POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

ONLINE MARKET E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE: COMPATIBILITÀ E RIMEDI. CARBONFOOTPRINT TRA ACQUISTO DI PERSONA E CONSEGNA A DOMICILIO.

Relatore: Prof. Giulio Mangano
Correlatore: Prof. Giovanni Zenezini

Candidato: Gabriele Ciampi

Anno Accademico 2020/2021

Ai miei genitori.

Indice

Introduzione **3**
Revisione della letteratura scientifica **10**
Ricerca e selezione 10
Classificazione 12
Analisi dei contenuti 19
Raccolta dati e modello di analisi **36**
Survey sul comportamento d'acquisto 36
Modello quantitativo per il calcolo delle emissioni inquinanti 43
Analisi di sensitività 51
Risultati **54**
Survey sul comportamento d'acquisto 54
Stima della distanza percorsa e del consumo di carburante dei veicoli utilizzati per le consegne 60
Stima delle emissioni di CO_2 generate dall'acquisto di un prodotto 63
Analisi di sensitività 65
Crescita dell'e-commerce 65
Traffico urbano congestionato 67
Traffico urbano scorrevole 69
Elettrificazione dei furgoni utilizzati per le consegne 70
Elettrificazione dei mezzi di trasporto dei consumatori 72
Considerazioni conclusive **74**
Implicazioni dello studio 75
Limiti dello studio 77
Appendice A 78
Appendice B 80
Appendice C 88
Appendice D 91
Bibliografia 95
Sitografia 103

Lista dei simboli

Simbolo	Spiegazione
N	Domanda giornaliera di consegne per l'operatore logistico
A	Area cittadina totale servita dall'operatore logistico
δ	Densità di consegne per km^2
L	Lato maggiore della zona rettangolare
l	Lato minore della zona rettangolare
d	Distanza fra due consegne successive
C	Numero di consegne effettuate da un veicolo
d_t	Distanza da percorrere per completare il tour di consegne nella zona
d_{lh}	Distanza da percorrere per raggiungere la zona di competenza (Line-haul)
D	Distanza totale percorsa dal veicolo
W	Durata del turno lavorativo
v	Velocità media del traffico urbano
s	Tempo di fermata per consegna
F_c	Carburante consumato dal veicolo
p	Massa del veicolo
h	Carico trasportato dal veicolo tra due consegne successive
G	Emissioni medie per consegna
d_C	Distanza media percorsa da un generico consumatore
b_t	Dimensione media del carrello per gli acquisti in negozio
t	Numero medio di negozi visitati e altre commissioni abbinate nello stesso viaggio
P_t	Impatto ambientale dell'acquisto tradizionale in negozio di un prodotto

Simbolo	Spiegazione
b_o	Dimensione media del carrello per gli acquisti online
P_o	Impatto ambientale dell'acquisto online di un prodotto
S_t	Impatto ambientale della ricerca di informazioni in negozio su un prodotto
S_o	Impatto ambientale della ricerca di informazioni online su un prodotto
k	Consumo energetico per 30 minuti di navigazione su Internet
R_t	Impatto ambientale del reso in negozio di un prodotto
R_o	Impatto ambientale del reso online di un prodotto
r	Tasso di reso
E_S	Impatto ambientale medio della fase di ricerca
E_P	Impatto ambientale medio della fase di acquisto
E_R	Impatto ambientale medio della fase di reso
E	Impatto ambientale medio del processo di acquisto di un prodotto
e_i	Fattore di emissione del mezzo/carburante i
w_i	Peso di ponderazione dell'elemento i
μ	Valor medio
f	Frequenza di risposta
z	Numero di alternative di risposta
x	Valore centrale dell'intervallo
n	Numero totale di risposte

Capitolo 1

Introduzione

Secondo la definizione data dall'Associazione Italiana di Logistica (AILOG), la logistica è l'insieme delle attività organizzative, gestionali e strategiche che governano i flussi di materiali e delle relative informazioni dalle origini presso i fornitori fino alla consegna dei prodotti finiti ai clienti [1]. Pertanto, il processo logistico collega un'impresa ai suoi mercati esterni, clienti e fornitori attraverso due flussi chiave: uno fisico e l'altro informativo. Gli studi nel campo della logistica industriale riguardano due principali campi:

- Logistica interna – gestisce i flussi di materiali e i flussi informativi necessari alla produzione, cioè la trasformazione delle materie prime in semilavorati e dei semilavorati in prodotti finiti. La logistica interna studia e organizza le modalità di stoccaggio dei materiali ed i relativi flussi distributivi tra le unità operative di stabilimento. Tipici strumenti della logistica interna sono i sistemi di trasporto interno destinati a realizzare operazioni di spostamento, prelievo, sollevamento, deposito dei materiali.
- Logistica esterna – ha come obbiettivo la gestione ottimale degli approvvigionamenti e della distribuzione, cioè dei flussi di materiali dai fornitori allo stabilimento produttivo e da quest'ultimo ai clienti. Perciò, due ulteriori ramificazioni della logistica esterna sono:
    - Logistica degli approvvigionamenti – si svolge a monte degli impianti di produzione e consiste nell'ottimizzazione della gestione dei rifornimenti di materie prime, componenti e semilavorati;
    - Logistica distributiva – si svolge a valle degli impianti di produzione e a monte del mercato di riferimento. Consiste nell'ottimizzazione del rifornimento dei punti vendita o della consegna diretta al cliente finale.

Questo lavoro di tesi si colloca proprio nell'ambito della logistica distributiva, ancor più specificatamente nell'ambito della "logistica dell'ultimo miglio". Nel campo dei trasporti, la logistica dell'ultimo miglio si definisce come il trasferimento di un bene da un hub logistico alla sua destinazione finale, che può essere il punto vendita o direttamente il domicilio del cliente. L'ultimo miglio è da sempre il tratto più inefficiente dell'intera catena distributiva, ma negli ultimi anni i problemi stanno ulteriormente aumentando e diventando

più complessi a causa della crescita dell'e-commerce. I dati dell'Osservatorio E-commerce B2C della School of Management del Politecnico di Milano mostrano infatti, negli ultimi anni, un continuo aumento del fatturato degli acquisti online in Italia (*Grafico 1*). Nel 2020, complice anche la pandemia Covid-19, l'e-commerce ha raggiunto un fatturato di circa 23 miliardi di euro, registrando l'incremento in valore assoluto più alto di sempre: ben 4,7 miliardi in più rispetto al 2019, corrispondente a un tasso di crescita del 26%. Il tasso di crescita medio degli ultimi 5 anni è stato del 22,5%, superando addirittura quello dei maggiori paesi europei e, nell'ultimo anno, la penetrazione dell'e-commerce nell'intero settore retail è passata dal 6 all'8%.

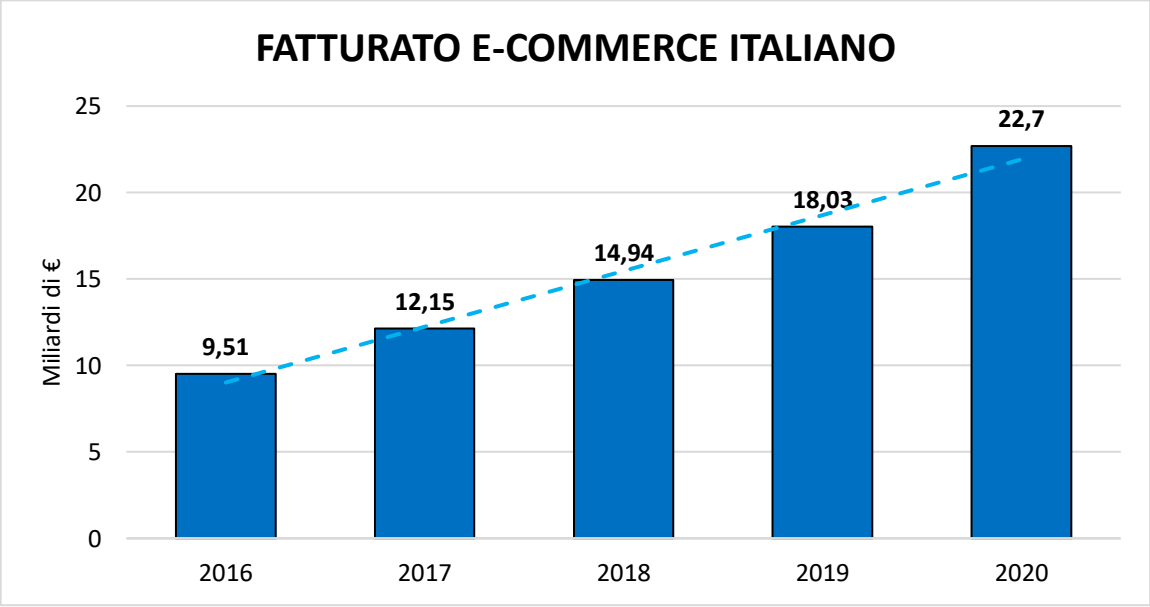


Grafico 1 - Crescita del fatturato dell'e-commerce in Italia. Rielaborazione dati dell'Osservatorio E-commerce B2C del Politecnico di Milano [2]

Questi numeri evidenziano, dunque, che l'e-commerce, nonostante rappresenti ancora solo una piccola parte degli acquisti complessivi, sta assumendo sempre maggior rilevanza in Italia. In particolare, il suo sviluppo è trainato principalmente da tre settori merceologici che contribuiscono al 52% della crescita (*Grafico 2*). Si tratta di: elettronica, abbigliamento e prodotti alimentari, anche se nell'ultimo anno anche i settori dell'arredamento e dell'editoria mostrano dei tassi di crescita importanti.

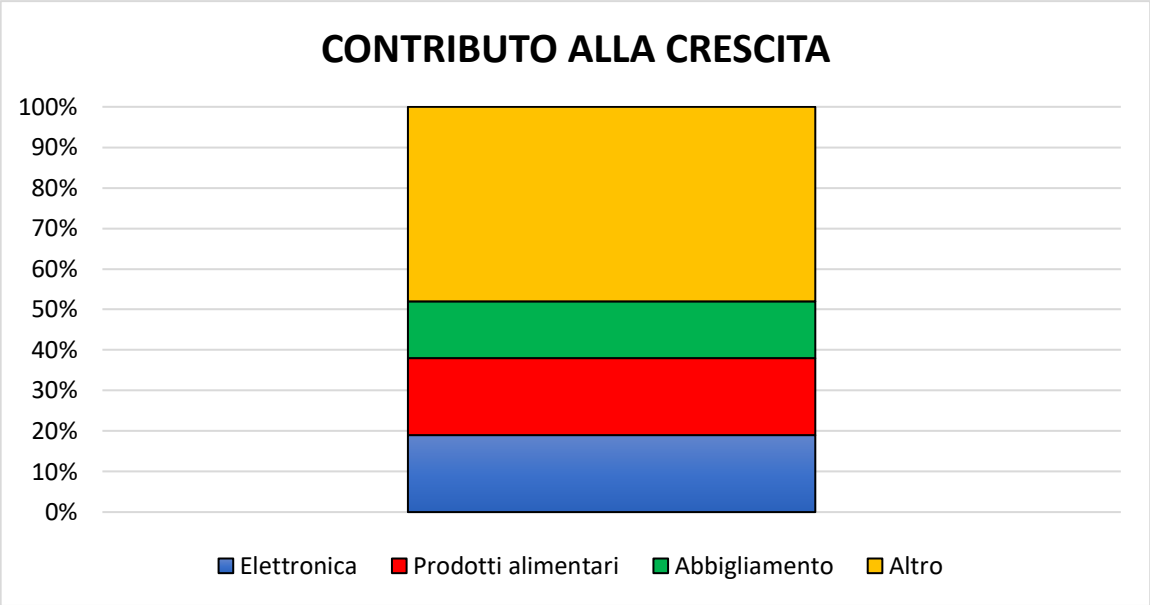


Grafico 2 - Contributo alla crescita dell'e-commerce di diversi settori merceologici. Rielaborazione dati dell'Osservatorio E-commerce B2C del Politecnico di Milano [2]

I consumatori italiani si stanno perciò sempre più orientando verso gli acquisti online facendo diventare l'e-commerce parte integrante dell'economia italiana. I modelli di consumo stanno cambiando e il percorso verso la multicanalità è oggi, più che mai, in forte accelerazione. Le ripercussioni sul settore logistico sono molto evidenti. Il mercato italiano dei servizi di consegna dei pacchi negli anni passati era meno sviluppato rispetto agli altri paesi europei. Al giorno d'oggi questo divario è stato quasi interamente colmato proprio grazie alla crescita dell'e-commerce. Il report pubblicato dall'Autorità Garante per le Comunicazioni [AGCOM, 2020] indica che nel 2020 gli operatori attivi nel mercato italiano hanno consegnato più di 650 milioni di pacchi generando un fatturato di circa 4,8 miliardi di euro. Dai grafici seguenti si può notare che nel periodo 2016-2020 i ricavi presentano un tasso di crescita complessivo del 40%, mentre i volumi sono quasi raddoppiati (*Grafico 3, Grafico 4*).

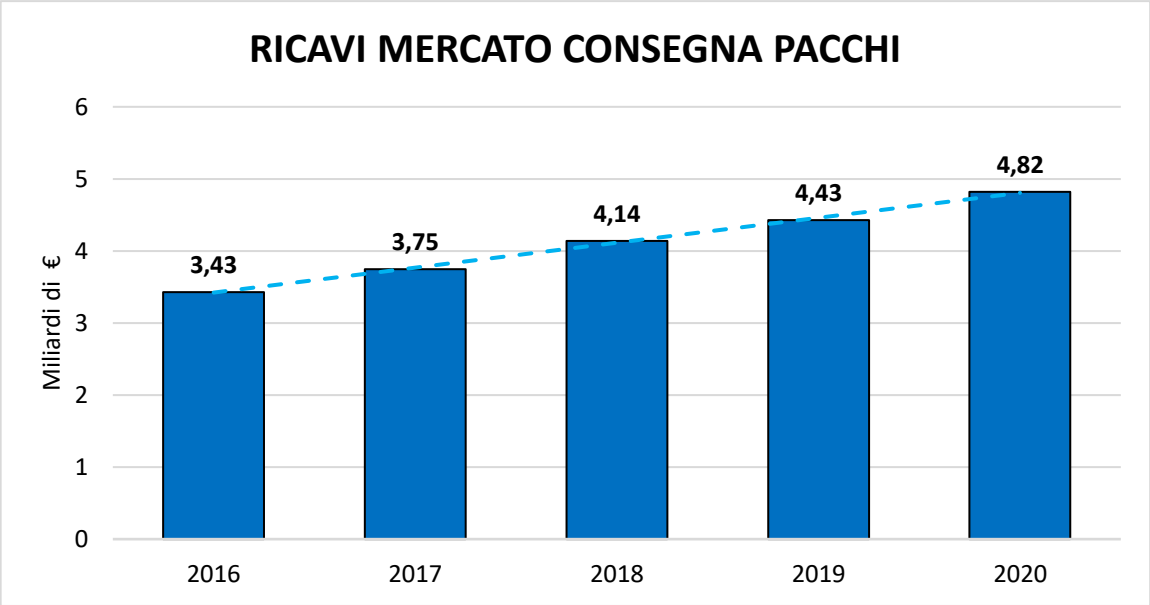


Grafico 3 - Crescita dei ricavi totali nel settore della consegna pacchi. Rielaborazione dati AGCOM, 2020

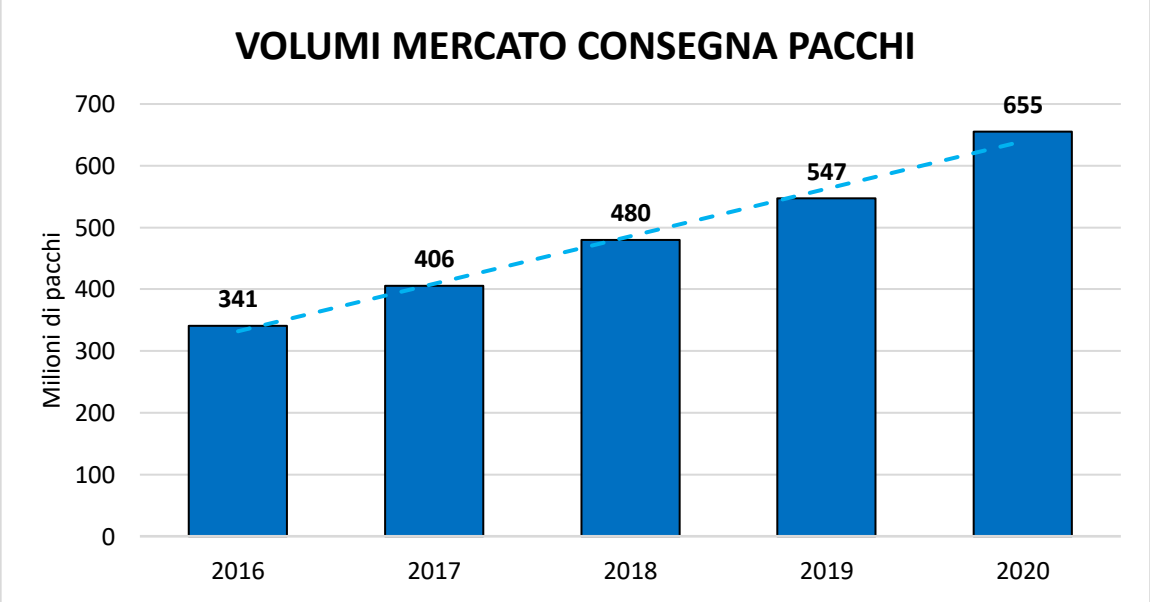


Grafico 4 - Crescita dei volumi totali nel settore della consegna pacchi. Rielaborazione dati AGCOM, 2020

Tutto ciò ha portato a un'evoluzione della logistica urbana dell'ultimo miglio, con una conseguente frammentazione dei punti di consegna, che rende la gestione del trasporto merci sempre più complessa. Infatti, se prima un consumatore aveva a disposizione solo due alternative, l'acquisto online con consegna a domicilio o l'acquisto tradizionale in negozio (*Figura 1*), oggi chiunque voglia acquistare un prodotto può usufruire di una molteplicità di servizi aggiuntivi (*Figura 2*), come ad esempio la consegna presso un punto di ritiro o l'acquisto con la modalità ordina e ritira, che prevede l'acquisto online e il ritiro presso un

punto vendita. Anche la stessa consegna a domicilio può essere effettuata in diverse maniere: direttamente dal magazzino principale, da un hub urbano o dal negozio [3].

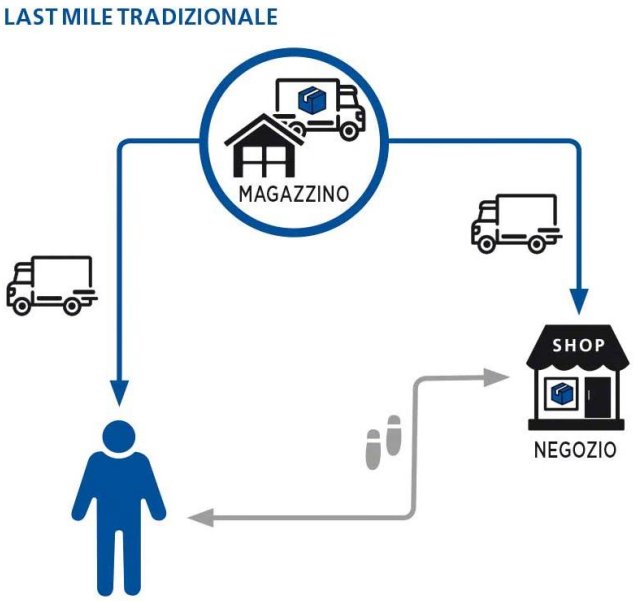


Figura 1 - Ultimo miglio tradizionale [3]

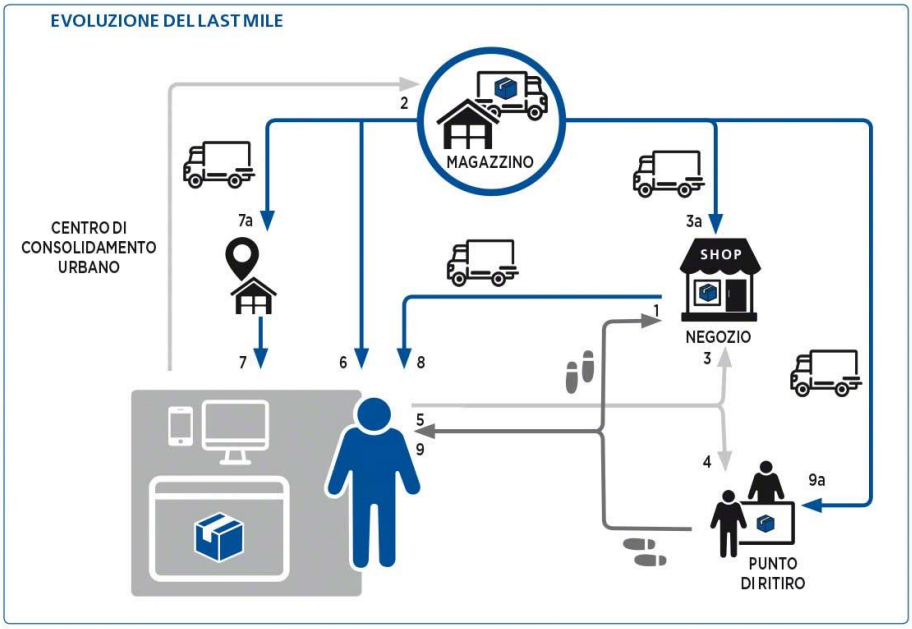


Figura 2 - Evoluzione dell'ultimo miglio [3]

Attualmente le criticità della logistica dell'ultimo miglio riguardano principalmente:

- Costi molto elevati, circa il 28-30% del costo totale di trasporto;
- Scarso livello di qualità del servizio offerto al cliente dovuto alla frequenza di errori e ritardi;
- Infrastrutture non sempre adeguate;
- Emissioni inquinanti legate al traffico urbano.

A causa di queste inefficienze, la logistica dell'ultimo miglio è un settore sempre più oggetto di ricerche scientifiche, e l'ultimo aspetto elencato è proprio il punto centrale di questo lavoro di tesi che tratta quindi la sostenibilità ambientale della logistica dell'ultimo miglio. Ricordiamo che con il termine sostenibilità ambientale si indica un'interazione responsabile con l'ambiente, cioè un ritmo di sfruttamento delle risorse e di emissione di inquinanti tale da garantire un livello elevato di qualità dell'ambiente a lungo termine. Ad oggi, sebbene la logistica rappresenti una quota relativamente ridotta del traffico urbano, essa riveste un ruolo importante nella generazione degli impatti negativi legati al trasporto, soprattutto a causa dell'inefficienza del sistema. Infatti, nonostante la percentuale di veicoli merci rispetto al totale dei veicoli circolanti in ambito urbano non sia così elevata (10-12%), alcune indagini europee mostrano che la quota di emissioni nocive riconducibili al traffico merci costituisce il 25-30% del totale. Ciò si spiega considerando che i veicoli merci che viaggiano nelle aree urbane sono spesso costretti a frequenti fermate e ripartenze, a numerose soste e anche a non sfruttare a pieno la capacità di carico. Se a tutto questo aggiungiamo anche le inefficienze legate ai comportamenti adottati dai consumatori finali e alle scelte relative agli spostamenti per raggiungere i negozi in cui fare acquisti, la gravità del problema delle emissioni legate allo shopping non può passare inosservata. Emerge, quindi, la necessità sia di sviluppare un adeguato sistema di trasporto dei veicoli commerciali leggeri che, operando in condizioni di efficienza e in maniera efficace e veloce, garantisca ai consumatori un livello alto di qualità del servizio e soddisfi le loro esigenze, sia di cambiare alcune condotte di acquisto dei consumatori finali ritenute poco sostenibili. Per assicurare ciò, il nodo cruciale del sistema su cui intervenire sta proprio nel tragitto dell'ultimo miglio nelle aree urbane, carico, allo stato attuale, di esternalità negative [4].

L'intento di questo elaborato è quindi quello di capire in che modo l'evoluzione della logistica urbana, causata della crescita dell'e-commerce osservata in precedenza, influisca sull'andamento delle emissioni inquinanti, quantificando, attraverso lo sviluppo di un caso di studio, le emissioni di anidride carbonica (CO_2) generate nelle varie fasi del processo di acquisto di un prodotto considerando i due principali canali di acquisto, cioè il negozio fisico

e l'e-commerce. Questo permetterà di identificare i comportamenti e le scelte più sostenibili dei consumatori e i possibili miglioramenti apportabili al sistema del trasporto merci urbano per ridurre le emissioni nocive. Pertanto, la tesi è strutturata nel modo seguente: inizialmente, nel capitolo 2, sarà presentata una revisione delle pubblicazioni scientifiche afferenti al tema, per chiarire la panoramica sull'argomento e ricavare informazioni utili allo sviluppo del caso studio, che sarà ambientato in Italia nella città di Torino; il capitolo successivo illustrerà nel dettaglio la metodologia di analisi e i dati utilizzati; il capitolo 4 mostrerà i risultati del modello utilizzato per il calcolo delle emissioni di CO_2 generate dall'acquisto di uno specifico prodotto; infine, il capitolo conclusivo conterrà le implicazioni e i limiti dello studio.

Capitolo 2

Revisione della letteratura scientifica

Con il termine "revisione" si intende una sintesi critica delle pubblicazioni scientifiche, quali articoli, testi, conferenze e altri documenti riguardanti uno specifico argomento. Questa attività svolge una funzione fondamentale in tutti gli ambiti scientifici, che è quella di fornire continui aggiornamenti sullo stato dell'arte di uno specifico settore disciplinare. Il seguente capitolo propone una revisione dei documenti e delle pubblicazioni scientifiche riguardanti l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio nel settore della distribuzione o vendita al dettaglio. L'obbiettivo è quello di mettere in evidenza gli elementi chiave che accomunano gli studi scientifici su questo specifico tema, quali: i risultati, le metodologie utilizzate per quantificare l'impatto ambientale, i principali fattori e variabili che influenzano tale impatto, i possibili rimedi e miglioramenti. Una volta chiaro il quadro generale, sarà possibile sviluppare un caso di studio sulla falsa riga di quelli proposti dalla letteratura. Il capitolo si articola nelle seguenti sezioni, che corrispondono alle varie fasi in cui si sviluppa la revisione della letteratura: ricerca e selezione, classificazione, analisi dei contenuti.

Ricerca e selezione

Per la ricerca dei documenti da revisionare è stato utilizzato il database Scopus della casa editrice Elsevier, che contiene una raccolta di oltre tre milioni di pubblicazioni in ambito scientifico ed è costantemente aggiornato. Prima di effettuare qualsiasi ricerca bibliografica è fondamentale definire le parole/espressioni chiave, ovviamente in lingua inglese, con le quali dar vita alle query per interrogare il database. In questo caso, il metodo di ricerca prevede la suddivisione delle parole chiave in due classi: parole chiave legate agli aspetti logistici o all'e-commerce e parole chiave legate agli aspetti ambientali. In particolare, sono state scelte otto parole chiave per la prima classe e sei per la seconda. Le query sono poi state effettuate abbinando, mediante la locuzione AND, una parola o espressione chiave di una classe con una dell'altra classe, per un totale di 48 combinazioni. Le parole chiave utilizzate sono riportate in *Tabella 1*.

Tabella 1 - Parole chiave scelte per la ricerca bibliografica

ASPETTI LOGISTICI
Parcel delivery
Home delivery
Last-mile delivery
Goods delivery
Online purchasing
E-commerce
Last-mile logistics
Urban logistics

ASPETTI AMBIENTALI
Environmental assessment
Environmental impact
Environmental sustainability
Air pollution
Carbonfootprint
CO2 emissions

Allo scopo di eseguire un primo screening dei risultati delle query, sono stati applicati i seguenti criteri di selezione, mediante appositi filtri disponibili sulla piattaforma online:

- Lingua inglese;
- Accesso libero al testo completo;
- Pubblicazione definitiva;
- Esclusione di pubblicazioni riguardanti la medicina, scienze farmaceutiche, agricoltura, scienze, sociali, chimica e qualsiasi altro campo di studi non utile per la nostra ricerca.

Una seconda cernita è stata poi effettuata sulla base dei titoli e degli abstract, andando a scegliere quelli maggiormente in linea con il nostro obbiettivo di ricerca. Le 48 query effettuate sono riportate nella tabella riassuntiva in *Appendice A*, che mostra per ognuna: le due parole chiave che la costituiscono, il numero di pubblicazioni restituite, il numero di pubblicazioni selezionate applicando i criteri appena descritti, e la percentuale di selezione calcolata con la seguente formula:

$$\%\ selezione = \frac{n.ro\ pubblicazioni\ selezionate}{n.ro\ pubblicazioni\ restituite}$$

La tabella evidenzia che le query, come è ovvio che sia a causa della varietà di parole chiave utilizzate, non sono tutte efficaci allo stesso modo. Il numero di pubblicazioni restituite è

molto variabile, così come la percentuale di selezione. Quest'ultima oscilla tra lo 0% e il 43%, con una media del 14%. Inoltre, essendo le query indipendenti l'una dall'altra è inevitabile l'accumulo di duplicati. In seguito alla loro eliminazione, i 63 documenti rimanenti sono stati letti per intero, classificati e analizzati.

Classificazione

Dopo la selezione accurata dei testi da revisionare, ciascuno di essi è stato letto nella sua interezza con attenzione. Successivamente alla lettura, sono stati identificati due ulteriori documenti il cui contenuto non sembrava essere in linea con gli obbiettivi della nostra ricerca, e per tale motivo eliminati dalla selezione. Gli aspetti principali di tutte e 61 le pubblicazioni rimanenti sono stati classificati in una tabella riassuntiva, nella quale le righe corrispondono ai singoli documenti, mentre sulle colonne sono riportati i seguenti elementi:

- Anno di pubblicazione;
- Contesto geografico;
- Tipologia di risultati (quantitativi o qualitativi);
- Punto di vista dell'analisi (lato offerta, lato domanda o entrambi);
- Metodologia;
- Categorie di prodotti analizzati;
- Tempismo dell'analisi (ex-ante o ex-post);
- Tipo di dati utilizzati;
- Assunzioni e ipotesi dello studio;
- Principali fattori che influenzano l'impatto ambientale;
- Principali risultati e conclusioni.

Analizzando nel dettaglio ciascun aspetto è stato possibile trarre conclusioni interessanti riguardo alle caratteristiche che accomunano gli studi e le ricerche su questo specifico tema. Per la presentazione dei dati, in questo capitolo saranno utilizzati dei diagrammi circolari, conosciuti anche come diagrammi a torta. La scelta è ricaduta su questo tipo di grafico, perché è quello che meglio rappresenta le proporzioni di un intero suddiviso in categorie. Partendo dall'anno di pubblicazione, si può subito notare dal *Grafico 5* che, siccome la sostenibilità ambientale della logistica dell'ultimo miglio è un argomento di recente interesse, l'88% degli studi è stato pubblicato dopo il 2010, di cui addirittura il 72% dopo il 2015.

