originale	Scenario Ottimizzato	Risparmio
Tot Cost[€]	72803.3	54440.8	25%

Tabella 28: costo annuale ADP fittizio

Questo dato sarà utile nei capitoli successivi e per le considerazioni finali.

Agenzie Riunite

La stessa analisi effettuata per l'ADP viene ora presentata per l'Agenzie Riunite

PRESENT					OPTIMIZED				
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
1	92.1	2.1	123.1	98.3	1	83.9	1.9	113.0	78.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		45.41	06:33:06	06:08:19			46.64	07:23:02	06:48:30
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
2	52.7	1.6	93.1	85.1	2	59.6	1.7	101.1	88.9
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		52.77	06:03:04	05:55:08			50.32	06:11:05	05:58:55
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery					
3	119.9	2.5	152.2	119.5					
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour					
		43.95	07:02:11	06:29:28					
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
4	95.8	2.1	125.7	96.2	4	83.9	1.9	117.0	85.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		46.64	06:35:43	06:06:09			55.23	07:26:59	06:55:10

Tabella 29: confronto Agenzie Riunite Giri da 1 a 4

Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
5	186.3	3.7	224.5	177.0
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		50.32	08:14:28	07:27:03
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
12	66.4	2.0	121.9	93.0
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		65.05	06:31:55	06:03:01
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
13	107.2	2.2	131.7	92.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		38.05	06:41:40	06:02:05
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
14	57.1	1.6	98.5	85.6
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		56.45	06:08:29	05:55:39
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
15	49.0	1.5	89.5	76.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		54.00	05:59:32	05:46:11
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
16	44.1	1.5	87.5	78.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		61.36	05:57:32	05:48:08
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
5	161.4	3.3	199.6	152.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		61.36	07:49:37	07:02:12
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
12	64.1	1.9	111.9	100.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		57.68	07:36:51	07:25:29
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
13	133.2	2.9	174.4	140.9
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		56.45	07:24:23	06:50:51
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
14	43.7	1.4	86.5	77.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		60.14	05:56:31	05:47:30
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
15	44.6	1.4	85.9	76.5
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		51.55	06:35:53	06:26:29
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
16	52.5	1.6	95.6	87.3
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		62.59	06:05:38	05:57:16

Tabella 30: confronto Agenzie Riunite Giri da 5 a 16

Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
17	60.8	1.8	105.3	92.4	17	60.2	1.7	102.8	88.2
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		77.32	06:15:20	06:02:25			68.73	07:02:49	06:48:11
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
19	91.6	2.1	128.2	124.4	19	71.4	1.8	108.1	104.3
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		54.00	06:38:12	06:34:22			61.36	07:18:05	07:14:15
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
20	116.4	2.3	140.9	94.4	20	128.9	2.7	161.9	121.1
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		63.82	06:50:52	06:04:23			67.27	07:11:55	06:31:06
Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery	Giro	Run Km	T[h]	T[min]	T,Last Delivery
21	81.9	1.9	112.3	89.4	21	75.8	1.9	115.1	93.8
		Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour			Chests	Comeback hour	Last Delivery Hour
		41.73	06:22:19	05:59:25			52.77	07:25:07	07:03:46

Tabella 31: confronto Agenzie Riunite Giri da 17 a 21

La tabella di ogni Giro è composta come quella dei Giri di ADP. La differenza sostanziale con il caso precedente è data dal fatto che questa volta è stato rimosso solamente un Giro di consegna.

Il motivo risiede nel fatto che come mostrato prima Agenzie Riunite tende a caricare di più i mezzi di consegna, è quindi più difficile eliminare dei Giri e ridistribuire le loro edicole.

Le ragioni principali per cui è stato rimosso il Giro 3 sono le stesse già presentate per il caso ottimizzato di ADP.

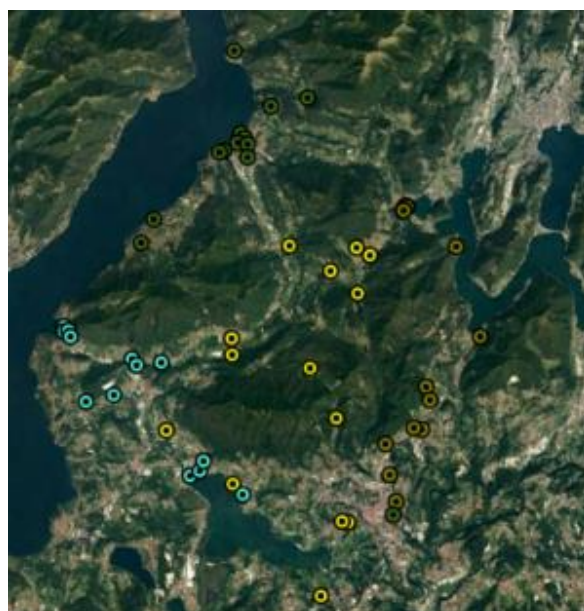


Tabella 32: esempio soluzione per Agenzie Riunite

Inoltre, come si può notare nell'immagine, il Giro 3 (punti gialli) è in una zona geografica centrale rispetto ad altri Giri limitrofi. Questo fattore ha permesso di distribuire le edicole del Giro 3 tra tre altri giri.

Come è stato mostrato per ADP, di seguito viene mostrata la differenza delle grandezze principali tra caso Originale e caso Ottimizzato.

Round	$\Delta t[m]$ tot	$\Delta t[\text{min}]$ LD	$\Delta \text{space [km]}$	Round	$\Delta t[m]$ tot	$\Delta t[\text{min}]$ LD	$\Delta \text{space [km]}$
1	-10.1	-19.8	-8.3	14	-12.0	-8.1	-13.4
2	8.0	3.8	6.9	15	-3.7	0.3	-4.5
3	-152.2	-119.5	-119.9	16	8.1	9.1	8.5
4	-8.7	-11.0	-12.0	17	-2.5	-4.2	-0.6
5	-24.8	-24.8	-24.9	19	-20.1	-20.1	-20.2
12	-10.1	7.5	-2.3	20	21.0	26.7	12.6
13	42.7	48.8	26.0	21	2.8	4.4	-6.1

Tabella 33: variazione grandezze Agenzie Riunite

Le grandezze sono le stesse presentate per ADP, quindi come prima quando un valore è evidenziato in verde indica una diminuzione di tempo o km necessari per il completamento del Giro.

- ' $\Delta t[m]$ tot' Dei 13 Giri rimasti, 8 vedono una riduzione di km percorsi. La riduzione non è considerevole come nel caso di ADP, i motivi principali sono due:
 - 1) Aver tolto soltanto un Giro porta alla redistribuzione di un numero basso di edicole.
 - 2) Come mostrato in precedenza molti Giri sono ad oggi intrecciati da loro ma non sono molto dispersivi a livello spaziale. Quindi è possibile organizzare meglio i Giri per comunque ottenere un miglioramento, ma il miglioramento è meno evidente del caso di ADP.

D'altro canto, ci sono 2 Giri che hanno avuto un incremento considerevole di km. La ragione è che originariamente il Giro 13 e 20 rifornivano un numero molto basso di edicole. Andando quindi tendenzialmente ad uniformare il numero di edicole per tutti i Giri questi due sono quelli che hanno subito un incremento di fermate e quindi di tempo impiegato.

- ' $\Delta t[\text{min}]$ LD'
- ' $\Delta \text{space [km]}$ ' L'andamento mostrato nei primi due indicatori è ancora più marcato nello studio dei km percorsi. I risultati mostrano la bontà dell'ottimizzazione, dove 9 dei 13 giri rimanenti mostrano una riduzione della distanza percorsa. Anche in questo caso però, tranne per il Giro 3 che è stato rimosso, la riduzione nella maggior parte dei casi è di pochi km.

Infine, viene riportata una tabella riassuntiva con gli stessi valori appena mostrati Giro per Giro, che evidenzia lo scenario complessivo del caso ottimizzato

ORIGINALE				
			Tempo Tot	Tempo Consegne
Tot [km]		min	1734.40	1401.74
1221.3		h	28.91	23.36

OTTIMIZZATO				
			Tempo Tot	Tempo Consegne
Tot [km]		min	1572.95	1294.70
1063.2		h	26.22	21.58

Confronto	
% km	13%
% tempo tot	9%
% Tempo Consegne	8%

Tabella 34: confronto generale Agenzie Riunite

Giusto qualche commento sulle percentuali e su valori ottenuti:

- Come ci si poteva aspettare la grandezza che più viene diminuita, come era ancora più evidente per ADP, è lo spazio chilometrico percorso. Ancora una volta il motivo sta nel fatto che un Giro è stato rimosso: viene rimossa quella distanza necessaria per raggiungere la zona che originariamente era rifornita dal Giro 3 e ritorno.
- Inoltre, è interessante notare come a fronte dello scenario ottimizzato entrambe le aziende arrivino a dover far percorrere ai propri veicoli circa la stessa distanza, nonostante ADP partisse da una situazione molto più dispendiosa in termini di km percorsi. Come evidenziato nel primo capitolo di introduzione, le due aziende si sono accordate in modo da rifornire circa lo stesso numero di edicole in un'area geografica simile; quindi, rendere più efficienti i giri dei veicoli mostra lo evidenzia ancora di più.

Costi – Agenzie Riunite

Per il calcolo dei costi vengono sfruttate le ipotesi mostrate precedentemente, qui di seguito vengono riportati i passaggi seguiti nel progetto:

- Seguendo il modello del caso di ADP viene dapprima calcolato il costo teorico del Giro, composto da una componente fissa (uguale per tutti i Giri) alla quale si aggiunge un costo proporzionale al numero di km percorsi. Di seguito viene riportato l'esempio del Giro 1:

km R1
83.9

$$Cost_{R1} = [(km_{R1} * a) + CF] * c_{\%1}$$

Il coefficiente 'a' è volutamente lasciato incognito, così come il costo fisso dei giri CF per privacy.

- Successivamente il valore ottenuto al punto precedente viene moltiplicato per il coefficiente correttivo ottenuto dai passaggi del caso base di Agenzie Riunite.

$$RealCost_{R1} = Cost_{R1} * c_{\%}$$

$c_{\%1}$ è il coefficiente che tiene conto dei costi aggiuntivi dovuti all'incremento o decremento dei prezzi rispetto al modello utilizzato, calcolato per ogni giro nei paragrafi precedenti

- Il procedimento viene portato avanti per tutti i Giri rimasti, ottenendo la seguente tabella di costi:

Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
1	12.2	4%	14	10.9	8%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
2	10.1	-4%	15	10.2	3%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
3	11.6	-100%	16	10.4	-5%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
4	12.4	6%	17	10.2	0%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
5	16.3	9%	19	10.0	10%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
12	10.4	1%	20	12.4	-5%
Round	Cost[€]	Δcost	Round	Cost[€]	Δcost
13	12.1	-10%	21	12.6	3%

Tabella 35: confronto costi Agenzie Riunite

- La tabella 35 mostra come venga seguito l'andamento evidenziato dalla grandezza 'km percorsi'.
- Anche in questo caso, Δcost rappresenta il rapporto tra il costo del caso originale sottratto al caso ottimizzato e il caso originale.

Sommando tutti i valori di costo si ottiene il seguente risultato fittizio:

	Original Scenario	Optimized Scenario	Savings
Cost[€]	161.7	148.0	8%

Tabella 36: costi Giornalieri Agenzie Riunite

Il risparmio economico è dato per metà dalla rimozione del Giro 3 e per metà dall'ottimizzazione dei Giri rimanenti.

Ancora una volta viene evidenziato come l'ottimizzazione porti più vantaggi ad ADP rispetto che ad Agenzie Riunite per il semplice fatto che la prima ha più margine di ottimizzazione del volume di carico dei mezzi. Non è stato però inutile questo studio per il caso di Agenzie Riunite, viene infatti mostrato come si possa ottenere un buon risparmio solamente riorganizzando i Giri di consegna.

Inoltre, anche in questo caso l'azienda si sta muovendo per far sì di avere le chiavi di tutte le edicole e quindi dover dipendere meno dalle richieste in termini di tempo di consegna degli edicolanti.

Infine riporto il conto del costo annuale dovuto ai Giri per Agenzie Riunite, considerando sempre un costo fittizio per privacy.

	Scenario Originale	Scenario Ottimizzato	Risparmio
Costo [€]	57412.5	52549.6	8%

Tabella 37: costo annuale Agenzie Riunite

Questo dato sarà utile nei capitoli successivi e per le considerazioni finali.

Ottimizzazione ADP + Agenzie Riunite

L'ultima sezione riguardante l'ottimizzazione della distribuzione dei giornali riguarda un problema di spaziale: ad oggi le aziende operano in zone geografiche che si intersecano tra loro. Cosa succederebbe se le aree geografiche rifornite fossero divise in modo tale da evitare sovrapposizioni?

Nota: per i calcoli di questo capitolo userò i Giri del caso ottimizzato.

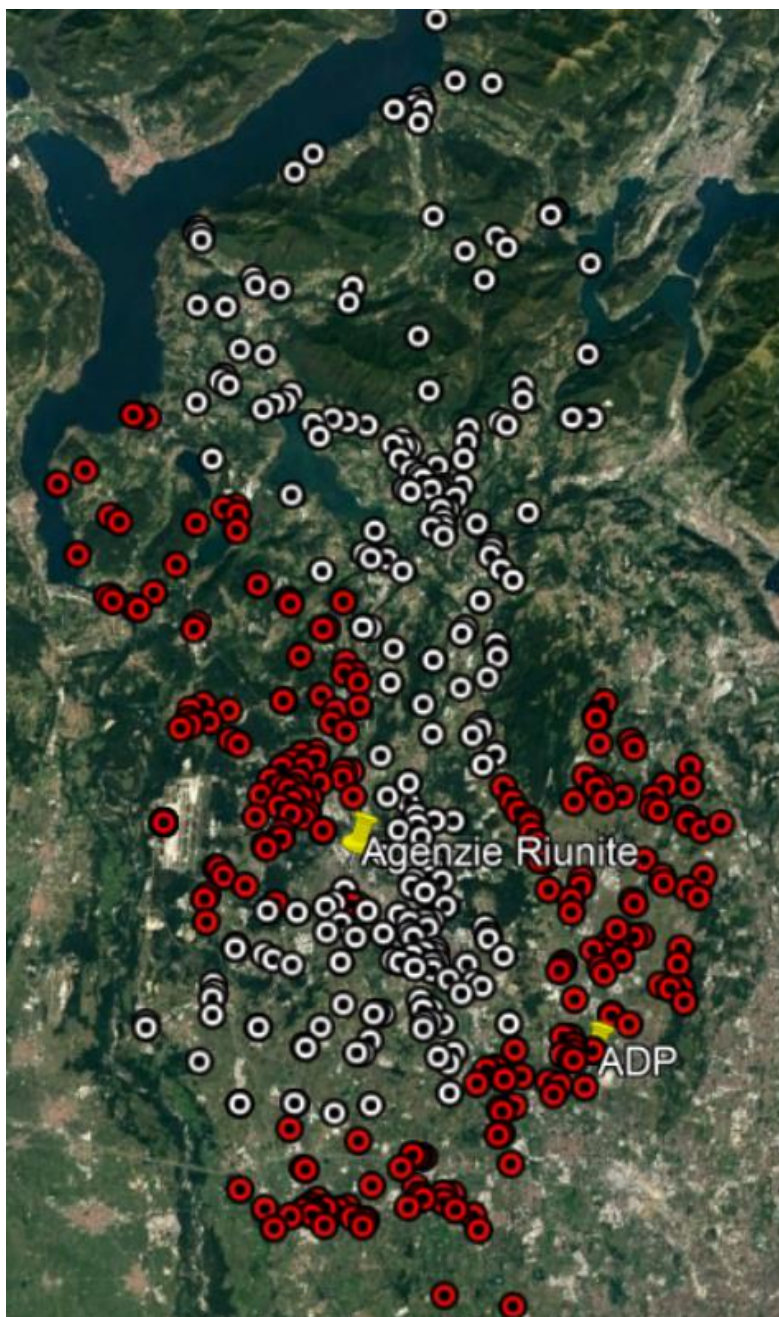


Tabella 38: distribuzione edicole

Di seguito mostro i passaggi che ho seguito per trovare una soluzione:

- 1) Ho generato un database in cui ho inserito tutte le edicole, il database contiene tutte le informazioni presentate nei capitoli precedenti
- 2) Con lo scopo di ottenere un risultato congruo alla situazione attuale ho calcolato il numero totale di ceste distribuito da ogni azienda (sotto le stesse ipotesi dei capitoli precedenti).
- 3) Come si nota nella Figura 38, Agenzie Riunite si trova a Nord-Ovest di ADP e fornisce una zona molto estesa da Nord a Sud. Allo stesso tempo Agenzie Riunite è molto vicina alla zona di ADP definita 'Zona Nord-Ovest' nei capitoli precedenti.
ADP invece è geograficamente vicina a tutte quelle edicole servite da Agenzie Riunite che si estendono in quella che è stata definita 'Zona Sud'.
- 4) D'altro canto ci sono numerose edicole (e Giri) che non ha senso affidare all'altra azienda: un esempio sono le edicole servite da Agenzie Riunite nella sua 'Zona Nord' o le edicole servite da ADP nella 'Zona Sud' della stessa.
- 5) Questi punti fanno sì che alcuni Giri non vengano spostati, mentre altri siano assegnati all'altra azienda, nelle seguenti tabelle vengono evidenziati nella seconda colonna i Giri che prima appartenevano all'altra azienda.

