



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI ECONOMIA "GIORGIO FUÀ "

---

Corso di Laurea Triennale in Economia e Commercio

**ANALISI EMPIRICA DEL MERCATO  
AUTOMOBILISTICO: ITALIA E GERMANIA  
A CONFRONTO**

**EMPIRICAL ANALYSIS OF THE  
AUTOMOTIVE MARKET: COMPARISON  
BETWEEN ITALY AND GERMANY**

Relatore:

Lucchetti Riccardo

Rapporto finale di:

Balducci Nicolò

Anno Accademico 2020/2021

# Indice

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>1 IL PROTOCOLLO DI KYOTO</b>	<b>6</b>
1.1 L'ACCORDO DI PARIGI . . . . .	7
1.2 LA POLITICA EUROPEA SU AUTO E CO2 . . . . .	8
1.3 MERCATO AUTOMOTIVE: ITALIA E GERMANIA . . . . .	10
<b>2 COSTRUZIONE DEL DATABASE: DATI CROSS-SECTION</b>	<b>13</b>
2.1 VARIABILI DIPENDENTI . . . . .	14
2.1.1 PREZZO AUTO IN ITALIA E IN GERMANIA . . . . .	14
2.2 VARIABILI INDIPENDENTI . . . . .	14
2.2.1 EMISSIONI CO2 . . . . .	16
2.3 STATISTICHE DESCRITTIVE . . . . .	17
2.3.1 GRAFICI DELLE DISTRIBUZIONI DI FREQUENZA . . . . .	17
2.3.2 BOXPLOT: INDICI E RAPPRESENTAZIONE GRAFICA . . . . .	18
2.3.3 GRAFICI DI DISPERSIONE . . . . .	22
<b>3 ANALISI EMPIRICA</b>	<b>24</b>
3.1 ANALISI VARIABILE PITA . . . . .	25
3.1.1 ANALISI DEL CAMPIONE COMPLETO . . . . .	25
3.1.2 TEST DI RAMSEY . . . . .	25
3.1.3 TEST DI WHITE . . . . .	27

3.1.4	ANALISI VARIABILE PITA CAMPIONE DEFINITIVO . . . . .	28
3.2	ANALISI VARIABILE LPGER . . . . .	31
3.2.1	ANALISI DEL CAMPIONE COMPLETO . . . . .	31
3.2.2	TEST DI RAMSEY . . . . .	32
3.2.3	TEST DI WHITE . . . . .	33
3.2.4	ANALISI VARIABILE PGER CAMPIONE DEFINITIVO . . . . .	34
	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>38</b>
	<b>SITOGRAFIA</b>	<b>39</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>41</b>
<b>A</b>	<b>APPENDICE</b>	<b>42</b>
A.1	ANALISI ULTERIORI . . . . .	42
A.1.1	ANALISI PER MODELLO VARIABILE PITA . . . . .	42
A.1.2	ANALISI PER SEGMENTO VARIABILE PITA . . . . .	45
A.1.3	ANALISI PER MODELLO VARIABILE PGER . . . . .	47
A.1.4	ANALISI PER SEGMENTO VARIABILE PGER . . . . .	49

# Elenco delle figure

1.1	POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE . . . . .	7
1.2	EMISSIONI CO <sub>2</sub> UNIONE EUROPEA 2000-2016 . . . . .	8
1.3	AUTOMOBILI PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONI . . . . .	10
2.1	DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA VARIABILE PITA E PGER . . . . .	17
2.2	DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA VARIABILE CO <sub>2</sub> . . . . .	18
2.3	BOXPLOT FATTORIZZATO PITA/PGER SEGMENTO . . . . .	18
2.4	BOXPLOT FATTORIZZATO PITA/PGER ANNO . . . . .	20
2.5	GRAFICO DI DISPERSIONE: PITA/LOGPITA E POTENZA . . . . .	22
2.6	GRAFICO DI DISPERSIONE: PGER/LOGPGER E POTENZA . . . . .	22