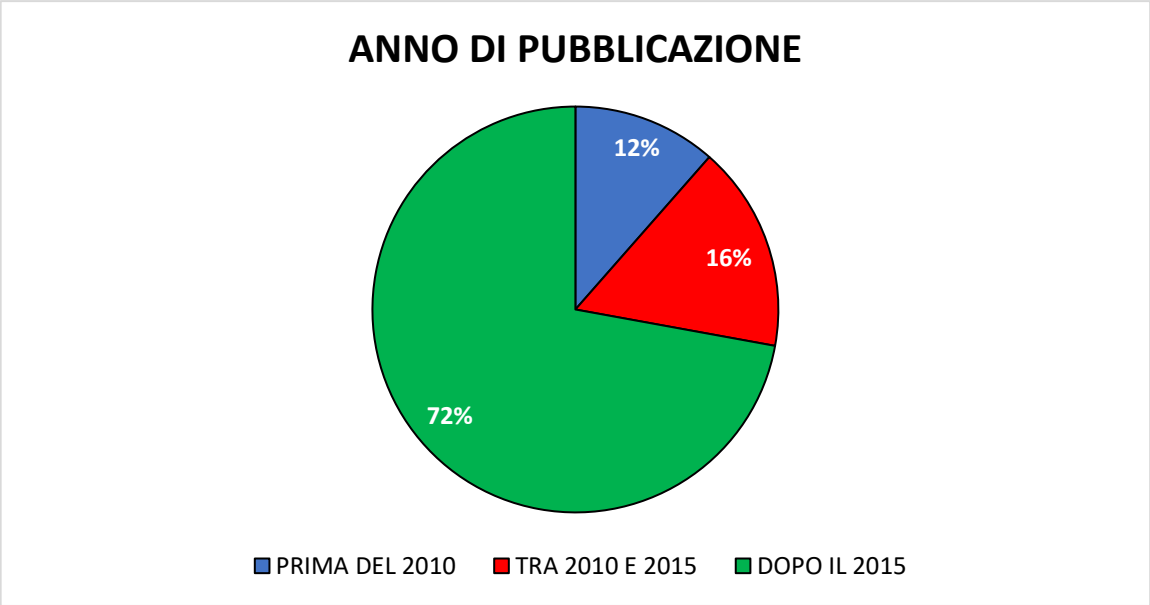


Grafico 5 - Anno di pubblicazione degli studi scientifici analizzati

Per quanto riguarda il contesto geografico (*Grafico 6*), la maggior parte degli studi sono stati condotti in paesi europei (39%), seguiti da USA, Asia e Sud America. Il 5% degli studi è contestualizzato in più di un paese, mentre per il restante 17% non è specificato l'ambito geografico di riferimento.

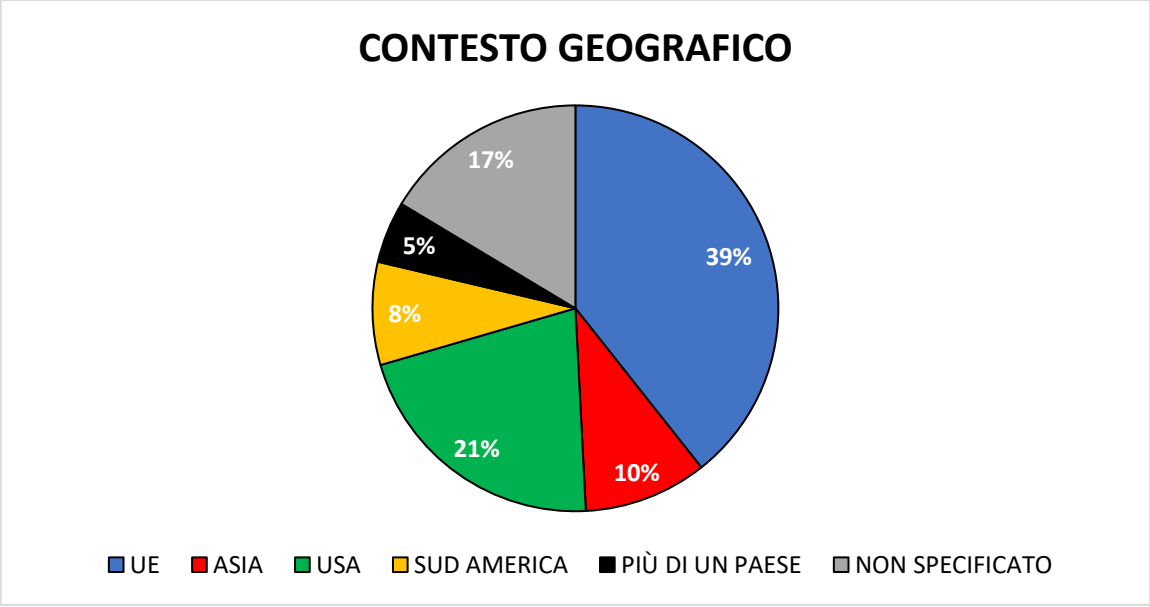


Grafico 6 - Contesto geografico degli studi scientifici analizzati

Altro fattore da tenere presente quando si parla di studi scientifici è la tipologia di risultati forniti, che possono essere di tipo qualitativo o quantitativo (*Grafico 7*). Questo aspetto è sicuramente influenzato dalle metodologie di analisi che, come vedremo più avanti, nonostante siano tra loro differenti sono comunque tutte basate su approcci fondati su

principi matematici o statistici, ad esclusione delle revisioni sistematiche della letteratura ed altre metodologie poco frequenti. Per questo motivo, l'85% degli studi esaminati fornisce risultati di tipo quantitativo, il restante 15% di tipo qualitativo.

Grafico 7 - Tipo di risultati degli studi scientifici analizzati

La letteratura approfondita mostra che l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio può essere analizzato da due diversi punti di vista: dal lato dell'offerta, prendendo in considerazione i processi e le attività di trasporto svolte da produttori e fornitori di servizi logistici, o dal lato della domanda, valutando invece il comportamento dei consumatori finali ed effettuando un confronto, sempre in termini di impatto ambientale, tra acquisto tradizionale in negozio e acquisto online. Trattandosi di ambiti completamente diversi, la scelta del punto di vista dell'analisi influenza tutte le altre caratteristiche peculiari degli studi, in particolare la metodologia, le categorie di prodotto analizzate, e il tempismo dell'analisi. Come si evince dal *Grafico 8*, la maggior parte degli studi analizzano il fenomeno dal punto di vista dell'offerta (54%), ed è presente anche una piccola percentuale di ricerche (5%), corrispondente a 3 su 61, che tratta entrambi i punti di vista. D'ora in avanti ci concentreremo sull'analisi dei restanti aspetti differenziando in base ai due principali gruppi di ricerche: domanda e offerta.

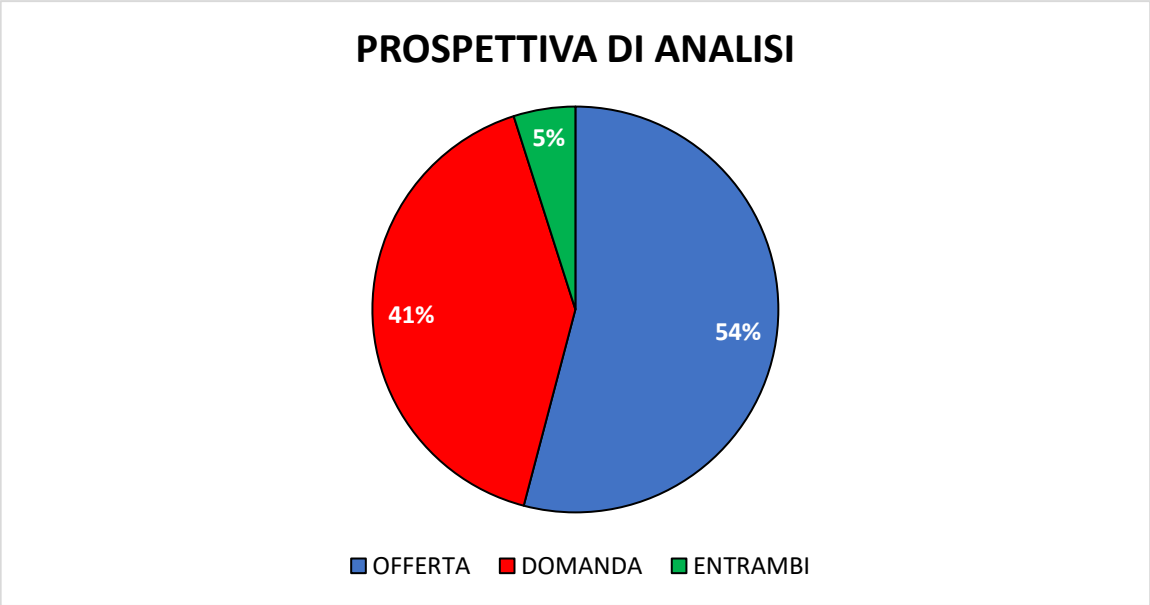


Grafico 8 - Prospettiva di analisi degli studi scientifici analizzati

Passando alle metodologie di analisi, in generale, quelle maggiormente riscontrate sono le seguenti:

- Analisi LCA;
- Modelli di simulazione;
- Revisione sistematica della letteratura scientifica;
- Modelli analitici/quantitativi;
- Modelli econometrici;
- Analisi del break-even point o punto di pareggio;
- Algoritmi ed euristiche.

Considerando nello specifico gli studi scientifici che si focalizzano sull'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio dal lato dell'offerta (*Grafico 9*), la metodologia maggiormente utilizzata è il modello analitico/quantitativo (40%), seguito da analisi LCA, modelli di simulazione, altri metodi, che presentano percentuali simili, e infine con percentuali più basse troviamo modelli econometrici ed algoritmi ed euristiche. L'analisi del break-even point non viene mai riscontrata in queste ricerche, probabilmente perché è una metodologia che non si adatta al meglio ai loro obiettivi.

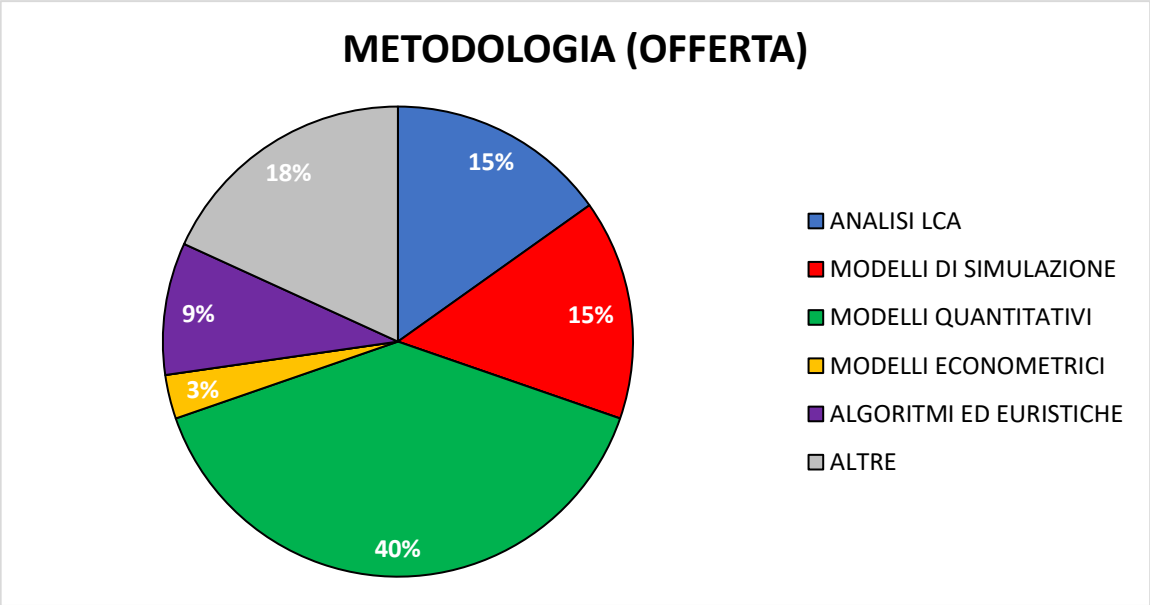


Grafico 9 - Metodologie di analisi riscontrate negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante dell'offerta

Spostando l'attenzione al *Grafico 10*, sulle metodologie riscontrate nelle ricerche incentrate sul comportamento dei consumatori, notiamo anche qui la prevalenza dei modelli quantitativi anche se con una percentuale minore (28%) rispetto alla situazione precedente. Per il resto, le percentuali sono quasi equamente distribuite, a parte una leggera superiorità di analisi LCA ed altre metodologie. Questo è probabilmente dovuto al fatto che esistono diverse soluzioni valide per affrontare questo tipo di analisi, a differenza di prima dove invece la prevalenza dei modelli quantitativi sulle altre metodologie era abbastanza netta.

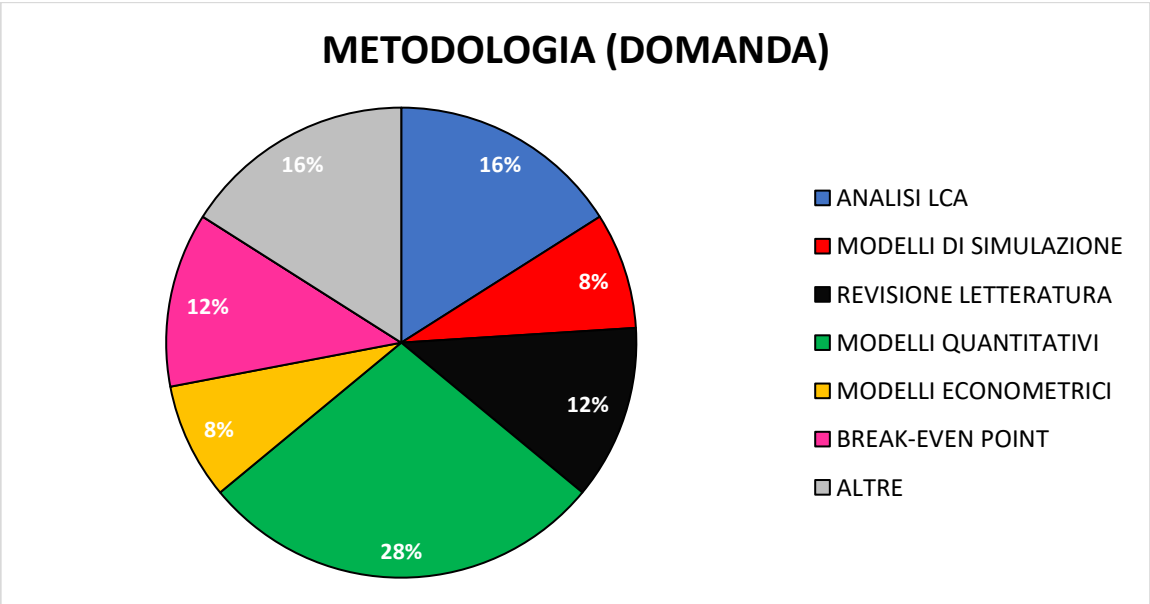


Grafico 10 - Metodologie di analisi riscontrate negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante della domanda

In merito alle categorie di prodotto prese in esame, anche in questo caso si possono fare osservazioni interessanti. Esaminando il *Grafico 11*, riguardante gli studi lato offerta, vediamo che il 70% di essi non specifica il tipo o la categoria di prodotto. Ciò è dovuto sicuramente al fatto che le attività e i processi delle aziende che si occupano del trasporto e movimentazione merci sono molto standardizzate e ripetitive, e quindi quasi completamente indipendenti dal tipo di prodotto trasportato. Di conseguenza, nel momento in cui si vanno a studiare tali operazioni, non ha molta importanza concentrarsi su una specifica categoria merceologica.

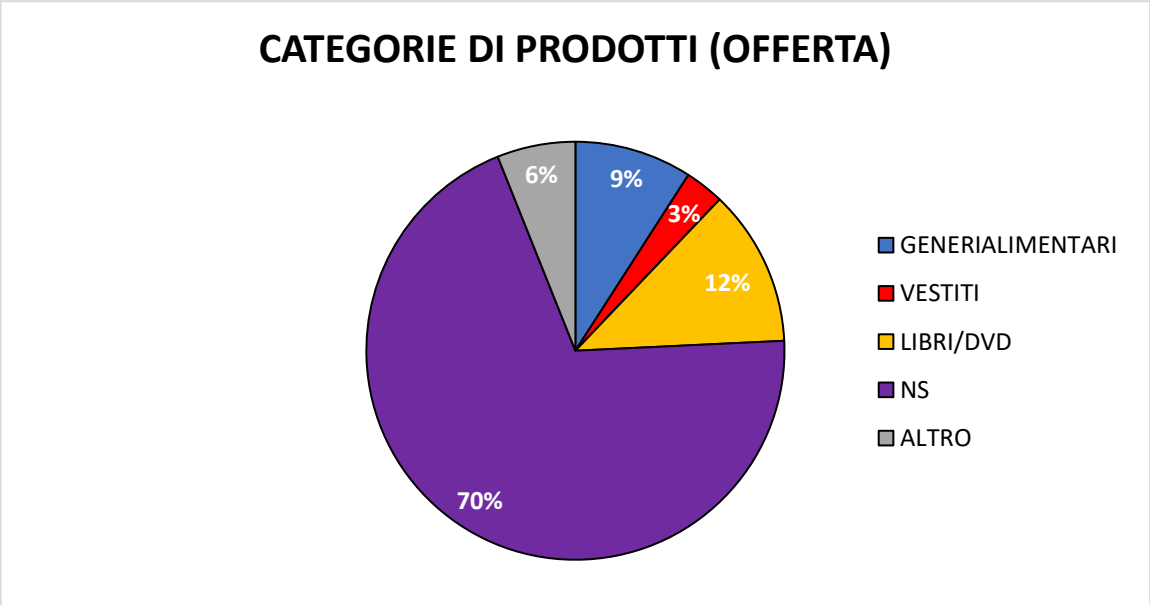


Grafico 11 - Categorie di prodotti considerate negli studi negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante dell'offerta

Situazione completamente diversa si osserva invece nelle ricerche scientifiche lato domanda, dove invece la categoria di prodotto è una delle discriminanti principali del comportamento d'acquisto dei consumatori (*Grafico 12*). Osserviamo infatti come la percentuale delle pubblicazioni in cui la categoria di prodotto non è specificata scenda al 36%. Le categorie merceologiche maggiormente riscontrate sono: abbigliamento, generi alimentari, libri ed elettronica.

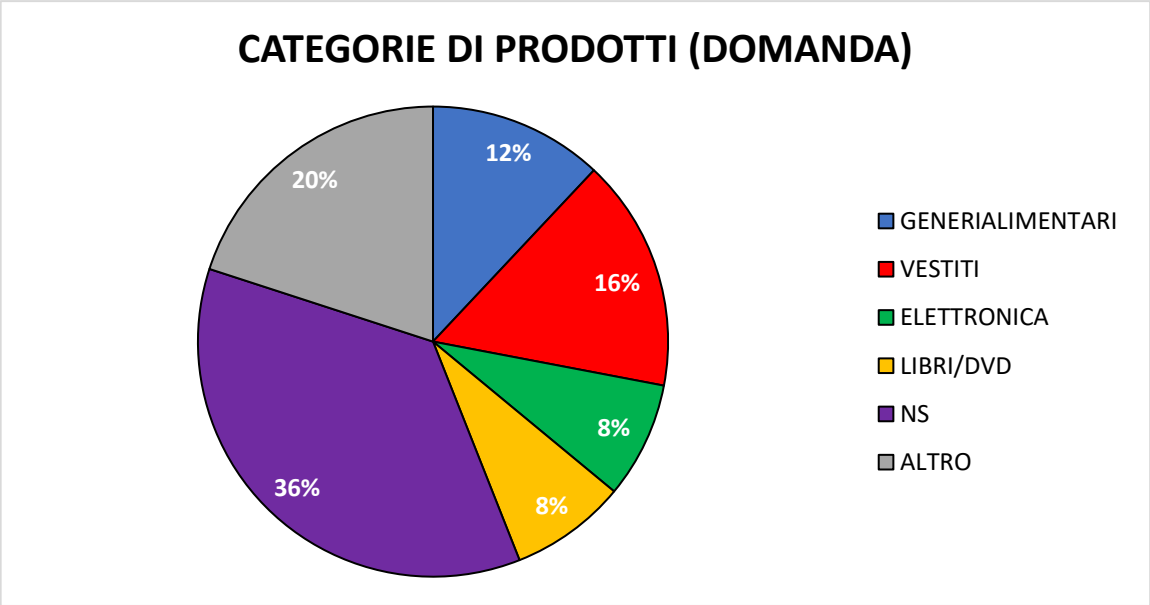


Grafico 12 - Categorie di prodotti considerate negli studi negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante della domanda

L'ultimo aspetto da prendere in considerazione è il tempismo dell'analisi, che può essere ex-ante se lo studio valuta un fenomeno che non si è ancora di fatto verificato o qualcosa che ancora non è presente sul mercato, o ex-post se la valutazione è effettuata a posteriori. Il diagramma a torta degli studi lato domanda (*Grafico 13*) mostra che solo una piccolissima parte di essi è di tipo ex-ante (4%), perché, come è ovvio che sia, il comportamento dei consumatori è molto difficile da prevedere e si può osservare e valutare solamente dopo che si è effettivamente verificato.

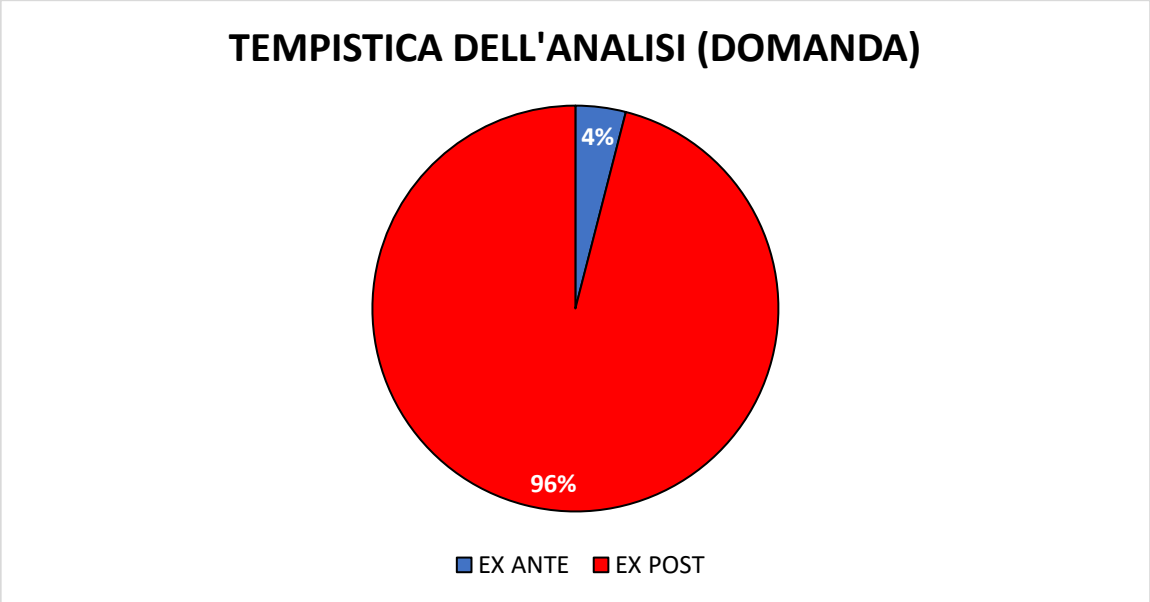


Grafico 13 - Tempismo dell'analisi degli studi negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante della domanda

Nel caso invece degli studi lato offerta (*Grafico 14*) notiamo quasi un'egual ripartizione tra ricerche ex-ante e ricerche ex-post, rispettivamente 52% e 48%. Questo, come vedremo anche nel paragrafo successivo, è dovuto al fatto che gli studi lato offerta riguardano spesso delle innovazioni che potrebbero essere introdotte per ridurre l'impatto ambientale, quindi un'analisi di tipo ex-ante si adatta molto meglio a questo tipo di approccio.

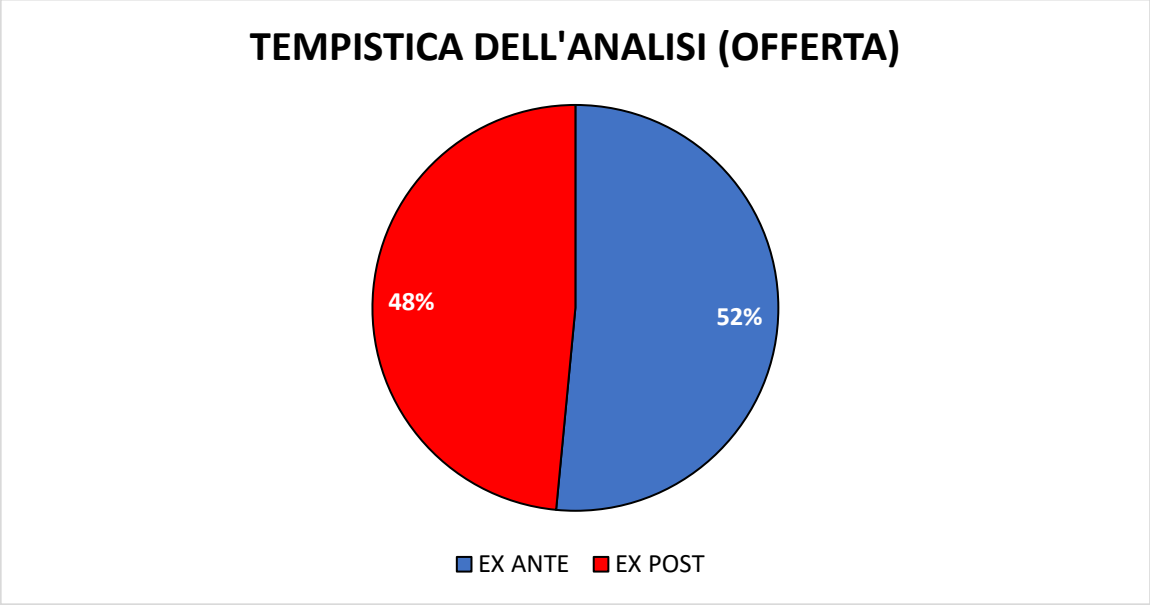


Grafico 14 - Tempismo dell'analisi degli studi negli studi scientifici che analizzano l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio ponendosi sul versante della domanda

Analisi dei contenuti

L'obbiettivo della presente sezione è quello di presentare un excursus dei contenuti e dei principali risultati degli studi scientifici analizzati, in modo da poter trarre delle conclusioni sul panorama globale della sostenibilità ambientale della logistica dell'ultimo miglio nella vendita al dettaglio.

Innanzitutto, E.F. Aikins & U. Ramanathan (2020) evidenzia che il trasporto di merci destinate alla grande distribuzione è una delle principali componenti della totalità di emissioni di anidride carbonica (CO_2) nel Regno Unito. Più nello specifico, A.M. Zanni & A.L. Bristow (2010) mostra che dal 1996 al 2005 le emissioni dei mezzi pesanti e dei veicoli commerciali leggeri, a Londra, sono aumentate di circa il 18%. Le proiezioni di questa tendenza rivelano che, se la crescita del trasporto merci continuerà nel tempo, in assenza di provvedimenti mirati ad attenuare il problema, l'aumento delle emissioni di CO_2 potrebbe arrivare al 109% entro il 2050. Introducendo delle misure ad hoc si potrebbe abbattere

notevolmente il tasso di crescita, fino al 6%, ma sarebbe comunque impossibile ottenere delle riduzioni assolute. In Cina, esiste una correlazione positiva tra le emissioni di anidride carbonica e la crescita del settore del trasporto merci. Le emissioni di CO_2 generate dai servizi di consegna espressa sono comprese tra 20 e 4000 tonnellate annue, con i valori più alti registrati nelle grandi metropoli come Pechino, Shangai, Shenzen e Guangzhou [P. Kang, et al., 2020]. Ma il problema non riguarda solo i grandi centri abitati. Anche nelle città di dimensioni più piccole le criticità generate dal trasporto urbano sono varie e presentano molte sfide. Dai risultati di R. Alves et al. (2019), condotto nella città São João Del Rei in Brasile, si evince la necessità di nuove misure per la logistica urbana, come la creazione di più aree riservate al carico e scarico delle merci per evitare i parcheggi non regolamentati, e interventi atti a ridurre le emissioni inquinanti, che stanno pian piano degradando il patrimonio storico della città.

Nota l'esistenza del problema, esiste una molteplicità di ricerche scientifiche, incentrate sulle attività e sui processi logistici messi in atto dai fornitori di servizi di trasporto merci (denominate lato offerta nella sezione precedente), che propongono innovazioni e soluzioni mirate a ridurre l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio. Queste ricerche sono perciò tutte strutturate in modo molto simile: effettuano un confronto tra la situazione attuale e un nuovo scenario in cui vengono introdotte innovazioni o nuove metodologie operative. Numerosi studi, ad esempio, riguardano l'introduzione di veicoli elettrici o di veicoli alternativi come biciclette e tricicli da carico, da utilizzare per le consegne in sostituzione dei veicoli convenzionali a combustione interna. R.A. De Mello Bandeira et al. (2019) dimostra che l'utilizzo di veicoli elettrici come alternativa alla classica configurazione di trasporto utilizzata nella distribuzione postale dell'ultimo miglio nella città di Rio de Janeiro è in grado di migliorare la sostenibilità delle consegne urbane. Nello specifico, vengono proposte due diverse alternative alla classica modalità TID (Traditional Intermodal Distribution), nella quale il postino percorre il percorso prestabilito a piedi, con un autobus o con un veicolo motorizzato diesel a seconda della distanza. Dai risultati si evince che le riduzioni mensili di emissioni di gas serra della modalità DET (Distribution by Electric Tricycle), che prevede l'uso di tricicli elettrici per le consegne, ammontano a 23,37 kg rispetto alla modalità tradizionale TID, mentre le riduzioni mensili della modalità AID (Alternative Intermodal Distribution), che prevede la semplice sostituzione del veicolo diesel della modalità TID con uno elettrico, sono pari a 5,91 kg. S. Shahmohammadi et al. (2020) rivela che la sostituzione dei furgoni per le consegne con delle bici da carico elettriche

porta a una riduzione delle emissioni di gas serra compresa fra 0,02 e 0,11 kg di CO_2 per articolo acquistato. S. Heshmati et al. (2019) spiega, attraverso la risoluzione dell'EDP (E-commerce Delivery Problem) mediante algoritmi euristici, che l'utilizzo di veicoli elettrici per le consegne urbane è vantaggioso sia dal punto di vista economico che dal punto di vista ecologico, e che anche l'applicazione della tecnologia start and stop ai veicoli diesel, permette di ridurre significativamente le emissioni durante le consegne. A. Conway et al. (2017) giunge a conclusione che i risparmi annuali di CO_2, utilizzando bici da carico per le consegne nella città di New York, ammontano in media a 10,95 tonnellate. In linea con questi risultati, anche T. Assmann et al. (2020) documenta che l'uso di bici da carico al posto dei furgoni nelle consegne a domicilio nei quartieri urbani, potrebbe ridurre significativamente le emissioni di gas serra, particolato atmosferico (PM_{10}) e ossidi di azoto (NO_x). Secondo F.N. McLeod et al. (2020), l'introduzione di modalità alternative per la consegna di pacchi a Londra, come ad esempio facchini che viaggiano a piedi muniti di borse o su bici da carico, porta a notevoli risparmi sia finanziari che ambientali. Si ridurrebbero le emissioni di CO_2 del 45%, le emissioni di NO_x del 33%, la distanza di guida del 78% e il tempo di parcheggio a bordo strada del 45%. L'analisi L.G. Marujo et al. (2018), indica che le emissioni di gas serra e di altri inquinanti possono essere ridotte in modo significativo utilizzando tricicli da carico in abbinamento a depositi mobili[1] per le consegne dell'ultimo miglio. Infine, anche J. Saenz-Esteruelas et al. (2015) spiega che le emissioni annuali di CO_2 nella città di Portland, passerebbero da 23 a 12 tonnellate introducendo un sistema di consegna mediante tricicli da carico.