ADP	
1	12
2	14
3	15
4	16
5	17
11	
13	
14	
15	

AR	
1	22
5	23
2	24
4	25
13	26
19	27
20	
21	

- 6) I Giri che sono rimasti assegnati alla stessa azienda del caso originale non subiscono ovviamente modifiche nella logistica
- 7) Anche i Giri assegnati ad Agenzie Riunite che prima erano riforniti da ADP non subiscono modifiche: il punto di partenza e di arrivo è ovviamente cambiato, tuttavia Agenzie Riunite si colloca comunque a sud rispetto ai giri dal 22 al 27. L'unico fattore che viene modificato è la distanza tra il punto di partenza e la prima edicola fornita e la distanza tra l'ultima edicola e il punto di arrivo.
L'unica eccezione per Agenzie Riunite riguarda tre edicole, strettamente collegate ad ADP che vengono sottratte dal Giro 23 e 24 (in questo scenario assegnati ad Agenzie Riunite) e lasciate ad ADP.

- 8) Il caso di ADP è invece leggermente più complicato: i nuovi Giri assegnati ad ADP devono essere riorganizzati.

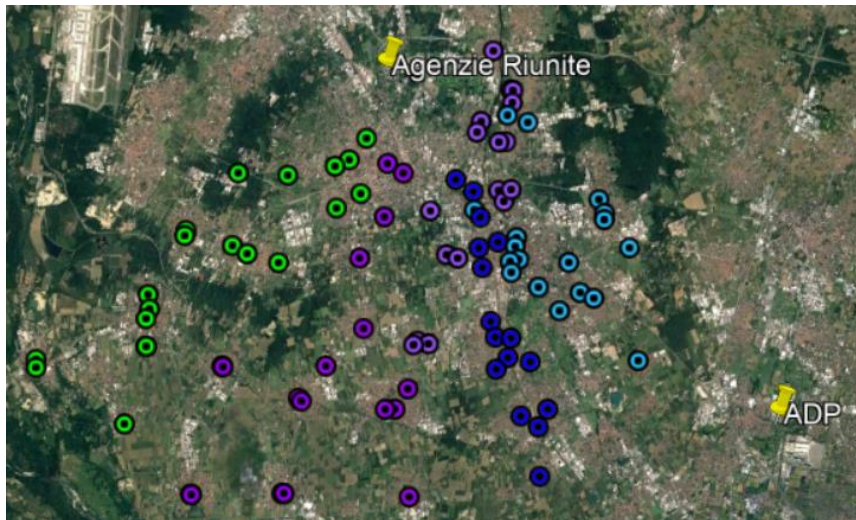


Tabella 39: Giri di Agenzie Riunite assegnati ad ADP

Come si nota dalla Figura 39 i Giri che prima erano sviluppati in direzione di Agenzie Riunite devono essere ridisegnati in direzione di ADP.

- 9) Il processo di riassegnazione dei Giri è lo stesso seguito nei capitoli precedenti:
- viene creata una tabella che contiene le distanze relative di tutte le edicole dei Giri in esame;
 - definisco i Centroidi per ogni Giro di partenza;
 - riorganizzo i Giri in base alla distanza degli stessi dalle edicole e in base alla direzione per raggiungere i Centroidi partendo da ADP.
- 10) Il passaggio immediatamente successivo alla riorganizzazione dei Giri è il calcolo dei chilometri percorsi negli stessi. Sottolineo però come non sia possibile confrontare i Giri uno ad uno con il proprio corrispettivo di partenza; questo è dovuto al fatto che molti Giri sono stati assegnati all'altra azienda.

Ha però senso effettuare un'analisi sul numero totale di chilometri che i furgoni percorrono in questo scenario e confrontare questo numero con il corrispettivo dello scenario di partenza.

	km	Ceste
AR Ottimizzato	1063.2	750.9
AR Nuovo	1023.5	754.5
Differenza %	-3.7%	0.5%

	km	Ceste
ADP Ottimizzato	1077.1	686.9
ADP Nuovo	903.3	683.3
Differenza %	-16.1%	-0.5%

- 11) Risultati:

- o Ricordando che i Giri di Agenzie Riunite anche nel caso ottimizzato sono tendenzialmente più carichi dei Giri di ADP, questo nuovo scenario porta ADP ad avere un giro in più rispetto alla situazione iniziale (e quindi Agenzie Riunite ad averne uno in meno).

- Il vantaggio in termini di distanza percorsa è molto marcato: con questa soluzione si riducono di molto le distanze tra le edicole e l'azienda di partenza. Questo comportamento è molto più evidente per ADP perché in aggiunta un giro viene eliminato e affidato ad Agenzie Riunite.
- Questa soluzione presenta quindi vantaggi e svantaggi per entrambe le aziende mantenendo però il dato più significativo il più invariato possibile: il numero di ceste consegnate. Questo valore infatti è indicativo del numero di merce distribuita e quindi è una stima del possibile fatturato.
- Il risultato finale è il seguente:

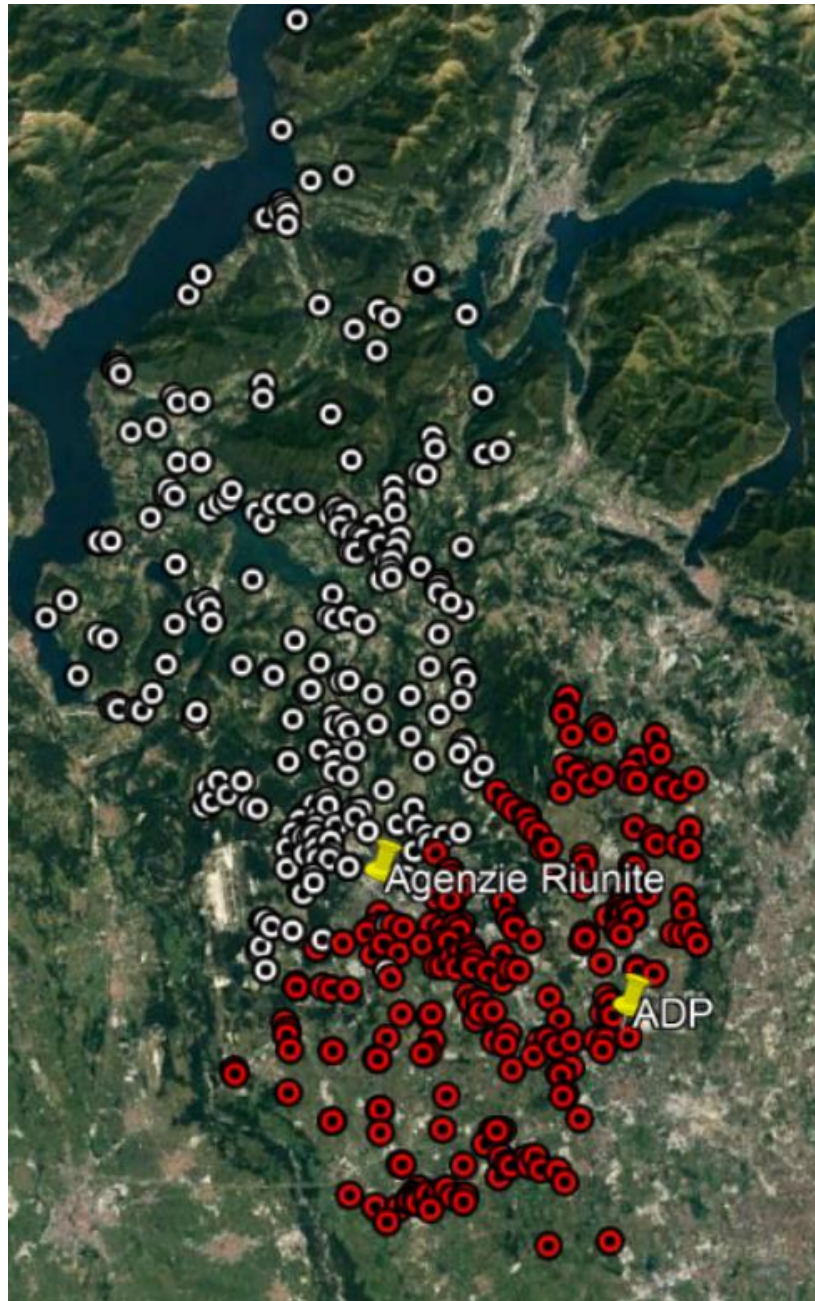


Tabella 40: nuova organizzazione edicole

12) Questo scenario sarebbe quindi una soluzione molto interessante, sia da un punto di vista economico che per il fattore consumi/emissioni.

Veicoli Consegna

La consegna last mile di giornali e riviste viene effettuata in tutto il mondo mediante furgoni. In particolare in Italia il trasporto merci su strada rappresenta di gran lunga la soluzione più adottata. I motivi sono sicuramente:

- la morfologia del territorio
- la distribuzione capillare delle strade
- la bassa compatibilità delle ferrovie dei vari stati europei.

L'unità di misura utilizzata dall'Eurostat per l'analisi della merce movimentata via terra è il tonne-kilometer [tkm]: è un'unità di misura del trasporto merci che rappresenta il trasporto di una tonnellata di merci (compresi gli imballaggi e la tara delle unità di trasporto intermodali) con una determinata modalità di trasporto (strada, ferrovia, aereo, mare, vie navigabili interne, condutture ecc.) su una distanza di un chilometro. Per i trasporti nazionali, internazionali e di transito viene presa in considerazione solo la distanza sul territorio nazionale del Paese dichiarante. Sulla base di questa dimensione, vengono create classi di viaggi per la consegna di merci come segue:

- meno di 150 km
- meno di 300 km
- meno di 999 km
- più di 1000 km

Come riportato da Eurostat [14] tutte le classi mostrano un incremento tra il 2020 e il 2021 nella maggioranza degli stati dell'Unione Europea (inclusa l'Italia).

Road freight transport by distance class, 2021

	Less than 150 km		From 150 to 299 km		From 300 to 999 km		1 000 km or more	
	2021	Growth rate 2020/2021	2021	Growth rate 2020/2021	2021	Growth rate 2020/2021	2021	Growth rate 2020/2021
	million tkm	%	million tkm	%	million tkm	%	million tkm	%
EU	406 321	5.5	363 644	6.5	781 454	7	364 176	7.1
Belgium	9 747	-1.1	12 513	7.0	19 388	4.0	1 489	20.6
Bulgaria	3 861	23.6	4 067	17.0	11 009	8.1	16 240	2.8
Czechia	15 277	4.3	11 176	3.9	22 169	14.0	15 269	33.9
Denmark	4 593	-1.1	4 410	-0.1	5 153	10.4	1 187	23.1
Germany	96 060	0.2	78 370	2.3	114 330	0.2	7 326	5.3
Estonia	980	32.4	923	42.7	1 492	6.1	1 817	24.4
Ireland	5 426	13.0	4 256	12.0	2 086	3.9	659	-12.9
Greece	6 161	13.0	3 706	14.6	7 512	28.6	3 683	-65.4
Spain	44 350	8.8	35 188	14.0	122 316	11.4	68 319	12.2
France	46 377	9.5	40 988	-0.9	84 165	1.7	3 329	7.1
Croatia	2 306	5.9	2 255	19.8	5 826	2.5	3 245	29.0
Italy	33 247	5.8	41 700	12.8	60 123	8.3	9 913	6.5
Cyprus	680	3.7	24	41.2	3	200.0	23	-32.4
Latvia	2 890	8.0	1 989	14.5	4 105	15.0	5 989	6.9
Lithuania	2 033	1.3	3 462	4.9	22 932	15.9	29 302	-2.9
Luxembourg	1 353	10.5	1 676	4.2	3 500	14.0	374	36.5
Hungary	7 655	13.8	7 484	14.3	15 495	12.8	6 242	24.7
Malta (*)	-	-	-	-	-	-	-	-
Netherlands	28 372	4.8	20 285	3.7	17 226	1.3	4 748	11.2
Austria	10 697	10.7	6 035	6.9	7 775	4.7	1 789	10.0
Poland	44 205	8.6	49 595	9.2	167 450	7.1	118 587	5.4
Portugal	4 427	2.1	3 604	8.9	8 391	29.3	15 628	54.8
Romania	7 430	15.7	5 955	10.9	24 005	14.2	24 455	10.1
Slovenia	2 236	3.6	2 254	11.5	11 769	9.1	8 654	12.9
Slovakia	4 087	-2.7	3 531	1.3	11 013	-7.8	11 498	-3.8
Finland	8 451	14.9	6 301	-2.2	13 575	-7.3	1 062	-14.2
Sweden	13 419	-4.2	11 898	5.5	18 645	23.7	2 958	32.6
Norway	7 413	6.4	4 492	12.1	8 222	-3.0	1 506	-2.8
Switzerland	8 352	-1.1	2 723	8.0	1 344	14.0	-	-
Montenegro	33	0.0	24	-17.2	39	85.7	9	12.5

(-) Not available

(-) Not applicable

(*) Data not available (see chapter 'data sources')

Source: Eurostat (online data code: road_go_ta_dc)

L'Italia ha un valore molto alto di [tkm] rispetto al totale nella classe al di sotto dei 150 e dei 300 km, avendo rispettivamente un valore pari all'8% e all'11% del totale. Il valore % decresce parecchio nel caso della terza e soprattutto quarta classe dove raggiunge il 2% del totale. La ragione è nella ridotta superficie dell'Italia rispetto ad altre nazioni europee più vaste. Questo valore viene anche rispecchiato nei casi delle aziende ADP e Agenzie Riunite, i veicoli devono far fronte a viaggi giornalieri nell'ordine del centinaio di km.

Come accennato nei capitoli precedenti le due aziende viste in questo progetto utilizzano furgoni diesel per effettuare le loro consegne, metodologia molto comune nel settore, ma non è sempre così. Nello studio [5] infatti sono utilizzati solo per trasportare le copie dall'editore ai centri di distribuzione. La fase successiva della consegna dei giornali viene effettuata utilizzando motociclette e, in alcuni casi, piccoli furgoni. La logistica dell'area di San Paolo, un'area di interesse analizzata in [5], rende necessario l'utilizzo di veicoli più agili e meno costosi.

L'obiettivo del lavoro è ottimizzare la consegna dei giornali nella metropoli brasiliana considerando la morfologia del territorio, tenendo conto del tasso di produzione degli impianti di stampa, della posizione dei centri di distribuzione, del programma di trasferimento e dei tipi ottimali di veicoli da utilizzare.

Contrariamente all'intuizione e al senso comune, i risultati hanno mostrato che le riduzioni principali in termini di flotta necessaria e di VMT (Miglia Percorse dal Veicolo) possono essere ottenute se le aree centrali e più dense hanno i loro percorsi di consegna che iniziano prima, consentendo così l'utilizzo di veicoli più grandi; le aree più distanti, nella periferia di una grande città, potrebbero non avere una densità di consegne tale da consentire l'uso di veicoli di grandi dimensioni, anche nel caso in cui tali percorsi inizino prima, dato che le distanze tra consegne consecutive sono solitamente più lunghe.

Gli obiettivi di questa Tesi sono gli stessi portati avanti nel documento [5], con la differenza che qui vengono utilizzati solamente furgoni diesel con capacità di carico che oscilla intorno ai 10 m³.



Figura 29: schema furgone

I furgoni utilizzati non sono posseduti dall'azienda, bensì sia ADP che Agenzie Riunite si rivolgono ad aziende esterne per affittare i veicoli: le due aziende pagano una quota per ogni Giro di Consegna da effettuare. Come è già stato descritto nei capitoli precedenti, il costo dei Giri varia, non è sempre uguale ma il costo non dipende dal modello del veicolo utilizzato.

Ipotesi

- Ad ogni Giro viene assegnato un solo veicolo e quindi un solo autista.
- Ci sono dei mezzi che vengono dedicati alla scorta, se qualche autista assegnato ai Giri non si presenta l'autista della scorta sostituisce l'autista del Giro mancante venendo pagato in base al giro assegnatogli.

Agenzie Riunite mi ha fornito l'elenco dei veicoli, il passo successivo è stato quello di cercare online tutti i dati tecnici utili per l'analisi:

- capacità di carico
- consumi
- emissioni.

Trovare i dati per tutti i veicoli usati dalle aziende non è stato facile per un semplice motivo: non essendo i veicoli di proprietà dell'azienda molti dati non sono disponibili, ho dovuto quindi basarmi solamente sul modello dei veicoli e cercare singolarmente i dati tecnici.