# Elenco delle tabelle

1.1	LIMITI E SANZIONI EMISSIONI DI CO <sub>2</sub> UNIONE EUROPEA . . . . .	9
1.2	TABELLA IMMATRICOLAZIONI AUTO EUROPA 2020 . . . . .	12
2.1	TABELLA VALORI BOXPLOT FATTORIZZATO PREZZO/SEGMENTO	20
3.1	REGRESSIONE OLS MODELLO COMPLETO LPITA . . . . .	25
3.2	REGRESSIONE OLS:ERRORI STANDARD ROBUSTI . . . . .	27
3.4	REGRESSIONE OLS LPITA MODELLO DEFINITIVO . . . . .	29
3.5	REGRESSIONE OLS MODELLO COMPLETO LPGER . . . . .	31
3.6	REGRESSIONE OLS:TEST DI WHITE LPGER . . . . .	33
3.8	REGRESSIONE OLS LPGER MODELLO DEFINITIVO . . . . .	35
A.2	REGRESSIONE OLS: ANALISI PER MODELLO LPITA . . . . .	44
A.4	REGRESSIONE OLS ANALISI PER SEGMENTO LPITA . . . . .	46
A.6	REGRESSIONE OLS ANALISI PER MODELLO LPGER . . . . .	48
A.8	REGRESSIONE OLS:ANALISI PER SEGMENTO LPGER . . . . .	50

# INTRODUZIONE

L'industria automobilistica nel corso degli ultimi anni ha subito profondi cambiamenti sia a livello qualitativo che a livello quantitativo: il mercato automobilistico europeo è cresciuto molto velocemente fino a diventare un mercato particolarmente importante a livello mondiale grazie ai principali marchi automobilistici che vi operano al suo interno.

Proprio per quanto riguarda il mercato automobilistico europeo, l'Italia e la Germania occupano un segmento di mercato ampio, grazie alla popolarità e alla qualità delle principali case automobilistiche presenti nel territorio.

Nel corso del tempo l'evoluzione del mercato, conseguentemente al prezzo e alle caratteristiche delle autovetture, ha subito profondi cambiamenti: questi sono stati condizionati in grande parte a causa dell'estensione del Protocollo di Kyoto e l'Accordo di Parigi che hanno imposto obblighi di contenimento delle emissioni di elementi inquinanti per salvaguardare l'ambiente europeo e mondiale.

Nel Capitolo 1, è illustrata una breve introduzione al Trattato di Kyoto e Parigi, mettendone in evidenza l'importanza per la tutela ambientale. Nello stesso capitolo è accennata quella che è la politica europea automobilistica e il mercato automotive in Italia e Germania.

Nel Capitolo 2, è presentata la costruzione del data-set e sono presenti alcune statistiche descrittive relative al modello.

Nel capitolo 3, infine, è eseguita l'analisi empirica del modello evidenziando come il prezzo delle auto in Italia e Germania è influenzato dalle caratteristiche dei veicoli.

# Capitolo 1

## IL PROTOCOLLO DI KYOTO

Il protocollo di Kyoto è un accordo internazionale stipulato da più di 180 paesi in occasione della Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)<sup>1</sup> che stabilisce precisi obiettivi per i tagli delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra e del riscaldamento del pianeta, da parte dei Paesi industrializzati che vi hanno aderito.

Dai dati pubblicati dall'Intergovernmental Panel on Climate Change<sup>2</sup> nel 5° report di valutazione dei cambiamenti climatici dell'Ottobre 2014, è possibile osservare come ciascun gas climalterante, abbia un proprio e specifico potenziale di riscaldamento globale, che corrisponde alla sua "capacità serra" in relazione a quella della CO<sub>2</sub> (convenzionalmente posta =1) lungo un intervallo temporale che normalmente è di 100 anni.

Nonostante tutti gli altri gas hanno tendenzialmente un "potere climalterante" più alto di quello dell'anidride carbonica, attualmente la CO<sub>2</sub>, come dichiarato dall'Ispra<sup>3</sup> nel Rapporto n°220/2015 inerente alle emissioni nazionali di gas serra, è il principale gas presente nell'ambiente che contribuisce per oltre il 55% all'effetto serra odierno.

---

<sup>1</sup>United Nations Framework Convention on Climate Change: è un trattato internazionale sull'ambiente che affronta il cambiamento climatico, negoziato e firmato da 154 Stati alla Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo, nota come Summit della Terra, tenutasi a Rio de Janeiro dal 3 al 14 giugno 1992.

<sup>2</sup>IPCC: organo intergovernativo composto dai più importanti esperti climatici di tutto il mondo.