Altre ricerche, a differenza di quelle finora presentate, che prendono in considerazione esclusivamente la fase di utilizzo dei veicoli, si soffermano anche sull'importanza delle fasi del ciclo di vita a monte dell'utilizzo, cioè l'estrazione delle materie prime e la produzione. F. Pilati et al. (2020) rimarca il fatto che nonostante la produzione di veicoli elettrici inquini molto di più rispetto a quella dei veicoli tradizionali, tale differenza è compensata e superata dai risparmi nelle emissioni di CO_2 durante l'uso del veicolo. L'energia elettrica è dunque un carburante molto più sostenibile rispetto alla benzina e al gasolio, ma solo per il transito urbano. Quindi, maggiore sarà il tragitto urbano maggiori saranno i benefici sostenibili offerti dai veicoli elettrici. B. Marmiroli et al. (2020) confronta l'impatto ambientale dei veicoli elettrici con quello dei veicoli a combustione interna utilizzati per le consegne, prendendo in considerazione sia la fase di produzione sia la fase di utilizzo. Dall'analisi

[1] Un deposito mobile è costituito da un camion munito di rimorchio che funge da banchina di carico.

dettagliata della fase di produzione emerge che la versione elettrica ha un impatto maggiore rispetto alle versioni con motore a combustione interna in tutte le categorie di impatto considerate. Le differenze sono dovute principalmente alla realizzazione di componenti come batterie, condensatore, inverter e centraline elettroniche. Per quanto concerne la fase d'uso, i risultati del modello cinematico dimostrano che il motore elettrico presenta vantaggi soprattutto negli ambienti urbani, a causa delle numerose fermate tipiche delle consegne urbane e della frenata rigenerativa. Le prestazioni migliorano all'aumentare del carico del veicolo, rendendo così il confronto con i veicoli a combustione interna particolarmente favorevole. Considerando il ciclo di vita completo, emerge dunque che un veicolo elettrico ha prestazioni migliori rispetto a uno a combustione interna. Ciò è vero anche per l'Italia, nonostante sia un Paese in cui la produzione di elettricità è ancora dominata dai combustibili fossili. A tal proposito, J.M. Vleugel & F. Bal (2018) e A. Muñoz-Villamizar et al. (2017) sottolineano l'importanza della produzione dei combustibili necessari ad alimentare i veicoli utilizzati per le consegne dell'ultimo miglio. Secondo questo studio è vero che l'uso del metano e dell'energia elettrica al posto del gasolio contribuisce alla riduzione delle emissioni inquinanti, ma l'estrazione del gas naturale e la produzione di energia elettrica creano ulteriori problemi ambientali. Perciò i veicoli a metano ed elettrici sono preferibili a quelli a combustione interna solo se alimentati da gas ed elettricità "verdi", cioè estratti e trasformati in modo tale che la stessa produzione non inquini di più rispetto al loro utilizzo. Quindi, i vantaggi ambientali, derivanti dall'utilizzo di veicoli elettrici o a gas, dipendono fortemente dal modo in cui i combustibili sono prodotti in ciascun Paese.

Dall'analisi di questo blocco di ricerche si può quindi giungere a una prima interessante conclusione: l'elettrificazione del parco veicoli e l'utilizzo di veicoli alternativi rispetto a quelli convenzionali utilizzati per effettuare le consegne, come biciclette e tricicli da carico, sono soluzioni che permettono di ridurre notevolmente l'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio.

Un altro gruppo di ricerche si sofferma sull'installazione di punti di raccolta (Pickup Points) e armadietti intelligenti (Smart Lockers *Figura 3*). Queste innovazioni consentono agli operatori logistici di convogliare più consegne in un unico luogo, riducendo la distanza percorsa ed evitando le consegne fallite per assenza del destinatario, e agli acquirenti di poter ritirare comodamente il pacco in qualsiasi momento. Ma quali sono le implicazioni dal punto di vista ambientale? M. Xu et al. (2009), ricerca condotta sull'acquisto di libri negli Stati Uniti, fa vedere come l'introduzione del ritiro self-service comporti una riduzione delle

emissioni di CO_2 per articolo del 12,4% annuo. L. Zhang & Y. Zhang (2013) e J. Kim et al. (2009) confrontano due sistemi di consegna per l'acquisto di libri online: END (E-commerce Networked Delivery), che prevede la consegna a domicilio effettuata da un operatore logistico, ed SND (Sustainable Networked delivery), che prevede la presenza di un punto di raccolta presso il quale si recano gli acquirenti una volta che l'ordine è stato consegnato. Il primo studio, realizzato in Cina, denota che l'impatto ambientale del sistema SND è minore rispetto al sistema END. Nello specifico, nel sistema END, ogni libro consegnato porta a un consumo di 1,65 MJ di energia e all'emissione di 0,058 kg di CO_2, rispetto a 1,58 MJ di energia e 0,052 kg di CO_2 per libro nel sistema SND. Perciò, il consumo di energia e le emissioni di CO_2 per libro nel sistema END sono, rispettivamente, 1,04 e 1,12 volte maggiori rispetto al sistema SND. Dai risultati del secondo studio, condotto negli Stati Uniti, invece, si può notare che nel sistema END, il consumo di energia e le emissioni di CO_2 per libro consegnato sono, rispettivamente, 7,21 e 5,17 volte quelli del sistema SND, suggerendo un maggiore vantaggio ambientale del sistema SND negli Stati Uniti, poiché il sistema END in Cina produce impatti ambientali minori. In modo molto simile, P. Carotenuto et al. (2018) confronta i due scenari di consegna (con e senza punti di raccolta) nella città italiana di Dolo (VE). I risultati mostrano che introducendo i punti di raccolta, la distanza totale percorsa diminuisce di oltre il 24% e il tempo totale di percorrenza diminuisce di oltre il 50%. Questi primi risultati consentono poi di valutare le emissioni di CO_2 nell'ambiente urbano simulando i percorsi dei veicoli per le consegne. La riduzione delle emissioni supera il 21% introducendo i punti di raccolta. V. Kiousis et al. (2019) spiega che l'introduzione dei punti di raccolta nella città di Atene ha portato numerosi benefici: il tempo medio di percorrenza dei veicoli merci si è ridotto dell'82,4%, con analoga riduzione dei ritardi dovuti al traffico. La distanza totale percorsa si è ridotta di oltre il 90%; di conseguenza quasi l'80% della flotta di veicoli non è più necessaria. Allo stesso tempo, le emissioni di CO_2, NO_x, PM_{10} sono state leggermente ridotte, rispettivamente dello 0,30%, 0,40%, 0,30%. Inoltre, S. Heshmati et al. (2019) giunge alla conclusione che le emissioni inquinanti diminuiscono all'aumentare del numero di pacchi consegnati ai punti di raccolta. Altri benefici attesi dall'introduzione dei punti di raccolta sono i seguenti:

- Riduzione dei parcheggi non regolamentati e dell'impiego dello spazio urbano;
- Maggior flessibilità grazie alla combinazione dei viaggi di ritiro/consegna con altri viaggi;

- Parte dei viaggi di ritiro/consegna non grava affatto sulla rete stradale e sull'ambiente, in quanto i punti di raccolta sono per lo più situati in aree servite da mezzi pubblici (centri commerciali, centri urbani ecc.).

Perciò, come già visto per i veicoli, anche l'introduzione di punti di raccolta e Smart Locker porta notevoli benefici ambientali nelle consegne dell'ultimo miglio.

Figura 3 - Esempio di Smart Locker di Amazon installato presso un centro commerciale

Dalla letteratura emergono due ulteriori innovazioni tecnologiche, ancora scarsamente diffuse, che potrebbero rivoluzionare il settore delle consegne urbane: si tratta degli ADR (Autonomous Delivery Robots) e del Crowdshipping. Gli ADR sono dei veicoli a motore elettrico in grado di consegnare articoli o pacchi ai clienti senza l'intervento di un corriere. Essi utilizzano sensori e tecnologie di navigazione che consentono loro di viaggiare su strade e marciapiedi senza autista o personale addetto alle consegne in loco. Possono essere suddivisi in due tipologie (*Figura 4*): SADR (Sidewalk Autonomous Delivery Robots) e RADR (Road Autonomous Delivery Robots). I SADR sono robot di piccole dimensioni che utilizzano solo marciapiedi o percorsi pedonali. Hanno una portata limitata, per questo sono spesso utilizzati in abbinamento a un furgone specializzato, in gergo chiamato "nave madre", che viene utilizzato per raccogliere diversi SADR e trasportarli fino alla zona da servire. La nave madre non è un veicolo autonomo e richiede un conducente. I RADR, invece, viaggiano

su strada insieme agli altri veicoli a motore convenzionali e non hanno bisogno di una nave madre.

Figura 4 - Autonomous Delivery Robots (ADR). A sinistra RADR che viaggia su strada; a destra SADR che utilizza marciapiedi e percorsi pedonali

M. Figliozzi (2020) e M. Figliozzi & D. Jennings (2020) confrontano l'efficienza di SADR, RADR e furgoni elettrici convenzionali. I risultati evidenziano che questi nuovi tipi di veicoli autonomi hanno il potenziale per ridurre i chilometri percorsi dai veicoli stradali convenzionali, il consumo di energia e le emissioni di CO_2 nelle aree urbane. In molti casi i veicoli autonomi per le consegne sono ancora più efficienti dei furgoni elettrici attualmente sul mercato.

Il Crowdshipping (in italiano "logistica della folla") applica il concetto di crowdsourcing (sviluppo collettivo, collaborazione) alla consegna dei pacchi a domicilio. Il servizio postale degli Stati Uniti definisce il Crowdshipping come una nuova forma di logistica che non ha bisogno di strutture o flotte di veicoli, ed è facilmente scalabile a basso costo. In altre parole, il Crowdshipping prevede una collaborazione tra le persone, che consegnano pacchi a domicilio ad altre sostituendosi agli operatori logistici. A. Melkonyan et al. (2020) utilizza un metodo MCDA (Multi-Criteria Decision Aiding) per stabilire il miglior sistema logistico confrontando tre alternative: la rete distribuita (Crowdshipping), la rete centralizzata (presenza di punti di raccolta) e la rete decentralizzata (consegna a domicilio classica da parte di un operatore). Queste alternative sono valutate in base a una serie di criteri di tipo economico, ambientale, sociale e tecnologico, ciascuno con la sua importanza indicata da un peso. I risultati rivelano che se ai criteri viene data la stessa importanza, il Crowdshipping è la miglior soluzione da tutti i punti di vista. M.D. Simoni et al. (2020) propone un modello che simula l'applicazione del Crowdshipping nella città di Roma. In questo caso, dai risultati dell'analisi emerge che il Crowdshipping è un'arma a doppio taglio per la sostenibilità della logistica dell'ultimo miglio poiché, a seconda delle diverse caratteristiche di

implementazione, potrebbe migliorare ma anche peggiorare la congestione del traffico e le relative emissioni inquinanti. La modalità di trasporto scelta dagli utenti (crowdshippers) gioca il ruolo principale nell'identificare gli effetti positivi o negativi di questa soluzione. In particolare, lo studio dimostra che l'uso dell'auto provoca un aumento delle esternalità negative rispetto alle consegne tradizionali.

Oltre alla tecnologia, le innovazioni possono riguardare anche il "modus operandi" dei fornitori di servizi logistici e dei loro clienti. Secondo D. Lazarevic et al. (2020) l'implementazione di un nuovo servizio di consegna a domicilio, che prevede la consegna negli orari serali dei giorni feriali e negli orari diurni dei giorni festivi nella città di Belgrado, porterebbe a un risparmio di 23,5 tonnellate di CO_2 nel quinquennio 2020-2025. D. Manerba et al. (2018) evidenzia che fondamentalmente, più ampia è la finestra temporale dedicata alle consegne, maggiore è la flessibilità nell'organizzazione del percorso dei veicoli e minore è l'impatto ambientale del servizio. Ipotizzando un incremento da 2 a 6 ore dell'intervallo di tempo, si otterrebbe una riduzione di 3615 km percorsi in media al giorno e, considerando 300 giorni lavorativi in un anno, si otterrebbe un risparmio annuale di 217 tonnellate di CO_2. F. Kellner (2016) documenta, attraverso un modello di analisi di regressione, che un aumento del 10% della congestione del traffico urbano provoca un aumento delle emissioni di CO_2 dello 0,25%. Questo semplicemente perché l'effetto della congestione del traffico è essenzialmente la riduzione della velocità media di viaggio, con conseguenti inefficienze nell'uso del carburante e aumenti delle emissioni inquinanti. Il volume delle emissioni di CO_2 potrebbe essere ridotto spostando le operazioni di trasporto nelle ore serali o notturne. J. Igl & F. Kellner (2017) indica che, nelle spedizioni B2B, scegliendo in modo opportuno i valori dei parametri AOH (Anticipation Horizon for Orders), che esprime la frequenza di spedizione, MOQ (Minimun Order Quantity), che esprime la massa totale dell'ordine, e la modalità di spedizione (dal produttore al rivenditore con mezzi di proprietà o gestita da un fornitore di servizi logistici), è possibile ottenere riduzioni delle emissioni di CO_2 che vanno dal 4% fino ad arrivare al 37%. Rimanendo nel settore delle consegne B2B, J. Guo & S. Ma (2017) confronta, in termini di sostenibilità ambientale, tre diversi sistemi logistici per una catena di negozi nella città di Jing-Jin-Ji in Cina. Dai risultati si evince che l'affidamento a terzi della gestione della logistica, rispetto all'integrazione o alla collaborazione con altre imprese di distribuzione, è la soluzione che impatta di meno sull'ambiente. R. Velazquez & S.M. Chankov (2019) fa vedere come nonostante il tipo di trasporto sia il principale fattore che determina l'impatto ambientale, le aziende che operano nella vendita al dettaglio,

specialmente quelle più giovani e piccole, tendono ad avere una bassa influenza su di esso perché scelgono di dare in outsourcing la logistica e non sono in grado di esercitare potere di mercato sui fornitori di tali servizi. J.C. Velázquez-Martínez et al. (2016) propone una metodologia statistico-matematica per l'allocazione dei veicoli da utilizzare per le consegne nelle diverse aree urbane con l'obbiettivo di minimizzare le emissioni di CO_2. La ricerca empirica riguarda una società multinazionale che opera a Città del Messico, che utilizza e gestisce una flotta costituita da più di 400 veicoli. I risultati dimostrano che utilizzando la metodologia proposta si riescono a ridurre le emissioni di CO_2 fino a 40 tonnellate. Il livello di risparmio ottenibile applicando questo metodo è ovviamente sensibile alle dimensioni e alla diversità del parco veicoli e alla variabilità delle condizioni stradali nell'area di consegna. A. Muñoz-Villamizar et al. (2019) e D. Andriankaja et al. (2015) rimarcano entrambi che l'implementazione di reti di trasporto collaborativo tra più operatori comporta un ingente risparmio di emissioni inquinanti. Anche la distanza totale, il costo totale e il tempo medio di consegna vengono ulteriormente ridotti nello scenario collaborativo. Dai risultati di S. Heshmati et al. (2019) si evince che contrariamente alle aree (sub)urbane, i vantaggi derivanti dall'ottenimento del monopolio regionale di un vettore nelle aree rurali sono considerevoli. Si osservano riduzioni delle emissioni, dei costi, dei veicoli richiesti e della distanza per pacco fino all'80%.

Questo ulteriore insieme di studi, sottolinea perciò che è possibile ridurre l'impatto ambientale delle operazioni logistiche ottimizzando l'insieme di scelte e di azioni dirette a programmare e svolgere tali operazioni. Per fare questo, è possibile agire su aspetti quali ad esempio: la finestra temporale per le consegne, l'assegnazione dei veicoli alle zone da servire, la collaborazione o la fusione con clienti e/o concorrenti.

In generale, i risultati che emergono dagli studi presentati finora ci permettono di concludere che la gran parte delle innovazioni e delle nuove soluzioni proposte dalla letteratura scientifica, tecnologiche od operative che siano, sono in grado di apportare notevoli benefici in termini di sostenibilità ambientale alla logistica dell'ultimo miglio, fatta eccezione al momento per il Crowdshipping, modalità di consegna ancora poco diffusa e che deve essere approfondita. Ovviamente, l'entità del beneficio dipende da fattori peculiari di ciascuna area geografica, come ad esempio la densità di popolazione, la domanda di mercato e le caratteristiche del sistema di trasporto già presente. In sintesi, le variabili quantitative che incidono sull'impatto ambientale delle attività e dei processi logistici svolti dai fornitori di servizi sono elencate in *Tabella 2*.

Tabella 2 - Variabili quantitative che incidono sull'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio (offerta)

VARIABILI LATO OFFERTA
Distanza percorsa dal veicolo
Velocità media del veicolo
Tipo di veicolo (van, camion, bici da carico, ADR)
Tipo di alimentazione (diesel, elettrico, ibrido, metano)
Carico del veicolo
Domanda di mercato
Numero di fermate del veicolo

Nelle ricerche scientifiche focalizzate sul comportamento dei consumatori (precedentemente denominate lato domanda) il confronto si sposta sulle emissioni generate da acquisti tradizionali in negozio e acquisti online. A. Hidayatno et al. (2019) spiega che, mediamente, il commercio elettronico genera più emissioni inquinanti rispetto agli acquisti tradizionali per due motivi: imballaggi aggiuntivi e ordini di piccole dimensioni ma frequenti nel tempo, che si traducono in molteplici consegne a domicilio. S. Shahmohammadi et al. (2020) esegue una simulazione Montecarlo da 100000 iterazioni per valutare le differenze nelle quantità di gas serra emessi, considerando l'intera catena di trasporto da monte a valle, tra tre diverse modalità di acquisto (*Figura 5*): acquisto tradizionale in negozio (brick & mortar), acquisto online con consegna a domicilio (pure players) e la combinazione fra le due, cioè acquisto online con ritiro in negozio (brick & clicks).

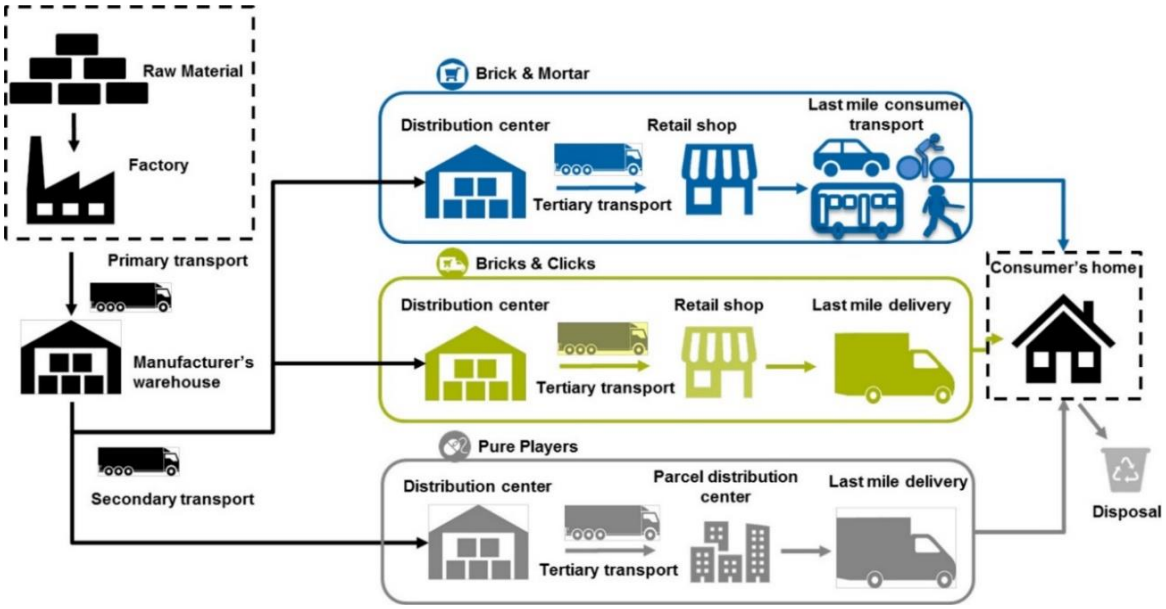


Figura 5 - Schema della catena di trasporto per le tre modalità di acquisto analizzate [S. Shahmohammadi et al., 2020]

I risultati mostrano che nel 63% delle iterazioni della simulazione, le emissioni di gas serra causate da un acquisto tradizionale sono più alte rispetto a un acquisto online con ritiro in negozio, mentre nell'81% delle iterazioni le emissioni causate da un acquisto tradizionale sono più basse rispetto a un acquisto online con consegna a domicilio. Le emissioni totali mediane di gas serra del canale online sono circa il doppio delle emissioni totali mediane del canale tradizionale e circa 3-5 volte superiori di quelle del canale ibrido nel Regno Unito. Il numero di articoli acquistati e la distanza percorsa dai consumatori costituiscono le principali fonti di variabilità. E. Wygonik & A. Goodchild (2017) evidenzia che, a Seattle, si osservano riduzioni delle distanze percorse dai veicoli fino al 20% nel momento in cui il viaggio personale in negozio viene sostituito da un servizio di consegna a domicilio. Nelle aree rurali, dalle quali i viaggi usando veicoli personali sono più lunghi le riduzioni sono comprese addirittura tra il 70 e l'85%. Nonostante ciò, i viaggi personali generano livelli più bassi di NO_x e PM_{10} rispetto ai servizi di consegna.

Dai risultati di J.B. Edwards et al. (2010) si evince che, supponendo che un acquirente, utilizzando un'auto, effettui un viaggio di andata e ritorno di 12,8 miglia per raggiungere un negozio al solo scopo di acquistare un articolo, esso genererebbe 4274 g di CO_2, cioè 24 volte le emissioni di CO_2 generate da una consegna a domicilio inclusa nel giro ordinario di consegne di un corriere, pari a 181 g di CO_2. Tuttavia, l'impronta di carbonio delle diverse modalità di distribuzione al dettaglio dipende dalle specifiche circostanze. Nessuna di esse presenta un vantaggio ambientale assoluto sulle altre perché, a causa della grande variabilità

nelle scelte comportamentali dei consumatori, potrebbero verificarsi situazioni in cui l'acquisto tradizionale in negozio è più sostenibile di una consegna a domicilio. Per esempio, quando una persona raggiunge il negozio viaggiando in autobus in orari di punta, e acquista più prodotti, le emissioni per articolo risulteranno inferiori rispetto a quelle generate dalla consegna a domicilio di un unico articolo. Comunque, in media, è probabile che la consegna a domicilio generi meno CO_2 rispetto all'acquisto tradizionale. La modalità di viaggio personale è sicuramente la discriminante più importante. R. Hischier (2018) indica che l'acquisto online di capi di abbigliamento presenta un impatto potenziale quasi quattro volte inferiore rispetto all'acquisto tradizionale in negozio. Dopo aver condotto un'analisi di sensitività, variando le ipotesi dello scenario di base, però, non sembra esserci un vantaggio ambientale assoluto nell'acquisto di capi di abbigliamento online rispetto all'acquisto degli stessi articoli in negozio. Piuttosto, tutto dipende dal comportamento del singolo consumatore e dalle scelte che egli fa. C. Borggren et al. (2011) mette in risalto il seguente concetto: le differenze generali tra gli impatti ambientali potenziali dell'acquisto di un libro in una libreria tradizionale o da un sito internet sono molto ridotte, in quanto fortemente dipendenti dal comportamento del consumatore in ogni specifica circostanza. Particolare importanza è data alla combinazione di diverse attività o acquisti in un unico viaggio (trip chaining). A. Wiese et al. (2012) sostiene che, nella maggior parte dei casi, la vendita al dettaglio online produce meno emissioni di CO_2 rispetto alla vendita in negozio. Tuttavia, l'acquisto fisico è più sostenibile quando le distanze di viaggio sono ridotte. D. Weideli (2019) assume che il processo di acquisto si compone di tre fasi principali: ricerca, compera, ed eventualmente reso. Ognuna di queste tre fasi può essere svolta recandosi in negozio oppure navigando su Internet, originando diversi pattern di comportamento, riportati in *Tabella 3*.

Tabella 3 - Pattern comportamentali più comuni ipotizzando che il processo di acquisto sia costituito dalle fasi di ricerca, acquisto e reso [D. Weideli, 2019]

Behavior	Search	Purchase	Return
Traditional Shopper	In stores (multiple trips)	In store	In store
Traditional Shopper Impulse	In store (single trip)	In store	In store
Traditional Shopper e-informed	Online	In store	In store
Modern Shopper (Impatient)	Online - In store	Online (air delivery)	Online
Cybernaut (Impatient)	Online	Online (air delivery)	Online
Cybernaut Quick Return (Impatient)	Online	Online (air delivery)	In store
Cybernaut Pick Up	Online	Online (purchase) In store (pick up)	In store

Dalla quantificazione dell'impatto ambientale di ciascuno di essi, emerge che in media, quando si confrontano comportamenti online e tradizionali, i primi tendono ad essere più efficienti dal punto di vista ambientale, in quanto caratterizzati da operazioni molto standard e ottimizzate che non dipendono dal consumatore, come l'evasione dell'ordine e la consegna a domicilio. Tuttavia, anche in questo caso, se si tiene conto della variabilità dei molteplici comportamenti non esiste un vantaggio ambientale assoluto. Ad esempio, nel profilo "Modern Shopper" l'aggiunta del trasporto personale durante la fase di ricerca erode il vantaggio del comportamento online nelle altre due fasi. In modo del tutto analogo, H.B. Rai et al. (2019) definisce sei diversi profili di comportamento di acquisto: due profili a canale singolo (acquirente online e acquirente tradizionale), e quattro profili multicanale, che combinano online e tradizionale nelle varie fasi del processo di acquisto. Dai risultati si può notare come i comportamenti online impattino meno sull'ambiente rispetto a quelli tradizionali. Un'analisi di sensitività dimostra la robustezza di questi risultati, ma nonostante ciò, gli autori rimarcano l'importanza della dipendenza dei risultati stessi dal contesto specifico del caso di studio, in termini di prodotto considerato (scarpe), ambito geografico (Belgio), caratteristiche del rivenditore, dei consumatori, e del fornitore di servizi logistici.

J.R. Brown & A. L. Guiffrida (2014) dimostra, attraverso l'analisi del break-even point, come il vantaggio in termini sostenibili di una forma di acquisto sull'altra dipenda anche dalla domanda del servizio di consegna a domicilio. È possibile stabilire, infatti, un numero di acquirenti al di sotto del quale la consegna a domicilio genera più emissioni di CO_2 rispetto alla situazione in cui la totalità degli stessi acquirenti si reca in negozio per l'acquisto. Sempre a tal proposito, M. Jaller & A. Pahwa (2020) rivela che, se più di 92 consegne vengono integrate in un unico viaggio, l'e-commerce con consegna a domicilio ha prestazioni ambientali migliori rispetto agli acquisti in negozio. Inoltre, sempre questa ricerca, dimostra quantitativamente un concetto già emerso dalle ricerche presentate finora: il contesto geografico di riferimento incide in modo non trascurabile sul comportamento di acquisto e di conseguenza sull'impatto ambientale dei diversi canali. Dai risultati empirici emerge che, siccome la popolazione della città di Dallas è circa tre volte quella di San Francisco, ci aspetteremmo delle esternalità negative dovute agli acquisti tre volte superiori, ma in realtà non è così. Il modello decisionale costruito denota che a San Francisco le persone sono più propense a fare acquisti nei negozi rispetto alle persone residenti a Dallas, quindi le esternalità negative legate allo shopping generate a Dallas sono solo 2,3 volte maggiori, e non 3, rispetto a San Francisco, a causa del fatto che l'acquisto in negozio è meno sostenibile. L'approccio analitico sviluppato e presentato nello studio A. Goodchild et al. (2018) documenta che le due variabili chiave che determinano se è più sostenibile un servizio di consegna a domicilio o un viaggio personale sono il rapporto tra i fattori di emissione dei veicoli utilizzati rispettivamente per il viaggio e per la consegna a domicilio e il numero di clienti serviti. I risultati mostrano che se il numero di clienti è limitato e il rapporto fra i fattori di emissione è basso, è più sostenibile il viaggio personale in negozio. Al contrario, con un numero elevato di clienti e un alto rapporto tra i fattori di emissione, è preferibile la consegna a domicilio. P. Van Loon et al. (2015) effettua una distinzione tra diverse modalità di acquisto considerando più scenari con diverse ipotesi. Dallo scenario base, considerando la dimensione media del carrello per ciascuna modalità di acquisto, emerge che le consegne a domicilio causano mediamente più emissioni sia rispetto all'acquisto tradizionale, sia rispetto all'acquisto online con ritiro in negozio. Variando lo scenario, considerando l'acquisto di un unico prodotto la situazione cambia drasticamente. In questo caso gli acquisti in negozio e gli acquisti online con ritiro in negozio superano gli acquisti online in termini di emissioni. Perciò un'altra discriminante fondamentale è proprio il numero di prodotti acquistati.

Secondo K. Carling et al. (2015), considerando l'intera catena logistica di un prodotto elettronico dal punto di ingresso nella regione Dalecarlia in Svezia fino alla residenza del consumatore, l'acquisto in un punto vendita fisico, in media, provoca l'emissione di 7,4 kg di CO_2, mentre l'acquisto dello stesso prodotto online genera solo 1,2 kg di CO_2. Pertanto, passando dall'acquisto tradizionale all'acquisto online, i consumatori ridurrebbero le emissioni di CO_2 di circa l'84%. Y.B. Zhao et al. (2019) sottolinea che la vendita al dettaglio tradizionale ha un impatto ambientale maggiore rispetto all'e-commerce, e la differenza nelle emissioni di CO_2 per articolo è pari a $1{,}28 \pm 0{,}31$ kg. La differenza totale tra la vendita al dettaglio tradizionale l'e-commerce in Cina è di circa 124 milioni di tonnellate di CO_2. D. Sivaraman et al. (2007) espone che, in riferimento all'acquisto di DVD, il canale online generava più o meno la metà delle emissioni generate dalla vendita tradizionale per le varie categorie di inquinanti considerate (CO_2, CO, NO_x, SO_2, HC, PM_{10}, Energia). J. Edwards et al. (2010), studio riguardante esclusivamente i resi, suggerisce che effettuare un viaggio dedicato per la restituzione di un articolo in negozio emette molta più CO_2 rispetto alla situazione in cui un corriere ritira a domicilio l'articolo da restituire, integrando il ritiro nel suo giro di consegne ordinario. W. Chen & W. Yan (2020), attraverso un'analisi di regressione, fa vedere che lo sviluppo dell'e-commerce è in grado di ridurre significativamente la concentrazione di SO_2 nell'aria nelle città della Cina. I risultati della stima OLS e della stima con variabile strumentale (2SLS IV)[2] denotano entrambi una correlazione negativa tra gli indici di sviluppo dell'e-commerce e la concentrazione di SO_2. Passando al settore dei generi alimentari, B.R. Heard et al. (2019) stima le emissioni di gas serra provocate dall'acquisto di un pasto alimentare rispettivamente in un supermercato oppure online con consegna a domicilio. L'analisi comprende l'intero di ciclo di vita, a partire dalla produzione agricola fino ad arrivare allo smaltimento dei rifiuti. I risultati mostrano che le emissioni medie sono pari a 6,1 kg di CO_2 per i pasti ordinati online e pari a 8,1 kg CO_2 per i pasti acquistati al supermercato. A. Bjørgen et al. (2019) spiega che la consegna a domicilio di alimenti riduce il numero viaggi personali per la spesa ma non li elimina (ancora) del tutto. È quindi irrealistico supporre che la diffusione dei servizi di consegna a domicilio porti all'eliminazione completa dei viaggi al supermercato. Dall'indagine condotta emerge infatti che, nonostante il 64% degli utenti affermi di visitare i negozi fisici con meno frequenza rispetto a prima, continua comunque a recarsi presso di essi per fare acquisti. I risultati evidenziano, comunque, che gli intervistati, i cui viaggi per

[2]OLS (ordinary least squares) e 2SLS IV (two stage least squares instrumental variable) sono due modi diversi di stimare i coefficient di una regressione lineare.

la spesa sono cambiati a causa della diffusione di questi nuovi servizi, scelgono modalità di viaggio più sostenibili rispetto a prima: utilizzano meno l'auto e scelgono di più i mezzi pubblici o di andare a piedi. Ciò indica che la consegna a domicilio di alimenti ha il potenziale per rendere più sostenibile la logistica dell'ultimo miglio. L. Hardi & U. Wagner (2019) dimostra che, in Germania, la consegna a casa di generi alimentari porta a risparmi di energia e anidride carbonica, considerando un'ampia gamma di veicoli privati utilizzati per recarsi a fare la spesa. Tuttavia, se l'intera flotta di veicoli dei consumatori fosse elettrificata, l'utilizzo di veicoli a combustione interna per effettuare le consegne causerebbe un impatto ambientale maggiore.

In conclusione, possiamo affermare che, a differenza degli studi sui processi logistici esaminati precedentemente, che sembrano avere risultati per la maggior parte allineati, questo insieme di pubblicazioni presenta risultati abbastanza discordanti. Notiamo infatti l'esistenza di alcune ricerche che affermano che dal punto di vista dell'impatto ambientale l'e-commerce con consegna a domicilio è vantaggioso, mentre altre sostengono il contrario. Ma se si esaminano nel dettaglio questi studi notiamo che essi sono caratterizzati da un contesto di analisi molto specifico, con ipotesi molto stringenti (per esempio categoria merceologica unica, ambito geografico molto localizzato ecc.) Se si amplia e generalizza il contesto, come evidente da un altro sottogruppo di ricerche, ciò che emerge chiaramente è che nessuna forma di acquisto presenta attualmente un vantaggio assoluto e oggettivo sulle altre ma tutto dipende dalle condizioni al contorno e dalle scelte effettuate dai singoli acquirenti. Le principali variabili che influenzano la differenza di emissioni generate tra le diverse forme di acquisto sono elencate in *Tabella 4*.