I ragionamenti e passaggi che ho seguito per trovare i dati sono stati i seguenti:

- 1) La mancanza di dati più specifici riguardanti i veicoli mi ha obbligato a considerare in modo più attento le strade percorse dai veicoli per raggiungere le edicole.
- 2) Ho cercato quindi dati riguardanti il consumo stimato dei veicoli basandomi sulle normative europee e quindi sul ciclo WLTP. Questo passaggio è ovviamente fondamentale per avere un metro di confronto coerente tra i vari furgoni di diverse case automobilistiche.
- 3) Da qui il passaggio successivo è stato trovare i dati di consumo di carburante in tre casistiche:
 - I furgoni percorrono principalmente strade urbane, spesso strette e colme di incroci. Inoltre, i Giri hanno una media di circa 15/18 edicole, ogni edicola è ovviamente una fermata. Queste continue fermate e cambi di velocità incrementano i consumi di un veicolo diesel e sono rappresentate da quello che viene definito '*Contesto Urbano*', lo scenario con i consumi più alti.
 - Il secondo scenario è definito '*Extra Urbano*', la velocità in questo caso subisce variazioni molto minori, raggiungendo però picchi più alti. I consumi in questo caso sono minori. Il contesto Extra-Urbano è tipico di alcuni collegamenti tra due edicole che sono magari in città diverse.
 - Infine, viene definito il '*Consumo Misto*' come una via di mezzo tra gli altri due casi, anche il valore è intermedio.

La divisione in queste tre macrocategorie serve per poter stimare in modo abbastanza precisi i consumi dei veicoli senza andare a rendere troppo complicato il modello.

- 4) Infine ho trovato i valori stimati di emissione di CO₂ per ogni veicolo, questo valore è unico e sarà fondamentale nei capitoli successivi per effettuare il confronto finale tra la soluzione tradizionale e lo scenario con i veicoli elettrici.

Di seguito sono riportati i principali dati tecnici di ogni veicolo, con l'elenco delle fonti da cui ho tratto ogni dato.

Giro	Veicolo	Urbano [l/100km]	ExtraU[l/100km]	Mix [l/100km]	CO2[g/km]
1	Medium wheelbase	6.7	5.9	6.2	163
2	Single box van Opel	10.0	8.5	9.1	239
3	Long wheelbase van	9.3	7.8	8.3	225
4	Van iveco daily	8.7	7.8	8.2	215
5	Van iveco daily	8.7	7.8	8.2	215
12	Single box van Opel	10.0	8.5	9.1	239
13	Platform truck renault	8.6	6.2	7.1	187
14	Platform truck mercedes	9.7	7.6	8.4	235
15	Long wheelbase van	9.3	7.8	8.3	225
16	Van volkswagen crafter	10.3	9.0	9.5	248
17	Platform truck ford	8.6	6.2	7.1	186
19	Platform truck renault	8.6	6.2	7.1	187
20	Platform truck fiat	8.3	6.5	7.1	190
21	Platform truck with	9.3	7.8	8.3	225

Tabella 42: veicoli Agenzie Riunite, consumi e emissioni

Nella tabella 42 i valori di consumo del carburante sono espressi in litri consumati ogni cento chilometri, ho scelto questa unità di misura in quanto una delle grandezze calcolate per ogni Giro è la distanza percorsa espressa in chilometri; utilizzare un'altra unità di misura per esprimere il consumo di carburante sarebbe stato inutilmente complesso.

Nella maggior parte dei casi sono riuscito a trovare tutti i dati, vi sono state tuttavia alcune eccezioni evidenziate in rosso nella tabella 42. Questi valori non ho avuto la possibilità di trovarli, a volte non è presente il valore del consumo di carburante nel contesto Misto, a volte ho trovato solo il valore del Contesto Misto senza i valori per il caso Urbano e Extra-Urbano. In questi casi la soluzione a cui sono giunto è calcolare i rapporti tra i tre valori per i veicoli dei quali ho tutti i dati, ovvero i veicoli assegnati ai Giri 1,3,4,5,14,15,17,20 e 21:

- il rapporto dei valori di contesto Urbano ed Extra-Urbano
- il rapporto dei valori di contesto Urbano e Misto
- il rapporto dei valori di contesto Extra-Urbano e Misto

In seguito, ho calcolato per ogni rapporto la media dei valori ottenuti. Questo passo mi ha permesso di ottenere una relazione abbastanza affidabile tra i valori di consumo permettendomi di risalire a una stima dei valori mancanti. Ad esempio ho potuto calcolare per il veicolo assegnato al Giro2 partendo dal consumo nel caso misto il consumo nel caso Urbano ed Extra Urbano.

Di seguito viene riportato l'elenco delle fonti da cui ho ricavato i dati riportati in tabella 42.

- Medium wheelbase van Citroen jumper [32]
- Single box van Opel [33]
- Long wheelbase van iveco daily [34]
- Van iveco daily

- Platform truck renault master [35] [36]
- Platform truck mercedes sprinter [37] [38]
- Van volkswagen crafter [39]
- Platform truck ford transit [40][41]
- Platform truck fiat ducato [43]
- Platform truck with tarpaulin Iveco daily[42]

Sottolineo che sono stati riportati nel dettaglio i valori di Agenzie Riunite e non di ADP perché la seconda usa gli stessi modelli di furgoni, per evitare inutili ripetizioni non sono stati menzionati. Ritengo più interessante concentrarsi più avanti nell'elaborato sui confronti sia in termini di consumo di carburante che in termini di emissioni di CO2 tra scenario originale e scenario ottimizzato.

Calcolo dei consumi

In questo capitolo viene mostrato il procedimento che ho seguito per applicare i valori di consumo e di emissione alle casistiche sia del caso originale che del caso ottimizzato.

le tre classi di consumo descritte nel capitolo precedente vengono qui associate ad altrettante categorie stavolta basate sulla distanza percorsa. Nello specifico faccio riferimento alla distanza tra due fermate successive:

- 1) Se la distanza relativa tra due fermate è minore di due chilometri viene considerato il valore corrispondente del Consumo Urbano
- 2) Se la distanza relativa tra due fermate è compresa tra due e cinque chilometri viene considerato il valore corrispondente del Consumo Misto
- 3) Se invece la distanza è superiore a cinque chilometri viene considerato il valore corrispondente del Consumo Extraurbano.

Il motivo per cui ho deciso questa divisione segue la logica della divisione tra contesto Urbano, Extra-Urbano e Misto. Specialmente per le distanze brevi è più probabile accelerare e decelerare con una frequenza maggiore: due fermate molto vicine tra loro sono molto probabilmente all'interno dello stesso paese. Questo porta il guidatore ad affrontare numerosi incroci e ad aumentare dei consumi del veicolo. Data la conformazione del territorio le zone che il modello va a definire come Urbane sono tipicamente nella parte centrale dove le città sono più estese a livello geografico.

Il consumo Extra-urbano è invece tipico delle tratte tra l'azienda e la prima fermata e tra l'ultima fermata e l'azienda. Ho elaborato questa ipotesi basandomi sull'esperienza vissuta in prima persona effettuando le consegne. Gli autisti percorrono tipicamente superstrade o strade principali, solamente in alcune eccezioni percorrono brevi tratti autostradali, evitando gli incroci e guidando a velocità costanti che di rado supera picchi elevati a causa del carico pesante trasportato.

Infine ho assegnato il tipo di consumo Misto a quelle tratte collegano due edicole che non si trovano nella stessa città e che allo stesso tempo non sono eccessivamente lontane tanto da dover prendere una superstrada.

Questo è quindi il caso di paesini lontani dalle città principali, dove tipicamente è presente solamente un'edicola.

Da questa divisione ho quindi potuto calcolare per ogni Giro di consegna il consumo di carburante e successivamente le emissioni di CO2.

Il modo più semplice per poter effettuare il calcolo è recuperare le tabelle descritte nei capitoli precedenti e aggiungere due righe di calcolo, una per il consumo di carburante e uno per le emissioni di CO2.

Qui di seguito riporto l'esempio del Giro 1 di Agenzie Riunite nella situazione originale.

Stop	1	2	3	4	5	6
Rag. Soc	ZUCCOLI M	CACCIN ROM	BAR.DAKLANI	TIGROS SPA -	CAFFE'DELLA	3GI DI LUZI G
Relat Dist		4.6	6.1	1.3	1.4	0.5
Min from start	18.1	25.6	35.0	38.5	42.1	45.2
Arriving h	04:48:06	04:55:37	05:04:58	05:08:29	05:12:07	05:15:11
Optimal H						05:25:00
Chests	2.5	2.5	1.2	2.5	2.5	2.5
Consumption[l]		2.85E-01	3.62E-01	8.41E-02	9.18E-02	3.56E-02
CO2[g]		748.5	998.9	204.5	223.3	86.6

Tabella 43: Giro 1 Agenzie Riunite

Alle tabelle descritte nei capitoli precedenti ho aggiunto due righe:

- La prima rappresenta il consumo in litri di carburante per percorrere il percorso corrispondente. Utilizzando una funzione "SE", ho calcolato il consumo in litri come la distanza percorsa per il valore di [l/100km].

$$Cons_{[l]} = Dist_{Rel} [km] * \left(\frac{1 [l]}{100 [km]} \right)_i$$

La funzione 'SE' pesca il valore di consumo di carburante al chilometro tra i tre possibili scenari analizzati in precedenza, a seconda che la distanza tra due fermate sia minore di due chilometri, minore di cinque chilometri o maggiore di cinque chilometri.

- Questa seconda riga è invece una semplice moltiplicazione tra la distanza relativa tra due fermate e il peso, espresso in grammi [g], di CO2 al chilometro del veicolo corrispondente.

$$CO2 [g] = Dist_{Rel} [km] * CO2 \left[\frac{g}{km} \right]$$

Tot [l]	TOT CO2 [kg]
3.98	10.46

Il quantitativo totale di CO2 è stato semplicemente calcolato come il totale dei chilometri percorsi moltiplicati per il grado di emissione al chilometro del veicolo assegnato al Giro.

$$TOT_{CO_2}[kg] = TOT_{km} * CO_2 \left[\frac{kg}{km} \right]$$

Il carburante usato nel Giro è invece formato da tre componenti:

- 1) La somma dei consumi per effettuare gli spostamenti tra la prima e l'ultima consegna
- 2) Il consumo di carburante per raggiungere la prima edicola, tipicamente in un Contesto Extra-Urbano
- 3) Il consumo di carburante per effettuare la tratta dall'ultima edicola all'azienda.

Queste due grandezze sono state immediate da calcolare nel Caso Originale; è stato meno intuitivo dal punto di vista del codice il calcolo nel caso ottimizzato. Come nei capitoli precedenti il problema principale è che l'ordine delle edicole non è deciso a priori, ma è stato appunto deciso da me e dal modello.

I punti più critici da calcolare sono stati l'1) e il 2). Il problema è stato indicizzare correttamente la prima e l'ultima edicola per risalire alla distanza delle stesse dall'azienda di partenza.

Risolto questo problema ho calcolato per ogni Giro, sia per ADP che per Agenzie Riunite, i consumi e le emissioni.

ADP – Consumi di Carburante

	Originale	Ottimizzato			Originale	Ottimizzato	
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
1	3.40	3.98	17%	15	5.34	4.52	-15%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
2	2.56	2.04	-20%	22	6.35	5.89	-7%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
3	4.03	3.53	-12%	23	6.51	7.33	13%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
4	3.69	3.65	-1%	24	17.01	5.79	-66%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
5	5.26	4.62	-12%	25	7.33	5.88	-20%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
11	2.96	4.26	44%	26	7.97	6.85	-14%
Giro	TOT [l]		ΔConsumption	Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption
12	3.16		-100%	27	10.97	9.49	-14%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]		ΔConsumption
13	6.40	4.93	-23%	28	11.36		-100%
Giro	TOT [l]	TOT [l]	ΔConsumption	Giro	TOT [l]		ΔConsumption
14	4.90	5.64	15%	29	16.82		-100%

Tabella 44: confronto consumo carburante ADP

Agenzie Riunite – Consumi di Carburante

	Originale	Ottimizzato			Originale	Ottimizzato		
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
1	5.5	5.0	-9%		14	4.7	3.7	-21%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
2	4.8	5.3	12%		15	4.1	3.8	-6%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
3	9.5		-100%		16	4.2	5.3	26%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
4	7.6	6.9	-9%		17	4.1	4.8	16%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
5	14.6	15.1	3%		19	5.9	4.7	-20%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
12	5.9	6.4	7%		20	7.7	9.6	25%
Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo		Giro	Consumo [l]	Consumo [l]	Δ consumo
13	6.8	9.2	35%		21	6.5	6.3	-4%

Tabella 45: confronto consumo carburante Agenzie Riunite

ADP – Emissioni

	Originale	Ottimizzato			Originale	Ottimizzato		
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
1	8.68	10.46	20%		15	13.80	12.18	-12%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
2	6.94	5.66	-19%		22	16.42	16.53	1%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
3	10.70	9.76	-9%		23	16.64	20.74	25%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
4	9.01	10.04	11%		24	46.07	15.62	-66%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
5	13.87	12.93	-7%		25	19.31	16.56	-14%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
11	8.13	12.70	56%		26	20.86	18.56	-11%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
12	8.48		-100%		27	29.02	26.98	-7%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
13	18.10	14.37	-21%		28	32.93		-100%
Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2		Giro	TOT CO2 [kg]	TOT CO2 [km]	Δ CO2
14	12.56	15.98	27%		29	45.49		-100%

Tabella 46: confronto emissioni CO2 ADP

Agenzie Riunite – Emissioni

	Originale	Ottimizzato	
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
1	15.0	13.7	-9%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
2	12.6	14.2	13%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
3	27.0		-100%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
4	20.6	18.0	-12%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
5	40.1	34.7	-13%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
12	15.9	15.3	-3%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
13	20.0	24.9	24%

	Originale	Ottimizzato	
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
14	13.4	10.3	-23%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
15	11.0	10.0	-9%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
16	10.9	13.0	19%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
17	11.3	11.2	-1%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
19	17.1	13.4	-22%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
20	22.1	24.5	11%
Giro	CO2 [kg]	CO2 [kg]	ΔCO2 %
21	18.4	17.1	-7%

Tabella 47: confronto emissioni Agenzie Riunite

La percentuale è calcolata come il rapporto della differenza delle emissioni nel caso ottimizzato e il caso originale sul valore di emissioni nel caso originale. Un valore negativo indica quindi una riduzione delle emissioni; mentre un valore positivo indica un incremento delle stesse.

Indicativamente l'andamento della riduzione o dell'aumento del consumo di carburante (e soprattutto delle emissioni di CO₂) seguono ciò che si è visto con le grandezze descritte nei capitoli precedenti, di conseguenza valgono le stesse considerazioni già riportate.

I valori di emissioni e consumo non sono fini a sé stessi. Essi verranno usati per confrontare la soluzione odierna alimentata da motori a combustione interna con le emissioni non locali legate alla produzione dell'energia elettrica per alimentare i furgoni elettrici dello scenario teorico.

Lo scopo finale di questa parte di elaborato è la valutazione dello scenario elettrico, mostrando quanti vantaggi possa portare sia in termini ecologici che economici. Tuttavia, la transizione ai veicoli elettrici rappresenterebbe un cambiamento radicale per le aziende e soprattutto per i lavoratori. Trovo quindi che sia molto significativa anche la semplice riorganizzazione dei Giri, che mostra evidenti miglioramenti anche dal punto di vista delle emissioni e dei consumi.

Stato dell'Arte - Elettificazione

Il problema della decarbonizzazione è presente in centinaia di settori dall'industria alla mobilità, di conseguenza è stato presentato e affrontato in innumerevoli articoli. Lo scopo di questo progetto non è presentare la situazione attuale o raccontare cosa sia la decarbonizzazione, tuttavia si farà riferimento ad alcune pubblicazioni e articoli che sono correlate alla situazione di ADP e Agenzie Riunite.

In tutto il mondo una delle soluzioni più popolari è la transizione dai veicoli con motore a combustione interna a soluzioni che riducano le emissioni locali di NOx e anidride carbonica. In particolare, nonostante i costi e i potenziali problemi che potrebbe portare, la soluzione più cercata e inseguita è l'Elettificazione dei veicoli. Questo andamento di nota sia per quanto riguarda le auto dei privati, sia per le flotte di veicoli delle aziende.

[14] è uno studio che analizza la fattibilità della transizione elettrica considerando le tendenze di mercato degli ultimi anni.

Questo studio utilizza due approcci per studiare la fattibilità del mercato della conversione dei camion elettrici.

- 1) Il primo approccio consiste nell'analizzare i potenziali clienti dei camion elettrici.
- 2) Il secondo è l'analisi dei concorrenti, condotta raccogliendo i dati delle aziende globali di camion elettrici.