<sup>3</sup>Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale

Gas	Atmospheric Lifetime	100-year GWP <sup>a</sup>	20-year GWP	500-year GWP
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	50-200	1	1	1
Methane (CH <sub>4</sub> ) <sup>b</sup>	12±3	21	56	6.5
Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)	120	310	280	170
HFC-23	264	11,700	9,100	9,800
HFC-125	32.6	2,800	4,600	920
HFC-134a	14.6	1,300	3,400	420
HFC-143a	48.3	3,800	5,000	1,400
HFC-152a	1.5	140	460	42
HFC-227ea	36.5	2,900	4,300	950
HFC-236fa	209	6,300	5,100	4,700
HFC-4310mee	17.1	1,300	3,000	400
CF <sub>4</sub>	50,000	6,500	4,400	10,000
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10,000	9,200	6,200	14,000
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	2,600	7,000	4,800	10,100
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	3,200	7,400	5,000	10,700
SF <sub>6</sub>	3,200	23,900	16,300	34,900

Source: IPCC

Figura 1.1: POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE

## 1.1 L'ACCORDO DI PARIGI

L'Accordo di Parigi è un accordo tra gli stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) riguardo alla riduzione di emissione di gas serra a partire dall'anno 2020.

L'accordo si fonda sulla consapevolezza che il pianeta è minacciato dal cambiamento climatico e dal riscaldamento globale.

Come è stato dichiarato dal Parlamento Europeo, tutti i paesi dell'Unione europea sono firmatari per conto proprio dell'Accordo di Parigi, ma coordinano insieme le loro posizioni e fissano obiettivi comuni di riduzione delle emissioni.

Secondo il NIR,<sup>4</sup> nel rapporto annuale pubblicato nel 2016, la situazione in Italia in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> era dovuta per il 23,1% al settore dei trasporti.

Dallo stesso rapporto emerge che, anche per la Germania, uno dei principali settori produttivi in cui viene prodotta una maggior quantità di diossido di carbonio è il settore dei trasporti, preceduto solamente dal settore della produzione di energia.

<sup>4</sup>National Inventory Submissions: è il rapporto annuale sull'inventario nazionale pubblicato dalla Conferenza delle Parti.

L'Agencia Europea dell'ambiente<sup>5</sup>, nel rapporto intitolato "Verso una mobilità pulita e intelligente" pubblicato il 25 Novembre 2016, ha messo a disposizione dati relativi all'emissione di CO<sub>2</sub> nel settore dei trasporti associati all'Unione Europea, dalla quale è possibile notare le quantità totali di anidride carbonica mediamente emessa, nonostante emerge in maniera evidente il miglioramento avvenuto dagli anni 2000 all'anno 2016.

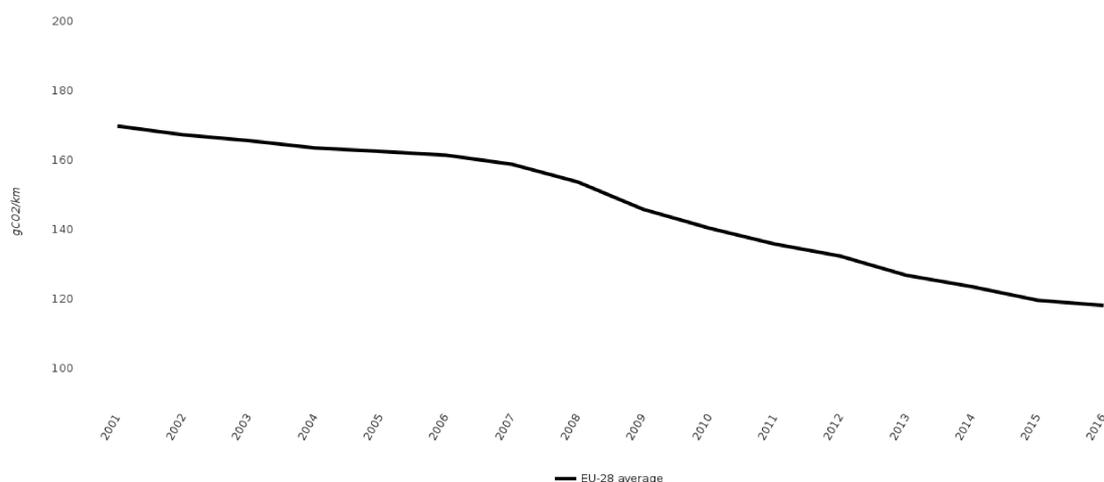


Figura 1.2: EMISSIONI CO<sub>2</sub> UNIONE EUROPEA 2000-2016

## 1.2 LA POLITICA EUROPEA SU AUTO E CO<sub>2</sub>

Secondo l'analisi eseguita dall'Agencia Europea dell'ambiente pubblicata nel rapporto del 15 Dicembre 2019, emerge che il settore dei trasporti è responsabile del 30% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> in Europa, di cui il 72% viene prodotto dal solo trasporto stradale.