Tabella 4 – Variabili quantitative che incidono sull'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio (domanda)

VARIABILI LATO DOMANDA
Distanza percorsa dal consumatore
Mezzo utilizzato per il trasporto personale
Categoria di prodotto acquistato
Abbinamento del viaggio (trip chaining)
Dimensione del carrello
Ambito geografico
Modalità di ricerca e di eventuale reso

Una volta chiara la visione d'insieme offerta da questa revisione della letteratura scientifica, da questo momento in poi, il lavoro di tesi si concentrerà sullo sviluppo di un caso di studio italiano sulla falsa riga di quelli proposti dagli studi esaminati. La modalità di raccolta dati e la metodologia applicata saranno illustrate nel capitolo successivo.

Capitolo 3

Raccolta dati e modello di analisi

La raccolta dei dati, ossia la rilevazione delle variabili oggetto di studio, è un aspetto fondamentale in ogni ricerca scientifica e può avvenire attraverso l'utilizzo di una o più tecniche. Le più comunemente utilizzate negli studi quantitativi, come emerso anche dal capitolo precedente, sono le seguenti:

- Osservazione diretta del fenomeno;
- Somministrazione di questionari;
- Estrapolazione dei dati dalla letteratura scientifica;
- Utilizzo di database, statistiche nazionali o altri dati di pubblica disponibilità.

Come evidenziato dalla letteratura, per l'impostazione di un caso studio reale è necessaria una raccolta dati relativa sia alle variabili riguardanti il comportamento di acquisto dei consumatori, sia alle variabili riguardanti le attività del processo di consegna a domicilio messe in atto dagli operatori logistici. Trattandosi di due prospettive completamente diverse, sono state scelte due differenti modalità di raccolta dati.

Survey sul comportamento d'acquisto

Per l'analisi delle abitudini di acquisto è stato costruito un apposito questionario da somministrare a un determinato campione di utenti. Generalmente, un questionario è uno strumento utilizzato nelle scienze sociali (psicologia, sociologia, economia, indagini di mercato), composto da un insieme strutturato di domande definite a priori da chi lo costruisce, che ha la funzione di raccogliere informazioni in modo standardizzato sulle variabili qualitative e/o quantitative oggetto del fenomeno da indagare, tali per cui è possibile poi effettuare analisi di tipo matematico o statistico [5]. Il processo di costruzione di un questionario prevede tre passaggi fondamentali:

1. Identificazione degli obiettivi;
2. Redazione;
3. Verifica.

Durante la prima fase gli aspetti da prendere in considerazione sono: l'oggetto e lo scopo dell'indagine, le ipotesi e il campione, più o meno grande, da estrarre dalla popolazione di riferimento. La fase di redazione è sicuramente la più delicata poiché prevede l'effettuazione della scelta di due elementi essenziali per un questionario: le domande da utilizzare e le modalità di somministrazione. Le domande di cui un questionario si può avvalere possono essere classificate sulla base della forma tecnica oppure sulla base del contenuto. In funzione della forma tecnica le domande possono essere:

- Aperte – non prevedono alternative di risposta definite a priori. La risposta, numerica o testuale, viene espressa liberamente in uno spazio appositamente lasciato libero;
- Chiuse – prevedono alternative di risposta definite a priori. Si dividono a loro volta in:
    - Singole – richiedono la scelta di un'unica risposta fra quelle indicate;
    - Multiple – è possibile scegliere più di una risposta fra quelle indicate;
- Con scala di valutazione – prevedono che la risposta sia indicata su una scala predefinita che pone ai suoi estremi due risposte totalmente opposte fra loro. La scelta viene espressa scegliendo un valore della scala tale per cui la distanza dagli estremi rifletta correttamente la preferenza gradita. Due tipi di scala molto diffuse sono la scala Likert e la scala del differenziale semantico, ma in generale esistono scale:
    - Numeriche (discrete o continue);
    - Verbali (quasi sempre discrete).

La scelta tra domande aperte, chiuse o con preferenza espressa su scala di valutazione deve essere effettuata considerando lo specifico fenomeno sul quale si cerca di indagare e il trade-off tra vantaggi e svantaggi di ciascuna forma tecnica, riassunti in *Tabella 5*.

Tabella 5 - Vantaggi e svantaggi delle possibili forme tecniche delle domande di un questionario

Forma tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Domanda aperta	▪ Non condiziona la risposta ▪ Utile per trattare argomenti delicati	▪ Elevato livello di arbitrarietà ▪ Criticità nell'interpretazione delle risposte
Domanda chiusa	▪ Facilita il compito del rispondente ▪ Riduce i tempi di elaborazione	▪ Esclude le alternative di risposta non previste ▪ Influenza le risposte anche di chi non ha opinioni sull'argomento

Forma tecnica	Vantaggi	Svantaggi
Scala di valutazione	▪ Semplicità di applicazione ▪ Compatibilità con tecniche di quantificazione dei dati	▪ Si presta a manipolazioni ▪ Non considera la possibilità di esprimere opinioni particolari

In funzione del contenuto, invece, le domande possono essere:

- Di base – quesiti sulle caratteristiche anagrafiche dell'intervistato (genere, professione, reddito, età ecc.);
- Strutturali – quesiti che riguardano attributi fondamentali dell'intervistato in relazione al fenomeno sul quale si sta indagando;
- Comportamentali – quesiti che riguardano fatti, esperienze concrete dell'intervistato;
- Filtro – quesiti che permettono di saltare uno o più quesiti successivi al verificarsi di alcune condizioni. Sono utili quando:
    - È necessario indirizzare particolari sottogruppi di rispondenti verso blocchi di domande specificamente rivolte a loro;
    - Si vuole evitare di porre quesiti fortemente dettagliati quando è inutile;
    - Si vogliono evitare condizionamenti nella risposta.

Le modalità di somministrazione di un questionario sono diverse e, anche in questo caso, la scelta va fatta in base ai punti di forza e di debolezza di ciascuna a seconda degli obiettivi della ricerca, del campione considerato e dei tempi e costi della rilevazione. Le tecniche più utilizzate sono:

- L'intervista diretta (faccia a faccia);
- L'intervista telefonica;
- La diffusione via e-mail, app di messaggistica, social network.

I vantaggi e svantaggi di ciascuna modalità sono schematizzati in *Tabella 6* [7].

Tabella 6 - Vantaggi e svantaggi delle modalità di somministrazione di un questionario

Modalità di somministrazione	Vantaggi	Svantaggi
Intervista diretta	▪ Il rispondente è identificato con certezza ▪ Possibilità di istruire il rispondente sul significato delle domande e sul modo corretto di fornire le risposte	▪ Tempi e costi elevati ▪ Possibilità che l'intervistato sia influenzato dall'intervistatore
Intervista telefonica	▪ Costi e tempi più bassi rispetto all'intervista faccia a faccia	▪ Condizionamenti minori rispetto all'intervista faccia a faccia, ma comunque possibili
Diffusione via e-mail, app di messaggistica, social network	▪ Costi di realizzazione molto bassi ▪ Rischi di condizionamento assenti	▪ Tempi molto lunghi di raccolta dati ▪ Autoselezione dei rispondenti ▪ Impossibilità di aiutare i rispondenti nella comprensione delle domande e nella compilazione. Le risposte potrebbero essere perciò logicamente incongruenti

Oltre alle domande e alle modalità di somministrazione, altri elementi su cui porre particolare attenzione in fase di redazione del questionario sono il linguaggio e la successione delle domande. Per quanto riguarda il primo aspetto, è necessaria una particolare cura della dinamica psicologica della relazione che si viene a creare tra intervistato ed intervistatore, secondo le nozioni basilari della comunicazione interpersonale. Chi esegue l'indagine deve cercare di mettere a proprio agio l'intervistato, creando le condizioni ideali affinché egli possa fornire il maggior numero di informazioni attendibili. Pertanto, gli accorgimenti da adottare sono i seguenti:

- Scrivere una breve introduzione al questionario in cui si esplicitano gli obbiettivi dell'indagine, chi la realizza, le istruzioni di compilazione e in cui si rassicura

l'intervistato che sarà garantito l'anonimato e che le sue risposte saranno analizzate in modo confidenziale;

- Usare termini semplici e precisi che indirizzino verso una corretta interpretazione della domanda, evitando locuzioni poco conosciute, definizioni ambigue e termini troppo tecnici;
- Evitare domande troppo lunghe.

Per quanto riguarda il secondo aspetto, occorre stabilire in che modo concatenare le domande seguendo un filo logico, aggregando i quesiti relativi ad uno stesso argomento in un'unica batteria o set di domande. Per gestire la loro successione esistono due tecniche principali:

- La successione a imbuto – prevede il passaggio da domande più generali a domande via via più specifiche per dare la possibilità al rispondente di focalizzare l'attenzione sul tema proposto in modo graduale;
- La successione a imbuto rovesciato – prevede che siano poste prima le domande più specifiche e poi quelle più generali.

La terza e ultima fase è la verifica, che serve per valutare la qualità del questionario redatto. La verifica prevede in genere un test o indagine pilota, ovvero una somministrazione di prova del questionario per testare la comprensione delle domande e altre eventuali criticità inerenti alla formulazione, all'ordine, al numero e al linguaggio. Sulla base di ciò che emerge da questa verifica è possibile fare gli opportuni aggiustamenti e modifiche, giungendo così alla stesura definitiva del questionario [6].

Per la formulazione del questionario utilizzato per la raccolta di informazioni utili a questo lavoro di tesi, riportato integralmente in *Appendice B*, è stata utilizzata la piattaforma Google Form, che offre tutti gli strumenti necessari a redigere un questionario in base ai principi fondamentali illustrati finora. L'obbiettivo del questionario è collezionare dati relativi alle variabili riferite alle abitudini di acquisto dei consumatori identificate dalla revisione della letteratura (*Tabella 4*), che incidono sull'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio. Il questionario è stato costruito con la tecnica della successione a imbuto e si articola in quattro sezioni:

1. Informazioni generali;
2. Frequenza di acquisto;
3. Abitudini di acquisto in negozio;
4. Abitudini di acquisto online.

La prima sezione ha come scopo conoscere le informazioni anagrafiche del consumatore intervistato che, una volta aggregate, ci permetteranno di osservare la distribuzione del campione in termini di sesso, età, città di residenza, titolo di studio, professione, fascia di reddito familiare[3], possesso di un'auto.

Nelle sezioni successive le domande presentano tutte la medesima struttura. La forma tecnica scelta tra le varie alternative proposte da Google Form è la griglia a risposta chiusa, in cui sulle righe sono riportate le nove categorie merceologiche scelte per la ricerca, e sulle colonne le alternative di risposta relative alla specifica domanda posta all'intervistato. La griglia richiede una sola riposta per ogni riga. La totalità delle domande del questionario è perciò tutta a riposta chiusa, in modo tale da rendere il questionario semplice e veloce da compilare e allo stesso tempo ottenere risposte puntuali, scegliendo tra quelle predeterminate, facilmente convertibili in dati quantitativi. È bene precisare che la scelta delle classi di prodotto e delle alternative di risposta proposte per ogni domanda è stata effettuata sulla base delle evidenze scientifiche emerse dalla letteratura analizzata in precedenza e sulla base delle caratteristiche del contesto di riferimento della ricerca.

La sezione "Frequenza di acquisto" ci permette di ricavare informazioni sull'assiduità dei consumatori nel comprare un certo tipo di prodotto, sia in negozio sia online. Inoltre, è stata inserita una domanda che richiede di indicare, eventualmente, la maniera con cui il consumatore intervistato effettua la ricerca di informazioni sul prodotto da acquistare.

La sezione "Abitudini di acquisto in negozio" riguarda, per l'appunto, il comportamento d'acquisto tradizionale. Le risposte alle domande di questa sezione permettono di estrarre informazioni inerenti alle seguenti variabili:

- Mezzo di trasporto utilizzato per raggiungere il negozio;
- Tempo impiegato per raggiungere il negozio;
- Distanza percorsa per raggiungere il negozio;
- Numero di medio di articoli acquistati in ogni negozio;
- Abbinamento del viaggio con altri acquisti e/o commissioni.

In relazione all'ultimo aspetto elencato, al fine di massimizzare il livello di precisione delle informazioni ricavate dai consumatori intervistati, sono state inserite due domande. La prima è strutturata sempre con una griglia a risposta chiusa, questa volta a scelta multipla, in cui

[3] Le alternative di risposta corrispondono agli scaglioni nazionali che determinano l'aliquota IRPEF

sia sulle righe che sulle colonne sono riportate le categorie merceologiche, formando una matrice simmetrica. È richiesto quindi al rispondente di abbinare i negozi visitati durante lo stesso viaggio. La seconda domanda, invece, è un semplice quesito chiuso a risposta singola che richiede quante altre commissioni, che non comportano acquisti, vengono svolte durante lo stesso viaggio.

La sezione "Abitudini di acquisto online" è analoga alla precedente. Però, dal momento che l'acquisto online non prevede viaggi personali, le uniche due domande poste al consumatore intervistato riguardano il numero medio di articoli acquistati per ogni classe di prodotto e la modalità utilizzata più frequentemente per l'effettuazione dei resi.

In merito alla modalità di somministrazione, avendo come unica opzione la somministrazione per via telematica (mail, messaggi, social), che, come osservato in precedenza, presenta il grande svantaggio dell'autoselezione dei rispondenti, il campione non è stato definito a priori. Si è cercato di raccogliere il maggior numero di risposte possibili e, solo in seguito all'analisi, tenendo conto del fatto che il caso di studio avrà la città di Torino come contesto di riferimento, è stato identificato il campione.

Infine, per quanto concerne l'elaborazione dei dati estrapolati dalle risposte, l'utilizzo di Google Form comporta automaticamente la raccolta delle risposte in un foglio di calcolo, cosa che rende più agevole l'elaborazione. Per le variabili quantitative (frequenza di acquisto, distanza percorsa, numero di articoli acquistati, abbinamento del viaggio) l'aggregazione dei dati per ogni categoria di prodotto è avvenuta attraverso il calcolo del valore medio. Però, dal momento che le alternative di risposta sono espresse in intervalli di valori e non in valori puntuali, è stato necessario approssimare la media considerando, convenzionalmente, il valore centrale dell'intervallo. La formula utilizzata è la seguente:

$$\mu = \frac{\sum_{i=0}^{z} f_i * x_i}{n}$$

Dove:

- μ è il valore medio;
- z è il numero di alternative di risposta;
- f_i è la frequenza dell'i-esima alternativa di risposta;
- x_i è il valore centrale dell'intervallo relativo all'i-esima alternativa di risposta;
- n è il numero totale di risposte.

Per le variabili categoriche (modalità di effettuazione della ricerca, mezzo di trasporto utilizzato, modalità di effettuazione del reso) non è possibile eseguire il calcolo appena visto, per questo sono state prese in considerazione solamente le frequenze per ogni alternativa di risposta e calcolate le frequenze relative rapportandole al numero totale di risposte.

Modello quantitativo per il calcolo delle emissioni inquinanti

Per quantificare le emissioni inquinanti legate all'acquisto di un prodotto è stato sviluppato un modello analitico/quantitativo che mette insieme i dati relativi alle due prospettive di analisi, ossia comportamento dei consumatori e processi degli operatori logistici. Riguardo al primo aspetto, come appena visto, i dati utilizzati sono quelli ottenuti dall'analisi delle risposte al questionario, mentre per il secondo i dati necessari sono stati estrapolati dalla letteratura scientifica analizzata o dal web, in quanto di pubblica disponibilità. Dal momento che l'output del modello quantitativo sarà la quantità (massa) di emissioni inquinanti generate dall'acquisto, online o in negozio di un singolo prodotto, prima di addentrarci nella spiegazione dettagliata delle formule matematiche, è bene fare chiarezza riguardo alla tipologia di emissioni inquinanti esaminate in questo lavoro di tesi.

Un inquinante atmosferico è una sostanza che in modo diretto o indiretto determina l'alterazione delle risorse biologiche e dell'ecosistema terrestre, costituendo un pericolo per la salute dell'uomo. In questo caso, il fenomeno che si sta cercando di studiare è la movimentazione di persone e merci eseguita allo scopo di soddisfare le esigenze dei consumatori finali. Questa movimentazione, ovviamente, avviene grazie all'utilizzo di mezzi trasporto su strada o in alcuni casi su rotaia che impattano in modo diverso sull'ambiente in base alle loro caratteristiche. I processi di combustione che avvengono all'interno dei motori dei veicoli generano diverse sostanze inquinanti, quali: ossidi di azoto (NO_x), particolato atmosferico (PM_{10}), idrocarburi (HC), biossido di zolfo (SO_2), anidride carbonica (CO_2) [8]. Quest'ultima è il gas serra con il più alto livello di concentrazione presente nell'atmosfera terrestre, e svolge la funzione fondamentale di intrappolare la radiazione infrarossa della luce solare riflettendola nuovamente verso la superficie terrestre (il cosiddetto "effetto serra"), impedendo che essa subisca grandi variazioni termiche fra l'alternanza di giorno e notte. Inoltre, l'anidride carbonica partecipa al ciclo del carbonio, che permette lo scambio di carbonio tra gli esseri viventi e l'ambiente. L'aumento della sua concentrazione nell'atmosfera causato dalle attività umane, al quale si è assistito a partire dalla rivoluzione industriale, ha provocato gravi scompensi nel ciclo naturale, in particolare

favorendo il surriscaldamento globale e i fenomeni ad esso collegati, come ad esempio cambiamenti climatici catastrofici, scioglimento di ghiacciai, innalzamento del livello del mare, modifica degli habitat naturali ed estinzione di molte specie viventi [9]. Per questi motivi nella grande maggioranza degli studi scientifici che cercano di quantificare l'impatto ambientale di un certo fenomeno, esso viene espresso come la massa di CO_2 generata dal verificarsi del fenomeno stesso, misurata in grammi o kilogrammi.

Una volta definita la sostanza inquinante presa in esame, è molto importante fare distinzione tra emissioni well-to-wheel (dal pozzo alla ruota), well-to-tank (dal pozzo al serbatoio) e tank-to-wheel (dal serbatoio alla ruota) generate dal consumo di carburante nei mezzi di trasporto. Come evidente dallo schema in *Figura 6*, le emissioni well-to-tank sono relative solamente alle fasi del ciclo di vita del carburante che avvengono a monte dell'utilizzo finale (estrazione delle materie prime, produzione, distribuzione). Al contrario, le emissioni tank-to-wheel sono associate esclusivamente alla fase di utilizzo finale del carburante, ovvero alla combustione che avviene all'interno del veicolo. Le emissioni well-to-wheel sono invece inerenti all'intero ciclo di vita del carburante, dall'estrazione delle materie prime fino alla combustione all'interno dei veicoli, e sono quindi date dalla somma delle prime due. In questo lavoro di tesi le emissioni calcolate tramite l'applicazione del modello quantitativo sviluppato saranno di tipo well-to-wheel per un motivo molto semplice: l'ultimo step dello studio prevede lo svolgimento di un analisi di sensitività che, come vedremo in seguito più nel dettaglio, serve per confrontare i risultati dello scenario di base, che presuppone l'utilizzo di veicoli a combustione interna da parte dell'operatore logistico e l'utilizzo di veicoli di diverso tipo (diesel, benzina, gas, elettrici) da parte dei consumatori, con i risultati di scenari alternativi in cui si immagina la sostituzione dei veicoli a combustione interna con veicoli elettrici. Dal momento che le emissioni tank-to-wheel dei veicoli elettrici sono nulle a causa dell'assenza di combustione, questo confronto perderebbe completamente di significato se si considerassero solamente questo tipo di emissioni. Per ottenere le emissioni well-to-wheel saranno dunque utilizzati i fattori di emissione di veicoli (g di CO_2/km) e carburanti (g di CO_2/l per diesel/benzina oppure g di CO_2/kWh per l'elettricità) che tengono conto di tutte le fasi del ciclo di vita.

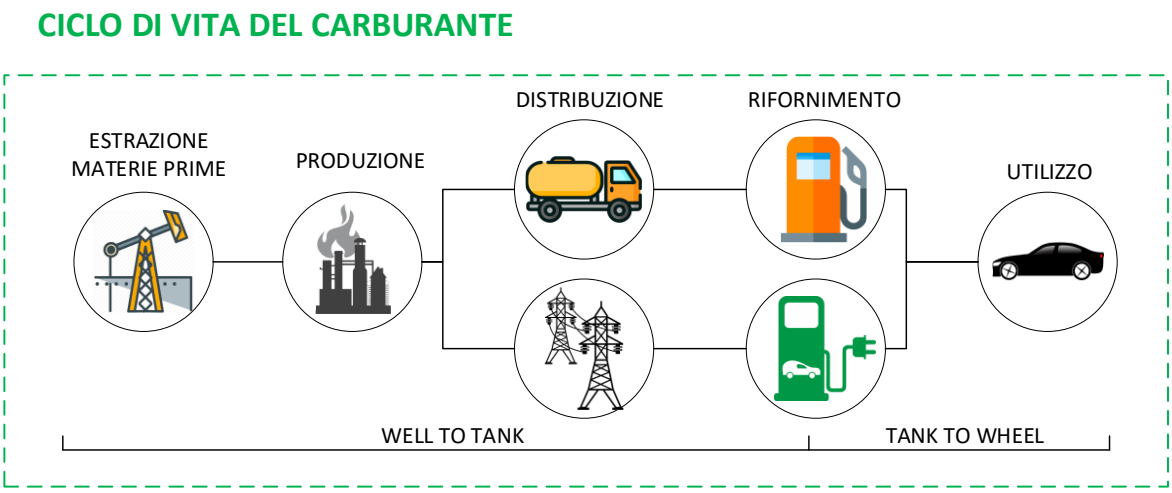


Figura 6 - Fasi del ciclo di vita del carburante con relative emissioni

Il primo step del modello quantitativo prevede la stima della distanza percorsa dai veicoli utilizzati per effettuare le consegne a domicilio dei prodotti acquistati su internet. Le formule impiegate per calcolare questa distanza sono state ottenute da un ulteriore modello già presente in letteratura e poi applicate ai dati relativi a uno specifico Logistic Service Provider attivo nella città di Torino. Gli input per il calcolo della distanza percorsa sono i seguenti [C.F. Daganzo, 1984]:

- Domanda giornaliera di consegne (N);
- Area cittadina servita (A);
- Vincoli temporali:
  - Durata del turno lavorativo (W);
  - Velocità media del traffico urbano (v);
  - Tempo di fermata per consegna (s);
- Posizione del deposito.

Per quanto riguarda il numero giornaliero di consegne, non avendo a disposizione dati reali forniti direttamente dall'operatore logistico considerato, N è stato stimato a partire dal dato, fornito dall'Osservatorio E-commerce B2C del Politecnico di Milano, sul numero totale di consegne mensili nella provincia di Torino. Rapportando questo dato alla popolazione del comune di Torino e dividendo per i 30 giorni mensili, è possibile ricavare la domanda giornaliera di consegne. Tale domanda è soddisfatta tramite i servizi offerti da molteplici imprese attive nel mercato di consegna dei pacchi, diviso in diversi segmenti (*Grafico 15*). Innanzitutto, bisogna distinguere tra consegne nazionali e consegne internazionali; poi all'interno di ciascuno di questi due macro-segmenti il mercato si divide ulteriormente in

consegne espresse e consegne differite, che si differenziano per il tempo necessario a portare a termine la consegna.

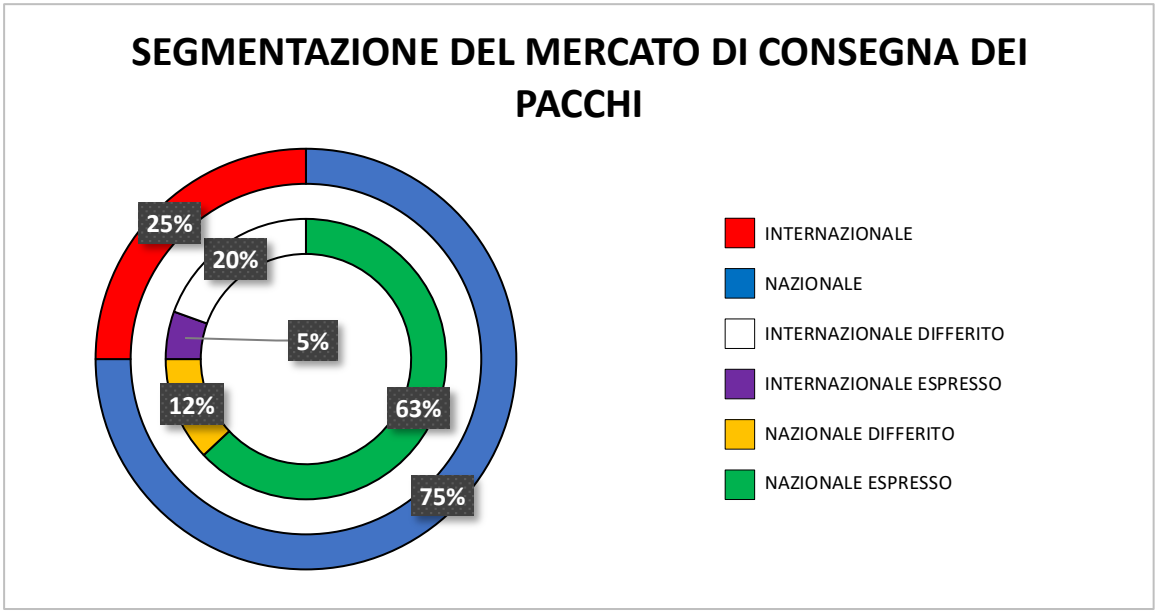


Grafico 15 - Segmentazione del mercato di consegna dei pacchi. Rielaborazione dati AGCOM, 2020

Detto questo, tenendo conto della quota di mercato dell'operatore considerato in ciascun segmento, è stato possibile stimare la domanda media giornaliera per l'operatore nella città di Torino (*Tabella 24*).

A questo punto, si ipotizza che questa domanda giornaliera sia ugualmente ripartita tra i due depositi presenti nell'area di riferimento: uno situato a Nord, nel comune di Settimo Torinese, e l'altro a Sud, nel comune di Grugliasco al confine con il comune di Torino. Per la rilevazione di dati reali necessari all'implementazione del modello è stata costruita una mappa ricorrendo alla piattaforma online Google My Maps, che consente di personalizzare qualsiasi mappa già presente in Google Maps in base alle proprie esigenze inserendo percorsi, destinazioni, linee, e poligoni. Dopo aver ricavato, dunque, l'area totale servita da ciascun deposito direttamente dalla mappa, è stato possibile calcolare la densità di consegne δ, cioè il numero di consegne per km^2:

$$\delta = \frac{N}{A}$$

Il modello prevede poi la suddivisione dell'area servita da ciascun deposito in zone. Esse devono essere di forma rettangolare, tutte di ugual dimensione, con il lato maggiore L orientato verso il deposito. Si presume che le varie destinazioni delle consegne siano distribuite in modo uniforme all'interno dell'intera area (δ costante) e in modo casuale

all'interno delle zone. Ogni zona rettangolare è assegnata a un veicolo che, parte dal deposito, raggiunge la zona di competenza, effettua il proprio giro di consegne e ritorna al deposito. Perciò, la distanza totale percorsa dal veicolo è data dalla somma di due contributi: la distanza percorsa all'interno della zona per effettuare il giro di consegne (d_t) e la distanza necessaria a raggiungere la zona di competenza partendo dal deposito e per farvi ritorno, detta distanza Line-Haul (d_{lh}). Quindi:

$$D = d_t + 2d_{lh}$$

Il primo contributo è dato da:

$$d_t = d * C$$

Dove:

- d è la distanza tra due consegne successive;
- C è il numero di consegne effettuate da un veicolo nella sua zona di competenza.

La distanza d è stimata con la seguente formula:

$$d = \frac{\phi(\delta l^2)}{\sqrt{\delta}}$$

In cui l è il lato minore della zona rettangolare e $\phi(x)$ è dato da:

$$\phi(x) = \begin{cases} \left(\frac{\sqrt{x}}{6} + \frac{2}{\sqrt{x}} * \frac{2}{(x/4)^2}\right) * \left[\left(1 + \frac{x}{4}\right) * \ln\left(1 + \frac{x}{4}\right) - \frac{x}{4}\right], & x < 12 \\ 0.9\,, & x \geq 12 \end{cases}$$

Il numero di zone rettangolari in cui è suddivisa l'area totale da servire, corrispondente al numero di veicoli utilizzati, non è noto a priori. Di conseguenza, anche C è un parametro incognito, che deve essere determinato sulla base dei vincoli temporali precedentemente elencati. È possibile perciò costruire un'equazione per il calcolo del tempo necessario per effettuare tutte le consegne:

$$W = \frac{d_t}{v} + \frac{s * C}{60}$$

Ponendo il valore di W pari a 7 ore, in quanto si presume che un'ora del turno lavorativo sia dedicata alle operazioni di carico del veicolo presso il deposito, la velocità urbana pari a 30 km/h e il tempo di fermata pari a 5 minuti, risolvendo l'equazione iterativamente si riesce a

ricavare C. Di conseguenza si può calcolare il numero di veicoli necessari, il numero di zone rettangolari e le dimensioni delle zone stesse.

Solo una volta fatto ciò sarà possibile applicare la formula vista in precedenza per stimare la distanza del tour di consegne all'interno di ogni zona. Come detto in precedenza, a questa si andrà a sommare la distanza da percorrere per raggiungere la zona a partire dal deposito e per farvi ritorno una volta completato il giro. È possibile ricavare la distanza Line-Haul (d_{lh}) per ogni zona direttamente dalla mappa costruita con Google My Maps dato che la posizione dei depositi e i confini delle zone sono noti.

Il secondo step consiste nel calcolo del consumo urbano di carburante dei veicoli utilizzati per le consegne, tenendo conto del fatto che il carico del veicolo diminuisce man mano che le consegne vengono effettuate. La formula utilizzata è la seguente [N. Arviddson, 2013]:

$$F_c = \sum_{i,j}^{C+2} 0{,}057767 * d_{ij} * (p + h_{ij})^{0{,}6672}$$

Dove:

- F_c è il consumo di carburante espresso in litri;
- d_{ij} è la distanza tra due consegne successive i e j;
- p è la massa propria del veicolo;
- h_{ij} è la massa del carico trasportato dal veicolo tra due consegne successive i e j.

Per il calcolo sono state considerate le specifiche tecniche di un determinato veicolo commerciale utilizzato dall'operatore logistico preso in esame, cioè un furgone Wolkswagen Crafter L3H3 a trazione anteriore con un motore diesel da 177 CV [Wolkswagen, 2020]. Le ipotesi che sottintendono questo calcolo sono tre:

a) Il carico iniziale è pari alla capacità massima del veicolo;
b) Il furgone torna al deposito con il 10% del carico iniziale;
c) Il carico è equamente distribuito tra le consegne.