L'analisi dei potenziali clienti dei carrelli elettrici viene utilizzata per avere una panoramica dell'attuale tendenza dei carrelli elettrici sul mercato, sia a livello locale che globale. I dati utilizzati sono quelli relativi all'utilizzo dei veicoli elettrici e dei camion elettrici, ai dati di immatricolazione dei camion elettrici e ai dati di vendita dei camion. I dati sono ottenuti da vari portali web di centri statistici, associazioni, rapporti ufficiali delle aziende e altre fonti credibili.

L'analisi della concorrenza viene effettuata per ottenere una panoramica della posizione del settore della conversione dei camion elettrici e per rispondere alle domande se ci sono concorrenti che già operano nello stesso settore, se ci sono ancora opportunità di entrare/penetrare il mercato e quali sono le possibili prospettive future. I dati sono ottenuti dal portale ufficiale del sito web del concorrente. I dati raccolti comprendono la conoscenza dei prodotti realizzati dai concorrenti, i prezzi e le specifiche.

In base ai dati compilati dall'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE), nel 2020 sono circolati più di 10 milioni di veicoli elettrici, con un aumento del 43% rispetto all'anno precedente (Figura 30). Questo dato è in linea con i dati sul consumo di veicoli elettrici da parte dei consumatori e dei governi. Nel 2020, il consumo di veicoli elettrici da parte dei consumatori è aumentato del 50% rispetto all'anno precedente, raggiungendo i 120 miliardi di dollari. Anche il consumo governativo utilizzato per gli incentivi e gli sgravi fiscali per i veicoli elettrici è aumentato del 25% rispetto all'anno precedente, raggiungendo i 14 miliardi di dollari.

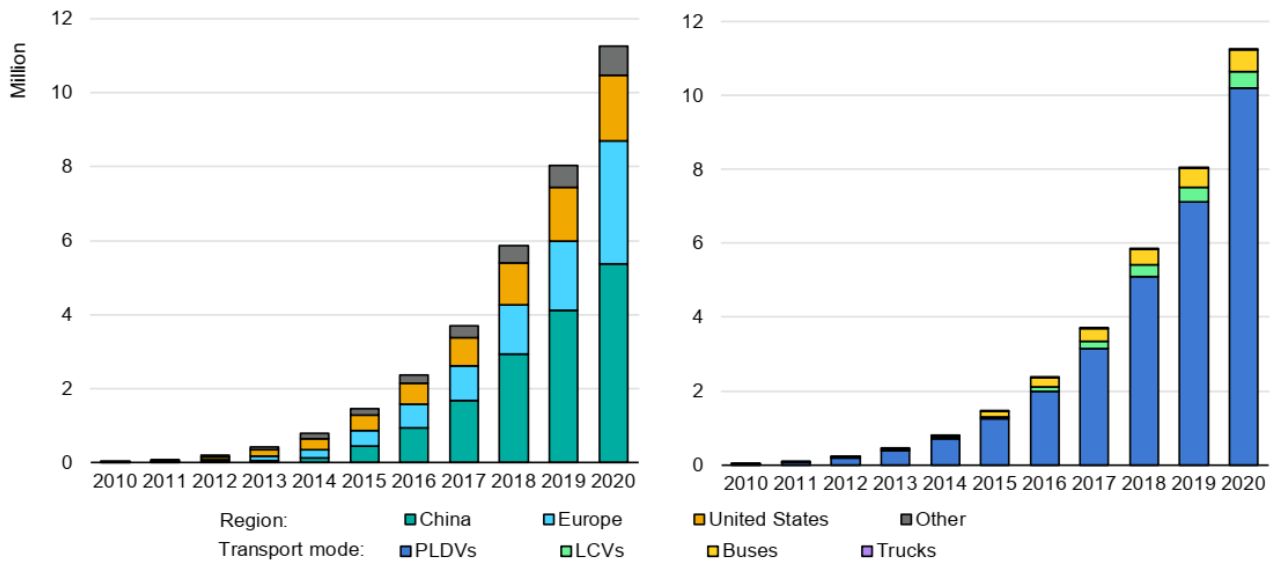


Figura 30: vendite veicoli elettrici negli anni

In base al tipo di veicolo elettrico utilizzato, i veicoli leggeri per passeggeri (PLDV) dominano ancora con una quota di mercato di quasi il 50% delle vendite totali a livello globale, seguiti dai veicoli commerciali leggeri (LCV), dagli autobus e dai camion. La quota di mercato dei veicoli di tipo camionistico è ancora molto bassa, inferiore all'1% del totale dei veicoli elettrici in circolazione.

Tuttavia, la crescita dell'uso dei camion elettrici nel mondo aumenta di anno in anno. Nel 2020, il numero di autocarri elettrici pesanti immatricolati ha raggiunto le 7.400 unità, con un aumento del 10% rispetto all'anno precedente. Il maggior contributo al numero di immatricolazioni di autocarri elettrici pesanti è la Cina, seguita dall'Europa e dagli Stati Uniti, come mostrato nella Figura 31 (Agenzia, 2021).

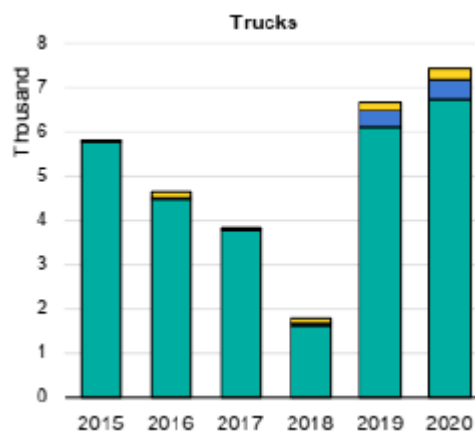


Figura 31: registrazioni furgoni elettrici negli anni

Legenda figura 31:

- Giallo: Stati Uniti
- Blu: Europa
- Verde: Cina

Il fenomeno è comune anche nel settore della consegna merci, in rete ci sono tantissimi studi e analisi di casi reali di aziende che sono passate da veicoli diesel a veicoli elettrici: dall'e-commerce alla consegna giornali.

Il caso della consegna della merce è particolarmente interessante per i veicoli elettrici, come riportato in numerosi studi tra cui [6]. Gli autori riportano come in media i veicoli di consegna vengono divisi in base alla loro missione, nello specifico ci sono diverse classi in cui i veicoli vengono suddivisi.

Class	Purpose	Cargo (kg)	0-30 mph (s)	0-60 mph (s)	Grade Speed 6% (mph)	Cruise Speed (mph)	Range (Miles)
4	Delivery	2755	9	30	50	70	150
6	Delivery	5146	14	50	37	70	150
8	Sleeper	17,329	18	60	32	65	500
8	DayCab	17,324	18	66	31	65	250
8	Vocational	6874	18	76	30	60	200

I veicoli per la consegna merci sono quindi pensati per avere un'autonomia ridotta rispetto ad altri tipi di furgoni o camion, questo dato è anche confermato dalla media di km che un veicolo per la consegna merci deve percorrere quotidianamente. A tal proposito [6] fornisce un esempio tratto da *FleetDNA* (database riguardante veicoli commerciali per la modellazione e la ricerca) negli Stati Uniti.

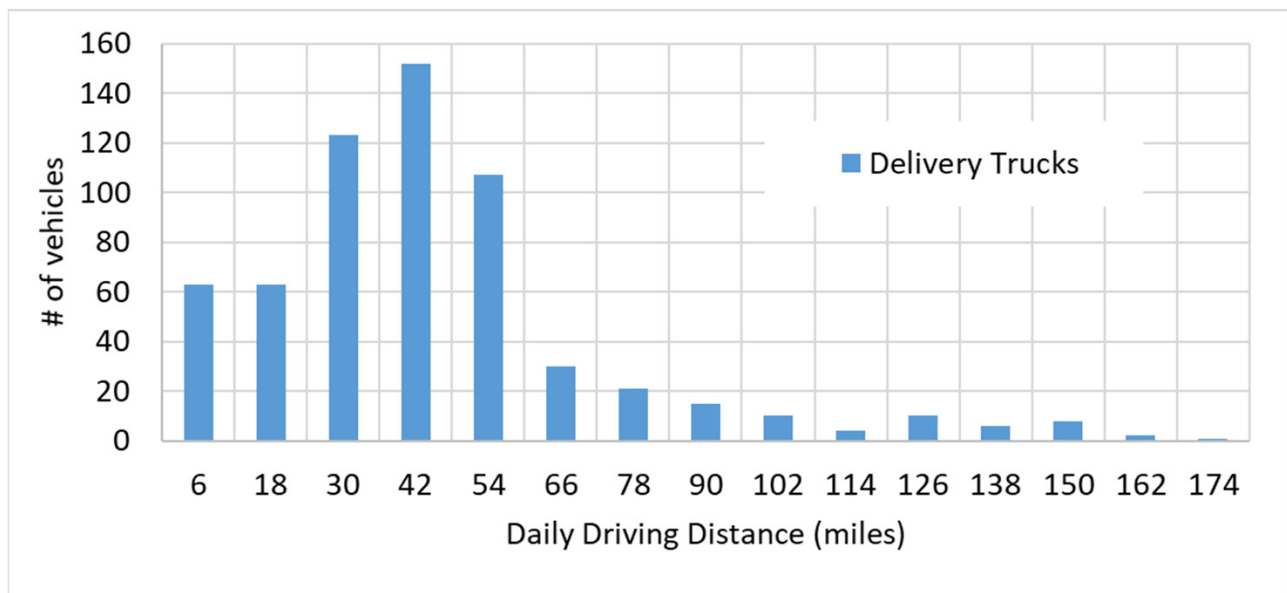


Tabella 48: grafico distanza giornaliera per numero di veicoli

Dal grafico si evince, come riportato dallo studio, che in 150 miglia (circa 240 km) sono racchiusi in media la stragrande maggioranza degli utilizzi giornalieri dei veicoli atti alla consegna delle merci.

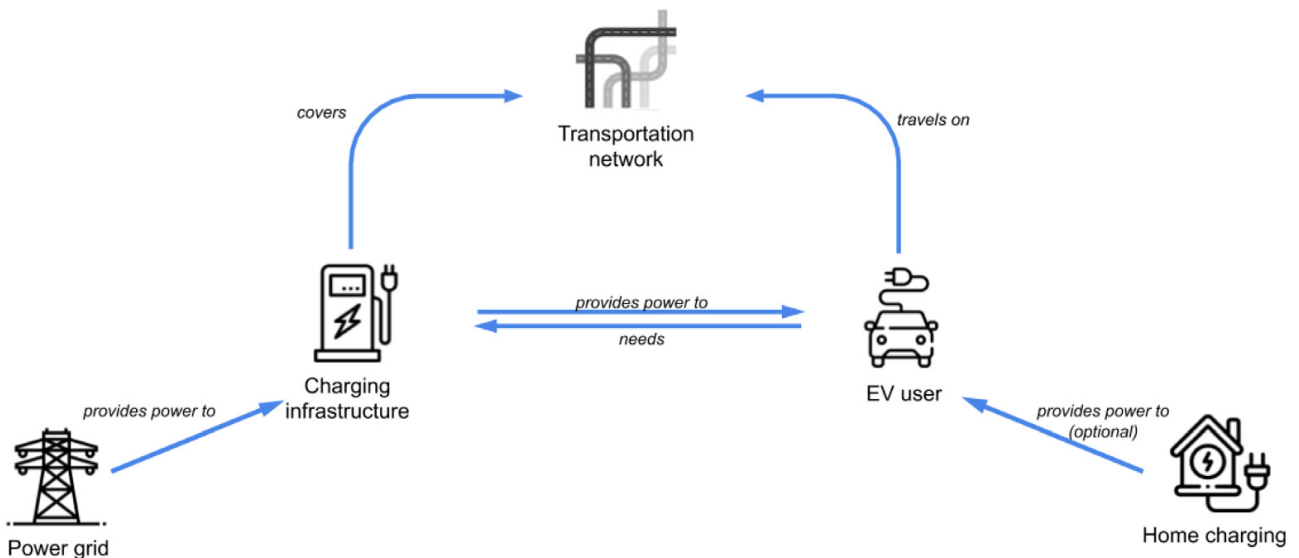
Questo fattore è fondamentale, uno dei principali problemi dei veicoli elettrici ad oggi è infatti l'autonomia: i veicoli con motore a combustione interna hanno un'autonomia in generale molto maggiore. Tuttavia il vantaggio del settore di consegna merci, specialmente in Europa e Italia dove le distanze da percorrere sono minori, rende molto interessante una soluzione che preveda l'uso di veicoli elettrici: poter lasciare l'azienda, effettuare le consegne e poi tornare in azienda per effettuare la ricarica dei veicoli durante il resto della giornata evita il problema dell'autonomia limitata.

ADP e Agenzie Riunite forniscono le edicole che rientrano in un'area a loro limitrofa, questo rende i Giri di Consegna corti in termini di km percorsi. Inoltre, le strade percorse dai veicoli sono principalmente strade urbane e extra urbane, dove la velocità è moderata, fattore da non sottovalutare in quanto le alte velocità sarebbero deleterie per le prestazioni e l'efficienza del motore elettrico.

Notato quindi come il problema dell'autonomia possa essere risolto, va affrontato anche il tema della ricarica. A differenza dei veicoli diesel che riempiono il proprio serbatoio in pochi minuti, i sistemi di ricarica delle batterie in corrente alternata richiedono diverse ore. Come evidenziato nello studio [7] veicoli commerciali possono richiedere fino a 20 ore di carica se collegati a strutture di ricarica lente.

Vi sono numerose modalità per ricaricare la batteria di un veicolo elettrico, la modalità scelta per questo progetto è la cosiddetta MODALITÀ 3. Questa modalità prevede che il veicolo venga caricato attraverso un sistema di alimentazione collegato in modo permanente alla rete elettrica. È la modalità delle wallbox, dei punti di ricarica commerciali e di tutti i sistemi di ricarica automatica in corrente alternata (AC). In Italia, è l'unica modalità consentita per ricaricare l'auto in spazi pubblici in corrente alternata.

Le stazioni di ricarica che operano in modalità 3 di solito consentono di ricaricare fino a 32 A e 250 V in monofase e fino a 32 A e 480 V in trifase, anche se la normativa non pone limiti.



Questo sistema prevede quindi l'utilizzo di colonnine di ricarica per alimentare la batteria quando il veicolo non è in uso. Come si è visto nei capitoli precedenti, la consegna delle merci per le due aziende considerate avviene durante la notte, tra le 4.30 e le 8. Questa breve fascia oraria lascia quindi un ampio margine di tempo durante il giorno da dedicare alla ricarica dei veicoli.

In questo progetto verrà studiata la soluzione di installare delle colonnine di ricarica direttamente nella parte esterna delle aziende. Come riportato in [7] infatti uno dei principali problemi per i veicoli elettrici sono i punti di ricarica, ad oggi in Italia ci sono 30270 punti di ricarica, tra questi il 10,5% sono stazioni elettriche in corrente continua da 50 kW in su (DC), la modalità di ricarica più veloce ed efficiente su strade extraurbane e autostrade, mentre l'89,5% sono colonnine elettriche in corrente alternata (AC) con potenza fino a 22 kW. Per quanto questo numero sia comunque in crescendo, la logistica dei Giri di Consegna e le tempistiche strette portano a scegliere l'installazione in loco di colonnine di ricarica dedicate come soluzione più adatta al problema.



La ricarica dei veicoli va quindi studiata anche in base alle ore della giornata in cui i veicoli sono in azienda. La ragione principale è ovviamente quella di ridurre i costi, sarebbe ottimale andare a comprare l'energia nella fascia notturna in modo tale da spendere meno. [8],[10] Qui vengono riportate le fasce di prezzo del mercato tutelato e del mercato libero a novembre 2022.

Alcuni studi si concentrano solo sul problema della localizzazione delle stazioni di ricarica, a volte considerando una capacità infinita [11,12] che non rappresenta la situazione reale in cui i punti di ricarica possono ospitare solo un numero limitato di veicoli. Una volta individuati i punti di ricarica senza considerare questa capacità limitata, le stazioni di ricarica possono essere dimensionate in base alla domanda di ciascuna stazione.

Ma il dimensionamento dell'infrastruttura di ricarica non si limita a decidere il numero di veicoli che possono essere ospitati, ma anche il tempo di permanenza nella stazione. Non è sempre sconveniente che il processo di ricarica richieda diverse ore, ma questo non è sempre accettabile, ad esempio durante i lunghi viaggi che richiedono una ricarica rapida per raggiungere la destinazione. Per questo motivo è importante scegliere in modo oculato il livello di potenza delle stazioni di ricarica in base al caso d'uso, e molti modelli incorporano il dimensionamento della potenza. Questo dimensionamento può essere fatto anche con ogni tipo di stazione scelta in base al tipo di percorso previsto, il che consente di posizionare le stazioni di ricarica rapida dove è più utile una ricarica rapida. Infatti, anche se l'aumento della velocità di ricarica di una stazione ne aumenta la capacità in quanto serve i veicoli elettrici più velocemente, le stazioni di ricarica lenta sono un'opzione più conveniente per soddisfare le esigenze di un'azienda di consegne.