Uno studio eseguito dall'ANFIA<sup>6</sup> nel Giugno 2020 pubblicato nel dossier "Trasporto passeggeri e mobilità", evidenzia che attualmente la percentuale di auto alimentate a benzina in Italia è di circa il 38% (35% in Germania) a confronto con un mercato

<sup>5</sup>AEA: è un'agenzia dell'Unione Europea che ha il compito di fornire informazioni attendibili sull'ambiente e aiutare i paesi membri a prendere decisioni su come migliorare l'ambiente.

<sup>6</sup>ANFIA: Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica

di auto elettriche ed ibride che stanno guadagnando sempre maggiore popolarità nel mercato automobilistico.

I veicoli con alimentazione totalmente elettrica utilizzano come fonte primaria l'energia chimica immagazzinata in una o più batterie ricaricabili, permettendo di produrre emissioni durante il trasporto pari a  $0g/km$ , mentre i veicoli a propulsione ibrida, sono dotati di un sistema di propulsione a due o più componenti, capace di far lavorare in sinergia diversi sistemi di impulso accoppiati, garantendo una riduzione importante delle emissioni di anidride carbonica.

A dispetto della bassa percentuale di mercato occupata, il numero delle immatricolazioni di auto elettriche ed ibride in Europa è cresciuto costantemente negli ultimi anni: la vendita dei veicoli elettrici in Europa è cresciuta del 51% nel 2017 rispetto al 2016 e di circa il 150% nel 2020 a paragone con gli anni 2018 e 2019.

Per ridurre le emissioni provenienti dal settore automotive, l'Unione Europea ha stabilito che entro il 2015 le nuove auto dovranno emettere meno di 120 grammi di  $CO_2$  per chilometro e ora le case automobilistiche sono obbligate per legge a comunicare le emissioni di ogni nuovo modello immesso sul mercato.

Di seguito una tabella che mostra l'andamento del limite imposto di emissione di anidride carbonica, e l'eventuale sanzione in euro prevista per gli Stati che non rispetteranno le normative europee.

Tabella 1.1: LIMITI E SANZIONI EMISSIONI DI  $CO_2$  UNIONE EUROPEA

ANNO	LIMITE $CO_2$	$CO_2$ IN ECCESSO	SANZIONE €/g
ENTRO 2012	120g	1	5
2012-2014	120g	2	15
2015	120g	3	25
2020	95g	4	95

### 1.3 MERCATO AUTOMOTIVE: ITALIA E GERMANIA

L'evoluzione complessiva dei servizi di trasporto ha segnato nel corso dell'ultimo decennio una dinamica piuttosto modesta, accompagnata da numerose evoluzioni in termini tecnologici dovute in parte anche alla necessità di contenere l'inquinamento ambientale.

In Italia il settore dei trasporti rappresenta circa il 10% del PIL, come dichiarato dall'ISTAT nel rapporto annuale del 20 giugno 2019 intitolato "La situazione del Paese". Nonostante la posizione di forte impatto dell'Italia nel mercato automobilistico a livello europeo, la necessità di raggiungere gli obiettivi imposti dal Protocollo di Kyoto e dall'Accordo di Parigi, ha messo in evidenza la posizione di scarsa capacità di investimento della Nazione fino all'anno 2019, per quanto riguarda i veicoli ibridi ed elettrici.

C'è stato però un netto miglioramento di questa situazione in Italia nel 2020, che ha fatto registrare numeri molto importanti in termini di produzione e vendita di autovetture alimentate elettricamente e/o a motore ibrido.