Il consumo di carburante è stato calcolato per tutti i veicoli assegnati a ciascuna zona. Dopo aver stimato il consumo medio ($\overline{F_c}$), è stato possibile ottenere le emissioni medie per consegna (G) eseguendo la conversione attraverso il fattore di emissione well-to-wheel per la combustione di un litro di gasolio (e_{diesel}) espresso in kg di CO_2/litro [A. Dalla Valle, 2018]. La formula utilizzata è, dunque, la seguente:

$$G = \frac{\overline{F_c} * e_{diesel}}{C}$$

A questo punto è possibile combinare i dati finora calcolati con i dati ottenuti dalla somministrazione del questionario. Per un singolo prodotto, appartenente a una data categoria tra quelle considerate, l'impatto ambientale (E), espresso in g di CO_2, è dato dalla somma degli impatti relativi alle tre fasi che compongono il processo di acquisto [D. Weideli, 2019]:

1. Ricerca di informazioni (S);
2. Acquisto (P);
3. Reso (R).

Quindi:

$$E = E_S + E_P + E_R$$

Ogni fase del processo può essere svolta navigando su Internet (online) oppure recandosi di persona in negozio (tradizionale), per cui il modello prevede il calcolo delle emissioni di ciascuna fase del processo di acquisto per entrambe le modalità per le nove classi di prodotto considerate. Partendo dalla fase di acquisto P, per ogni categoria merceologica si effettua il seguente calcolo:

$$P_t = \frac{2d_C}{b_t * t} * e_f$$

Dove:

- P_t è l'impatto ambientale dell'acquisto tradizionale in negozio di un prodotto;
- d_C è la distanza media percorsa dai consumatori per raggiungere il negozio;
- b_t è la dimensione media del carrello per l'acquisto in negozio;
- t è il numero medio di negozi e altre commissioni abbinati all'acquisto;
- e_f è il fattore di emissione espresso in g di CO_2/km/passeggero;

Quest'ultimo è stato calcolato facendo la media pesata dei fattori di emissione well-to-wheel delle diverse modalità di trasporto utilizzate dai consumatori (*Tabella 26*). I pesi, ricavati dalle risposte del questionario, sono dati dalla percentuale di risposte per ogni alternativa di trasporto. Per ottenere il fattore di emissione dei mezzi di trasporto a trazione elettrica, come ad esempio tram e metropolitana, è stato moltiplicato il consumo elettrico del veicolo

(espresso in kWh/km/passeggero) per il fattore di emissione dell'elettricità (espresso in g di CO_2/kWh), che tiene conto del mix italiano delle fonti di produzione e di tutte le fasi del ciclo di vita dell'energia elettrica (produzione, trasporto, perdite, utenza finale). Perciò:

$$e_f = w_{auto} * e_{auto} + w_{car-sharing} * e_{car-sharing} + w_{mezzi\ pubblici} * e_{mezzi\ pubblici} + w_{monopattino} * e_{monopattino} + w_{moto} * e_{moto}$$

Dall'altra parte, l'impatto ambientale dell'acquisto online di un prodotto si calcola con la seguente formula:

$$P_o = \frac{G}{b_o}$$

In cui:

- b_o è la dimensione media del carrello per l'acquisto online;
- G è la quantità media di CO_2 emessa per consegna calcolata in precedenza.

Passando alla fase di ricerca S:

$$S_t = P_t$$

Da questa uguaglianza si deduce una delle assunzioni del modello: siccome il comportamento adottato da un generico consumatore ogni qual volta egli debba recarsi in un negozio si può considerare molto simile (stessa distanza percorsa, stesso mezzo di trasporto, stessi abbinamenti) a prescindere da quale sia il fine ultimo del viaggio, la ricerca di informazioni in negozio, che consiste fondamentalmente nel recarsi in un punto vendita al solo scopo di osservare o provare un prodotto per poi acquistarlo in un momento successivo, genera la stessa quantità di emissioni dell'acquisto in negozio. Per quanto riguarda invece la ricerca online:

$$S_o = k * e_{energia}$$

Nella quale:

- k è l'energia elettrica consumata per navigare su internet per un tempo pari a 30 minuti utilizzando un dispositivo mobile (PC, smartphone, tablet);
- $e_{energia}$ è il fattore di emissione dell'energia elettrica espresso in g di CO_2/kWh (*Tabella 29*).

Infine, per la fase di reso:

$$R_t = \frac{2d_C}{b_t * t} * e_f * r = P_t * r = S_t * r$$

$$R_o = \frac{G}{b_o} * r = P_o * r = S_o * r$$

Da queste due equazioni notiamo come l'impatto ambientale del reso di un prodotto corrisponda all'impatto della fase di acquisto moltiplicato per il tasso di restituzione dei prodotti (r), che esprime proprio la probabilità che un prodotto venga restituito (*Tabella 30*). Perciò, anche per il reso in negozio si assume che il comportamento adottato dal generico consumatore per recarsi presso il punto vendita sia lo stesso adottato anche per la ricerca o per l'acquisto, mentre per il reso online si ipotizza che il ritiro venga effettuato a domicilio, integrando il ritiro nel giro di consegne effettuate dal corriere [J.B. Edwards et al., 2010]

L'aggregazione dei comportamenti online e tradizionali adottati dai consumatori ai fini del calcolo delle emissioni medie per singolo prodotto è stata eseguita utilizzando le frequenze relative di ciascuna modalità, ottenute dalle risposte al questionario, come pesi della media. Perciò, le formule utilizzate per le tre fasi sono le seguenti:

$$E_S = w_{St} * S_t + w_{So} * S_o$$

$$E_P = w_{Pt} * P_t + w_{Po} * P_o$$

$$E_R = w_{Pt} * R_t + w_{Po} * w_{Rt} * R_t + w_{Po} * w_{Ro} * R_o$$

Per la fase di reso la formula è leggermente più complessa perché bisogna considerare il fatto che il reso di un prodotto può essere effettuato in negozio anche se l'acquisto avviene online.

Analisi di sensitività

In generale, un modello matematico può essere visto come una scatola nera che elabora le variabili di input per restituire un certo risultato. Spesso però, la complessità del modello, dovuta per esempio al coinvolgimento di molte variabili di input o all'utilizzo di formule sofisticate, non rende agevole la comprensione delle relazioni che esistono tra input e output. Inoltre, molti o addirittura tutti gli input del modello sono caratterizzati da un certo livello di incertezza, dovuto ad esempio a errori di misurazione o assenza di informazioni, che può compromettere l'affidabilità dei risultati. Queste due criticità evidenziano la necessità di aggiungere uno step ulteriore nello sviluppo di un modello quantitativo, con la funzione di

verificare la robustezza e la credibilità dei risultati. L'analisi di sensitività costituisce perciò un elemento essenziale di un modello matematico e consiste nel valutare gli effetti prodotti da variazioni dei valori delle variabili d'ingresso sul valore della variabile di risposta. L'analisi di sensitività è utile per una serie di motivi, tra cui [19]:

- Testare la robustezza dei risultati in presenza di incertezza;
- Comprendere meglio le relazioni tra variabili di input e output;
- Ridurre l'incertezza;
- Individuare eventuali errori nel modello, ad esempio attraverso l'identificazione di relazioni inaspettate tra input e output;
- Semplificare il modello, ad esempio mediante la correzione degli input che non hanno alcun effetto sull'output o l'identificazione e rimozione di parti ridondanti.

Per effettuare l'analisi di sensitività esistono diverse tecniche, alcune più semplici, altre più complesse. Una tra le più semplici è l'analisi per scenari o analisi what-if, che consiste nel valutare l'impatto del sopraggiungere di condizioni diverse rispetto a quelle ipotizzate nello scenario base sui risultati del modello. Per definizione, uno scenario rappresenta una tra le possibili combinazioni di valori assunti dalle variabili di input, quindi, in sostanza, l'applicazione di questa tecnica mira a rispondere a domande del tipo: "Di quanto si modificherebbe la variabile di risposta se alcune variabili d'ingresso subirebbero un dato aumento o riduzione percentuale?". In termini operativi, l'analisi di sensitività viene svolta riapplicando il modello e ricalcolando i risultati in base a ipotesi di partenza e valori di input diversi rispetto a quelli dello scenario base per quantificare l'effetto di queste variazioni. Il principale limite di questo metodo è la grande difficoltà nell'esaminare gli effetti di tutti gli input, soprattutto quando il modello è abbastanza complesso [S. Poli, 2018].

L'analisi per scenari è quindi il metodo scelto per effettuare l'analisi di sensitività del modello sviluppato in questa tesi per il calcolo delle emissioni generate dall'acquisto, online o tradizionale, di un singolo prodotto. La scelta è stata dettata sicuramente dalla semplicità del metodo ma anche dalla sua adeguatezza nel valutare possibili scenari futuri definiti sulla base delle tendenze osservate attualmente. Si è optato perciò per la costruzione di cinque scenari alternativi, ritenuti quelli più realistici e con maggiori probabilità di accadimento future. Essi sono:

- Crescita dell'e-commerce;
- Traffico urbano congestionato;

- Traffico urbano scorrevole;
- Elettrificazione dei veicoli commerciali utilizzati dall'operatore logistico;
- Elettrificazione dei mezzi di trasporto utilizzati dai consumatori.

Ciascuno di essi presenta dunque delle differenze nei valori di alcuni parametri di input rispetto allo scenario base. Sono state ricalcolate le emissioni medie per prodotto con i nuovi dati per valutare gli eventuali risparmi o aumenti di CO_2 emessa calcolando il differenziale rispetto allo scenario base. I risultati dello scenario base e dell'analisi di sensitività saranno illustrati nel capitolo successivo.

Capitolo 4

Risultati

Survey sul comportamento d'acquisto

Come già spiegato nel capitolo precedente, il campione di riferimento dell'indagine è stato definito solo a posteriori, dopo aver raccolto in totale 263 risposte al questionario, con un tasso di risposta dello 0,84%. Per ottenere un campione il più omogeneo possibile, tenendo anche conto del fatto che il caso di studio di questa tesi è contestualizzato nella città di Torino, sono state prese in considerazione soltanto le risposte provenienti da studenti residenti in città capoluogo di provincia. Questa scelta è stata fatta sulla base di due importanti considerazioni: in primis, gli studenti costituivano già il 70% del campione iniziale; inoltre si può ragionevolmente assumere che il comportamento di acquisto adottato da persone residenti in città medio-grandi possa essere ritenuto abbastanza simile e non influenzato da altri fattori geografici.

Per quanto riguarda la distribuzione del campione, il 65% delle risposte proviene da studenti donne mentre il 35% da studenti uomini, con un'età media di 24,4 anni e un reddito familiare medio di circa 27436 €. Il campione è equamente distribuito tra studenti automuniti e non automuniti e il *Grafico 16* mostra la ripartizione dei titoli di studio.

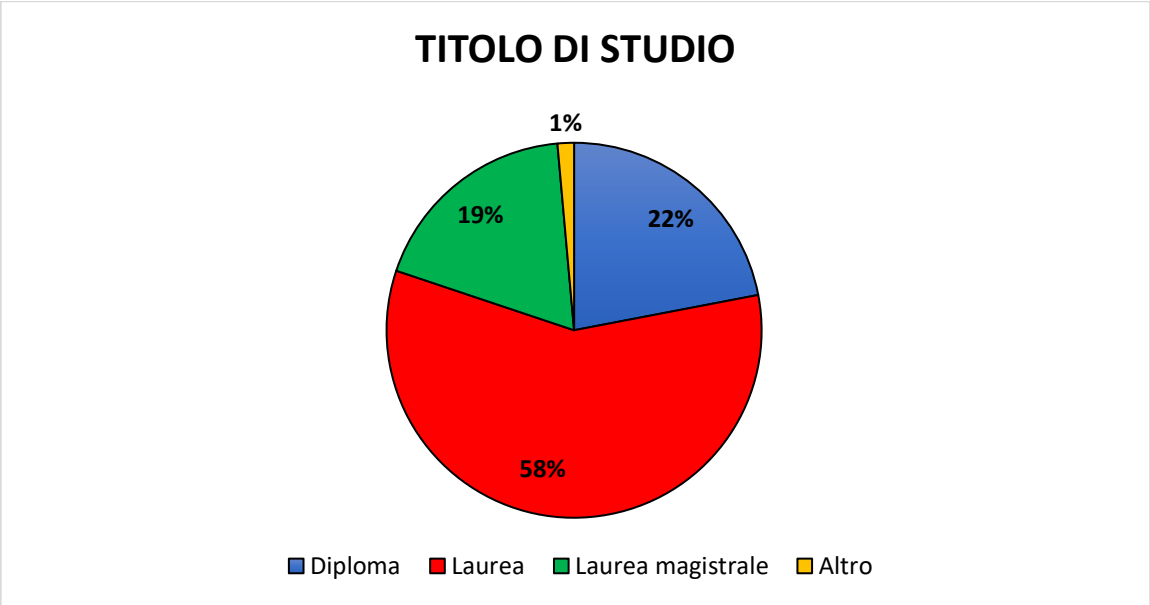


Grafico 16 - Ripartizione dei diversi titoli di studio nel campione di riferimento

Le tabelle seguenti contengono i dati ottenuti dall'analisi delle risposte di 141 studenti con la metodologia illustrata nel capitolo precedente, utilizzati poi nel modello matematico per il calcolo delle emissioni. Partendo dalle variabili quantitative, dal calcolo della distanza media percorsa per raggiungere i negozi (*Tabella 7*) si evince che maggiore è la frequenza di acquisto di una certa tipologia di prodotto, più i consumatori preferiscono recarsi in negozi più vicini alla loro abitazione. Non a caso, la categoria merceologica che mostra la distanza media più alta è quella dei grandi elettrodomestici, prodotti il cui acquisto è molto poco frequente. Al contrario, i generi alimentari e i prodotti per la casa presentano i valori più bassi.

Tabella 7 - Distanza media percorsa dai consumatori per raggiungere i negozi, ottenuta dalle risposte al questionario

Distanza media percorsa per raggiungere i negozi [km]	
Elettronica	5,15
Grandi elettrodomestici	6,17
Piccoli elettrodomestici	4,65
Libri	4,13
Generi alimentari	2,05
Vestiti e accessori	4,52
Giocattoli e videogame	4,47
Cura personale e medicinali	2,29
Prodotti per la casa	2,15

Riguardo alla dimensione media del carrello (*Tabella 8*), per gli acquisti in negozio, come era lecito aspettarsi, la categoria generi alimentari presenta un numero medio di prodotti acquistati per viaggio molto più elevato rispetto a tutte le altre. Spostando l'attenzione sulla colonna relativa agli acquisti online, notiamo che la dimensione media del carrello per alcuni tipi di prodotto rimane più o meno la stessa, per altri diminuisce. La categoria generi alimentari resta quella con il valore più elevato ma la differenza con le altre, seppur sempre evidente, è molto più contenuta.

Tabella 8 - Dimensione media del carrello, ottenuta dalle risposte al questionario

Dimensione media del carrello		
Classe di prodotto	Negozio	Online
Elettronica	2,11	2,14
Grandi elettrodomestici	2,13	2,05
Piccoli elettrodomestici	2,12	2,14
Libri	2,35	2,49
Generi alimentari	10,93	4,62
Vestiti e accessori	3,95	3,45
Giocattoli e videogame	2,48	2,09
Cura personale e medicinali	3,12	2,86
Prodotti per la casa	4,04	2,75

In merito al numero medio di negozi visitati e altre commissioni svolte durante uno stesso viaggio, dalla *Tabella 9* emerge che questo dato non varia molto in base alla classe di prodotto. Tutti i valori sono collocati nel range 2,57 – 3,20.

Tabella 9 - Numero medio di negozi visitati e altre commissioni svolte durante lo stesso viaggio, ottenuto dalle risposte al questionario

Numero medio di acquisti e altre commissioni abbinate all'acquisto	
Elettronica	3,20
Grandi elettrodomestici	2,92
Piccoli elettrodomestici	2,97
Libri	2,57
Generi alimentari	3,18
Vestiti e accessori	2,74
Giocattoli e videogame	2,58
Cura personale e medicinali	2,83
Prodotti per la casa	3,09

Passando alle variabili categoriche, le tabelle seguenti mostrano le frequenze relative delle diverse alternative di risposta proposte nel questionario. Queste percentuali sono state utilizzate come pesi nel calcolo delle varie medie ponderate. La *Tabella 10*, riferita ai mezzi di trasporto utilizzati dai consumatori, evidenzia che l'auto è il mezzo di trasporto maggiormente utilizzato per raggiungere tutti i tipi di negozio, eccetto per le categorie medicinali e prodotti per la casa, negozi che i consumatori preferiscono raggiungere a piedi. Car sharing e monopattini elettrici sono modalità di trasporto ancora scarsamente diffuse.

Tabella 10 – Ripartizione percentuale dei mezzi di trasporto utilizzati dai consumatori per raggiungere i negozi, ottenuta dalle risposte al questionario

Percentuali dei mezzi di trasporto utilizzati							
Classe di prodotto	Auto	Car sharing	Motocicli	Mezzi pubblici	Bici	Monopattino elettrico	A piedi
Elettronica	0,62	0,02	0,03	0,24	0,03	0,00	0,06
Grandi elettrodomestici	0,81	0,01	0,02	0,15	0,02	0,00	0,00
Piccoli elettrodomestici	0,62	0,01	0,03	0,23	0,03	0,00	0,08
Libri	0,34	0,02	0,03	0,27	0,09	0,00	0,27
Generi alimentari	0,42	0,01	0,02	0,11	0,06	0,00	0,38
Vestiti e accessori	0,44	0,02	0,02	0,24	0,05	0,01	0,22
Giocattoli e videogame	0,57	0,03	0,04	0,22	0,04	0,01	0,09
Cura personale e medicinali	0,33	0,01	0,03	0,10	0,04	0,01	0,47
Prodotti per la casa	0,40	0,01	0,01	0,13	0,03	0,01	0,40

Relativamente alla modalità di acquisto, nel capitolo introduttivo avevamo visto come il tasso di penetrazione dell'e-commerce sia in continua crescita. Nonostante questo, dalla *Tabella 11* è riscontrabile ancora una scarsa predisposizione dei consumatori ad acquistare online determinati tipi di prodotti, in particolare alimenti, prodotti per la casa e prodotti per la cura personale. Il motivo di questo è probabilmente il fatto che per questi prodotti un consumatore non è disposto ad attendere i tempi di spedizione, ma vuole avere immediata disponibilità degli articoli dopo l'acquisto. Le categorie grandi elettrodomestici, piccoli elettrodomestici e vestiti e accessori presentano delle frequenze di acquisto online superiori rispetto alle categorie menzionate in precedenza, ma comunque l'acquisto tradizionale in

negozio rimane predominante. In questo caso, l'acquisto online di questo tipo di prodotti è penalizzato dal fatto di non poterli osservare da vicino o provarli. Le uniche categorie per le quali la percentuale di acquisti online supera quella in negozio sono libri, giocattoli e videogames ed elettronica, prodotti per i quali spesso l'acquisto online è più vantaggioso in termini di prezzo.

Tabella 11 - Ripartizione percentuale delle due principali modalità di acquisto, ottenuta dalle risposte al questionario

Percentuali delle modalità di acquisto		
Classe di prodotto	Negozio	Online
Elettronica	0,39	0,61
Grandi elettrodomestici	0,68	0,32
Piccoli elettrodomestici	0,59	0,41
Libri	0,43	0,57
Generi alimentari	0,89	0,11
Vestiti e accessori	0,62	0,38
Giocattoli e videogame	0,51	0,49
Cura personale e medicinali	0,8	0,2
Prodotti per la casa	0,82	0,18

Nonostante al giorno d'oggi l'acquisto tradizionale in negozio rimanga ancora la modalità preferita dai consumatori per la maggior parte dei prodotti, non è così per la ricerca di informazioni sugli articoli da acquistare. La *Tabella 12* mette in risalto il fatto che, con l'avvento dell'e-commerce, i consumatori preferiscono per la maggioranza dei prodotti cercare informazioni su Internet prima dell'acquisto riguardo a prezzo, taglie, modelli disponibili, specifiche tecniche ecc., indipendentemente da come avverrà di fatto la transazione vera e propria. Per alimenti, giocattoli e videogames e prodotti per la casa molte volte l'acquisto avviene anche in modo impulsivo, cioè senza una vera e propria fase di ricerca di informazioni. Fortunatamente, la ricerca in negozio, intesa come il raggiungimento di un negozio al solo scopo di osservare o provare un prodotto per poi acquistarlo in un momento successivo, e ritenuta una delle pratiche di acquisto meno sostenibili dal punto di vista ambientale, risulta essere un'abitudine poco diffusa tra i consumatori intervistati.

Tabella 12 - Ripartizione percentuale delle modalità di ricerca di informazioni, ottenuta dalle risposte al questionario

Percentuali delle modalità di ricerca				
Classe di prodotto	Nessuna	Amici o parenti	Online	Negozio
Elettronica	0,02	0,21	0,72	0,04
Grandi elettrodomestici	0,17	0,09	0,57	0,18
Piccoli elettrodomestici	0,11	0,08	0,62	0,19
Libri	0,14	0,18	0,53	0,15
Generi alimentari	0,47	0,14	0,10	0,29
Vestiti e accessori	0,24	0,04	0,45	0,27
Giocattoli e videogame	0,46	0,06	0,41	0,07
Cura personale e medicinali	0,30	0,12	0,33	0,26
Prodotti per la casa	0,37	0,16	0,16	0,31

Infine, dalla *Tabella 13* emerge chiaramente che, nel momento in cui un consumatore effettua un acquisto online, preferisce effettuare l'eventuale reso nuovamente online per tutte le categorie di prodotto eccetto i generi alimentari.

Tabella 13 - Ripartizione percentuale delle modalità di reso per gli acquisti online, ottenuta dalle risposte al questionario

Percentuali delle modalità di reso per gli acquisti online		
Classe di prodotto	Negozio	Online
Elettronica	0,14	0,86
Grandi elettrodomestici	0,33	0,67
Piccoli elettrodomestici	0,18	0,82
Libri	0,2	0,8
Generi alimentari	0,5	0,5
Vestiti e accessori	0,25	0,75
Giocattoli e videogame	0,13	0,87
Cura personale e medicinali	0,35	0,65
Prodotti per la casa	0,28	0,72

Stima della distanza percorsa e del consumo di carburante dei veicoli utilizzati per le consegne

Nelle prossime pagine saranno presentati i risultati della prima parte del modello quantitativo descritto nel capitolo precedente, implementata su fogli di calcolo Excel con lo scopo di ottenere una stima della distanza percorsa e della quantità di carburante consumata dai veicoli commerciali utilizzati per effettuare le consegne a domicilio. Dai calcoli effettuati per lo scenario base, come si evince dalla *Tabella 14*, risulta una suddivisione delle aree servite dai depositi in sette zone rettangolari. Dal momento che ogni zona è assegnata a un veicolo, ciascuno di essi effettua in totale 72 consegne giornaliere. La distanza tra due consegne successive risulta essere abbastanza breve, visti gli alti valori della densità di consegne per km^2. Il valore ottenuto per la distanza totale percorsa per completare l'intero tour di consegne rispetta i vincoli temporali sottintesi a questi calcoli. Infatti, l'ultima riga della tabella evidenzia che il tempo totale necessario a terminare il giro di consegne risulta inferiore alla durata massima del turno lavorativo.

Tabella 14 – Risultati dell'applicazione del modello per il calcolo della distanza percorsa dai veicoli utilizzati per effettuare le consegne

Variabile	Deposito Nord	Deposito Sud
Domanda giornaliera di consegne	505	505
Area totale [km^2]	100,00	84,7
Densità di consegne [consegne/km^2]	5,05	5,96
Lato maggiore [km]	8,48	11
Lato minore [km]	1,69	1,10
Velocità media urbana [km/h]	30	30
Durata turno lavorativo [h]	7	7
Tempo di fermata per consegna [minuti]	5	5
Numero di zone/veicoli	7	7
Numero di consegne per veicolo	72	72
Distanza tra due consegne successive [km]	0,401	0,403
Distanza totale del tour di consegne [km]	28,891	29,065
Tempo totale del tour di consegne [h]	6,97	6,98

La *Figura 7* mostra più nel dettaglio la suddivisione dell'area cittadina. La linea rossa delimita il comune di Torino, mentre le linee verdi delimitano le zone rettangolari assegnate ai veicoli, evidenziando come il lato maggiore sia orientato verso il deposito di riferimento. Le linee blu rappresentano esempi del tragitto che i veicoli devono percorrere per raggiungere le zone di competenza partendo dal deposito situato a nord, ricavati direttamente con le indicazioni stradali fornite da Google Maps.

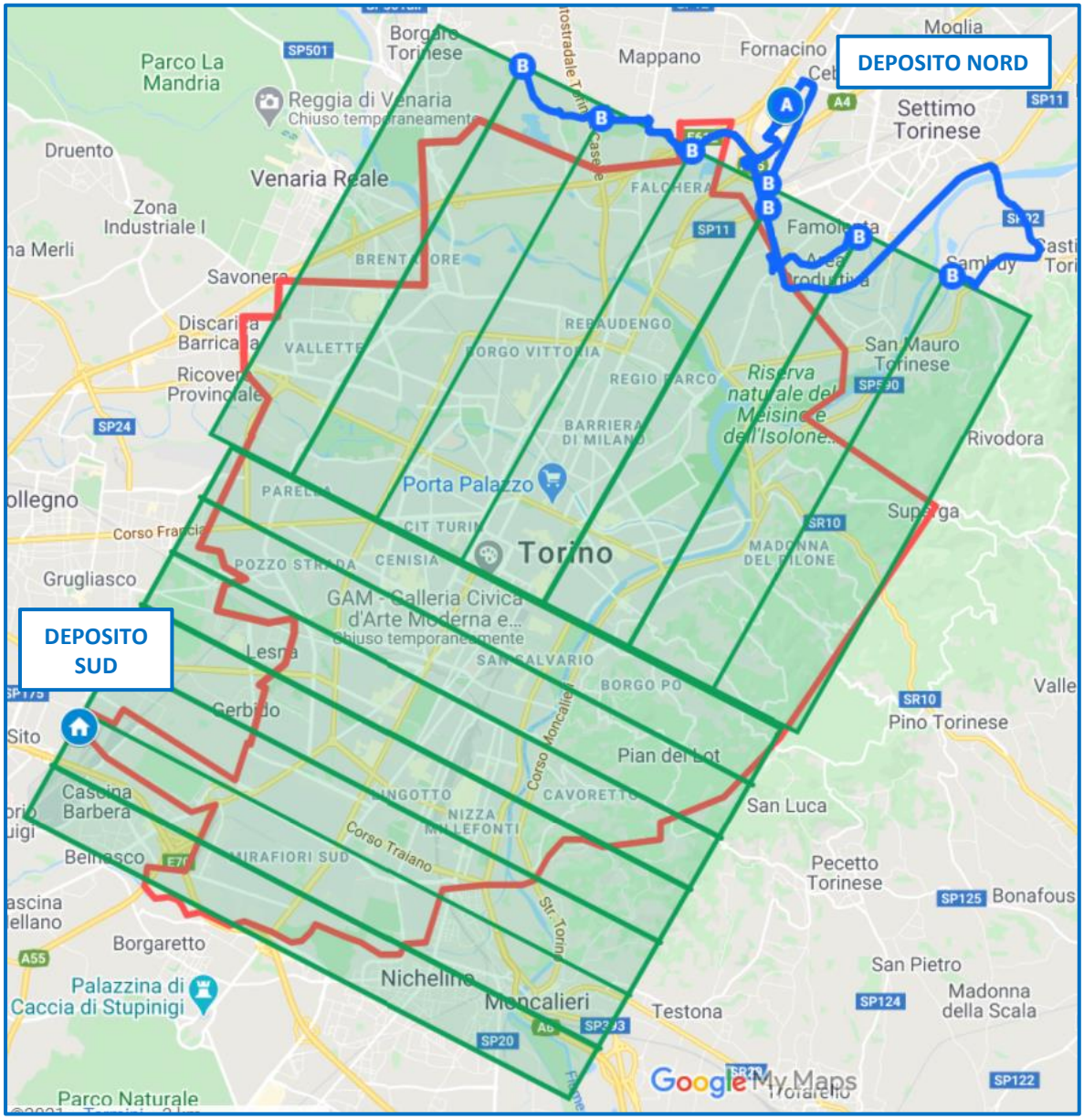


Figura 7 - Suddivisione dell'area cittadina ottenuta applicando il modello quantitativo. La figura è stata realizzata con Google My Maps

Sommando i valori della distanza Line-Haul reale e della distanza totale stimata del tour di consegne, si ottiene per ogni zona la distanza totale percorsa dal veicolo (*Tabella 16*). Nell'ultima colonna della tabella è riportato il consumo di carburante di ciascun veicolo

ottenuto con la formula di Arviddson, tenendo conto delle specifiche tecniche del Wolkswagen Crafter e delle ipotesi sul fattore di carico del veicolo (*Tabella 15*). È ovvio come a parità di carico trasportato e numero di consegne effettuate il consumo di carburante aumenti all'aumentare della distanza percorsa.

Tabella 15 - Specifiche di carico del veicolo scelto per l'analisi

Wolkswagen Crafter 3,5 t L3H3 Trazione anteriore 177 CV	**Kg**	**Ton**
Massa del veicolo	2161	2,161
Carico massimo trasportabile	1339	1,339
Carico che fa ritorno al deposito	133,9	0,1339
Carico medio per consegna	16,71	0,01671

Tabella 16 – Risultati dell'applicazione del modello per il calcolo della distanza totale percorsa dai veicoli e del consumo urbano di carburante

Zona	**Distanza Line-Haul [km]**	**Distanza totale [km]**	**Distanza totale per consegna [km]**	**Carburante consumato [litri diesel]**
Nord 1	7	42,89	0,59	5,07
Nord 2	5	38,89	0,54	4,60
Nord 3	3	34,89	0,48	4,13
Nord 4	4	36,89	0,51	4,37
Nord 5	4	36,89	0,51	4,37
Nord 6	6	40,89	0,57	4,83
Nord 7	13	54,89	0,76	6,47
Sud 1	8	45,07	0,62	5,32
Sud 2	6	41,07	0,57	4,85
Sud 3	5	39,07	0,54	4,62
Sud 4	4	37,07	0,51	4,39
Sud 5	3	35,07	0,49	4,15
Sud 6	0	29,07	0,40	3,54
Sud 7	4	37,07	0,51	4,39
Media	-	39,26	0,544	4,65

Dopo aver ottenuto il consumo medio di carburante fra tutti i veicoli delle varie zone, è stato possibile calcolare il valore delle emissioni medie di CO_2 per consegna considerando il fattore di emissione well-to-wheel per litro di gasolio. I calcoli sono riportati in *Tabella 17*. Una considerazione importante da fare riguarda il valore finale delle emissioni medie di CO_2 per consegna ottenuto dal calcolo. Esso è perfettamente in linea con quelli osservati nella letteratura analizzata. Per fare un esempio, J.B. Edwards et al. (2010) mostra un valore di 181 g di CO_2 per consegna; considerando in questo caso le emissioni sono di tipo well-to-wheel, è ragionevole un valore finale leggermente più alto.

Tabella 17 – Risultati del calcolo delle emissioni medie per consegna

Consumo medio diesel [l]	Fattore di emissione [kg di CO_2/l]	Emissioni totali [kg di CO_2]	Emissioni per consegna [kg di CO_2]	Emissioni per consegna [g di CO_2]
4,65	3,22	14,97	0,20755	207,55

Stima delle emissioni di CO_2 generate dall'acquisto di un prodotto

Dall'elaborazione ulteriore dei risultati presentati finora con l'ausilio delle formule illustrate nel capitolo precedente sono state ottenute le emissioni medie di CO_2 generate durante le tre fasi che compongono il processo di acquisto, osservabili sui grafici riportati in *Appendice D*. I risultati della stima, come ci aspettavamo, variano molto in base alla categoria di prodotto considerata, a conferma del fatto che essa è una delle discriminanti principali dell'impatto ambientale. La considerazione principale che si può fare osservando gli istogrammi è che non è detto che lo svolgimento delle fasi del processo di acquisto navigando su Internet sia più sostenibile dello spostamento personale finalizzato al raggiungimento di un punto vendita. Infatti, ad eccezione della ricerca di informazioni, per la quale la navigazione su Internet è sempre più sostenibile rispetto al viaggio personale, non si può dire la stessa cosa per le fasi di acquisto e reso. Relativamente a quest'ultima, salvo per i grandi elettrodomestici, mediamente il reso di un prodotto online genera più emissioni rispetto al reso in negozio perché, nonostante quest'ultimo comporti uno spostamento, a differenza del reso online che avviene integrando il ritiro nel giro di consegne del corriere, la probabilità che esso si verifichi è molto più alta (30% vs 8,5%). Per la fase di acquisto invece, i risultati rivelano che l'acquisto online per alcuni tipi di prodotti (elettronica, grandi elettrodomestici, piccoli elettrodomestici, libri, vestiti e accessori, giocattoli e videogames) è più sostenibile dell'acquisto in negozio, per altri meno (generi alimentari, cura personale e medicinali,

prodotti per la casa). Tutto ciò è coerente con i risultati osservati nelle ricerche scientifiche presenti in letteratura il cui approccio alla quantificazione delle emissioni è simile a quello scelto per questo lavoro di tesi. In sostanza quindi, anche i risultati di questo studio confermano che attualmente non esiste una forma di acquisto o un comportamento che abbia un vantaggio assoluto sugli altri in termini di sostenibilità, ma tutto dipende dalle scelte dei consumatori e dei fornitori di servizi logistici, che fanno sì che le variabili che influenzano l'impatto ambientale si possano combinare in tanti modi diversi.