La ricarica dei veicoli deve quindi essere studiata anche in base ai periodi della giornata in cui i veicoli sono in azienda. Il motivo principale è ovviamente la riduzione dei costi: sarebbe ottimale acquistare l'energia di notte, in modo da spendere meno per ricaricare i veicoli. [8],[10] Ecco le fasce di prezzo del mercato tutelato e del mercato libero a partire da ottobre 2022 in Italia.

In questo progetto verranno analizzate due possibili soluzioni:

- 1) comprare energia dalla rete direttamente quando ce ne è bisogno, quindi seguendo le tabelle orarie dei veicoli di consegna andando a comprare energia elettrica magari quando non è più conveniente.
- 2) installare un accumulatore. Questa soluzione risulta essere sicuramente più costosa all'inizio in quanto è necessario fare un investimento molto alto, allo stesso tempo però vi è la possibilità di comprare energia sempre quando costa meno per poi distribuirla durante il giorno ai veicoli parcheggiati nel piazzale.

Un'altra questione da chiarire è se i veicoli debbano essere acquistati o noleggiati. Anche in questo caso i casi sono due:

- 1) Comprare i veicoli elettrici andando quindi a fare un grande investimento iniziale puntando a rientrare nei costi nel lungo periodo.
- 2) Affittare i veicoli elettrici. Questa soluzione è più interessante per tutte le piccole-medie imprese che devono sostenere volumi di consegna medio alti ma che non hanno intenzione o possibilità di investire un grande capitale per sostenere la transizione elettrica.

Il secondo sarebbe il caso di ADP e Agenzie Riunite: anche ad oggi infatti si rivolgono ad una società di terzi che fornisce loro i furgoni per la consegna delle merci.

Inoltre, considerando che quanto sia mutevole la situazione delle edicole, con cambi di orario di consegna e riduzione nel prossimo futuro delle edicole aperte, andare ad investire un grande capitale per comprare dei veicoli elettrici che poi potrebbero rimanere in esubero sarebbe poco sensato.

L'ipotesi di poter noleggiare i furgoni elettrici in futuro piuttosto che possederli è stata formulata seguendo le conclusioni di [13]. In questo studio si afferma che, analizzando i concorrenti che potrebbero fornire veicoli elettrici, il risultato è che la domanda di mercato è molto ampia a livello mondiale. A supporto di diversi dati, tra cui l'aumento delle vendite annuali di autocarri, la tendenza globale nell'uso annuale di veicoli elettrici, compresi i tipi di autocarri, sta ancora aumentando in modo significativo. Sebbene l'utilizzo e il numero di marchi registrati siano ancora inferiori rispetto ad altri tipi di veicoli elettrici, i camion elettrici sono aumentati costantemente con un trend positivo di anno in anno.

Inoltre, il mercato di questo tipo di veicoli si sta ancora formando ed evolvendo, sia dal lato della domanda che dell'offerta. Esiste quindi una grande opportunità per l'ingresso nel mercato di diversi produttori, che possono puntare su diversi standard di qualità, costo e tecnologia.

Stato dell'arte - Costi

Considerando un periodo storico diverso da quello in cui ci troviamo ad oggi Novembre 2022, in generale il costo dei veicoli elettrici è principalmente dato dalla batteria, mentre il costo dell'energia elettrica dovrebbe essere molto inferiore rispetto a quello del carburante. Come mostrato in molti studi infatti, tra cui [6], più grande è la batteria più il costo aumenta. La figura seguente mostra i principali costi di un veicolo diesel confrontati con un veicolo elettrico in base alle categorie di furgoni.

Class	Purpose	Diesel		Electric	
		Engine (\$)	Gearbox (\$)	Motor (\$)	Battery Pack (\$)
4	Delivery	13,400	4700	5300	53,200
6	Delivery	13,100	4700	6400	79,300
8	Sleeper	29,200	11,400	18,400	382,200
8	DayCab	26,400	10,700	14,300	202,700
8	Vocational	17,000	5800	8700	143,300

Questa tabella mostra che il costo dei veicoli per le consegne è molto più basso rispetto a quello dei veicoli destinati a missioni più lunghe; questo dato è la base per effettuare un confronto dei costi tra le due tecnologie, come viene evidenziato in [6].

Nota: questo studio è stato svolto in USA con prezzi e grandezze americane, tuttavia le considerazioni sono ugualmente valide.

Questo studio ipotizza un periodo di servizio di 15 anni per i carrelli medi. Sebbene sia vero che molte flotte possiedono i carrelli professionali per l'intera durata della loro vita, le flotte vorrebbero vedere un tempo di ritorno dell'investimento aggiuntivo in carrelli elettrici più breve. Il periodo di ammortamento potrebbe essere di soli 3 anni. Per questa analisi è stato utilizzato un camion per consegne di classe 4 progettato e guidato per un tragitto giornaliero di 75 miglia.

Class	Purpose	VMT	Service Period (Years)	Discount Rate (%)	Battery Cost	Electricity Cost	Diesel Cost
4	Delivery	18,000	15	7	\$350/kWh to \$80/kWh	10 c/kWh to 30 c/kWh	\$2.5/gallon to \$4/gallon
6	Delivery	18,000					
8	Sleeper	120,000	5				
8	DayCab	30,000	15				
8	Vocational	24,000					

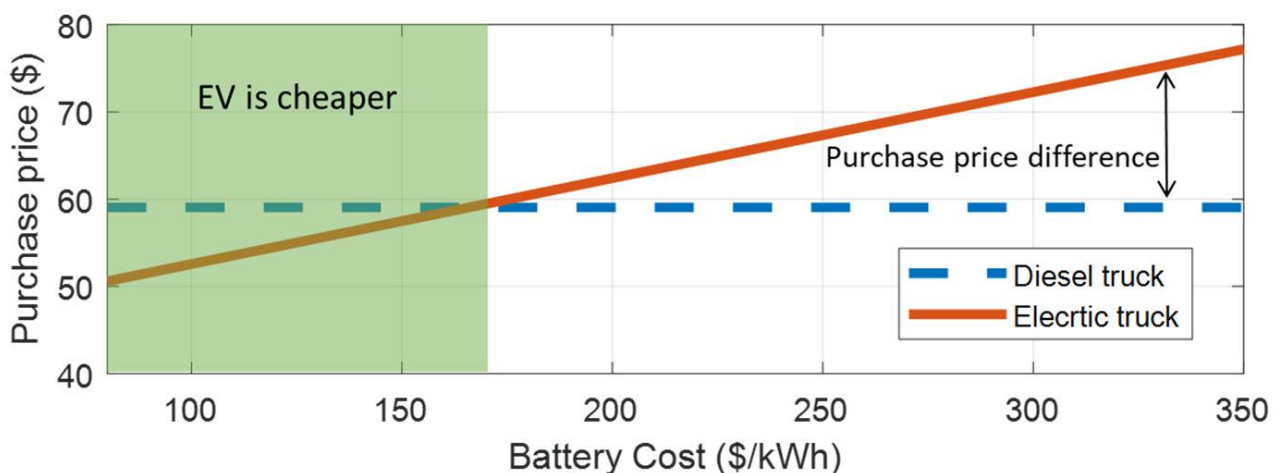


Figura 32: grafico costo batteria per costo veicolo

La figura 32 mostra le stime del prezzo di acquisto e la differenza tra i prezzi dei camion diesel e di quelli elettrici. Se il costo della batteria scende al di sotto di 170 \$/kWh, l'acquisto di un camion elettrico è più conveniente. Il consumo energetico stimato per il camion delle consegne è di 770 Wh/miglio. Il costo operativo associato è di circa 8 c/miglio se il prezzo dell'elettricità è ipotizzato a 10 c/kWh. Per un camion diesel, il costo del carburante sarà di 24 c/miglio per operare a 3 \$/gallone. Per ogni chilometro, l'EV risparmierà 16 c per l'operatore. Con 18.000 miglia all'anno, il risparmio per l'operatore è di 2900 dollari all'anno. Il valore attuale di tali risparmi negli anni futuri è quantificato come mostrato nel grafico seguente.

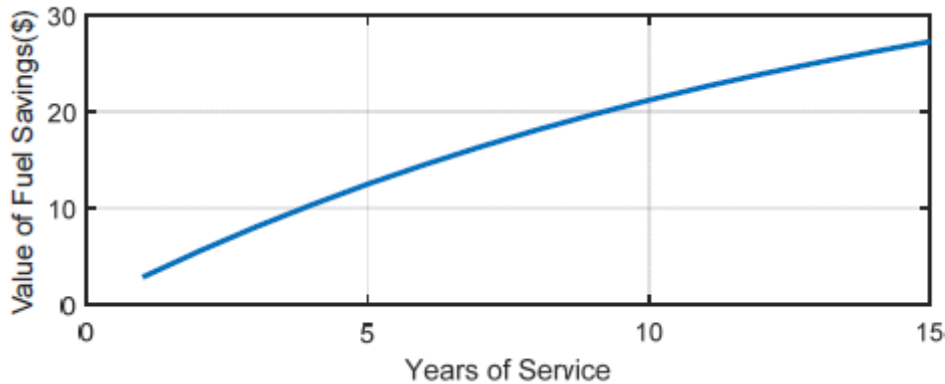


Figura 33: grafico anni di servizio per risparmio sul carburante

Non è tanto importante concentrarsi sui valori numerici presentati nei grafici, come detto precedentemente essendo uno studio fatto in un altro continente i prezzi, specialmente del carburante sono molto diversi, inoltre la volatilità dei prezzi di mercato sia per il carburante che soprattutto per l'energia elettrica rendono i valori numerici quasi inutili. Il fattore più importante da tenere in considerazione è l'andamento che viene mostrato: i veicoli elettrici sono più convenienti al di sotto di una certa distanza.

Questo andamento verrà, ipotizzando di seguire le linee guida europee sulla Carbon Tax, ancor più accentuato. Come riportato in [13] è stato annunciato che la Carbon Tax aumenterà di 7,50 euro per tonnellata di anidride carbonica emessa, passando da 41,00 a 48,50 euro. L'aumento sarà applicato a partire dal 12 ottobre 2022 per i carburanti per auto, ma sarà compensato da una riduzione del prelievo che non comporterà un aumento dei prezzi. Per tutti gli altri carburanti, la carbon tax aumenterà dal 1° maggio 2023.

Ipotesi

Nei capitoli successivi presenterò le ipotesi e i calcoli che ho eseguito per arrivare a un risultato da confrontare con la situazione odierna in cui vengono usati furgoni con motore diesel.

Trovo necessario sottolineare che i valori, specialmente riguardanti i costi, delle grandezze che presenterò sono molto volatili specialmente nel periodo storico in cui sto scrivendo questo elaborato.

Un esempio è il prezzo dell'energia elettrica in Italia:

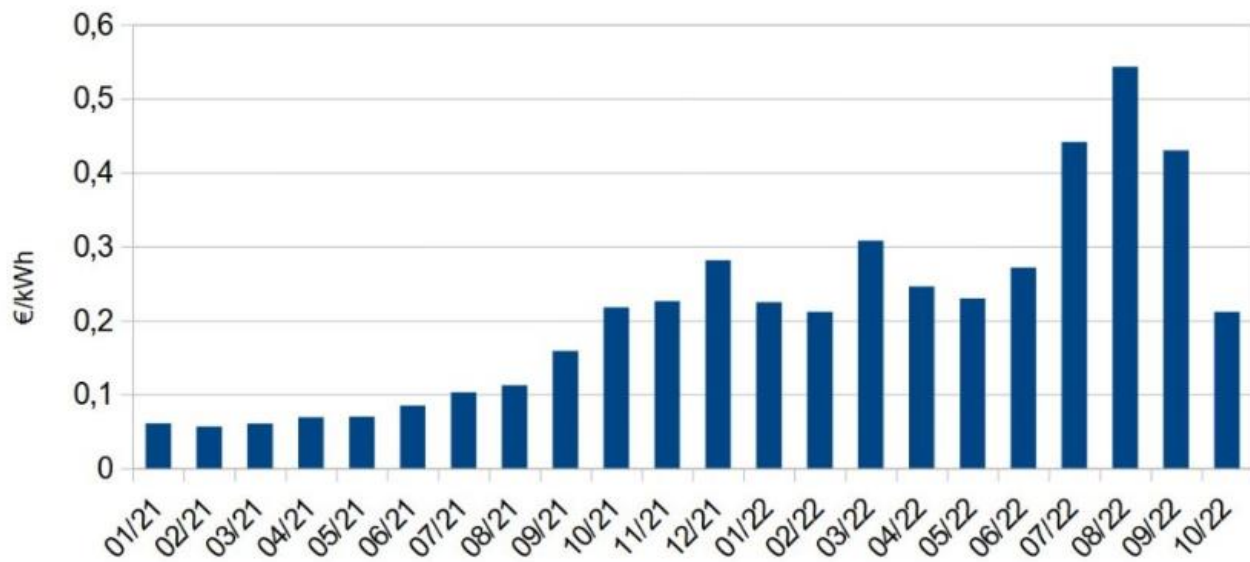


Figura 34: andamento costo energia elettrica in Italia

Nell'immagine viene mostrato quanto sia variato il Prezzo Unico Nazionale (PUN) [24] negli ultimi due anni. Questo andamento altalenante si presuppone possa proseguire ancora per vario tempo; i costi non sono quindi da considerare affidabili per il prossimo futuro.

Le stesse considerazioni sono valide per le proiezioni mostrate in questo elaborato: esse sono prese da studi scientifici che riportano l'andamento teorico basato sullo stato attuale della tecnologia e della ricerca nell'ambito delle batterie e della produzione di energia elettrica.

L'andamento del costo delle batterie si pensa vada verso il basso, come riportato da *Annual Technology Baseline* (ATB) [23] il costo al kWh delle batterie verrà abbattuto nelle prossime decine di anni grazie ad un ampio sviluppo della tecnologia. Nello specifico si parla sia di un maggior numero di aziende che possano investire nel settore apportando sempre più competenza e idee innovative; sia di metodi diversi per usare le batterie quando hanno raggiunto il termine del loro compito.

Sotto la stessa linea di pensiero gli studiosi del *National Renewable Energy Laboratory* [25] sottolineano come, a seguito di un'approfondita analisi del mercato e di altri studi riguardanti i sistemi di accumulo, le proiezioni mostrino una riduzione nel capital cost delle batterie, con una stima di riduzione del 14-38% entro il 2025; del 28-58% entro il 2030 e del 28-75% entro il 2050.

Furgone Elettrico

Importante: le considerazioni e i passaggi effettuati da qui in avanti riguarderanno gli scenari Ottimizzati sia per ADP che per Agenzie Riunite; verranno dunque considerati i relativi dati riguardanti la:

- Distanza percorsa
- Consumo di carburante
- Tempi di consegna
- Emissioni

Per lo scopo del progetto ho eseguito una ricerca mirata a trovare un veicolo elettrico che potesse soddisfare i seguenti requisiti:

- Una capacità di carico comparabile con quelle dei veicoli diesel ad oggi usati dall'azienda
- Come evidenziato nell'introduzione uno dei problemi ad oggi più frequenti per i furgoni elettrici è l'autonomia. Ho quindi tenuto come riferimento un'autonomia di circa 250 chilometri in modo di avere un margine di sicurezza su tutti i Giri di Consegna.

Le difficoltà maggiori che ho incontrato hanno riguardato principalmente il punto 1): ad oggi infatti sono presenti sul mercato numerosi modelli con capacità di carico limitate.

Il veicolo che ho deciso di adottare per questa parte di progetto è il Ford E-Transit.



Questo modello soddisfa tutti i requisiti riportati sopra, inoltre è già in commercio da più di un anno. L'ipotesi principale che ho fatto è che le aziende non acquistino i furgoni, bensì si affidino ad un'azienda esterna per affittare i veicoli esattamente come succede oggi.

Questa scelta dettata dai seguenti fattori:

- Il settore della distribuzione dei giornali è in costante decrescita, investire un capitale considerevolmente alto per acquistare dei furgoni elettrici sarebbe troppo rischioso. Se infatti in futuro dovesse essere necessario organizzare nuovamente i Giri di Consegna e si riuscisse a toglierne uno o più ci sarebbero ovviamente dei furgoni in eccesso.
- La tecnologia è in costante evoluzione: considerando nel prossimo futuro un numero sempre maggiore di marchi investiranno per la produzione di furgoni elettrici e in generale nel settore de

veicoli elettrici, si potrebbe pensare di cambiare metodo di consegna o semplicemente modello di veicolo.

Qui di seguito riporto i dati tecnici che serviranno per i paragrafi successivi. Ho preso i valori riguardanti le componenti direttamente dal sito di Ford Italia [15] e [16].