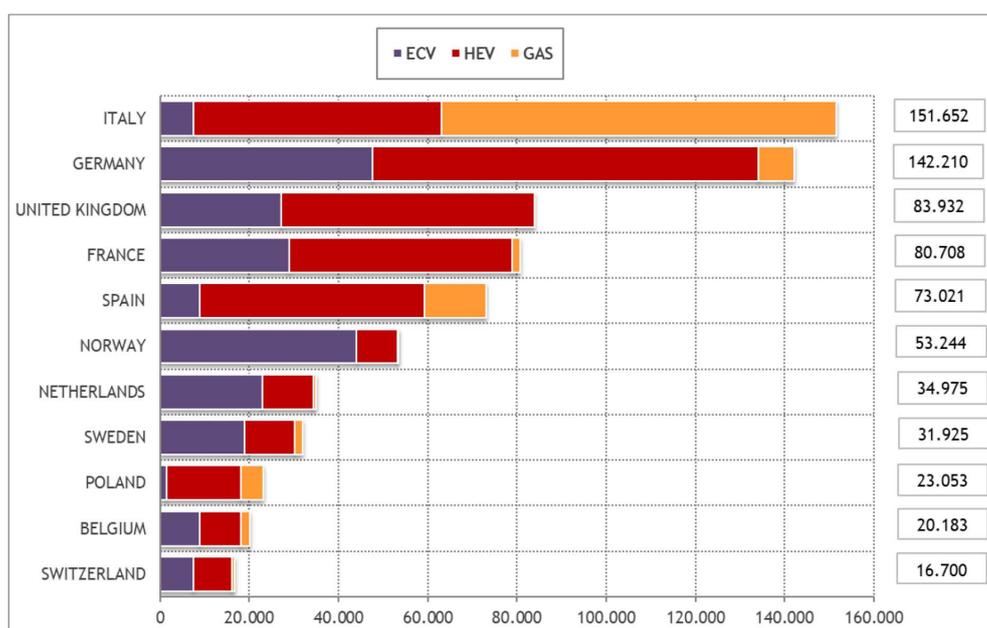


Figura 1.3: AUTOMOBILI PER TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONI

I veicoli ECV<sup>7</sup> e HEV<sup>8</sup> sono maggiormente presenti in Germania piuttosto che in Italia, come è evidente dal grafico fornito dall'ACEA<sup>9</sup> pubblicato nel "Rapporto trimestrale sull'andamento del mercato europeo delle autovetture ad alimentazione alternativa" relativo all'anno 2019.

Differentemente accade per tutti gli altri veicoli alimentati a gas, dove l'Italia ha una grande quota di mercato.

La Germania con il passare del tempo è diventata sempre più un elemento centrale europeo in moltissime produzioni manifatturiere, ponendosi spesso al centro della cosiddetta catena globale del valore.

L'Italia beneficia di questa complessa articolazione e interconnessione produttiva ed è il Paese, ad esempio, che contribuisce maggiormente alla filiera automotive tedesca (con una quota di valore aggiunto del 2.4%) davanti ai paesi dell'Est Europa.

L'automotive vale l'11,4% dell'export italiano verso la Germania e il 16% di quello tedesco verso l'Italia.

Il comunicato stampa n°18 del 15 gennaio 2019 dell'Ufficio federale di statistica tedesco (Destatis), mette in evidenza che il settore automobilistico in Germania ricopre circa una percentuale del 12% del PIL totale prodotto dalla Nazione.

Dalla classifica stilata dalla Fortune Global 500<sup>10</sup> e pubblicata nel sito <https://fortune.com/global500/2020/>, il più grande gruppo automobilistico al mondo (ranking aggiornato al 2020) è Volkswagen, seguito a ruota da Toyota.

Nell'anno 2020, quasi un milione e mezzo di europei ha scelto una vettura mild hybrid o full hybrid, il 51,3% in più rispetto al 2019: si è passati così da 956.809 a 1.447.973 vetture annue.

---

<sup>7</sup>Electronically Controlled Variable: fa riferimento all'utilizzo di una centralina elettrica per auto completamente alimentate attraverso l'utilizzo di batterie.

<sup>8</sup>Hybrid Electric Vehicle: il motore funziona insieme a quello a combustione interna ed è in grado di viaggiare al 100% per una distanza contenuta in modalità elettrica sfruttando la tipologia di trazione da utilizzare.

<sup>9</sup>ACEA: European Automobile Manufacturer's Association è il gruppo principale per gli standard nell'industria dell'automobile nell'Unione Europea.

<sup>10</sup>Si tratta di una classifica annuale delle prime 500 società a livello mondiale misurata in base al fatturato e pubblicata nella rivista statunitense Fortune.

In Italia le vendite delle auto ibride sono più che raddoppiate rispetto al 2019 (+101.9%), passando da 109.929 a 221.893 unità, quasi la metà delle quali (96.865) immatricolate negli ultimi tre mesi del 2020.