Infine, aggregando le tre fasi attraverso il calcolo delle varie medie ponderate, sono stati ottenuti i risultati mostrati nel *Grafico 17*. L'istogramma mostra chiaramente che l'acquisto di un elettrodomestico genera di gran lunga le emissioni più alte. Questo è dovuto proprio a quanto appena detto, cioè alla combinazione di tutte le variabili che influiscono sulla generazione di CO_2. Ad esempio, i grandi elettrodomestici sono prodotti per i quali i consumatori scelgono maggiormente l'auto come mezzo di trasporto per recarsi in negozio, percorrono mediamente più chilometri e la dimensione media del carrello è limitata a uno, massimo due prodotti. Inoltre, dal sondaggio effettuato risulta che per i grandi elettrodomestici l'acquisto in negozio è ancora predominante sull'acquisto online, che i risultati precedenti hanno indicato come più sostenibile rispetto per questa categoria merceologica. All'estremo opposto si colloca la categoria generi alimentari, per i quali i consumatori scelgono la maggior parte delle volte di recarsi a piedi al supermercato, in quanto vicino alla propria abitazione e la dimensione media del carrello è piuttosto alta. Lo stesso identico ragionamento vale per tutti gli altri tipi di prodotto considerati: è l'insieme di tutti i valori delle variabili input del modello a determinare il fatto che l'acquisto di un certo tipo di prodotto possa essere più o meno sostenibile di un altro.

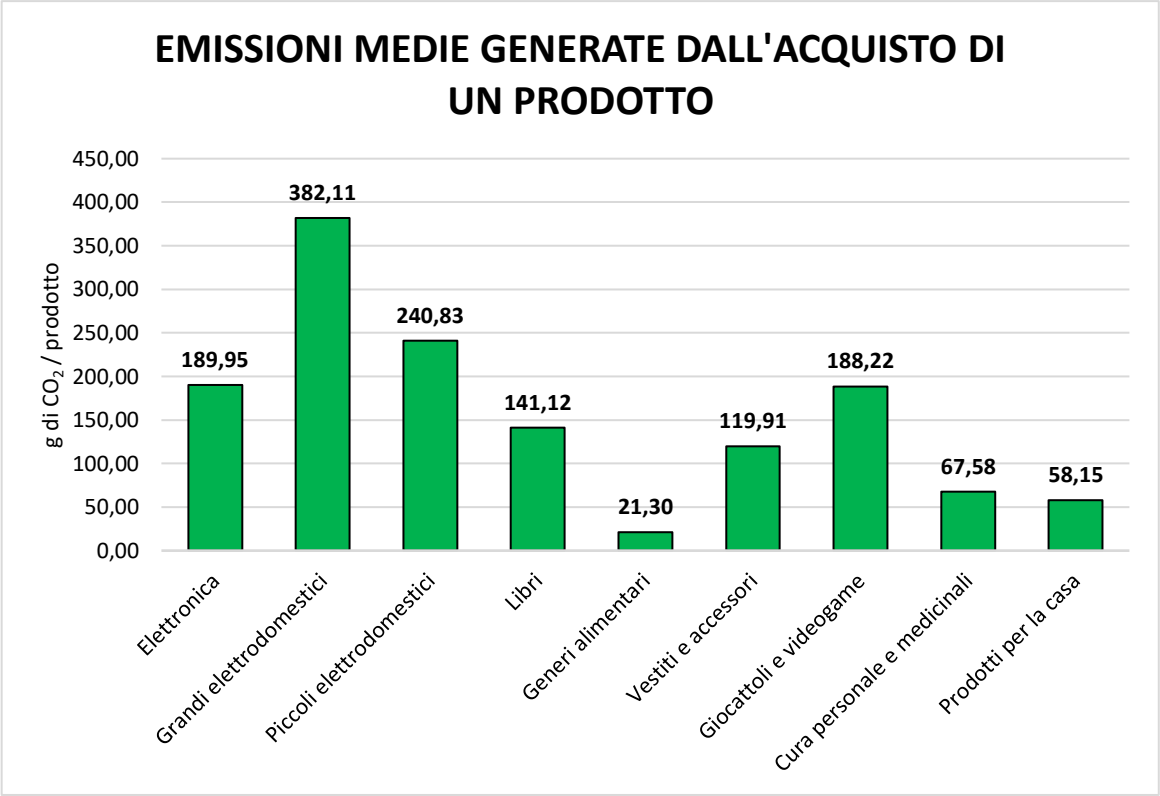


Grafico 17 – Emissioni medie generate dall'acquisto di un prodotto appartenente alle diverse categorie considerate

Analisi di sensitività

Tutti i risultati mostrati finora sono relativi allo scenario base. Ora, nelle pagine seguenti, verranno illustrati i risultati finali dei cinque scenari alternativi sviluppati per l'analisi di sensitività, mettendo in particolare evidenza le variazioni dei parametri e le differenze nel quantitativo di emissioni generate dall'acquisto di un singolo prodotto rispetto allo scenario base.

Crescita dell'e-commerce

La crescita dell'e-commerce è un fenomeno già in atto e che sicuramente continuerà nei prossimi anni. Per questo motivo, il primo scenario alternativo presuppone un incremento della domanda giornaliera di consegne del 20%, valore in linea con i tassi di crescita annuali del mercato di consegna dei pacchi mostrati nel capitolo introduttivo. Il *Grafico 18* evidenzia che tale aumento, dovuto ad una maggior frequenza di ordini online dei consumatori, causa un lieve incremento delle emissioni generate dall'acquisto di un prodotto rispetto allo scenario base, per tutte le categorie considerate nello studio.

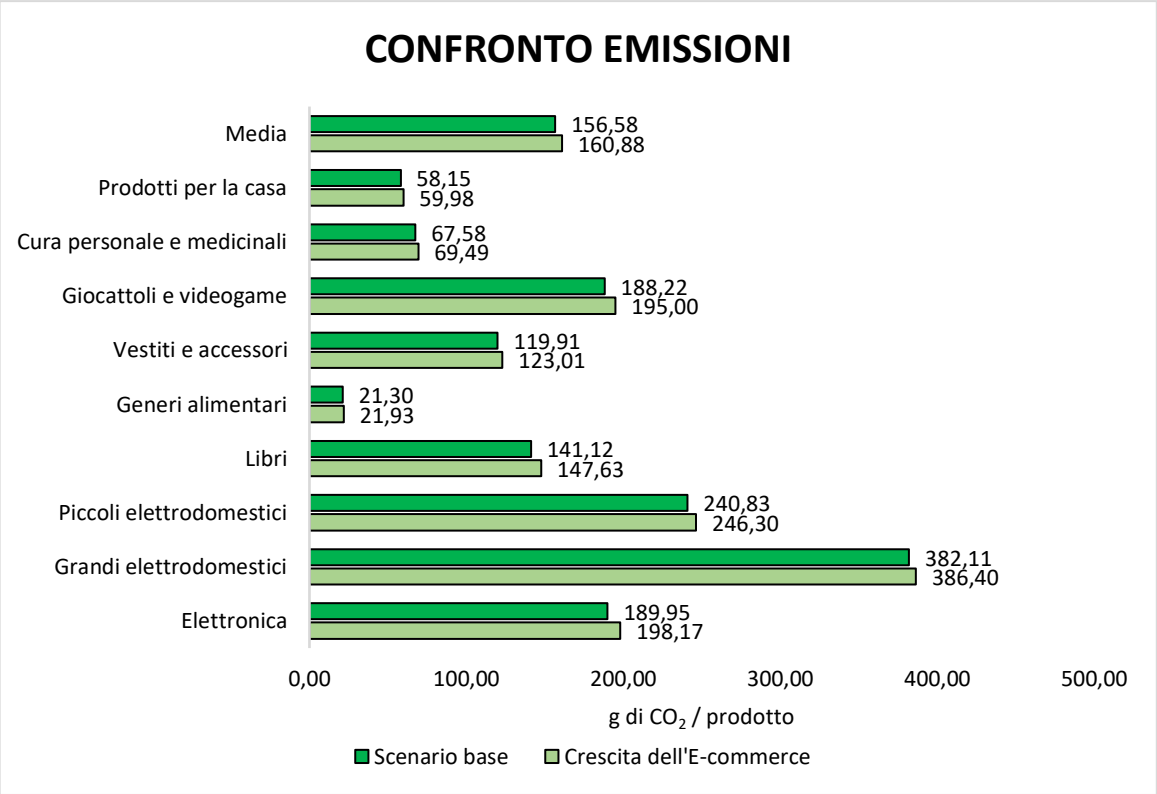


Grafico 18 - Confronto tra le emissioni dello scenario base e lo scenario che prevede una crescita dell'e-commerce del 20%

Questo risultato è perfettamente coerente con la letteratura scientifica analizzata, la quale spiega che la crescita dell'e-commerce sta avendo degli effetti negativi sull'ambiente principalmente per due ragioni: innanzitutto perché gli acquisti online non sostituiscono completamente gli acquisti in negozio, ma sono complementari ad essi; in secondo luogo, a un aumento della domanda di consegne non corrisponde esattamente un aumento di efficienza del sistema logistico dell'ultimo miglio. Questo secondo aspetto è riscontrabile anche nei calcoli del modello utilizzato in questa tesi. Infatti, l'aumento della domanda giornaliera di consegne fa crescere la dimensione del parco veicoli necessario per soddisfarla, causando inefficienze in termini di numero di consegne effettuate da ciascun veicolo (che da 72 nello scenario base passa a 67), distanza percorsa e fattore di carico. A completamento dei risultati forniti dall'analisi di questo scenario, la *Tabella 18* evidenzia che le variazioni assolute delle emissioni di CO_2 (Δ), calcolate come la differenza tra lo scenario base e lo scenario alternativo in questione, sono negative. L'aumento percentuale medio delle emissioni per prodotto è del 3%.

Tabella 18 - Variazione assoluta e percentuale delle emissioni rispetto allo scenario base

Classe di prodotto	Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]	VARIAZIONE PERCENTUALE
Elettronica	-8,22	4%
Grandi elettrodomestici	-4,30	1%
Piccoli elettrodomestici	-5,47	2%
Libri	-6,50	5%
Generi alimentari	-0,63	3%
Vestiti e accessori	-3,10	3%
Giocattoli e videogame	-6,78	4%
Cura personale e medicinali	-1,91	3%
Prodotti per la casa	-1,82	3%
Media	-4,30	3%

Traffico urbano congestionato

La congestione del traffico è una situazione che si verifica abbastanza spesso nei centri urbani densamente popolati, specialmente nelle ore di punta della giornata. La presenza di ingorghi stradali comporta inevitabilmente la riduzione della velocità media dei veicoli e, nel caso dei corrieri che effettuano consegne a domicilio, l'incremento del tempo di fermata per consegna. Perciò per questo scenario i risultati sono stati ricalcolati ipotizzando una velocità media urbana dei furgoni di 24 km/h (era 30 km/h nello scenario base) e un tempo di fermata per consegna di 6 minuti (era 5 minuti nello scenario base). Le conseguenze di queste variazioni, essendo la congestione del traffico una condizione non prevista in partenza, sono la riduzione del numero di consegne giornaliere effettuate da ciascun veicolo e l'aumento dei pacchi non consegnati che fanno ritorno al deposito. Tutto ciò si traduce in un valore più alto delle emissioni di CO_2 per consegna rispetto allo scenario base. Quindi, come si evince dal *Grafico 19*, la congestione del traffico urbano è ovviamente una condizione dannosa per l'ambiente perché provoca un aumento, seppur lieve, delle emissioni medie generate dall'acquisto di un prodotto. La *Tabella 19* mostra che l'incremento medio è di circa il 2% per prodotto.

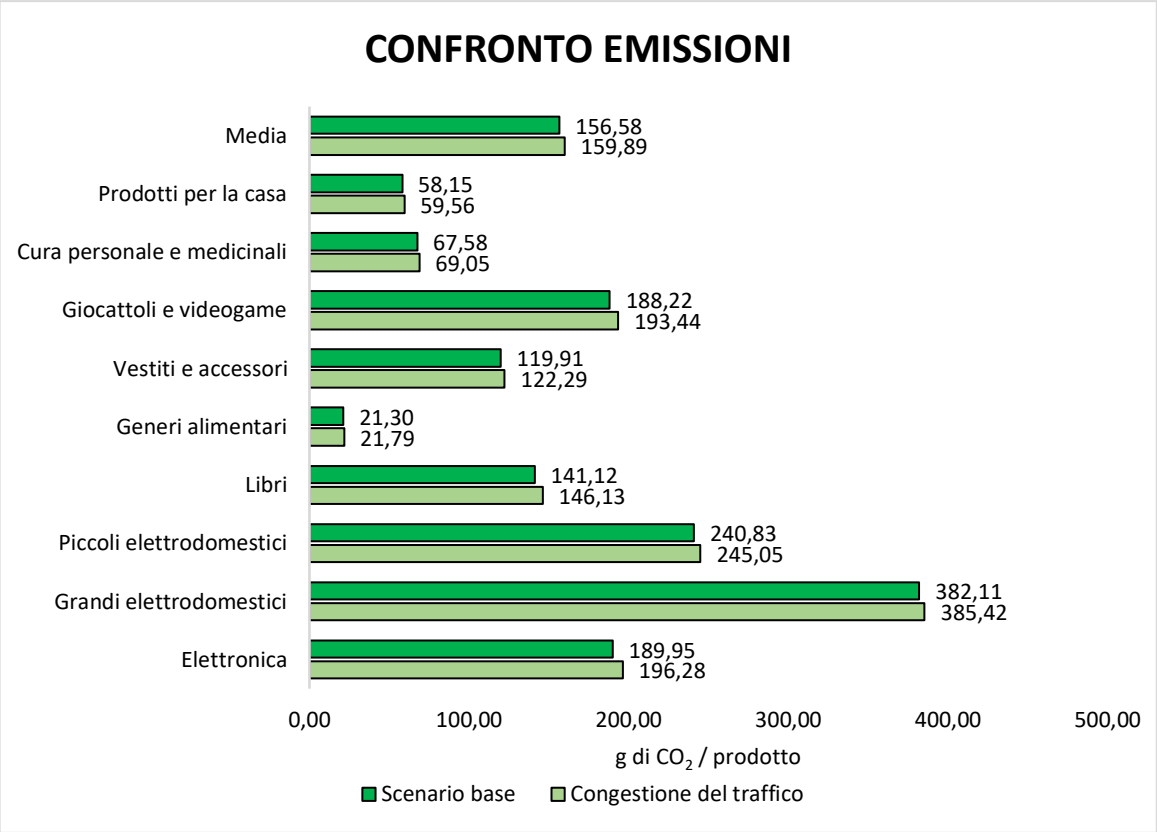


Grafico 19 - Confronto tra le emissioni dello scenario base e lo scenario che prevede la congestione del traffico urbano

Tabella 19 - Variazione assoluta e percentuale delle emissioni rispetto allo scenario base

Classe di prodotto	Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]	VARIAZIONE PERCENTUALE
Elettronica	-6,33	3%
Grandi elettrodomestici	-3,31	1%
Piccoli elettrodomestici	-4,21	2%
Libri	-5,01	4%
Generi alimentari	-0,48	2%
Vestiti e accessori	-2,39	2%
Giocattoli e videogame	-5,22	3%
Cura personale e medicinali	-1,47	2%
Prodotti per la casa	-1,41	2%
Media	-3,31	2%

Traffico urbano scorrevole

Al contrario di quello appena visto, questo scenario ipotizza un aumento della velocità media urbana dei furgoni fino a 36,5 km/h e un abbassamento del tempo di fermata di consegna a 3,5 minuti. Queste condizioni potrebbero essere realisticamente ottenute ad esempio spostando la finestra temporale del servizio di consegna a domicilio alle ore serali dei giorni feriali o ai giorni festivi, come suggerito anche da alcuni studi scientifici in letteratura. I calcoli hanno evidenziato che questi cambiamenti delle condizioni di lavoro rispetto allo scenario base fanno sì che a parità di domanda di consegne, essa può essere soddisfatta facendo ricorso a una flotta veicolare più ridotta. Infatti, siccome i furgoni e i corrieri si muovono più velocemente all'interno dell'area urbana, aumenta il numero di consegne effettuate dal singolo veicolo durante il turno lavorativo, che da 72 nello scenario base passa a 101. Per cui, una maggior fluidità del traffico urbano genera sicuramente dei benefici ambientali, riducendo le emissioni medie di CO_2 per prodotto acquistato (*Grafico 20*).

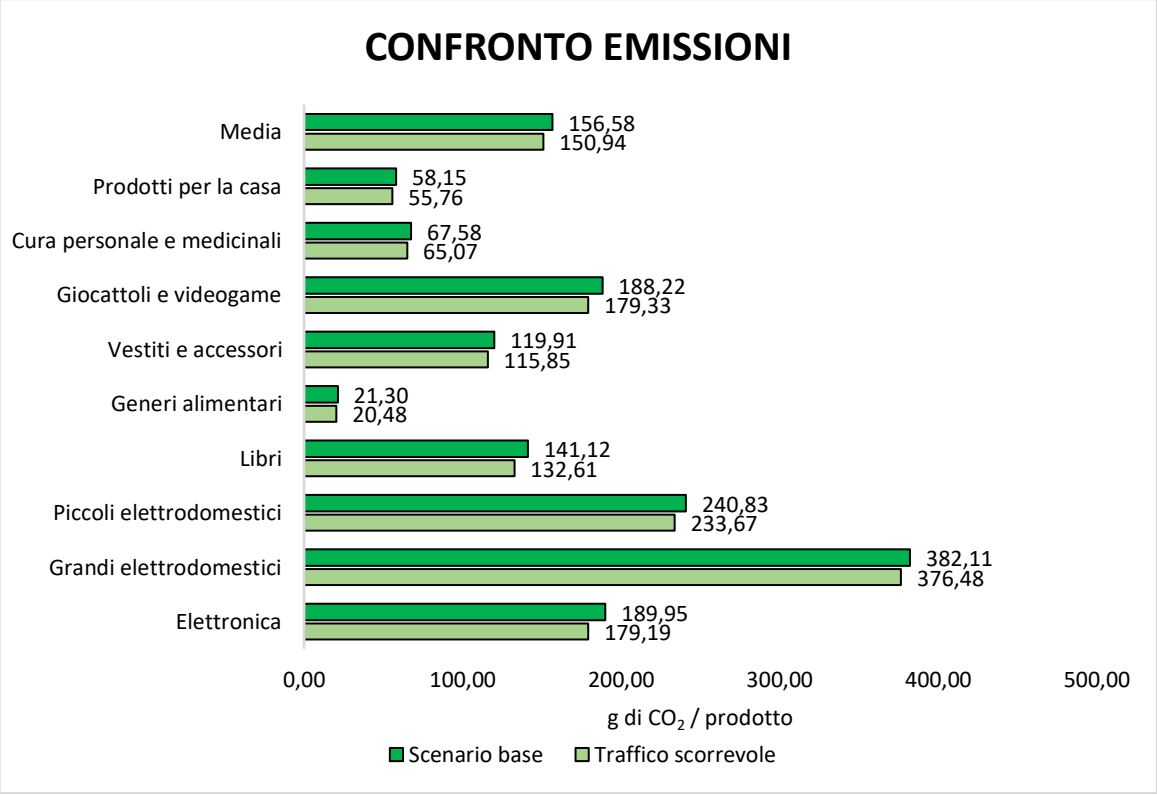


Grafico 20 - Confronto tra le emissioni dello scenario base e lo scenario che prevede un traffico urbano più scorrevole

Una conclusione interessante, deducibile dai valori in *Tabella 20*, è la seguente: in valore assoluto, l'effetto dannoso della congestione del traffico risulta essere inferiore rispetto all'effetto benefico della situazione contraria, ovvero un traffico urbano più scorrevole.

Tabella 20 - Variazione assoluta e percentuale delle emissioni rispetto allo scenario base

Classe di prodotto	Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]	VARIAZIONE PERCENTUALE
Elettronica	10,76	-6%
Grandi elettrodomestici	5,63	-1%
Piccoli elettrodomestici	7,16	-3%
Libri	8,52	-6%
Generi alimentari	0,82	-4%
Vestiti e accessori	4,06	-3%
Giocattoli e videogame	8,88	-5%
Cura personale e medicinali	2,51	-4%
Prodotti per la casa	2,39	-4%
Media	5,64	-4%

Elettrificazione dei furgoni utilizzati per le consegne

Il presupposto fondamentale di questo scenario è la completa sostituzione dei furgoni con motore diesel utilizzati dall'operatore logistico, con lo stesso modello di furgoni in versione elettrica. Per cui, il veicolo specificamente considerato in questa analisi è un Wolkswagen E-Crafter, con un consumo medio di energia pari a 290,56 Wh/km [20]. Il *Grafico 21* e la *Tabella 21* mostrano chiaramente che il passaggio a un parco veicoli commerciali completamente elettrificato porterebbe notevoli benefici in termini ambientali; infatti la riduzione media delle emissioni per prodotto acquistato è stimata intorno al 18%. Questo risultato è esattamente in linea con le conclusioni degli studi scientifici, esaminati nel capitolo 2, che riguardano proprio l'introduzione di veicoli elettrici in sostituzione ai veicoli convenzionali a combustione interna per le consegne dell'ultimo miglio.

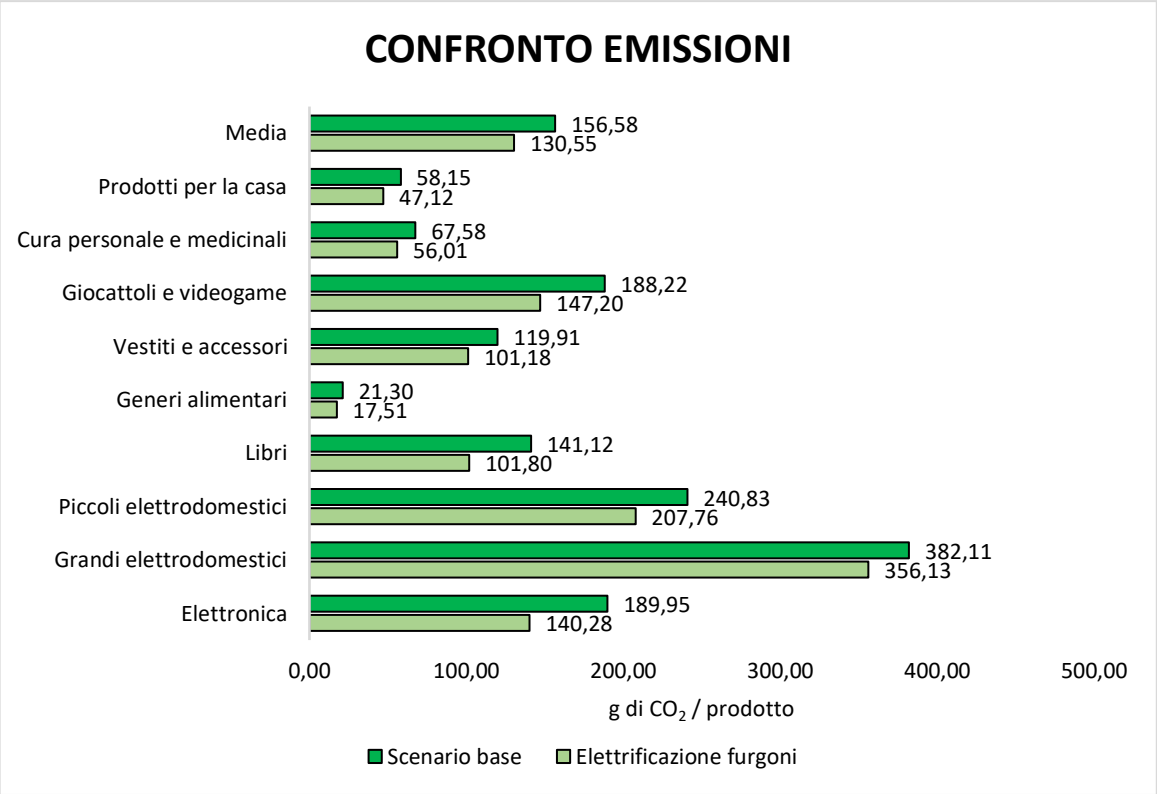


Grafico 21 - Confronto tra le emissioni dello scenario base e lo scenario che prevede l'utilizzo di furgoni a motore elettrico per le consegne a domicilio

Tabella 21 - Variazione assoluta e percentuale delle emissioni rispetto allo scenario base

Classe di prodotto	Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]	VARIAZIONE PERCENTUALE
Elettronica	49,68	-26%
Grandi elettrodomestici	25,98	-7%
Piccoli elettrodomestici	33,08	-14%
Libri	39,32	-28%
Generi alimentari	3,80	-18%
Vestiti e accessori	18,73	-16%
Giocattoli e videogame	41,02	-22%
Cura personale e medicinali	11,57	-17%
Prodotti per la casa	11,03	-19%
Media	26,02	-18%

Elettrificazione dei mezzi di trasporto dei consumatori

Nell'ultimo scenario proposto "l'elettrificazione" riguarda i mezzi di trasporto utilizzati dai consumatori per raggiungere i negozi. I risultati del modello sono stati dunque ricalcolati considerando fattori di emissione well-to-wheel dei mezzi di trasporto (g di CO_2/km/passeggero) diversi da quelli dello scenario base, che ovviamente, trattandosi di veicoli elettrici, sono molto più bassi (*Tabella 28*). I risultati mostrati dal *Grafico 22* e dalla *Tabella 22* ci permettono di affermare che, se tutti i mezzi di trasporto utilizzati dai consumatori fossero ad alimentazione elettrica, si riuscirebbe ad abbattere le emissioni inquinanti generate dagli acquisti. La riduzione media osservata è infatti del 48%, con un picco di addirittura il 64% per la categoria grandi elettrodomestici.

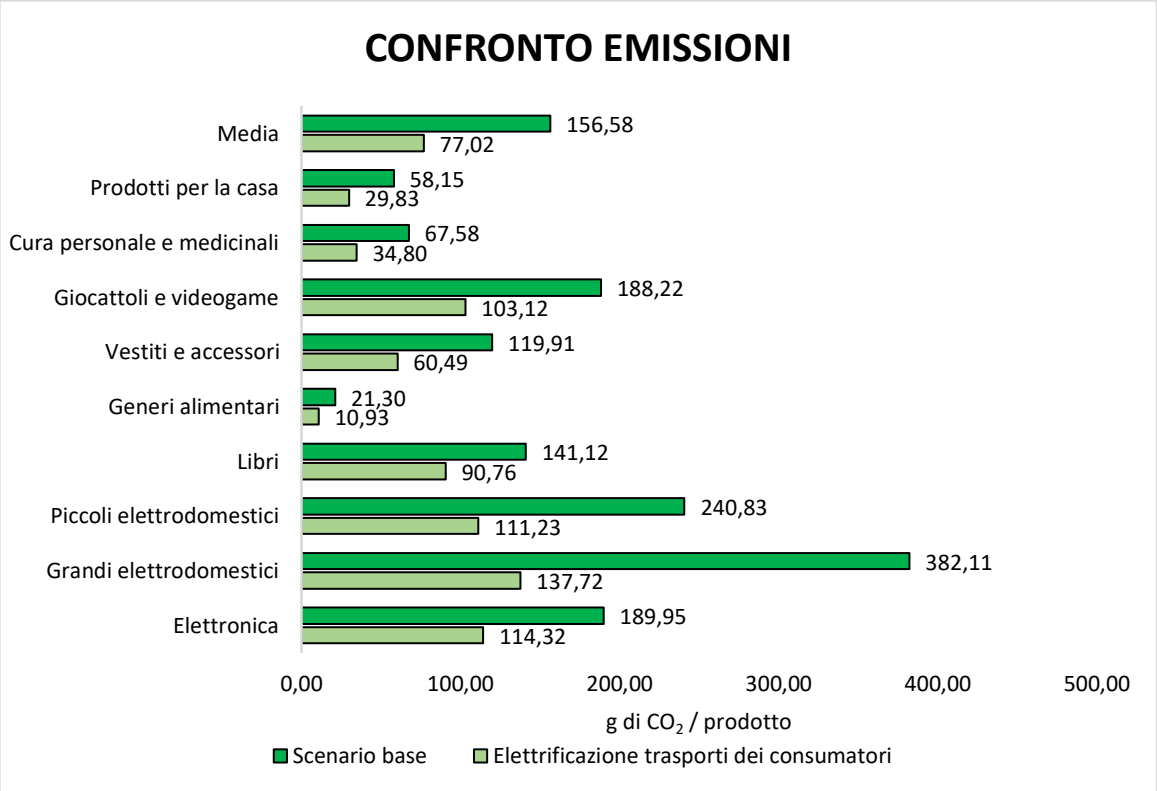


Grafico 22 - Confronto tra le emissioni dello scenario base e lo scenario che prevede l'utilizzo di veicoli elettrici da parte dei consumatori per recarsi nei negozi

Tabella 22 - Variazione assoluta e percentuale delle emissioni rispetto allo scenario base

Classe di prodotto	Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]	VARIAZIONE PERCENTUALE
Elettronica	75,63	-40%
Grandi elettrodomestici	244,39	-64%

Classe di prodotto	**Δ EMISSIONI DI CO_2 [g di CO_2 / prodotto]**	**VARIAZIONE PERCENTUALE**
Piccoli elettrodomestici	129,60	-54%
Libri	50,36	-36%
Generi alimentari	10,38	-49%
Vestiti e accessori	59,42	-50%
Giocattoli e videogame	85,10	-45%
Cura personale e medicinali	32,78	-49%
Prodotti per la casa	28,32	-49%
Media	79,55	-48%

Capitolo 5

Considerazioni conclusive

Questo lavoro di tesi è focalizzato su un argomento di recente interesse e oggetto di numerose ricerche: la sostenibilità ambientale della logistica dell'ultimo miglio. Una delle maggiori criticità dell'ultimo tratto della rete logistica di un generico bene di consumo, causata dalle inefficienze presenti nel sistema, è l'emissione di agenti inquinanti generati dal traffico urbano. Questo problema negli ultimi anni si è ulteriormente aggravato a causa dell'aumento dei volumi di acquisto, sia attraverso i canali fisici tradizionali sia attraverso i canali digitali. La revisione della letteratura scientifica riguardante questa tematica ha permesso di definire due punti chiave fondamentali:

- ✓ Allo stato attuale è molto difficile dire quale sia la modalità di acquisto più sostenibile in termini ambientali. L'impatto ambientale dell'acquisto di un prodotto dipende dalla combinazione di tanti fattori, legati da una parte al comportamento dei consumatori e dall'altra alle modalità di svolgimento delle attività e dei processi logistici da parte degli operatori, per cui, per quantificare realmente le emissioni di CO_2 provocate dall'acquisto di uno o più prodotti è necessario tener conto di tutte queste variabili. Vista la grande variabilità che le caratterizza, non esiste un vantaggio ambientale assoluto dell'e-commerce sull'acquisto in negozio o viceversa.
- ✓ Siccome al giorno d'oggi la logistica dell'ultimo miglio è carica di esternalità negative, si sta cercando di attenuare l'aumento dell'inquinamento dell'aria introducendo delle innovazioni sia di tipo tecnologico sia di tipo operativo. Le principali sono i nuovi veicoli ad alimentazione elettrica, pickup points e Smart Locker, Autonomous Delivery Robots, ottimizzazione dei percorsi con nuovi algoritmi, reti collaborative, servizi di consegna erogati nelle ore serali o nei giorni festivi quando il traffico è più scorrevole. Tutte queste novità stanno contribuendo a ridurre le emissioni inquinanti generate dallo shopping.

Queste evidenze hanno costituito le fondamenta dello studio analitico in seguito sviluppato allo scopo di fornire una quantificazione delle emissioni di CO_2 legate all'acquisto di un prodotto, collocato in un ambito geografico e demografico con caratteristiche specifiche. Il modello quantitativo presuppone la suddivisione del processo di acquisto di un generico prodotto in tre fasi: ricerca di informazioni, acquisto ed eventualmente reso. Ciascuna di

queste può essere svolta in maniera diversa in base alla natura dell'acquisto (online o in negozio) e per ciascuna di esse il modello esegue una stima delle emissioni inquinanti, tenendo conto di tutte le variabili che incidono sull'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio estrapolate dalla letteratura. La raccolta dati relativa a queste variabili è stata effettuata da una parte grazie alla costruzione e alla somministrazione a un campione di consumatori di un questionario sulle abitudini di acquisto, e dall'altra attraverso la collezione di dati di pubblica disponibilità estrapolati dal web o dalla letteratura analizzata. Per l'implementazione del modello sono state prese in considerazione nove categorie merceologiche, ritenute le più rappresentative, e uno specifico Logistic Service Provider attivo nella città di Torino. Infine, siccome lo sviluppo di un modello quantitativo presuppone la formulazione di ipotesi relative ad alcuni parametri caratteristici, è stata effettuata un'analisi di sensitività con lo scopo di valutare la robustezza dei risultati ottenuti esaminando in che modo essi possono essere influenzati da cambiamenti nei valori di alcuni input del modello. Per fare questo sono stati costruiti degli scenari alternativi rispetto allo scenario base che presentano, per l'appunto, delle differenze nelle ipotesi di partenza che riguardano alcuni parametri di base del modello.