	L2 H2	L2 H3	L3 H2	L3 H3	L4 H3
Altezza accesso porta posteriore	1648	1887	1648	1887	1887
Lunghezza massima spazio di carico (livello pianale con paratia)	3083	3083	3533	3533	4256
Larghezza massima spazio di carico	1784	1784	1784	1784	1784
Spazio di carico tra gli archi ruota (SRW)	1392	1392	1392	1392	1392
Pianale di carico a tetto	1786	2025	1786	2025	2025
Altezza carico	615-706	615-703	608-695	608-692	608-677
Spazio di carico massimo (con paratia) (m ³)	9.5	10.7	11.0	12.4	15.1
Spazio di carico (con paratia) (VDA) (m ³)	8.3	9.9	10.2	11.5	14.1

Figura 35: specifiche modelli Ford E-Transit

Ho deciso di considerare la specifica L3H3 del Ford E-Transit in quanto è quella più in linea con le dimensioni dei veicoli ad oggi utilizzati.

Per avere invece valori più attendibili sulle prestazioni e sul consumo di energia ho confrontato i dati presi dal sito di Ford Italia con dei test effettuati in USA[17]. Il motivo è che vengono sfruttati due metodi diversi e considerarli entrambi fornisce un quadro più completo delle prestazioni del veicolo, dandomi la certezza che possa sostenere lo scenario proposto in questo elaborato.

Ford Italia

	L2 H2	L2 H3	L3 H2	L3 H3	L4 H3
MOTORE – BATTERIA DA 68KWH – MOTORE ELETTRICO 184/269 CV (135/198 KWH) – CAMBIO AUTOMATICO					
Consumo combinato di energia kWh/100 km ⁹	30.7-36.0	32.6-37.8	31.1-36.4	33.0-38.3	33.7-39.0
Coppia Nm ¹⁰	430	430	430	430	430
Autonomia km ¹¹	234-256	226-243	232-252	224-241	221-236
OPZIONI DI RICARICA 0-100% (MAX. ORE)					
Ricarica Domestica	51	51	51	51	51
Ford Wallbox 7,4 kW Monofase	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Ford Wallbox 11 kW Trifase	8	8	8	8	8
Ricarica 11,3 kW Trifase	8	8	8	8	8
OPZIONI DI RICARICA 15-80% (MIN.)					
Ricarica veloce 115 kW CC***	34	34	34	34	34

Figura 36: specifiche tecniche Ford E-Transit Ford Italia

Ford USA

KEY SPECS

	Regular	Long	Long	Long	Extended
Length					
Roof height	Low	Low	Medium	High	High
Cargo Van					
Max payload (lbs.)	3,880	3,776	3,628	3,553	3,330
Range (miles)*	126	126	116	108	108

Figura 37: specifiche tecniche sito Ford Usa

I valori riportati da [15] fanno riferimento alla norma WLTP per valutare i consumi di un veicolo, sottolineando come l'autonomia effettiva vari in base allo stile di guida e alle condizioni dell'ambiente.

[17] invece riporta i valori dovuti all'US EPA MCT drive cycle methodology. Anche qui le condizioni variano in base allo stile di guida, le condizioni ambientali e ovviamente in base allo stato di usura delle batterie.

I valori che ho considerato di riferimento per questo elaborato sono quelli del ciclo WLTP, a mio avviso più consoni e appropriati per l'ambiente in cui il progetto viene svolto.

Nonostante i due metodi diversi il furgone riesce a coprire la distanza di ogni Giro di Consegna (ricordando che per ogni Giro viene assegnato un furgone).

L'unico punto critico, guardando però allo studio americano, riguarda il Giro 5 Ottimizzato di Agenzie Riunite. In questo caso infatti, la distanza stimata da percorrere sarebbe 161.4 [km] contro i 176 [km] disponibili da scheda tecnica. Decido comunque di considerare accettabile questo rischio per i seguenti motivi:

Vi è ancora un buon margine: 15.6 chilometri sono il 9% dell'autonomia residua.

Ipotizzando un caso particolare in cui il furgone non riesca a completare il Giro prima di tornare in azienda lungo il percorso sono dislocate diverse stazioni di ricarica pubbliche, due delle quali proprio nella zona delle edicole. (Dato ricavato dal sito [18] che mostra la presenza sul suolo italiano di colonnine di ricarica)



Figura 38: localizzazione stazioni pubbliche di ricarica

Stazione di Ricarica

A questo punto sorgono spontanee alcune domande: dove, come e quando ricaricare i furgoni? In questo capitolo proporrò la soluzione a mio avviso più adatta alla situazione delle due aziende.

Dove

Per rispondere a questa domanda mi sono basato sulla posizione ad oggi dei furgoni, per comprendere meglio la soluzione che propongo, mostro qui di seguito il caso di ADP e il caso di Agenzie Riunite separatamente.

ADP

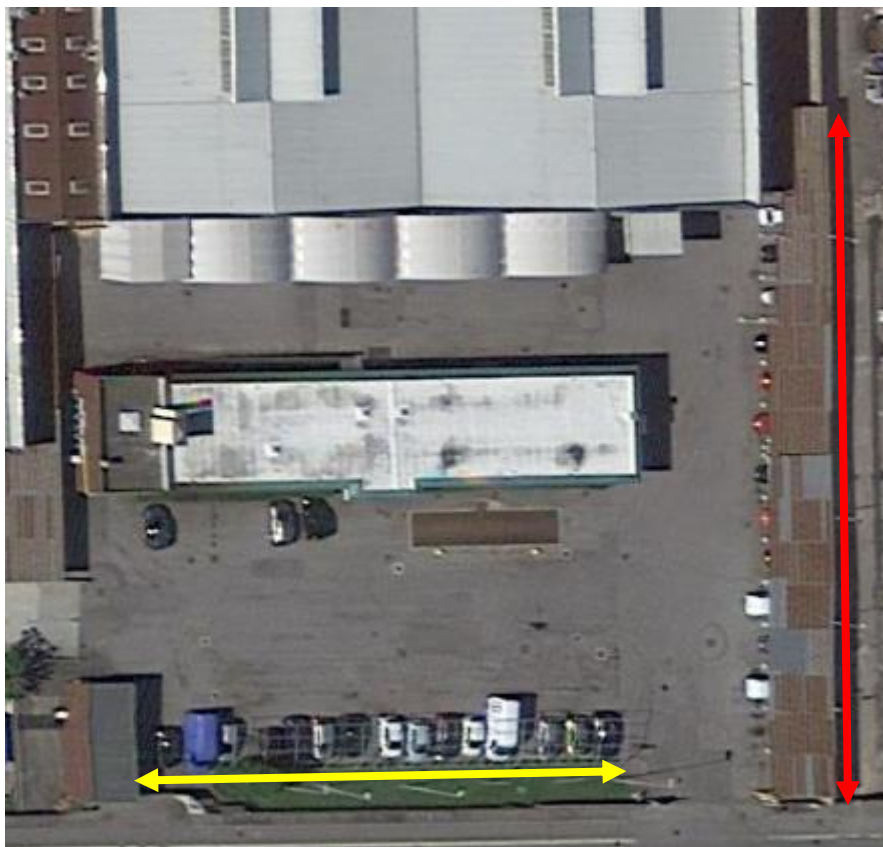


Figura 39: vista dall'alto piazzale ADP

Nell'immagine è mostrato il piazzale esterno ad ADP. Ad oggi i veicoli vengono parcheggiati all'interno di spazi appositi singoli separati da colonne (linea rossa nella Figura 39); la zona è lunga 65 metri ed è formata da 16 postazioni di parcheggio.

Ricordando che la maggioranza dei furgoni arriva in azienda solamente di notte prima di iniziare il Giro, di giorno questi spazi sono usati come parcheggio dai dipendenti di ADP. Questi spazi sono perfetti per installare le prese di ricarica: considerando lo scenario Ottimizzato che comprende 15 Giri e quindi 15 furgoni si possono dedicare altrettanti spazi per la ricarica.

Un'alternativa per il piazzamento dei sistemi di ricarica è evidenziata nella Figura 39 con la linea gialla orizzontale; tuttavia è meno preferibile essendo più esposta e non avendo una chiara divisione dello spazio.



Figura 40: vista dall'alto Agenzie Riunite

La disposizione spaziale di Agenzie Riunite è diversa, la zona dedicata alla sosta dei furgoni è separata dai parcheggi generici. Inoltre, come si vede dalla Figura 40, i furgoni vengono parcheggiati lungo una linea di 69 metri con il vano di carico rivolto verso il magazzino. Dietro vi è un piccolo muro rialzato atto al facilitare il carico e lo scarico delle merci.

Nota: come si nota dall'immagine sul tetto del magazzino di Agenzie Riunite sono presenti i pannelli fotovoltaici. Usare i pannelli sarebbe una soluzione possibile e migliori sotto diversi punti di vista, tuttavia l'energia prodotta dai pannelli serve ad oggi per alimentare i macchinari dell'azienda. Questo argomento verrà riaffrontato nel capitolo '*Possibili sviluppi futuri*' a fine elaborato.

Come

Il modello del veicolo supporta la carica di Tipo 2 Modalità 3. Ho quindi cercato sul mercato una un tipo di impianto che sostenesse la Modalità 3 e la scelta finale ricade sul modello seguente:



Ricarica		
Modalità Ricarica	Modo 3 – IEC 61851	\
Corrente	16	A
Tensione	400 V trifase	V
Potenza	11	kW
Collegamento Veicolo	Presa di ricarica fissa	\
Presa di Carica	1 x Tipo 2 – IEC 62196	\
Temperatura esercizio	-30° to 50°	°

Figura 41: specifiche Tecniche sistema di ricarica

Sul mercato sono presenti anche ricariche a muro con doppia uscita, con la possibilità quindi di ricaricare due veicoli allo stesso tempo. Tuttavia la soluzione è meno efficace di avere un punto di ricarica dedicato a ogni veicolo. Il motivi sono:

- 1) Spazio: come mostrato nelle immagini soprastanti i furgoni sono posizionati a circa due metri di distanza l'uno dall'altro, una stazione di ricarica da condividere potrebbe creare problemi.
- 2) Costo: i dispositivi per la ricarica con doppia uscita in media costano più del doppio rispetto un sistema a singola uscita (1700€ contro 650€ di media).
- 3) Disponibilità della ricarica: in caso di guasto di una stazione di ricarica si invaliderebbe la carica di due furgoni.

Quando

L'energia per i furgoni deve essere prodotta o acquistata dalla rete nazionale. Per questo progetto, ho ritenuto che fosse meglio acquistare l'energia dalla rete nazionale. Questa scelta ha le seguenti conseguenze:

- L'investimento iniziale è decisamente ridotto: non dovendo installare pannelli solari, l'unico costo elevato associato al passaggio ai veicoli elettrici è dovuto all'acquisto dei sistemi di ricarica.
- Salvo eventi eccezionali, l'elettricità sarà sempre disponibile.
- Acquistare dalla rete nazionale significa essere soggetti ai prezzi di mercato.
- Esistono quindi due soluzioni per soddisfare la domanda di elettricità:

1) acquistare energia quando i veicoli hanno completato le loro consegne;

2) installare un accumulatore di energia; con questa soluzione è possibile acquistare l'energia nei momenti della giornata in cui è più conveniente e caricare i furgoni in modo arbitrario.

In Italia vi sono 3 fasce di prezzo per l'energia elettrica e per questo elaborato ho ipotizzato di comprare energia nel Mercato Tutelato.

Le tre fasce di prezzo dipendono dall'orario in cui si acquista energia, nello specifico:

- F1 : dal lunedì al venerdì dalle ore 8.00 alle 19.00, la fascia più costosa
- F2 : ore intermedie dal lunedì al venerdì (dalle 7.00 alle 8.00 e dalle 19.00 alle 23.00) e sabato dalle 7.00 alle 23.00, escluse le festività nazionali
- F3 : fascia più economica, dal lunedì al sabato dalle 23.00 alle 7.00 del mattino; domenica e festivi tutto il giorno.

	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
00:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
01:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
02:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
03:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
04:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
05:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
06:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3
07:00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
08:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
09:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
10:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
11:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
12:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
13:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
14:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
15:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
16:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
17:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
18:00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
19:00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
20:00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
21:00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
22:00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
23:00	F3	F3	F3	F3	F3	F3	F3

In alternativa ci sarebbe la fascia F0, ovvero fascia Monorario dove il prezzo non cambia a seconda dell'ora della giornata. Questa fascia non verrà considerata in questo elaborato.

Qui di seguito vengono riportati i valori per le fasce di prezzo, i dati sono aggiornati a Novembre 2022 [21][22].

Fascia Oraria	Prezzo Energia
F0	0,501 €/kWh
F1	0,521 €/kWh
F2 e F3	0,491 €/kWh

Figura 42: prezzi energia elettrica Novembre 2022

Comprare energia dalla rete di notte sarebbe la soluzione ottimale: costa meno. Per soddisfare la domanda di energia per caricare le batterie dei furgoni ci sono due possibili soluzioni.

Scenario senza accumulatore

Ipotizzando di non installare un sistema di accumulo la richiesta di energia alla rete nazionale va eseguita quando i furgoni sono in azienda.

La quantità di energia e quindi il tempo di ricarica necessari per ricaricare un furgone dipendono ovviamente dall'energia spesa dal furgone per completare il Giro di Consegna.

Qui di seguito vengono riportati i valori che ho utilizzato per l'analisi

Battery Capacity	68 kWh
Consumption	35 kWh/100 km

Nel sito di Ford [16] il consumo dichiarato a fronte di un'analisi usando un ciclo WLTP è di 33.0-38.3 [kWh/100km]. Considerando che durante la simulazione i furgoni non superano i 70 [km/h] ho ritenuto appropriato un consumo di 35 [kWh/100km].

Ipotizzando di assegnare un furgone per ogni Giro, ADP ha bisogno di 15 veicoli, mentre Agenzie Riunite di 13.

Di seguito vengono riportati i conti per calcolare il tempo di ricarica dei furgoni per entrambe le aziende.

ADP

Giro	Ora di partenza	Distanza [km]	Energia Consumata [kWh]	Capacità Rimanente %	Tempo di Ricarica [h]
1	05:25:00	48.65	17.03	75%	01:45:19
2	05:20:00	24.07	8.42	88%	00:52:05
3	05:10:00	51.37	17.98	74%	01:51:11
4	05:00:00	52.82	18.49	73%	01:54:20
5	04:50:00	60.15	21.05	69%	02:10:12
11	05:10:00	54.03	18.91	72%	01:56:57
13	04:45:00	61.14	21.40	69%	02:12:21
14	05:15:00	84.11	29.44	57%	03:02:04
15	05:00:00	56.65	19.83	71%	02:02:37
22	04:45:00	87.02	30.46	55%	03:08:21
23	04:35:00	109.16	38.21	44%	03:56:17
24	04:15:00	72.64	25.42	63%	02:37:14
25	04:40:00	87.17	30.51	55%	03:08:41
26	05:30:00	86.33	30.21	56%	03:06:51
27	04:30:00	142.01	49.70	27%	05:07:23

Tabella 49: ricarica furgoni ADP

Agenzie Riunite

Giro	Ora di partenza	Distanza [km]	Energia Consumata [kWh]	Capacità Rimanente %	Tempo di Ricarica [h]
1	05:30:00	83.85	29.35	57%	03:01:30
2	04:30:00	59.62	20.87	69%	02:09:03
4	05:30:00	83.87	29.35	57%	03:01:32
5	04:30:00	161.44	56.50	17%	05:49:26
12	05:45:00	64.11	22.44	67%	02:18:47
13	04:30:00	133.19	46.62	31%	04:48:18
14	04:30:00	43.74	15.31	77%	01:34:41
15	05:10:00	44.56	15.60	77%	01:36:28
16	04:30:00	52.52	18.38	73%	01:53:41
17	05:20:00	60.16	21.05	69%	02:10:13
19	05:30:00	71.40	24.99	63%	02:34:32
20	04:30:00	128.94	45.13	34%	04:39:06
21	05:30:00	75.79	26.53	61%	02:44:03

Tabella 50: ricarica furgoni Agenzie Riunite

I dati necessari per effettuare i calcoli sono:

- I chilometri percorsi dai veicoli nello scenario ottimizzato
- L'ora di partenza
- Il Fattore di Potenza assunto pari a 0.9
- L'efficienza della stazione di ricarica, essa considera le perdite dovute ai cavi. Ho assunto un valore pari a 0.98

L'energia consumata dal veicolo viene espressa come capacità della batteria consumata (Cc), essa viene calcolata come la distanza percorsa moltiplicata per il consumo di energia al chilometro. Viene calcolata per ogni Giro i:

$$C_{c,i} [kWh] = km_i * 35 \left[\frac{kWh}{100 km} \right]$$

La capacità rimanente viene espressa invece in percentuale come la capacità rimanente sulla capacità totale di 68 kWh:

$$C_{r,i} [\%] = \frac{1 - C_{c,i}}{C_{Full}}$$

Il tempo di ricarica infine viene espresso come:

$$T[h] = \frac{C_{c,i} [kWh]}{P * pf * \eta_{station} [kW]}$$

Dalle tabelle si nota come tutti i furgoni siano in grado di portare a termine il loro compito con un buon margine sulla capacità della batteria.