Questo ha portato il paese a essere il secondo mercato europeo per vendita di vetture mild e full hybrid dietro alla sola Germania, che con 327.395 unità guida la graduatoria, pur fermandosi a un incremento annuo del 68,8%.

Di seguito si riporta una tabella che riassume le immatricolazioni di auto registrate nell'anno 2020 in Europa, per i principali modelli delle case automobilistiche più popolari e produttive degli ultimi anni: tali modelli fanno riferimento ad una classifica pubblicata nel "Pocket" del 16 ottobre 2020 dell'UNRAE<sup>11</sup> e sono i modelli di auto che saranno utilizzati per l'analisi empirica.

Tabella 1.2: TABELLA IMMATRICOLAZIONI AUTO EUROPA 2020

MARCA	MODELLO	SEGMENTO	IMMATRICOLAZIONI
FIAT	PANDA	A	143.796
FIAT	500	A	138.079
FIAT	500L	B	69.000
LANCIA	YPSILON	B	40.000
FORD	FIESTA	B	155.097
TOYOTA	YARIS	B	177.440
RENAULT	ZOE	B	99.303
TOYOTA	COROLLA	C	136.095
VOLKSWAGEN	GOLF	C	281.093
NISSAN	LEAF	C	34.300
VOLKSWAGEN	TIGUAN	D	173.627
TESLA	MODEL 3	D	85.496
BMW	SERIE 4	D	83.723
TESLA	MODEL S	F	14.430
AUDI	A8	F	12.890
BMW	F01	F	11.204
BMW	G11	F	14.000
MERCEDES	CLASSE S	F	26.231
BMW	F15	F	24.000
BMW	G05	F	29.000
TESLA	MODEL X	F	19.652

<sup>11</sup>Unione Nazionale Rappresentanti Autoveicoli Esteri: è l'associazione di categoria delle Case automobilistiche estere che operano in Italia nel settore dell'automotive

## Capitolo 2

# **COSTRUZIONE DEL DATABASE: DATI CROSS-SECTION**

Per la costruzione del dataset e per l'applicazione di regressioni sulle variabili scelte per eseguire un'analisi dinamica del mercato automobilistico, utilizzerò dati puramente cross-sectional.

Lo studio cross-section è determinato dalla disponibilità di dati sezionali (o dati cross-section): essi sono dati derivati da unità statistiche diverse, osservate per un solo periodo di tempo. Ad esempio, la rilevazione di diversi modelli di automobili, osservate in un determinato anno.

Dopo aver elencato tutte le variabili dipendenti e indipendenti che utilizzerò per eseguire l'analisi, andrò brevemente ad indicare quali sono i test che si effettueranno al fine di eseguire uno studio dettagliato di ciò che è l'oggetto di interesse dell'elaborato.

## 2.1 VARIABILI DIPENDENTI

### 2.1.1 PREZZO AUTO IN ITALIA E IN GERMANIA

Il prezzo è la variabile dipendente che andrò ad inserire nel modello cross-section: si andrà ad osservare come e dove questa variabile risente in maniera più incisiva delle fluttuazioni delle variabili esplicative a cui si riferisce.

Tale variabile si riferisce al prezzo di listino delle automobili con consegna delle chiavi in mano al cliente; ciò significa che comprende al suo interno eventuali tasse e altri costi aggiuntivi che il produttore ha previsto di inserire.

Queste informazioni inerenti al prezzo sono state reperite principalmente dai listini ufficiali delle case automobilistiche del veicolo considerato: quando invece era impossibile reperirli da quella fonte, i dati sono stati estrapolati dalla rivista "quattro ruote" che contiene al suo interno un archivio di listini dei prezzi delle automobili con riferimento anche agli anni passati.

## 2.2 VARIABILI INDIPENDENTI

Tra le principali variabili esplicative, la scelta è ricaduta sulla considerazione di un periodo temporale di 8 anni, andando ad effettuare l'analisi sulle automobili dall'anno 2012 al 2020 compreso.

Per quanto riguarda la marca di automobile, sono state considerate le case automobilistiche che negli ultimi anni hanno registrato un aumento nelle vendite e nella produttività maggiore rispetto ad altre: la fonte di riferimento principale è stata una classifica stilata da *motor1*<sup>1</sup>.

Anche per i modelli delle auto sono stati scelti quelli maggiormente venduti nel periodo temporale di 8 anni che è stato considerato.