Implicazioni dello studio

Alla luce dei risultati finali ottenuti è possibile individuare le implicazioni teoriche e pratiche di questo studio. Partendo da quelle teoriche, è stato già ribadito che i risultati di questa tesi sono allineati con quelli riscontrati nella letteratura scientifica revisionata. Infatti, dagli esiti delle analisi dello scenario base e dei cinque scenari alternativi sviluppati emerge chiaramente che:

- ✓ Quantificando le emissioni generate in ogni fase del processo di acquisto, non esiste un vantaggio assoluto in termini ambientali del canale digitale rispetto al canale fisico tradizionale vista l'enorme variabilità dei fattori che influiscono sulla generazione di CO_2. Detto questo, è probabile che, mediamente, l'acquisto online di un prodotto con consegna a domicilio generi un quantitativo di emissioni inquinanti inferiori rispetto al canale tradizionale.
- ✓ A conferma dei risultati della ricerca di F. Kellner (2016), secondo la quale la congestione del traffico urbano provoca un aumento delle emissioni di CO_2 a causa della riduzione della velocità media di viaggio, con conseguenti inefficienze nell'uso del carburante, anche dallo scenario sviluppato in questa tesi si evince che la congestione

del traffico aggrava le esternalità ambientali negative presenti nelle consegne a domicilio dell'ultimo miglio, facendo aumentare mediamente le emissioni inquinanti di circa il 2% per prodotto acquistato. Al contrario, in condizioni di traffico più fluide, ottenibili realmente spostando l'erogazione del servizio nelle ore serali e nei giorni festivi [D. Lazarevic et al., 2020], si ottiene una riduzione media del 4% per prodotto acquistato.

- ✓ Come evidenziato da numerose ricerche scientifiche, la sostituzione dei veicoli convenzionali a combustione interna, utilizzati sia dai provider di servizi logistici sia dai consumatori finali, con veicoli ad alimentazione elettrica determinerebbe un notevole calo delle emissioni di CO_2 generate dal processo di acquisto. In questo caso, lo studio mostra delle riduzioni percentuali medie che possono arrivare anche al 48%.
- ✓ Nonostante gli acquisti online in molte circostanze risultino più sostenibili, la crescita dell'e-commerce causa un lieve incremento (3%) delle emissioni medie per prodotto.

La coerenza delle evidenze derivanti da questo lavoro di tesi con la letteratura scientifica è molto importante perché ci permette di accertare la robustezza dei risultati ottenuti. Tuttavia, questo non ci esonera dal poter fare delle considerazioni aggiuntive. Ad esempio, l'analisi di sensitività condotta in questo studio trascura il fatto che, viste le tendenze recenti, in futuro è molto probabile che si verifichi una sovrapposizione dello scenario che prevede la crescita dell'e-commerce e dello scenario che prevede l'elettrificazione dei veicoli. Osservando però i risultati, possiamo comodamente affermare che il beneficio derivante dal passaggio all'alimentazione elettrica dei veicoli è molto maggiore rispetto all'incremento di emissioni di CO_2 generate dall'aumento di ordini online. Per cui, passando alle implicazioni pratiche dello studio, si può dire che l'innovazione tecnologica e tutte le altre misure messe in atto da imprese e governi stanno andando nella giusta direzione per contrastare la crescita dell'inquinamento legato alla logistica. Altri aspetti sui quali si potrebbe intervenire sono l'ottimizzazione dei percorsi [J.C. Velázquez-Martínez et al., 2016] e del carico dei veicoli al fine di migliorare l'efficienza delle consegne a domicilio non sono dal punto di vista ambientale, ma anche dal punto di vista economico e della qualità del servizio. Dall'altra parte invece, per indurre i consumatori ad assumere comportamenti più sostenibili bisognerebbe innanzitutto sensibilizzarli su questo tema, ad esempio attraverso campagne pubblicitarie, rendendoli consapevoli che scelte diverse sui trasporti e sugli acquisti impattano in modo diverso sull'ambiente. Così facendo si potrebbe incoraggiarli a fare delle scelte tali da far diminuire le emissioni di CO_2 generate dallo shopping, come ad esempio acquistare più prodotti in unico ordire, accrescendo la dimensione media del carrello, oppure

consolidare più acquisti in un unico viaggio di shopping, facendo lievitare il valore della variabile trip chaining.

Limiti dello studio

Nonostante la robustezza e la coerenza con la letteratura scientifica dei risultati presentati, lo studio condotto in questo lavoro di tesi presenta anche una serie di limitazioni dovute principalmente alle ipotesi sottintese al modello di analisi:

- ✓ La distanza percorsa dai veicoli utilizzati per l'effettuazione delle consegne a domicilio, che costituisce una delle discriminanti principali dell'impatto ambientale, non è stata rilevata in maniera empirica ma è stata stimata attraverso dei calcoli analitici. La suddivisione dell'area urbana in zone rettangolari di ugual dimensione, contemplata dal modello analitico utilizzato, non è realistica al 100%; questo metodo di stima infatti assume che i clienti finali siano equamente distribuiti fra le varie zone cittadine (densità costante) e inoltre trascura la conformazione reale della rete stradale.
- ✓ La formula utilizzata per il calcolo del consumo di carburante dei veicoli non tiene conto della dimensione e del peso di ciascun pacco perché, per semplicità, si è deciso di assumere che la massa scaricata dal furgone sia la stessa per ogni consegna.
- ✓ Il modello analitico sviluppato non tiene conto di tutti i possibili comportamenti assumibili dai consumatori e di tutte le opzioni di acquisto e di consegna disponibili sul mercato. Adottando un approccio di tipo analitico/quantitativo è molto complesso costruire un modello che consideri tutte le possibili combinazioni esistenti, vista l'enorme variabilità.
- ✓ I risultati finali dello studio non si possono generalizzare, ma la loro significatività è limitata unicamente allo specifico contesto geografico del caso di studio, ossia la città di Torino, e alle caratteristiche demografiche del campione dal quale sono stati estratti i dati di partenza. È possibile, anzi molto probabile, che l'applicazione dello stesso modello di analisi ad un caso studio collocato in un'area geografica diversa o che considera un campione della popolazione con caratteristiche diverse, generi risultati diversi.

Appendice A
Ricerca su Scopus: tabella riassuntiva

Tabella 23 - Query effettuate sul database Scopus per la ricerca dei documenti da revisionare

QUERY	CLASSE 1	CLASSE 2	DOCUMENTI RESTITUITI	DOCUMENTI SELEZIONATI	% DI SELEZIONE
1	E-commerce	Environmental impact	204	21	10%
2	E-commerce	Air pollution	23	3	13%
3	E-commerce	Environmental sustainability	73	14	19%
4	E-commerce	Environmental assessment	80	8	10%
5	E-commerce	Footprint	47	8	17%
6	E-commerce	CO_2 emissions	22	8	36%
7	Online purchasing	Air pollution	7	1	14%
8	Online purchasing	Environmental sustainability	37	2	5%
9	Online purchasing	Environmental assessment	19	2	11%
10	Online purchasing	Footprint	20	3	15%
11	Online purchasing	Environmental impact	52	4	8%
12	Online purchasing	CO_2 emissions	10	1	10%
13	Parcel delivery	Environmental impact	57	8	14%
14	Parcel delivery	Environmental sustainability	22	5	23%
15	Parcel delivery	Environmental assessment	22	2	9%
16	Parcel delivery	Air pollution	14	1	7%
17	Parcel delivery	CO_2 emissions	17	5	29%
18	Parcel delivery	Footprint	9	2	22%
19	Last mile delivery	Environmental sustainability	35	7	20%
20	Last mile delivery	Environmental assessment	14	5	36%
21	Last mile delivery	Environmental impact	60	14	23%
22	Last mile delivery	Air pollution	21	3	14%
23	Last mile delivery	CO_2 emissions	20	6	30%
24	Last mile delivery	Footprint	14	6	43%

QUERY	CLASSE 1	CLASSE 2	DOCUMENTI RESTITUITI	DOCUMENTI SELEZIONATI	% DI SELEZIONE
25	Home delivery	Environmental sustainability	50	3	6%
26	Home delivery	Environmental assessment	235	2	1%
27	Home delivery	Environmental impact	170	4	2%
28	Home delivery	Air pollution	103	1	1%
29	Home delivery	CO_2 emissions	19	2	11%
30	Home delivery	Footprint	36	3	8%
31	Goods delivery	Environmental sustainability	69	3	4%
32	Goods delivery	Environmental assessment	60	3	5%
33	Goods delivery	Environmental impact	162	10	6%
34	Goods delivery	Air pollution	41	2	5%
35	Goods delivery	CO_2 emissions	47	12	26%
36	Goods delivery	Footprint	32	6	19%
37	Urban logistics	Environmental sustainability	188	5	3%
38	Urban logistics	Environmental assessment	573	4	1%
39	Urban logistics	Environmental impact	602	5	1%
40	Urban logistics	Air pollution	553	0	0%
41	Urban logistics	CO_2 emissions	83	4	5%
42	Urban logistics	Footprint	53	4	8%
43	Last-mile logistics	Environmental sustainability	29	5	17%
44	Last-mile logistics	Environmental assessment	7	2	29%
45	Last-mile logistics	Environmental impact	49	8	16%
46	Last-mile logistics	Air pollution	17	2	12%
47	Last-mile logistics	CO_2 emissions	14	4	29%
48	Last-mile logistics	Footprint	13	5	38%
			TOTALE SELEZIONATI	238	
			DOPO ELIMINAZIONE DUPLICATI	63	

Appendice B
Survey sul comportamento d'acquisto

L'obbiettivo del seguente questionario è la raccolta di dati riguardanti il comportamento d'acquisto dei consumatori, utili per lo svolgimento di un lavoro di tesi incentrato sulla quantificazione dell'impatto ambientale della logistica dell'ultimo miglio per acquisti online e in negozio. Le domande sono molto semplici e tutte a risposta chiusa, per cui l'intero questionario richiede un tempo di compilazione di massimo dieci minuti. Le risposte sono completamente anonime. Vi ringraziamo in anticipo per la disponibilità.

*Campo obbligatorio

Informazioni generali

1. Sesso *
   - ◯ M
   - ◯ F
   - ◯ Altro: _____

2. Età *

   _____

3. In che città vivi attualmente? *

   _____

4. Titolo di studio *
   - ◯ Licenza media
   - ◯ Diploma
   - ◯ Laurea
   - ◯ Laurea magistrale
   - ◯ Dottorato di ricerca
   - ◯ Altro: _____

5. Professione *

- [ ] Disoccupato
- [ ] Studente
- [ ] Docente
- [ ] Ricercatore
- [ ] Lavoratore autonomo
- [ ] Libero professionista
- [ ] Titolare d'azienda
- [ ] Dirigente
- [ ] Impiegato
- [ ] Operaio
- [ ] Altro: _____

6. Fascia di reddito familiare *

- ◯ Preferisco non rispondere
- ◯ 0€ - 15000€
- ◯ 15001€ - 28000€
- ◯ 28001€ - 55000€
- ◯ 55001€ - 75000€
- ◯ Oltre 75000€

7. Nella città in cui vivi, disponi di un'auto personale o familiare? *

- ◯ Si
- ◯ No

Frequenza di acquisto

8. Con che frequenza, approssimativamente, acquisti i seguenti prodotti? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Mai	Una volta ogni 6 mesi	Una volta ogni 3 mesi	Una o due volte al mese	Una volta a settimana	Più volte a settimana
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie...)	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici (frullatore, tostapane...)	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogame	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯	◯

9. [ACQUISTI IN NEGOZIO] Pensando a tutte le volte che acquisti i seguenti prodotti, con che frequenza l'acquisto avviene in un negozio? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Mai	1-3 volte su 10	4-6 volte su 10	7-9 volte su 10	Sempre
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie...)	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici (frullatore, tostapane...)	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogame	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯

10. [ACQUISTI ONLINE] Pensando a tutte le volte che acquisti i seguenti prodotti, con che frequenza l'acquisto avviene online? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Mai	1-3 volte su 10	4-6 volte su 10	7-9 volte su 10	Sempre
Elettronica					
Grandi elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie...)					
Piccoli elettrodomestici (frullatore, tostapane...)					
Libri					
Generi alimentari					
Vestiti e accessori					
Giocattoli e videogame					
Cura personale e medicinali					
Prodotti per la casa					

11. Quando decidi di acquistare i seguenti prodotti, la fase di acquisto vera e propria è preceduta da una fase di ricerca? Se sì, di che tipo? *

Per "ricerca online" si intende trascorrere del tempo navigando su internet allo scopo di raccogliere informazioni sul prodotto (composizione, modelli, prezzo, disponibilità ecc.), mentre per "ricerca in negozio" si intende recarsi in un negozio UNICAMENTE per osservare ed eventualmente provare un prodotto, per poi acquistarlo successivamente.

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Nessuna ricerca	Chiedo informazioni a parenti o amici	Ricerca in negozio	Ricerca online
Elettronica				
Grandi elettrodomestici (lavatrice, lavastoviglie...)				
Piccoli elettrodomestici (frullatore, tostapane...)				
Libri				
Generi alimentari				
Vestiti e accessori				
Giocattoli e videogame				
Cura personale e medicinali				
Prodotti per la casa				

Abitudini d'acquisto in negozio

12. Quando devi fare acquisti, quale mezzo di trasporto usi più frequentemente per raggiungere i seguenti negozi? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto in negozio questo prodotto	Auto	Car sharing	Moto/motorino	Mezzi pubblici (bus, metro, tram...)	Bici	Monopattino elettrico	A piedi
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogame	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯	◯

13. Quando devi fare acquisti, quanti kilometri percorri, mediamente, per raggiungere i seguenti negozi? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto in negozio questo prodotto	meno di 1	tra 1 e 3	tra 3 e 5	tra 5 e 10	più di 10
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogames	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯	◯

14. Quando devi fare acquisti, quanto tempo impieghi, mediamente, per raggiungere i seguenti negozi? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto in negozio questo prodotto	meno di 10 minuti	Tra 10 e 30 minuti	tra 30 e 60 minuti	più di 60 minuti
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogame	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯

15. Mediamente, quanti prodotti acquisti ogni qual volta ti rechi nei seguenti negozi? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto in negozio questo prodotto	1-3	4-6	7-9	10-12	Più di 12
Elettronica	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Grandi elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Piccoli elettrodomestici	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Libri	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Generi alimentari	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Vestiti e accessori	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Giocattoli e videogame	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Cura personale e medicinali	◯	◯	◯	◯	◯	◯
Prodotti per la casa	◯	◯	◯	◯	◯	◯

16. Quando esci per fare acquisti, di solito, quali negozi visiti durante la stessa uscita?

Per rispondere correttamente abbina le categorie sulle righe con le categorie sulle colonne. Non abbinare mai la stessa categoria.

Seleziona tutte le voci applicabili.

	Elettronica	Grandi elettrodomestici	Piccoli elettrodomestici	Libri	Generi alimentari	Vestiti e accessori	Giocattoli e videogame	Cura personale e medicinali	Prodotti per la casa
Elettronica	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Grandi elettrodomestici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Piccoli elettrodomestici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Libri	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Generi alimentari	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Vestiti e accessori	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Giocattoli e videogame	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cura personale e medicinali	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Prodotti per la casa	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

17. Quando esci per fare acquisti, mediamente, quante altre commissioni svolgi oltre agli acquisti? *

Per "altre commissioni" si intende ad esempio: andare in banca, in ufficio postale, all'autolavaggio, portare i tuoi figli a scuola, ecc.

- ◯ 0
- ◯ 1
- ◯ 2
- ◯ 3
- ◯ Più di 3

Abitudini d'acquisto online

18. Mediamente, quanti prodotti acquisti ogni qual volta ordini online i seguenti prodotti? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto online questo prodotto	1-3	4-6	7-9	10-12	Più di 12
Elettronica						
Grandi elettrodomestici						
Piccoli elettrodomestici						
Libri						
Generi alimentari						
Vestiti e accessori						
Giocattoli e videogame						
Cura personale e medicinali						
Prodotti per la casa						

19. Quando hai bisogno di effettuare il reso di uno di questi prodotti acquistati online, come lo fai di solito? *

Contrassegna solo un ovale per riga.

	Non acquisto onlinequesto prodotto	Nuovamente online	Recandomi in un negozio
Elettronica			
Grandi elettrodomestici			
Piccoli elettrodomestici			
Libri			
Generi alimentari			
Vestiti e accessori			
Giocattoli e videogame			
Cura personale e medicinali			
Prodotti per la casa			

Appendice C
Dati di pubblica disponibilità utilizzati nel modello quantitativo

Tabella 24 - Stima della domanda giornaliera di consegne nel comune di Torino [10; 11; 12; AGCOM, 2020]

STIMA DELLA DOMANDA GIORNALIERA DI CONSEGNE	
Consegne bimestrali in provincia di Torino	4000000
Abitanti provincia di Torino	2230946
Abitanti comune di Torino	851240
Consegne bimestrali nel comune di Torino	1526240
Consegne giornaliere nel comune di Torino	25437
Percentuale di consegne nazionali	0,75
Consegne nazionali	19078
Percentuale di consegne nazionali differite	0,16
Consegne nazionali differite	3052
Percentuale di consegne nazionali espresse	0,84
Consegne nazionali espresse	16026
Quota di mercato dell'operatore logistico nel mercato nazionale espresso	0,02
Consegne nazionali espresse effettuate dall'operatore logistico	321
Percentuale di consegne internazionali	0,25
Consegne internazionali	6359
Percentuale di consegne internazionali differite	0,78
Consegne internazionali differite	4960
Quota di mercato dell'operatore logistico nel mercato internazionale differito	0,06
Consegne internazionali differite effettuate dall'operatore logistico	298
Percentuale di consegne internazionali espresse	0,22
Consegne internazionali espresse	1399
Quota di mercato dell'operatore logistico nel mercato internazionale espresso	0,28
Consegne internazionali espresse effettuate dall'operatore logistico	392
Consegne totali giornaliere effettuate dall'operatore logistico a Torino	1010

Tabella 25 - Fattori di emissione dei veicoli utilizzati dai due principali provider di servizi di car sharing in Italia (scenario base) [13]

Veicolo	g di CO_2/km
Fiat 500 (Enjoy)	119
Smart for-four (Share Now)	130
Smart for-two (Share Now)	94
Smart for-two cabrio (Share Now)	120
Media	115,75

Tabella 26 - Fattori di emissione WTW di tutti i mezzi di trasporto utilizzati nello scenario base del modello quantitativo [14; Caserini et al.,2019; Commissione Italiana Veicoli Elettrici Stradali a batteria, ibridi e a celle a combustibile]

Mezzo di trasporto		g di CO_2/km	Numero medio di passeggeri trasportati	g di CO_2/km/passeggero	
Mezzi pubblici	Metro	-	-	46,39	49,23
	Tram	-	-	59,04	
	Bus	1267,35	30	42,245	
Auto		279,65	1,3	215,12	215,12
Car sharing		137,74	1,3	105,96	105,96
Mezzi a due ruote	Scooter	63,07	1	63,07	86,275
	Motociclo	109,48	1	109,48	
Monopattino		4,79	1	4,79	4,79
Bici		0	1	0,00	0,00
A piedi		0	1	0,00	0,00

Tabella 27 - Calcolo del fattore di emissione dei mezzi di trasporto elettrici [15; 16; 17; S. Saxena et al., 2014; S. Colombatto, 2019]

Mezzo di trasporto	kWh/km	g di CO_2/kWh	g di CO_2/km
Bus	1,000	435,76	435,76
Car sharing	0,110		47,934
Scooter	0,033		14,38
Auto	0,160		69,722

Tabella 28 - Fattori di emissione WTW di tutti i mezzi di trasporto utilizzati nello scenario che prevede l'elettrificazione dei mezzi del modello quantitativo

Mezzo di trasporto		**g di CO_2/km**	**Numero medio di passeggeri trasportati**	**g di CO_2/km/passeggero**	
Mezzi pubblici	Metro	-	-	46,39	39,99
	Tram	-	-	59,04	
	Bus	435,76	30	14,53	
Auto		69,722	1,3	53,63	53,63
Car sharing		47,934	1,3	36,87	36,87
Mezzi a due ruote	Scooter	14,38	1	14,38	61,93
	Motociclo	109,48	1	109,48	
Monopattino		4,79	1	4,79	4,79
Bici		0	1	0,00	0,00
A piedi		0	1	0,00	0,00

Tabella 29 - Calcolo delle emissioni generate dalla fase di ricerca di informazioni online [Ericsson, 2020; S. Colombatto, 2019; R. Hischier, 2018]

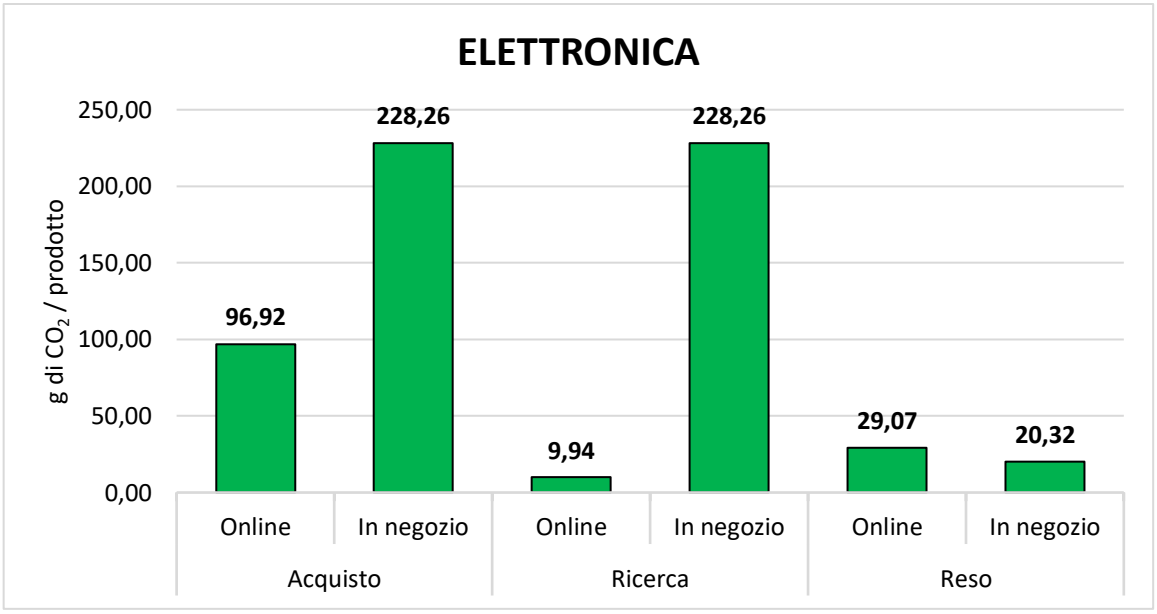
Dispositivo	**Consumo energetico per 5 minuti di navigazione [kWh]**	**Consumo energetico per 30 minuti di navigazione [kWh]**	**g di CO2/kWh**	**g di CO_2 generati dalla ricerca online**
Smartphone	0,001	0,023	435,76	9,935
Tablet	0,002			
PC	0,008			
Media	0,004			

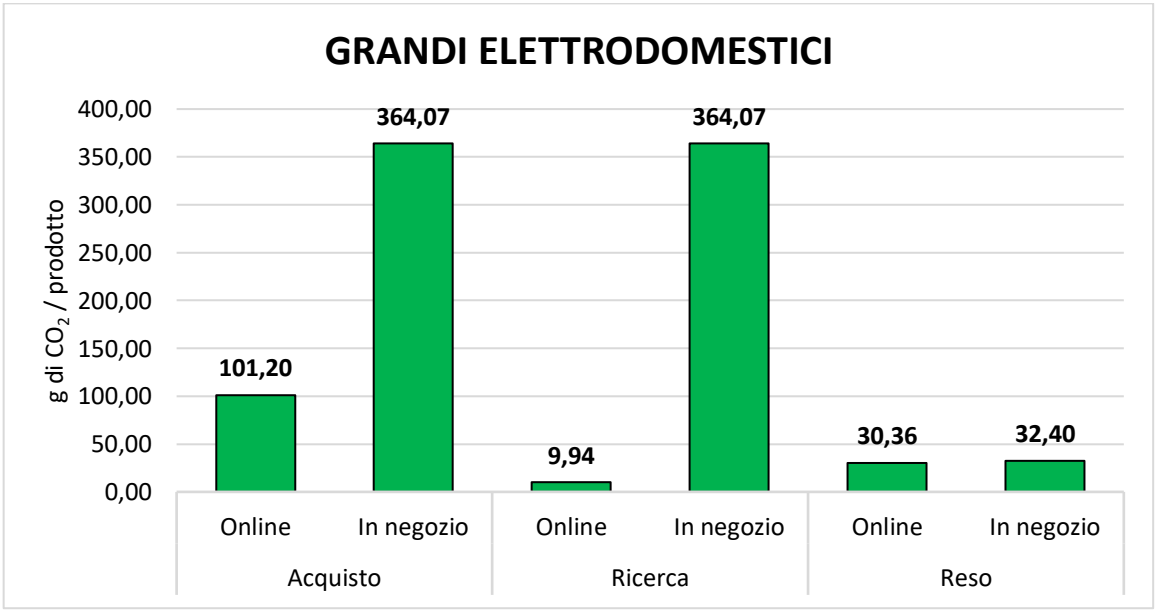
Tabella 30 - Tassi di reso utilizzati nel modello quantitativo [18]

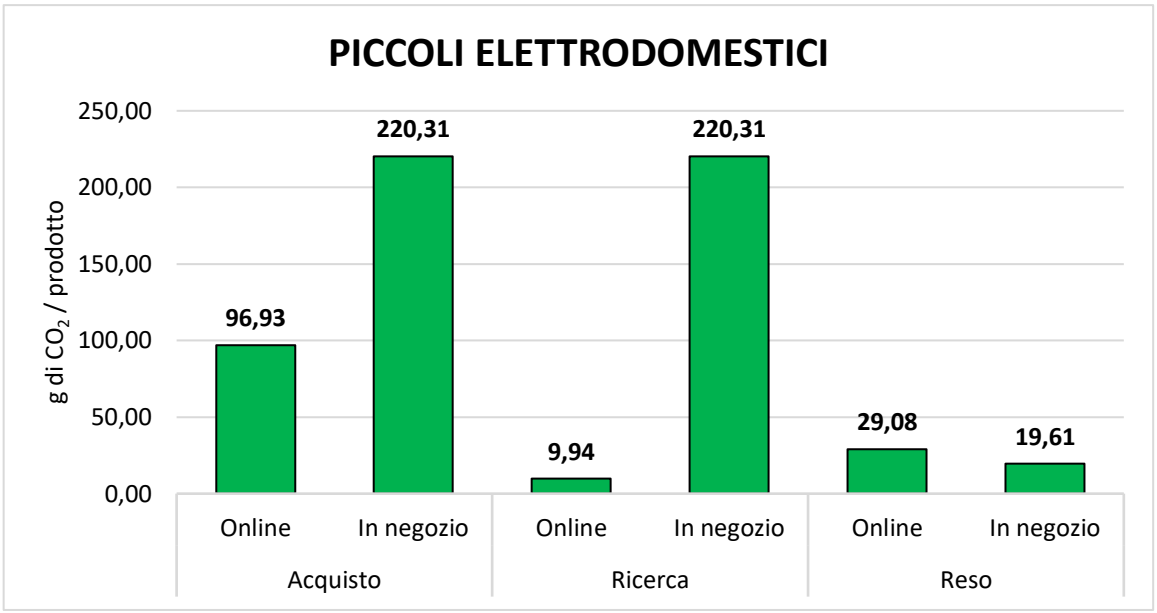
Tasso di reso	
Acquisti in negozio	Acquisti online
0,089	0,3

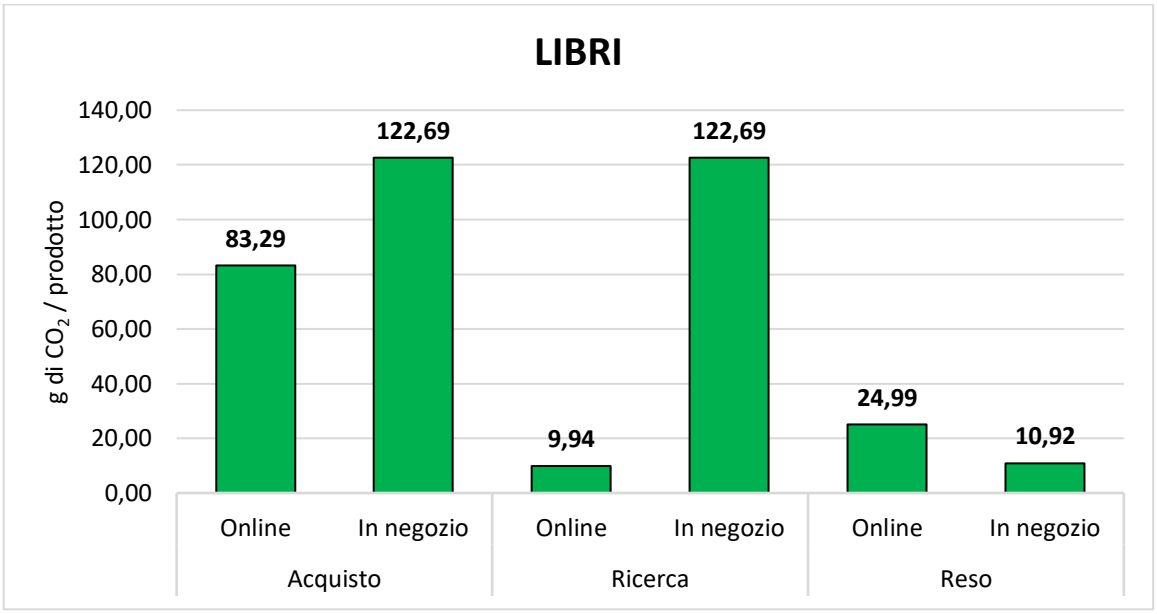
Appendice D
Emissioni medie generate dalle fasi del processo di acquisto

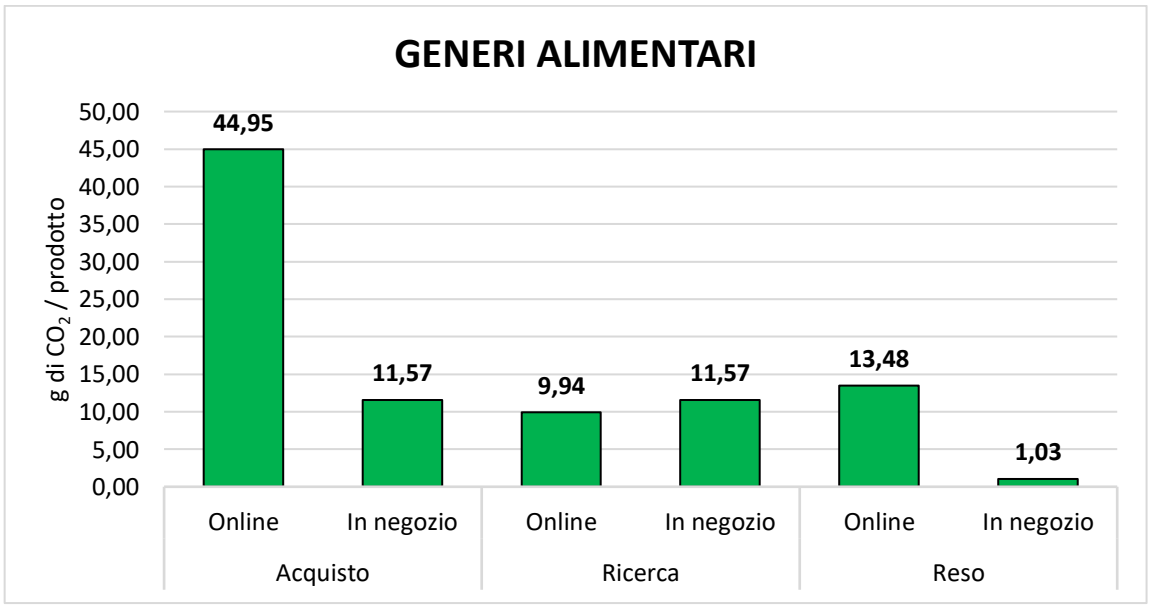
Grafico 23 - Emissioni medie generate dalle tre fasi del processo di acquisto di un prodotto per le nove categorie considerate (scenario base)