Ipotesi:

- 1) Considerando che i furgoni tornano in azienda in un orario verso la fine della fascia F3 (la meno costosa), ricaricare i furgoni dopo che la consegna porterebbe a un costo extra non necessario. La soluzione migliore è quindi caricare i furgoni durante la sera e notte del giorno successivo.
- 2) Assumo i tempi per sconnettere il furgone dalla ricarica trascurabile.

Nelle seguenti tabelle viene calcolata l'ora entro la quale è necessario collegare il furgone alla stazione di ricaricare per avere la batteria completamente carica prima dell'ora stabilita per l'inizio delle consegne.

ADP	
Giro	Ora del giorno
1	03:39:41
2	04:27:55
3	03:18:49
4	03:05:40
5	02:39:48
11	03:13:03
13	02:32:39
14	02:12:56
15	02:57:23
22	01:36:39
23	00:38:43
24	01:37:46
25	01:31:19
26	02:23:09
27	23:22:36

Agenzie Riunite	
Giro	Ora del giorno
1	02:28:30
2	02:20:57
4	02:28:28
5	22:40:33
12	03:26:13
13	23:41:41
14	02:55:19
15	03:33:32
16	02:36:19
17	03:09:47
19	02:55:28
20	23:50:53
21	02:45:57

Tabella 51: orario minimo al quale iniziare a caricare i furgoni

L'orario di partenza non è uguale per tutti Giri, questa modifica rispetto al caso odierno non è molto importante per questa parte di studio finalizzata al risparmio: tutti furgoni possono essere comodamente caricati prima di entrare nella fascia di prezzo F1.

Questo risultato mostra come sia possibile iniziare a caricare i furgoni anche con qualche ora di anticipo per non rischiare di essere stretti con i tempi.

Costi

In questo breve paragrafo riporto i costi dell'energia necessaria per alimentare i veicoli. Come mostrato nel paragrafo precedente sia per ADP che per Agenzie Riunite l'energia viene comprata nella fascia di prezzo più economica, ad un prezzo di 0.491 [€/kWh]

	€ al giorno
Agenzie Riunite	182.71
ADP	185.14

Il costo dell'elettricità al giorno è indicativo, ma non può essere confrontato con il costo dei Giri nello scenario con i furgoni diesel per due motivi:

- 1) Il costo attuale della corsa è composto da una parte fissa e da una parte direttamente proporzionale alla quantità di chilometri percorsi dal veicolo; il costo è concordato con una società separata e per motivi di privacy non viene riportato.
- 2) Oltre al costo giornaliero, c'è anche il costo delle stazioni di ricarica, che rappresentano un capitale non indifferente.

Di seguito è riportato un calcolo del costo energetico annuale e del costo delle stazioni di ricarica [19].

	€ all'anno	€ Stazioni di ricarica
Agenzie Riunite	64862.7	8567
ADP	65724.5	9885

Nota: il prezzo dell'elettricità è molto volatile [24] ed è una variabile che non può essere assunta costante nel lungo periodo; tuttavia, la difficoltà di ipotizzare un andamento plausibile nel prossimo futuro rende impossibile assumere un valore realistico per questo calcolo. Lo scopo dei valori sopra riportati è quello di fornire un ordine di grandezza dei costi che un'azienda come ADP o Agenzie Riunite dovrebbe affrontare per passare da una flotta di veicoli diesel a una flotta di furgoni completamente elettrici.

Scenario con Accumulatore (BESS)

Ipotizzando di installare un accumulatore viene eliminata la parte di ragionamento riguardante la tempistica della ricarica: si può comodamente ricaricare le batterie durante l'arco della giornata, andando invece a comprare di notte l'energia richiesta.

- 1) In primis calcolo il totale dell'energia che viene richiesta dalle flotte di veicoli:

$$E_{Tot} [kWh] = \sum E_i$$

	Energia al giorno [kWh]
Agenzie Riunite	372.12
ADP	377.07

- 2) La richiesta giornaliera di energia è il primo parametro da considerare per dimensionare correttamente l'accumulatore: se è vero infatti che l'energia viene acquistata di notte essa va mantenuta fino al suo utilizzo.

Per ottimizzare i costi è quindi fondamentale possedere una batteria abbastanza capiente ma allo stesso tempo non è sensato investire in un sistema con una capacità eccessivamente grande.

Il costo della batteria può essere diviso in due elementi principali:

- Capex, una componente che dipende grandezza della batteria. molti studi, tra cui quello condotto dalla *Annual Technology Baseline* (ATB) [23], sostengono che il costo delle batterie è destinato a scendere, ad oggi il costo si aggira tra i 200 e i 300 €/kWh.

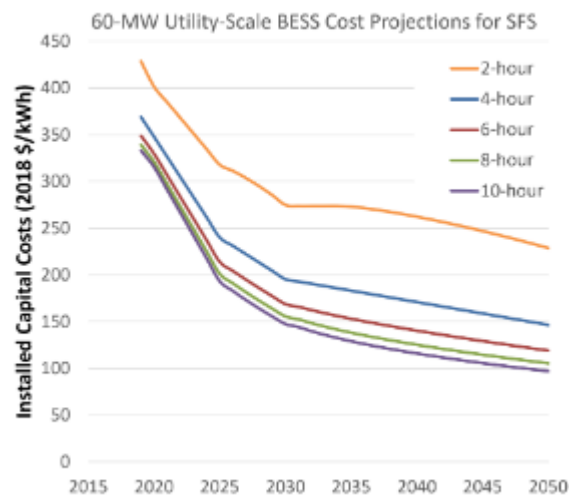


Figura 43: proiezioni costo al kWh delle batterie

Consultando anche i dati forniti durante il corso universitario 'Energy and Emissions' [27] e il progetto [28] per questo progetto ho assunto un costo pari a **200 [€/kWh]**.

- Costo di esercizio e manutenzione. Questa componente non è trascurabile e per brevità viene spesso indicata come una piccola percentuale del costo di installazione della batteria. [23] indica come buona approssimazione il **2,5% del Capex**.

3) Per calcolare il costo totale dovuto alla batteria considero anche due coefficienti dovuti alle perdite nei periodi in cui la batteria viene caricata e scaricata.

Questo coefficiente η in pratica aumenta l'energia richiesta per soddisfare la domanda giornaliera.

$$Cost_{BESS}[\text{€}] = \frac{(E_{Tot} * Cost_{energy}) * (1 + 0.025)}{\eta} \left[\frac{\text{€}}{kWh} \right] * [kWh]$$

	Cost _{BESS} [€]
Agenzie Riunite	84761.1
ADP	85887.2

4) Sommando tutte le componenti si ottiene il costo totale comprensivo del costo dell'energia, il costo della batteria e il costo delle stazioni di ricarica.

Come per i punti precedenti non sono significativi i costi in quanto tali ma l'ordine di grandezza e le percentuali delle componenti rispetto al totale.

	TOT [€]
Agenzie Riunite	158190.8
ADP	161496.7

%	Cost _{BESS} [€]	Energy Cost 1 year [€]	Cost Charging Stations [€]
Agenzie Riunite	54%	41%	5%
ADP	53%	41%	6%

Esattamente come per i veicoli elettrici la componente più costosa rimane la batteria che rappresenta oltre il 50% del costo totale.

Emissioni – Scenario Elettrico

Il confronto più significativo che possa dimostrare i reali vantaggi della soluzione elettrica rispetto a quella tradizionale è sicuramente l'analisi delle emissioni. Per quanto uno dei vanti principali di chi vende veicoli elettrici sia la riduzione a 0 delle emissioni locali, questo non si può dire delle emissioni di CO₂ per la produzione dell'energia.

L'Agenzia Nazionale Efficienza Energetica (ENEA) scrive nel documento *Analisi trimestrale 2/2022* [29] "In controtendenza con il trend degli ultimi anni, nel trimestre hanno invece avuto un balzo le emissioni dei settori ETS (+15%), quelle della generazione elettrica in particolare, per la quale si stima un incremento tendenziale delle emissioni di oltre il 25%, la variazione tendenziale più marcata dell'ultimo ventennio. Con la ripresa del carbone nella termoelettrica l'intensità carbonica dell'elettricità prodotta – misurata in gr.CO₂/kWh - è aumentata del 18% rispetto a un anno prima ed è stata superiore del 45% rispetto al minimo di metà 2020".

Dopo un'accurata ricerca ho trovato i dati riguardanti le emissioni Europee per la produzione di energia elettrica negli ultimi anni. Il grafico seguente, preso dal sito della [European Emission Agency](#) [30], mostra come l'andamento di emissioni di CO₂ conseguente alla produzione di energia elettrica sia in forte decremento; tuttavia dopo il 2020, quando è stato raggiunto il minimo storico, la tendenza si è invertita.

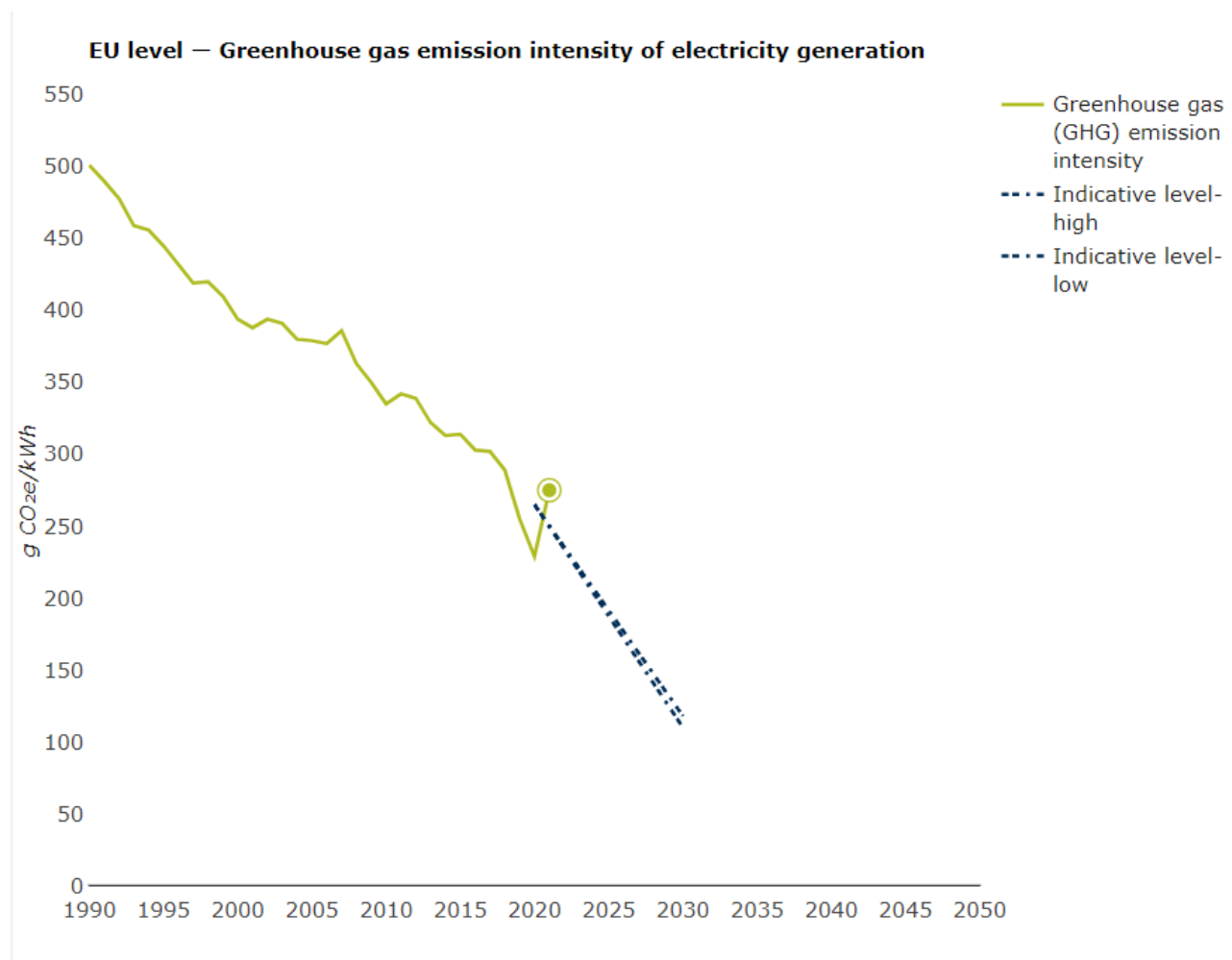


Figura 44: storico e proiezioni emissioni di CO₂ in Europa

Poiché i dati del grafico si fermano al 2021, seguendo le indicazioni dell'ENEA [29], ho deciso di aumentare il dato della CO₂ in [g/kWh] del 18% rispetto al 2021 e di utilizzare questo dato come riferimento per l'elaborazione.

Pertanto, utilizzando il valore di 275 [g/kWh] tratto da [30] si ottiene il valore di **324,5 [g/kWh]**.

Allo stesso tempo il grafico evidenzia quelle che sono le tendenze per il futuro, a seguito di studi, analisi e previsioni sullo sviluppo della tecnologia a favore di una produzione di energia con meno emissioni. Queste proiezioni saranno importanti per le considerazioni finali del progetto, in particolare per la sezione 'Scenari Futuri'.

Dopo queste doverose premesse, riporto i passaggi che ho seguito per calcolare le emissioni conseguenti alla produzione di energia elettrica comprata dalla rete nazionale.

- 1) I dati necessari sono:
 - l'energia consumata dai veicoli elettrici per completare le consegne;
 - le emissioni dei veicoli con motore diesel
 - la quantità di CO2 prodotta per ogni kWh di energia.
 - il coefficiente correttivo dovuto alle perdite nel caso con accumulatore

- 2) Per il calcolo della CO2 emessa **ho separato il caso senza accumulatore dal caso con accumulatore**, in quanto nel secondo vi sono anche le perdite dovute alla batteria. Entrambi gli scenari vengono poi confrontati con il caso iniziale, evidenziando risultati significativi.

$$CO2[g], i = E_i * c_{CO2i} [kWh] * \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

Dove c_{CO2i} è il quantitativo di CO2 emesso per [kWh] di energia relativo al Giro i.

- 3) Di seguito vengono riportati i risultati dei conti relativi alle due aziende, analizzando il caso senza accumulatore (EV – No BESS) e il caso con accumulatore (EV – BESS).

ADP – Confronto Emissioni

Giri	Energia Usata [kWh]	CO2 Emessa [kg]				
		Diesel	Elettrico - No BESS	Confronto - No BESS	Elettrico - BESS	Confronto - BESS
1	17.03	10.5	5.5	47%	6.3	40%
2	8.42	5.7	2.7	52%	3.1	45%
3	17.98	9.8	5.8	40%	6.6	32%
4	18.49	10.0	6.0	40%	6.8	32%
5	21.05	12.9	6.8	47%	7.7	40%
11	18.91	12.7	6.1	52%	7.0	45%
13	21.40	14.4	6.9	52%	7.9	45%
14	29.44	16.0	9.6	40%	10.8	32%
15	19.83	12.2	6.4	47%	7.3	40%
22	30.46	16.5	9.9	40%	11.2	32%
23	38.21	20.7	12.4	40%	14.1	32%
24	25.42	15.6	8.3	47%	9.4	40%
25	30.51	16.6	9.9	40%	11.2	32%
26	30.21	18.6	9.8	47%	11.1	40%
27	49.70	27.0	16.1	40%	18.3	32%

Tabella 52: confronto emissioni scenari di ADP

Agenzie Riunite - Confronto Emissioni

Giri	Energia Usata [kWh]	CO2 Emessa [kg]					
		Diesel	Elettrico - No BESS	Confronto - No BESS	Elettrico - BESS	Confronto - BESS	
1	29.35	13.7	9.5	30%	10.8	21%	
2	20.87	14.2	6.8	52%	7.7	46%	
4	29.35	18.0	9.5	47%	10.8	40%	
5	56.50	34.7	18.3	47%	20.8	40%	
12	22.44	15.3	7.3	52%	8.3	46%	
13	46.62	24.9	15.1	39%	17.2	31%	
14	15.31	10.3	5.0	52%	5.6	45%	
15	15.60	10.0	5.1	50%	5.7	43%	
16	18.38	13.0	6.0	54%	6.8	48%	
17	21.05	11.2	6.8	39%	7.7	31%	
19	24.99	13.4	8.1	39%	9.2	31%	
20	45.13	24.5	14.6	40%	16.6	32%	
21	26.53	17.1	8.6	50%	9.8	43%	

Tabella 53: confronto emissioni scenari di Agenzie Riunite

- Energia Usata: energia necessaria per completare il Giro
- Diesel: [kg] di CO2 emessi per completare il Giro con veicolo alimentato da motore diesel.
- Elettrico – No BESS: [kg] di CO2 emessi per produrre l'energia necessaria per alimentare il furgone elettrico associato al Giro nello scenario senza accumulatore.
- Confronto – No BESS: evidenzia la riduzione in percentuale delle emissioni di CO2 tra il caso di partenza e lo scenario elettrico senza accumulatore.

$$Comparison_{\%} = \frac{CO2_{Diesel}}{CO2_{NoBESS}}$$

- Elettrico – BESS: [kg] di CO2 emessi per produrre l'energia necessaria per alimentare il furgone elettrico associato al Giro nello scenario con accumulatore.
- Confronto – BESS: evidenzia la riduzione in percentuale delle emissioni di CO2 tra il caso di partenza e lo scenario elettrico senza accumulatore:

$$Comparison_{\%} = \frac{CO2_{Diesel}}{CO2_{BESS}}$$

Nota: il fattore significativo non sono i valori numerici, ma gli ordini di grandezza e il confronto tra i due scenari.

Per entrambe le aziende si nota un comportamento costante, comprare energia dalla rete diminuisce drasticamente le emissioni giornaliere, senza ovviamente eliminarle del tutto.

In media la riduzione delle emissioni giornaliere è del 45%, tuttavia è importante notare come l'uso di un furgone diesel più efficiente o più tecnologicamente avanzato possa rendere meno evidente il vantaggio della soluzione elettrica; ne è un esempio il veicolo assegnato al Giro 1 di Agenzie Riunite.

Conclusioni

La particolarità di questo lavoro di tesi risiede nell'aver affrontato due tematiche principali volte allo stesso obiettivo: ammodernare il settore della distribuzione di giornali. Le due analisi si intrecciano sotto alcuni aspetti, tuttavia si differenziano in modo netto per un fattore in particolare: la tempistica. Se infatti è vero che l'ottimizzazione dei Giri di Consegna è attuabile nell'immediato, questo non si può dire della transizione all'elettrico, il cui limite più grande risiede nel costo, specialmente per una piccola o media impresa.

Nell'introduzione ho posto alcune domande:

A fronte di una crisi sempre maggiore nel settore delle edicole e della carta stampata è possibile andare a ridurre i costi operativi senza stravolgere metodologia di lavoro?

Le soluzioni proposte da un possibile modello matematico sono praticamente applicabili?

La risposta a queste domande è positiva, organizzando in modo migliore le edicole i risultati mostrano una notevole riduzione di costo. Il caso più evidente è ADP, la riduzione del numero di Giri di tre unità porta ad un risparmio giornaliero considerevole.

Il punto forte di questo risultato sta nel metodo: dal punto di vista operativo non si stravolge il metodo di lavoro dell'azienda. Inoltre il modello proposto si basa su dei punti denominati Centroidi. Per come sono stati definiti questi punti se in futuro il numero di edicole dovesse diminuire ulteriormente o se gli altri parametri (quali tempistiche di consegna, volume di carico o veicoli) dovessero cambiare è immediato ridefinire la composizione dei Giri in modo ottimale mantenendoli equilibrati.

Sottolineo inoltre come questo metodo sia adatto non solo per aziende simili alle due considerate in questo elaborato, ma anche per aziende operanti in settori diversi in cui lo scopo sia l'ottimizzazione spaziale e temporale della rotta per la consegna di merce.

Quali soluzioni organizzative è opportuno seguire per ottenere un concreto miglioramento?

Lo scopo iniziale del progetto era trovare un metodo per ottimizzare i Giri di Consegna e ridurre i costi di esercizio, le soluzioni a questo problema risiedono sì nell'organizzare meglio i Giri, ma anche in alcuni aspetti che all'inizio non erano evidenti. Un esempio è l'eccessiva dipendenza dalle richieste degli edicolanti sugli orari di consegna delle merci. Come si è evidenziato in entrambe le aziende, dare eccessiva importanza all'orario di consegna allunga in maniera considerevole la tratta che il furgone percorre, inficiando ovviamente sui costi e sui consumi. Una soluzione che aumenterebbe ancora di più l'efficacia delle soluzioni proposte in questo elaborato sarebbe ottenere le chiavi del negozio o di un cassonetto per tutte le edicole, direzione verso la quale specialmente ADP ha dichiarato di puntare nel prossimo futuro.

Una transizione verso i veicoli elettrici è attuabile per il caso in esame?

La transizione è sicuramente attuabile, guardando anche ad altri studi e casi in tutto il mondo il settore della distribuzione e in particolare della distribuzione della carta stampata presenta numerosi punti a favore. I principali fattori, come dimostrato anche in questo elaborato, sono:

- Le distanze percorse contenute: si evita il problema dell'esaurimento dell'autonomia della batteria del veicolo elettrico
- Ampio intervallo temporale durante la giornata per permettere la ricarica dei furgoni

- Possibilità di installare i punti di ricarica nel piazzale delle aziende per non dipendere dalle stazioni pubbliche

La transizione è economicamente conveniente? Se sì, quali soluzioni è meglio seguire?

Nel progetto ho riportato i costi attuali delle due aziende ma ridotti notevolmente per mantenerne privati i dati sensibili; tuttavia nonostante questo fattore i valori riportati tra il caso originale e lo scenario elettrico sono comparabili, specialmente nel caso senza accumulatore.

	TOT [€] Diesel (Fittizio)	TOT [€] BESS	TOT [€] - No BESS
Agenzie Riunite	52549.6	158190.8	64862.7
ADP	54440.8	161496.7	65724.5

Come riportato nell'introduzione, il settore della carta stampata sta andando incontro ad una crisi dovuta a diversi fattori che rende molto difficile prevederne lo sviluppo nel prossimo futuro. Trovo quindi che una transizione verso l'elettrico sia possibile per aziende come ADP e Agenzie Riunite, ma che sia più sensato (ad oggi) investire in una soluzione senza accumulatore.

Installare un sistema di accumulo, secondo gli studi citati, sarà più conveniente nel prossimo futuro, con l'evoluzione della tecnologia e il decremento dei prezzi. Due elementi che potrebbero aiutare le piccole medie imprese ad effettuare la transizione all'elettrico possono essere incentivi statali e l'aumento della tassazione sulle emissioni prevista da qui ai prossimi decenni; essendo il vantaggio principale dello scenario elettrico l'abbattimento delle emissioni locali.

Possibili scenari futuri

Ottimizzazione

La continua evoluzione del numero di edicole rifornite dalle due aziende implica che i Giri potranno essere rianalizzati e studiati. Il metodo proposto in questo elaborato potrebbe essere riproposto ad esempio usando come metro di giudizio il volume di ceste: non si andrebbe quindi ad effettuare un'ottimizzazione concentrata principalmente sulla distanza relativa tra le edicole ma una soluzione che punti ad equilibrare il più possibile il volume occupato nei furgoni.

Ipotizzando una fusione delle due aziende come si svilupperebbe lo scenario? I Giri andrebbero riorganizzati ipotizzando un solo punto di partenza e di arrivo, necessitando quindi di un magazzino più capiente e un'organizzazione maggiore.

Ai fini di questo ragionamento basandomi sul numero di ceste e sulla posizione di ogni edicola ho calcolato un *punto di ottimo*, che rappresenterebbe il punto ideale in cui posizionare questo ipotetico magazzino:



Tabella 54: punto di ottimo

Il Punto di Ottimo si trova a circa 6 chilometri in linea d'aria da Agenzie Riunite e a circa 17 da ADP.

Elettrificazione

In questo caso gli sviluppi futuri sono molteplici. Sicuramente il più interessante sarebbe l'installazione di pannelli fotovoltaici per essere indipendenti dalla rete nazionale, questo fattore eliminerebbe l'alta variazione del costo dell'energia riducendo inoltre il costo totale. Anche qui vale lo stesso ragionamento delle batterie: numerosi studi mostrano come questa tecnologia sarà sempre più valida nel prossimo futuro; tuttavia, è quasi obbligatorio accompagnare l'installazione dei pannelli fotovoltaici con dei sistemi di accumulo per sfruttarne al massimo la potenzialità.

[30] stima come entro il 2030 l'abbassamento dei prezzi e lo sviluppo della tecnologia renderanno l'uso di pannelli fotovoltaici accoppiato agli accumulatori una tecnologia fortemente voluta e adottata da numerose aziende.

Agenzie Riunite possiede già dei pannelli fotovoltaici dedicati alla produzione di energia per l'azienda, espandere la superficie coperta dai pannelli porterebbe sicuramente a grossi vantaggi nell'ambito dei furgoni elettrici.

Riferimenti

- [1] <https://www.wired.it/attualita/media/2020/01/29/edicole-crisi-notte-delle-edicole/>
- [2] Italia Oggi 11/08/2022
- [3] Arunya Boonkleaw, Nanthi Suthikarnnarunai, PhD., Rawinkhan Srinon, PhD. Strategic Planning and Vehicle Routing Algorithm for Newspaper Delivery Problem: Case study of Morning Newspaper, Bangkok, Thailand
- [4] Ferreira, J. C., & Steiner, M. T. A. (2022, out./dez.). A new approach to the bi-objective green vehicle routing problem: optimization in newspaper distribution. *Exacta*. 20(4), 996-1023.
- [5] A multi-stage approach for optimizing the three-echelon joint newspaper distribution network of two major publishers in S~ao Paulo, Brazil Claudio B. Cunha,*, Cau^e S. Guazzelli, Hugo T.Y. Yoshizaki, Rhandal F. Masteguin, Daniel Colacioppo, Maurício Ajzenberg
- [6] Electric Truck Economic Feasibility Analysis, Ram Vijayagopal * and Aymeric Rousseau
- [7] Too much or not enough? Planning electric vehicle charging infrastructure: A review of modeling options; M.O. Metais a,b,*, O. Jouini a, Y. Perez a, J. Berrada b, E. Suomalainen b
- [8] <https://www.vivienergia.it/casa/vivipedia/guida-energia/fasce-orarie-energia-elettrica>
- [9] <https://www.leaseplan.com/it-it/news-auto/sostenibilita/colonnine-elettriche-italia/#:~:text=Secondo%20i%20dati%20dell'OAF0,potenza%20superiore%20a%2022%20kW>.
- [10] <https://luce-gas.it/guida/contatore/luce/fasce-orarie>
- [11] Wang Ying Wei, Wang Chuan Ren. Locating passenger vehicle refueling stations. *Transp Res E* 2010;46(5):791–801.
- [12] He Fang, Yin Yafeng, Zhou Jing. Deploying public charging stations for electric vehicles on urban road networks. *Transp Res C* 2015.
- [13] https://www.citizensinformation.ie/en/money_and_tax/tax/motor_carbon_other_taxes/carbon_tax.html#:~:text=It%20was%20announced%20that%20Carbon,increase%20from%201%20May%202023.
- [14] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_journey_characteristics#Road_freight_transport_performance_by_type_of_operation_.28in_tonne-kilometres.29
- [15] [https://www.ford.it/furgoni-pick-up/e-transit?searchid=ppc:Search_IT\(ita\)%7C%5BAO%5D_Retail_SD_Commercial-Vehicles_Transit:E-Transit_CPPI_EUR%7CShp-T2%7CExact~Pure:E-Transit-Awareness:+Branded-Exact:ford%20e%20transit:e:c:g:GOOGLE&gclid=Cj0KCKQjwuaiXBhCCARIsAKZLt3nMxmkuOgXHUXbdCWuN-i6UmQGraKaEJGwZULoucPDLc5xlySa-N90aAt7nEALw_wcB&gclsrc=aw.ds#](https://www.ford.it/furgoni-pick-up/e-transit?searchid=ppc:Search_IT(ita)%7C%5BAO%5D_Retail_SD_Commercial-Vehicles_Transit:E-Transit_CPPI_EUR%7CShp-T2%7CExact~Pure:E-Transit-Awareness:+Branded-Exact:ford%20e%20transit:e:c:g:GOOGLE&gclid=Cj0KCKQjwuaiXBhCCARIsAKZLt3nMxmkuOgXHUXbdCWuN-i6UmQGraKaEJGwZULoucPDLc5xlySa-N90aAt7nEALw_wcB&gclsrc=aw.ds#)
- [16] FT_ford_E_transit Technical Schedule
- [17] 2022 FORD E-TRANSIT (U.S.) TECHNICAL SPECIFICATIONS
- [18] https://www.bec.energy/rete-dicarica/?utm_term=mappa%20colonnine%20ricarica%20auto%20elettriche&utm_campaign=20220307+-+Search_Colonnine_TRACTION&utm_source=google&utm_medium=cpc&hsa_acc=6954661191&hsa_cam=

16494093249&hsa_grp=137021919071&hsa_ad=586393370585&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-433615404155&hsa_kw=mappa%20colonnine%20ricarica%20auto%20elettriche&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQiAgribBhDkARIsAASA5bu1ZQuIWz77DFyZPkLYzCMrP6aoKO6IejyblruqsRo8el yvW3A9914aAlpiEALw_wcB

[19] Charging Station: <https://www.stazioni-di-ricarica.it/prodotto/e-line-wall-box-11-kw/>

[20] Charging station 2x: <https://www.e-station.store/prodotto/wallbox-modo-3/e-line/securi-charger-2-x-11-kw/>

[21] <https://www.viviennergia.it/casa/vivipedia/guida-energia/fasce-orarie-energia-elettrica>

[22] <https://luce-gas.it/guida/contatore/luce/fasce-orarie>

[23] https://atb.nrel.gov/electricity/2022/utility-scale_battery_storage

[24] <https://www.newsauto.it/notizie/costo-energia-elettrica-pun-oggi-previsioni-aumento-prezzi-2022-rincari-cause-2022-365125/>

[25] Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage: 2021 Update Wesley Cole, A. Will Frazier, and Chad Augustin; National Renewable Energy Laboratory

[26] Break-Even Points of Battery Energy Storage Systems for Peak Shaving Applications; June 2017; Claudia Rahmann, V. Vittal, Felipe Valencia

[27] EE_04_Batteries_2021, Energy and Emissions Prof Guandalini

[28] Electric and hydrogen HD vehicles for short-range applications, 2022

[29] Analisi trimestrale 2/2022 ENEA

[30] <https://www.tgreen.it/il-mercato-del-fotovoltaico-andamento-e-previsioni-future>

[31] www.gps-longitudine-latitudine.it

[32] [CT-JUMPER-2016-05 technical schedule](#)

[33] Movano varianti per telaio cabinato e di allestimento Catalogo

[34] scheda tecnica Iveco daily

https://www.iveco.com/Italy/Documents/Configurator/Brochure/Dailyvan_IT.pdf

[35] <https://professional.renault.it/veicoli-commerciali/master/dimensioni-scheda-tecnica.html>

[36] <https://www.camionsupermarket.it/blog/renault-master-150-cv>

[37] <https://www.mercedes-benz.ch/vans/it/sprinter/cab-chassis-with-a-platform/technical-data>

[38] <https://giadilconsulting.com/blog/mercedes-sprinter/>

[39] <https://www.ultimatespecs.com/it/auto-caratteristiche-tecniche/Volkswagen/111616/Volkswagen-Crafter-2018-L4H3-3500-20-TDI-140HP-4MOTION.html>

[40] <https://www.slideshare.net/autoblog/scheda-tecnica-ford-transit-2014>

[41] <https://terraup.it/auto/ford/transit-fwd>

[42] <https://www.sedoni.it/prodotto/iveco-daily-35c12-telonato/>

[43] scheda tecnica Fiat Ducato

Ringraziamenti

Ringrazio il Professor Roberto Maja per i preziosi consigli e la supervisione senza i quali non avrei saputo completare questo elaborato di tesi.

Ringrazio Marcello Belotti, Stefano Ferrario e tutti i lavoratori di ADP ed Agenzie Riunite per l'opportunità fornitami e per la disponibilità che hanno sempre dimostrato nei miei confronti.

Ringrazio Il Politecnico di Milano, per gli stimoli, la conoscenza, le possibilità offerte, gli esami impossibili, l'ambiente universitario e i valori.

Ringrazio i miei compagni di corso, da chi ho conosciuto al primo anno a chi ho incontrato al quinto; una menzione particolare va a Manuel Lorenzo e Federico, senza i quali la vita universitaria non sarebbe stata la stessa.

Ringrazio i miei ex colleghi di lavoro, ho condiviso con voi un anno e mezzo indimenticabile ed è anche grazie a voi se ho concluso questo percorso.

Ringrazio i miei amici, Alessandro, i Festaioli, Elisa, Francesco, Jane, Jugy e tutti gli altri, in questi anni le uscite le risate e le esperienze che ho vissuto con voi sono state vitali; un grazie particolare va a Martina, l'amicizia che abbiamo coltivato in questi anni è stata fondamentale.

Ringrazio i miei genitori e mio fratello per il costante supporto e per aver sempre creduto in me, vi devo ogni cosa.

Ringrazio la mia famiglia: i nonni per avermi ospitato i durante i primi anni di questo percorso; mia zia Silvia, per avermi portato in stazione ogni giorno; i miei zii e cugini per il continuo sostegno durante questi anni.

Infine ringrazio Bea, mi hai dato la forza per affrontare questo percorso e le difficoltà della vita, regalandomi emozioni uniche.