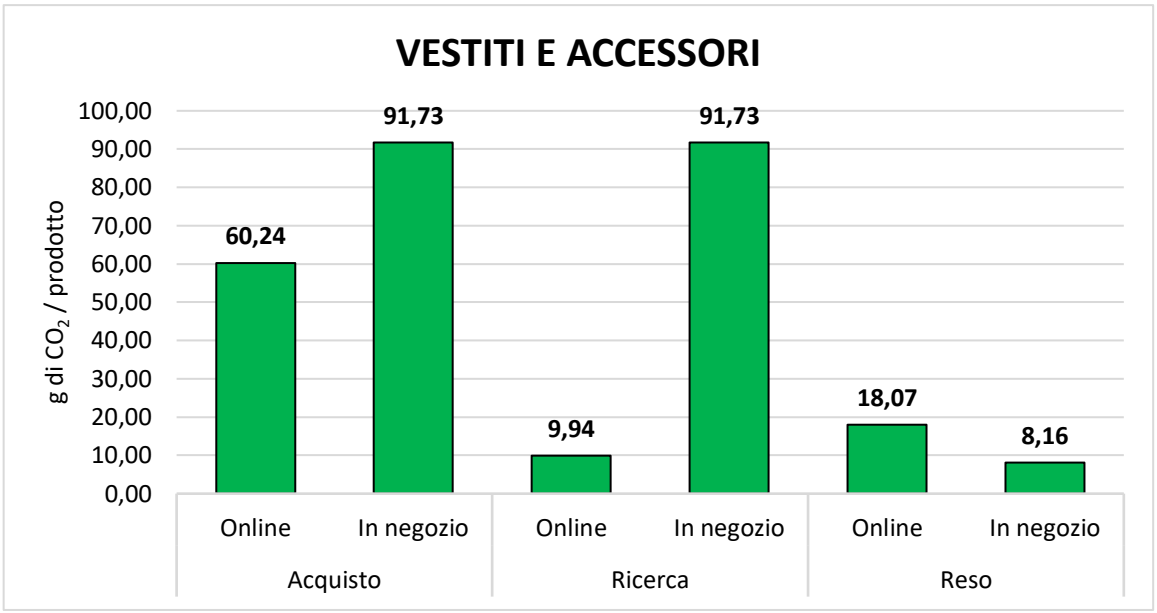


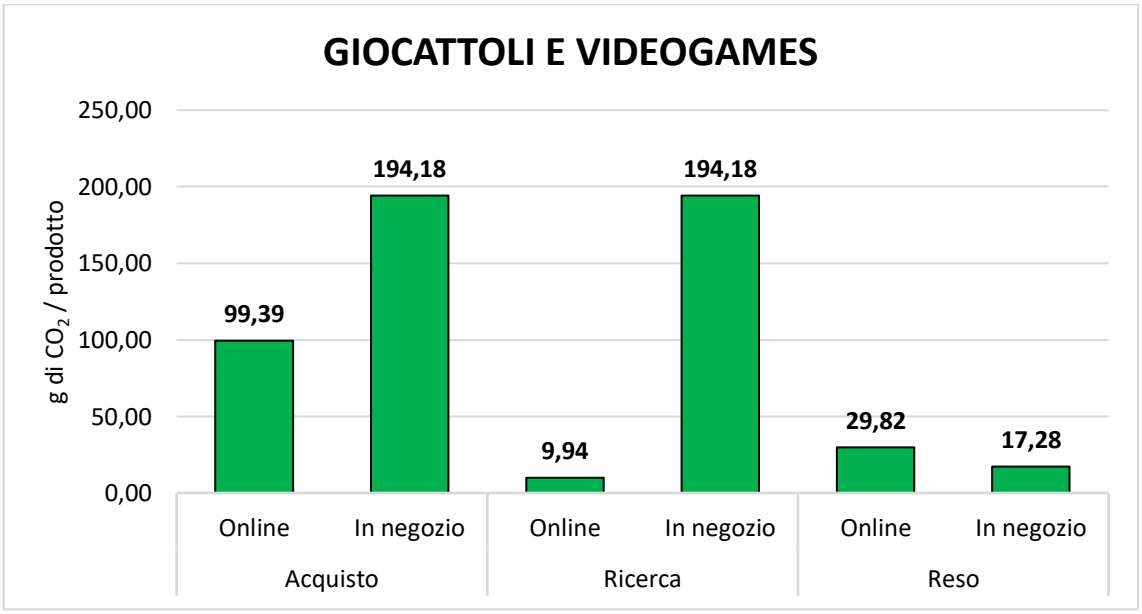


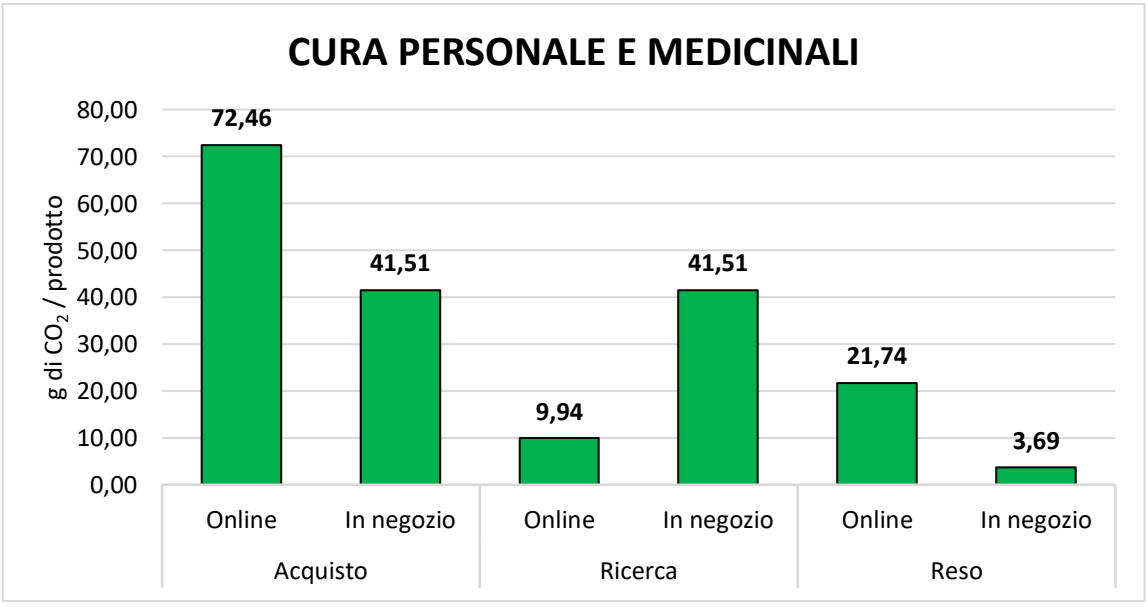

PICCOLI ELETTRODOMESTICI
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
g di CO_2 / prodotto
96,93
220,31
9,94
220,31
29,08
19,61
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso

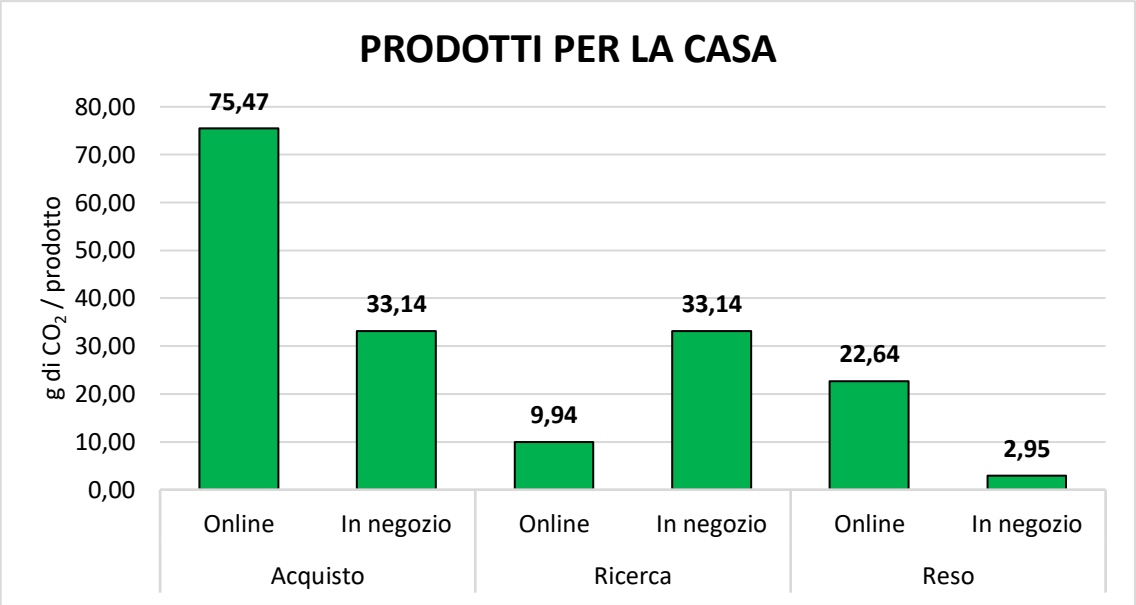

LIBRI
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
g di CO_2 / prodotto
83,29
122,69
9,94
122,69
24,99
10,92
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso


GENERI ALIMENTARI
50,00
45,00
40,00
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
g di CO_2 / prodotto
44,95
11,57
9,94
11,57
13,48
1,03
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso


VESTITI E ACCESSORI
g di CO_2 / prodotto
100,00
90,00
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
60,24
91,73
9,94
91,73
18,07
8,16
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso


GIOCATTOLI E VIDEOGAMES
g di CO_2 / prodotto
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
99,39
194,18
9,94
194,18
29,82
17,28
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso


CURA PERSONALE E MEDICINALI
g di CO_2 / prodotto
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
72,46
41,51
9,94
41,51
21,74
3,69
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso


PRODOTTI PER LA CASA
g di CO_2 / prodotto
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
75,47
33,14
9,94
33,14
22,64
2,95
Online
In negozio
Online
In negozio
Online
In negozio
Acquisto
Ricerca
Reso

Bibliografia

1. AGCOM. (2020). *Allegato A alla Delibera n. 212/20/CONS. ANALISI DEL MERCATO DEI SERVIZI DI CONSEGNA DEI PACCHI (INTERIM REPORT).* https://www.agcom.it/documents/10179/18568747/Allegato+1-7-2020/0b7aead1-68e3-4716-822d-f07c9db8aba8?version=1.0
2. Aikins, F. E., & Ramanathan, U. (2020). *Key factors of carbon footprint in the UK food supply chains: a new perspective of life cycle assessment*. International Journal of Operations and Production Management, 40 (7–8), 945–970. https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2019-0478
3. Alves, R., Lima, R. da S., Silva, K., Gomes, W., & González-Calderón, C. (2019). *Functional and environmental impact analysis of urban deliveries in a Brazilian historical city. Case Studies on Transport Policy*, 7(2), 443–452. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.01.009
4. Andriankaja, D., Gondran, N., & Gonzalez-Feliu, J. (2015). *Assessing the environmental impacts of different IPSS deployment scenarios for the light commercial vehicle industry*. Procedia CIRP, 30, 281–286. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.159
5. Arvidsson, N. (2013). *The milk run revisited: A load factor paradox with economic and environmental implications for urban freight transport*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 51, 56–62. https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.04.001
6. Assmann, T., Lang, S., Müller, F., & Schenk, M. (2020). *Impact assessment model for the implementation of cargo bike transshipment points in urban districts*. Sustainability (Switzerland), 12(10). https://doi.org/10.3390/SU12104082
7. Bertram, R. F., & Chi, T. (2018). *A study of companies' business responses to fashion e-commerce's environmental impact*. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 11(2), 254–264. https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1406541
8. Bjørgen, A., Bjerkan, K. Y., & Hjelkrem, O. A. (2019). *E-groceries: Sustainable last mile distribution in city planning*. Research in Transportation Economics, 100805. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2019.100805
9. Borggren, C., Moberg, A., & Finnveden, G. (2011). *Books from an environmental perspective-part 1: Environmental impacts of paper books sold in traditional and internet bookshops*. International Journal of Life Cycle Assessment, 16(2), 138–147. https://doi.org/10.1007/s11367-011-0254-1

10. Brown, J. R., & Guiffrida, A. L. (2014). *Carbon emissions comparison of last mile delivery versus customer pickup*. International Journal of Logistics Research and Applications, 17(6), 503–521. https://doi.org/10.1080/13675567.2014.907397
11. Carling, K., Han, M., Håkansson, J., Meng, X., & Rudholm, N. (2015). *Measuring transport related CO2 emissions induced by online and brick-and-mortar retailing*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 40, 28–42. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.010
12. Carotenuto, P., Gastaldi, M., Giordani, S., Rossi, R., Rabachin, A., & Salvatore, A. (2018). *Comparison of various urban distribution systems supporting e-commerce. Point-to-point vs collection-point-based deliveries*. Transportation Research Procedia, 30, 188–196. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.09.021
13. Caserini, S., Baglione, P., Cottafava, D., Gallo, M., Laio, F., Magatti, G., Maggi, V., Maugeri, M., Moreschi, L., Perotto, E., Pizzol, L., Semenzin, E., Senese, A., Milano, P., Civile, I., Milano, P., Sostenibilità, S., & Generale, D. (2019). *FATTORI DI EMISSIONE DI CO_2 PER CONSUMI ENERGETICI E TRASPORTI PER GLI INVENTARI DI GAS SERRA DEGLI ATENEI ITALIANI*. Ingegneria Dell'ambiente, 6(1). https://doi.org/dx.doi.org/10.32024/ida.v6i1.207
14. Chen, W., & Yan, W. (2020). *Impact of internet electronic commerce on SO2 pollution: evidence from China*. Environmental Science and Pollution Research, 27(20), 25801–25812. https://doi.org/10.1007/s11356-020-09027-1
15. Colombatto, S. (2019). *Analisi energetica del sistema elettrico nazionale e valutazione delle emissioni di CO_2 dirette ed indirette della filiera elettrica italiana*. Politecnico di Torino. https://webthesis.biblio.polito.it/12364/1/tesi.pdf
16. Commissione Italiana Veicoli Elettrici Stradali a batteria, ibridi e a celle a combustibile. *Confronto delle emissioni di gas climalteranti di diverse tecnologie veicolari*. http://download.repubblica.it/pdf/2012/emissionigas.pdf
17. Conway, A., Cheng, J., Kamga, C., & Wan, D. (2017). *Cargo cycles for local delivery in New York City: Performance and impacts*. Research in Transportation Business and Management, 24 (November 2016), 90–100. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.07.001
18. Daganzo, C. F. (1984). *Distance Traveled To Visit N Points With a Maximum of C Stops Per Vehicle: an Analytical Model and an Application*. Transportation Science, 18(4), 331–350. https://doi.org/10.1287/trsc.18.4.331
19. Daganzo, C. F. (1984). *The length of tours in zones of different shapes*. Transportation Research Part B, 18(2), 135–145. https://doi.org/10.1016/0191-2615(84)90027-4

20. Dalla Valle A. (2018). *La Carbon Footprint: uno strumento per quantificare e ridurre le emissioni di gas serra e i costi operativi di un'azienda di trasporti.* Università degli studi di Padova. http://tesi.cab.unipd.it/60915/1/Dalla_Valle_Alberto_1134123.pdf
21. De Mello Bandeira, R. A., Goes, G. V., Schmitz Gonçalves, D. N., D'Agosto, M. de A., & Oliveira, C. M. de. (2019). *Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: A sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 67 (January), 491–502. https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.017
22. Edwards, J. B., McKinnon, A. C., & Cullinane, S. L. (2010). *Comparative analysis of the carbon footprints of conventional and online retailing: A "last mile" perspective*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 40(1–2), 103–123. https://doi.org/10.1108/09600031011018055
23. Edwards, J., Mckinnon, A., Cherrett, T., & Mcleod, F. (2010*). Carbon Implications of Returning Unwanted Goods Ordered Online*. The 12th World Conference on Transportation Research.
24. Ericsson. (2020). *A quick guide to your digital carbon footprint*. https://www.ericsson.com/4907a4/assets/local/reports-papers/consumerlab/reports/2020/ericsson-true-or-false-report-screen.pdf
25. Figliozzi, M. A. (2020). *Carbon emissions reductions in last mile and grocery deliveries utilizing air and ground autonomous vehicles*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 85(July), 102443. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102443
26. Figliozzi, M., & Jennings, D. (2020). *Autonomous delivery robots and their potential impacts on urban freight energy consumption and emissions*. Transportation Research Procedia, 46 (2019), 21–28. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.159
27. Goodchild, A., Wygonik, E., & Mayes, N. (2018). *An analytical model for vehicle miles traveled and carbon emissions for goods delivery scenarios*. European Transport Research Review, 10 (1). https://doi.org/10.1007/s12544-017-0280-6
28. Grupo Interplataformas de Ciudades Inteligentes. (2015). *Smart Cities: documento de visión a 2030*. Gici, 1(June 2016), 13–127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39595-1
29. Guo, J., & Ma, S. (2017). *Environmental impact assessment for city logistics distribution systems. Environmental Engineering Research*, 22(4), 363–368. https://doi.org/10.4491/eer.2016.124

30. Hardi, L., & Wagner, U. (2019). *Grocery delivery or customer pickup-influences on energy consumption and CO2 emissions in Munich*. Sustainability (Switzerland), 11(3). https://doi.org/10.3390/su11030641
31. Heard, B. R., Bandekar, M., Vassar, B., & Miller, S. A. (2019). *Comparison of life cycle environmental impacts from meal kits and grocery store meals*. Resources, Conservation and Recycling, 147(March), 189–200. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.008
32. Heshmati, S., Verstichel, J., Esprit, E., & Vanden Berghe, G. (2019). *Alternative e-commerce delivery policies: A case study concerning the effects on carbon emissions*. EURO Journal on Transportation and Logistics, 8(3), 217–248. https://doi.org/10.1007/s13676-018-0120-4
33. Hidayatno, A., Destyanto, A. R., & Fadhil, M. (2019). *Model conceptualization on e-commerce growth impact to emissions generated from urban logistics transportation: A case study of Jakarta*. Energy Procedia, 156(September 2018), 144–148. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.119
34. Hischier, R. (2018). *Car vs. packaging-a first, simple (environmental) sustainability assessment of our changing shopping behaviour*. Sustainability (Switzerland), 10(9). https://doi.org/10.3390/su10093061
35. Igl, J., & Kellner, F. (2017). *Exploring greenhouse gas reduction opportunities for retailers in Fast Moving Consumer Goods distribution networks*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50, 55–69. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.008
36. Jaller, M., & Pahwa, A. (2020). *Evaluating the environmental impacts of online shopping: A behavioral and transportation approach*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 80(January), 102223. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102223
37. Junbeum, K., Ming, X., Kahhat, R., Allenby, B., & Williams, E. (2008). *Design and assessment of a sustainable networked system in the U.S.; Case study of book delivery system*. IEEE International Symposium on Electronics and the Environment. https://doi.org/10.1109/ISEE.2008.4562874
38. Kang, P., Song, G., Chen, D., Duan, H., & Zhong, R. (2020). *Characterizing the generation and spatial patterns of carbon emissions from urban express delivery service in China*. Environmental Impact Assessment Review, 80(June 2019), 106336. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106336

39. Kellner, F. (2016). *Exploring the impact of traffic congestion on CO2 emissions in freight distribution networks*. Logistics Research, 9(1), 1–15. https://doi.org/10.1007/s12159-016-0148-5
40. Kim, J., Xu, M., Kahhat, R., Allenby, B., & Williams, E. (2009). *Designing and assessing a sustainable networked delivery (SND) system: Hybrid business-to-consumer book delivery case study*. Environmental Science and Technology, 43(1), 181–187. https://doi.org/10.1021/es800648s
41. Kiousis, V., Nathanail, E., & Karakikes, I. (2019). *Assessing traffic and environmental impacts of smart lockers logistics measure in a medium-sized municipality of Athens*. In Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 879). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02305-8_74
42. Lazarevic, D., Švadlenka, L., Radojicic, V., & Dobrodolac, M. (2020). *New express delivery service and its impact on CO2 emissions*. Sustainability (Switzerland), 12(2). https://doi.org/10.3390/su12020456
43. Manerba, D., Mansini, R., & Zanotti, R. (2018). *Attended Home Delivery: reducing last-mile environmental impact by changing customer habits*. IFAC-PapersOnLine, 51(5), 55–60. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.199
44. Mangiaracina, R., Marchet, G., Perotti, S., & Tumino, A. (2015). *A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective*. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 45(6), 565–591. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2014-0133
45. Marmiroli, B., Venditti, M., Dotelli, G., & Spessa, E. (2020). *The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles*. Applied Energy, 260(December 2019), 114236. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114236
46. Marujo, L. G., Goes, G. V., D'Agosto, M. A., Ferreira, A. F., Winkenbach, M., & Bandeira, R. A. M. (2018). *Assessing the sustainability of mobile depots: The case of urban freight distribution in Rio de Janeiro*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 62(March), 256–267. https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.02.022
47. McLeod, F. N., Cherrett, T. J., Bektas, T., Allen, J., Martinez-Sykora, A., Lamas-Fernandez, C., Bates, O., Cheliotis, K., Friday, A., Piecyk, M., & Wise, S. (2020). *Quantifying environmental and financial benefits of using porters and cycle couriers for last-mile parcel delivery*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 82(March), 102311. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102311

48. Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., & Spinler, S. (2020). *Sustainability assessment of last-mile logistics and distribution strategies: The case of local food networks*. International Journal of Production Economics, 228(July 2019), 107746. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107746
49. Muñoz-Villamizar, A., Montoya-Torres, J. R., & Faulin, J. (2017). *Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50, 40–54. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.018
50. Muñoz-Villamizar, A., Solano-Charris, E. L., Santos, J., & Montoya-Torres, J. R. (2019). *Measuring environmental impact of collaborative urban transport networks: A case study*. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11756 LNCS (Quak 2008), 53–66. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31140-7_4
51. Pålsson, H., Pettersson, F., & Winslott Hiselius, L. (2017). *Energy consumption in e-commerce versus conventional trade channels - Insights into packaging, the last mile, unsold products and product returns*. Journal of Cleaner Production, 164, 765–778. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.242
52. Pilati, F., Zennaro, I., Battini, D., & Persona, A. (2020). *The Sustainable Parcel Delivery (SPD) Problem: Economic and Environmental Considerations for 3PLs*. IEEE Access, 8, 71880–71892. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2987380
53. Poli, S. (2018). *La sensitivity analysis. Spunti di riflessione.* Università Politecnica delle Marche. https://www.fpcu.it/App_Common/Files/FilesEventi/354826/Presentazione%20per%20convegno_Poli.pdf
54. Rai, H. B., Mommens, K., Verlinde, S., & Macharis, C. (2019). *How does consumers' omnichannel shopping behaviour translate into travel and transport impacts? Case-study of a footwear retailer in Belgium*. Sustainability (Switzerland), 11(9). https://doi.org/10.3390/su11092534
55. Saxena, S., Gopal, A., & Phadke, A. (2014). *Electrical consumption of two-, three- and four-wheel light-duty electric vehicles in India*. Applied Energy, 115(2014), 582–590. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.043
56. Shahmohammadi, S., Steinmann, Z. J. N., Tambjerg, L., Van Loon, P., King, J. M. H., & Huijbregts, M. A. J. (2020). *Comparative Greenhouse Gas Footprinting of Online versus Traditional Shopping for Fast-Moving Consumer Goods: A Stochastic Approach*.

Environmental Science and Technology, 54(6), 3499–3509. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06252

57. Simoni, M. D., Marcucci, E., Gatta, V., & Claudel, C. G. (2020). *Potential last-mile impacts of crowdshipping services: a simulation-based evaluation*. Transportation, 47(4), 1933–1954. https://doi.org/10.1007/s11116-019-10028-4
58. Sivaraman, D., Pacca, S., Mueller, K., & Lin, J. (2007). *Comparative energy, environmental, and economic analysis of traditional and E-commerce DVD rental networks*. Journal of Industrial Ecology, 11(3), 77–91. https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1240
59. Van Loon, P., McKinnon, A. C., Deketele, L., & Dewaele, J. (2014). *The growth of online retailing: A review of its carbon impacts*. Carbon Management, 5(3), 285–292. https://doi.org/10.1080/17583004.2014.982395
60. Van Loon, P., Deketele, L., Dewaele, J., McKinnon, A., & Rutherford, C. (2015). *A comparative analysis of carbon emissions from online retailing of fast-moving consumer goods*. Journal of Cleaner Production, 106(2015), 478–486. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.060
61. Velázquez-Martínez, J. C., Fransoo, J. C., Blanco, E. E., & Valenzuela-Ocaña, K. B. (2016). *A new statistical method of assigning vehicles to delivery areas for CO2 emissions reduction*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 43, 133–144. https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.009
62. Velazquez, R., & Chankov, S. M. (2019). *Environmental Impact of Last Mile Deliveries and Returns in Fashion E-Commerce: A Cross-Case Analysis of Six Retailers*. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 1099–1103. https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978705
63. Viu-Roig, M., & Alvarez-Palau, E. J. (2020). *The impact of E-Commerce-related last-mile logistics on cities: A systematic literature review*. Sustainability (Switzerland), 12(16). https://doi.org/10.3390/su12166492
64. Vleugel, J. M., & Bal, F. (2018). *Regional goods delivery: How to reduce its CO2-, NOX- and PM10-emissions?* International Journal of Energy Production and Management, 3(4), 338–347. https://doi.org/10.2495/EQ-V3-N4-338-347
65. Weideli, D. (2019). *Environmental Analysis of US Online Shopping*. MIT Center for Transportation & Logistics, 1–7. https://pdfs.semanticscholar.org/e11b/f9a425568379d02156fe964f47b624695b8a.pdf?_ga=2.210895957.1723970770.1576062241-1069624321.1576062241

66. Wiese, A., Toporowski, W., & Zielke, S. (2012). *Transport-related CO2 effects of online and brick-and-mortar shopping: A comparison and sensitivity analysis of clothing retailing*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17(6), 473–477. https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.05.007
67. Wolkswagen. (2020). *Crafter Dati tecnici.* https://www.volkswagen-veicolicommerciali.it/idhub/content/dam/onehub_nfz/importers/it/download/misure/Misure-Crafter.pdf
68. Wygonik, E., & Goodchild, A. (2017*). Evaluating the impacts of density on urban goods movement externalities*. Journal of Urbanism, 10(4), 487–499. https://doi.org/10.1080/17549175.2017.1310745
69. Wygonik, E., & Goodchild, A. V. (2018). *Urban form and last-mile goods movement: Factors affecting vehicle miles travelled and emissions*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 61, 217–229. https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.09.015
70. Xu, M., Allenby, B., Kim, J., & Kahhat, R. (2009). *A dynamic agent-based analysis for the environmental impacts of conventional and novel book retailing*. Environmental Science and Technology, 43(8), 2851–2857. https://doi.org/10.1021/es802219m
71. Zanni, A. M., & Bristow, A. L. (2010). *Emissions of CO2 from road freight transport in London: Trends and policies for long run reductions*. Energy Policy, 38(4), 1774–1786. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.053
72. Zhang, L., & Zhang, Y. (2013). *A Comparative Study of Environmental Impacts of Two Delivery Systems in the Business-to-Customer Book Retail Sector*. Journal of Industrial Ecology, 17(3).
73. Zhao, Y. B., Wu, G. Z., Gong, Y. X., Yang, M. Z., & Ni, H. G. (2019). *Environmental benefits of electronic commerce over the conventional retail trade? A case study in Shenzhen, China*. Science of the Total Environment, 679, 378–386. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.081

Sitografia

1. *Logistica*. (28 agosto 2020). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 9 gennaio 2021, 10:49 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Logistica&oldid=115193889.
2. *E-commerce, crescita nel 2020 prevista al +26 per cento*. (11 luglio 2020). La Repubblica. Tratto il 9 gennaio 2021, 11:35 da http://www.repubblica.it/economia/2020/07/11/news/ecommerce_crescita_nel_2020_prevista_al_26_per_cento-261225752/#:~:text=Accelera%20la%20crescita%20degli%20acquisti,B2c%20del%20Politecnico%20di%20Milano
3. *Last Mile: definizione, caratteristiche e strategie per gestire la logistica dell'ultimo miglio*. (6 agosto 2019). Mecalux. Tratto il 10 gennaio 2021, 13:56 da http://www.mecalux.it/blog/last-mile-logistica
4. *Logistica urbana sostenibile: soluzioni innovative per il trasporto dell'ultimo miglio*. ROL Logistics. Tratto il 10 gennaio 2021, 14:54 da http://www.rol-logistics.com/index.php/news/79-logistica-urbana-sostenibile-soluzioni-innovative-per-il-trasporto-dell-ultimo-miglio
5. *Questionario*. (18 marzo 2020). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 22 gennaio 2021, 10:54 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Questionario&oldid=111538757.
6. *Il processo di costruzione di un questionario*. (10 maggio 2013). PAQ – Pubblica Amministrazione di Qualità. Tratto il 23 gennaio 2021, 14.36 da http://qualitapa.gov.it/sitoarcheologico/relazioni-con-i-cittadini/utilizzare-gli-strumenti/questionario/il-processo-di-costruzione-di-un-questionario/index.html
7. *Raccolta dati statistici a cura di Patrizia Grossi*. Istat. Tratto il 2 febbraio 2021, 15:35 da http://www.ascuoladiopencoesione.it/sites/default/files/asoc_files/1819/doc/ASOC1819_Istat_Raccolta-Dati-Statistici_Patrizia-Grossi.pdf
8. *Inquinamento atmosferico*. (2 marzo 2021). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 17 febbraio 2021, 10:59 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Inquinamento_atmosferico&oldid=118994250.

9. *Anidride carbonica*. (8 marzo 2021). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 15 marzo 2021, 10:59 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Anidride_carbonica&oldid=119144756.
10. *Assalto dell'e-commerce: ogni mese consegnati due milioni di pacchi*. (4 gennaio 2020). La Stampa. Tratto il 28 febbraio 2021, 15:18 da https://www.lastampa.it/torino/2020/01/04/news/assalto-dell-e-commerce-ogni-mese-consegnati-due-milioni-di-pacchi-1.38286125
11. *Provincia di Torino*. (13 gennaio 2021). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 9 marzo 2021, 11:02 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Provincia_di_Torino&oldid=117965264.
12. *Torino*. (6 marzo 2021). Wikipedia, L'enciclopedia libera. Tratto il 9 marzo 2021, 11:02 da http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Torino&oldid=119086401.
13. https://www.terraup.it/auto
14. https://www.telcominstrument.com/p_888_20_259_monopattino-elettrico-xiaomi-m365-pieghevole-libert-di-movimento-in-citt-scooter-mijia-m365-ha-autonomia-30km.html#:~:text=Il%20consumo%20energetico%20%C3%A8%20stimato,(390%20km)%20X%20100km
15. *BYD K9.* (18 febbraio 2021). Wikipedia, The Free Enciclopedia. Tratto il 9 marzo 2021, 12:54 da https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_K9
16. https://evcompare.io/cars/byd/byd-e1/
17. *Tesla Model 3*. (10 marzo 2021). Wikipedia, The Free Enciclopedia. Tratto il 15 marzo 2021, 15:47 da https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_3
18. *E-commerce Product Return Rate – Statistics and Trends*. (11 aprile 2020). Khalid Saleh. Tratto il 15 marzo 2021, 15:58 da https://www.invespcro.com/blog/ecommerce-product-return-rate-statistics/
19. *Sensitivity analysis.* (7 marzo 2021). Wikipedia, The Free Enciclopedia. Tratto il 16 marzo 2021, 12:54 da https://en.wikipedia.org/wiki/Sensitivity_analysis
20. https://www.volkswagen-veicolicommerciali.it/it/modelli/e-crafter.html