---

<sup>1</sup>Si tratta di uno dei principali siti web per informazioni nel settore automobilistico, che ogni anno si occupa di stilare classifiche delle auto più vendute in termini nazionali ed Europei.

Per quanto riguarda il segmento di mercato invece, nel settore automobilistico possiamo ritrovare 7 principali segmenti: A,B,C,D,E,F,J, M, S.

Non sono stati considerati tutti in quanto i modelli automobilistici di maggior spessore appartengono principalmente al segmento A, B, C, D, e F.

Tra le altre variabili dipendenti inserite nel modello rientrano quelle relative alle caratteristiche della lunghezza, larghezza, peso e posti omologati.

Si tratta di caratteristiche generali che condizionano l'appartenenza di un'auto ad un segmento piuttosto che ad un altro.

L'alimentazione del veicolo è una caratteristica fondamentale: è una variabile dummy a cui viene attribuito un valore a seconda della tipologia di alimentazione del veicolo considerato.

Le diverse tipologie di alimentazione dipendono dalla casa produttrice del veicolo e dal modello di automobile ma, in linea generale i principali tipi di alimentazione considerati sono: benzina, diesel, gpl, metano, ibrida ed elettrica.

La presenza del serbatoio chiaramente dipende dall'alimentazione dell'automobile: un'auto ibrida, ad esempio, avrà sia una variabile legata alla capienza del serbatoio, sia una variabile legata alla capacità della batteria che alimenta il motore elettrico.

Diversamente accade per una macchina totalmente elettrica: in questo caso la variabile legata alla capienza del serbatoio è pari a 0, in quanto l'alimentazione dipenderà esclusivamente dalla batteria che alimenta il veicolo.

Per quanto riguarda il resto delle automobili a benzina, diesel, gpl e metano è presente solo la variabile relativa al serbatoio in quanto non sono dotate di batteria.

Sono considerate poi le variabili relative alla potenza (espressa in cavalli), velocità massima e autonomia.

La variabile dipendente legata alla sicurezza del veicolo prende il nome di crashtest: si tratta di una variabile espressa in termini numerici il cui range va da un minimo di 1 ad un massimo di 5. Si tratta di un valore attribuito dall'Euro NCAP<sup>2</sup>, che considera

---

<sup>2</sup>The European New Car Assessment Programme: si tratta del programma europeo di valutazione delle nuove auto, il quale fornisce ai consumatori informazioni utili in termini di sicurezza del veicolo

un insieme di variabili che permettono di attribuire un voto in termini di sicurezza del veicolo.

Con l'evoluzione della tecnologia e con il passare degli anni, questo test è diventata sicuramente un'informazione molto preziosa per i consumatori, in quanto permette sin da subito di andare a comprendere quanto quel veicolo, in termini di sicurezza stradale sia idoneo o meno.

### **2.2.1 EMISSIONI CO<sub>2</sub>**

L'ultima variabile considerata è l'emissione di CO<sub>2</sub> di un veicolo. Si tratta di una variabile fondamentale, soprattutto perché strettamente legata alle misure adottate negli ultimi anni nei confronti della tutela ambientale. Ai fini dell'importanza di questa variabile sul prezzo delle auto, il suo impatto risulta essere importante per diverse ragioni.

In primo luogo, il consumatore potrebbe essere motivato ad acquistare un'auto elettrica per la presenza di incentivi posti in essere dai governi nazionali i quali hanno istituito politiche che premiano l'acquisto di auto elettriche e penalizzano quello delle auto termiche. L'incidenza sul prezzo dei veicoli di questa variabile potrebbe essere dettata anche dalla presenza di un gruppo più o meno vasto di consumatori che sono particolarmente sensibili al rispetto dell'ambiente per cui questo potrebbe spingerli ad acquistare un'auto che rispetti la loro visione e questo sicuramente ha delle ripercussioni sul prezzo delle automobili.

Sarà interessante inoltre evidenziare l'andamento in termini di riduzione e/o aumento di questa variabile nel corso degli anni, anche perché risulterà utile andare a osservare se una determinata casa automobilistica e un determinato modello di macchina si è avvicinato o ha raggiunto gli obiettivi prefissati precedentemente dal Trattato di Kyoto, dall'Accordo di Parigi e da tutti gli altri interventi a livello comunitario che erano stati annunciati.

## 2.3 STATISTICHE DESCRITTIVE

### 2.3.1 GRAFICI DELLE DISTRIBUZIONI DI FREQUENZA

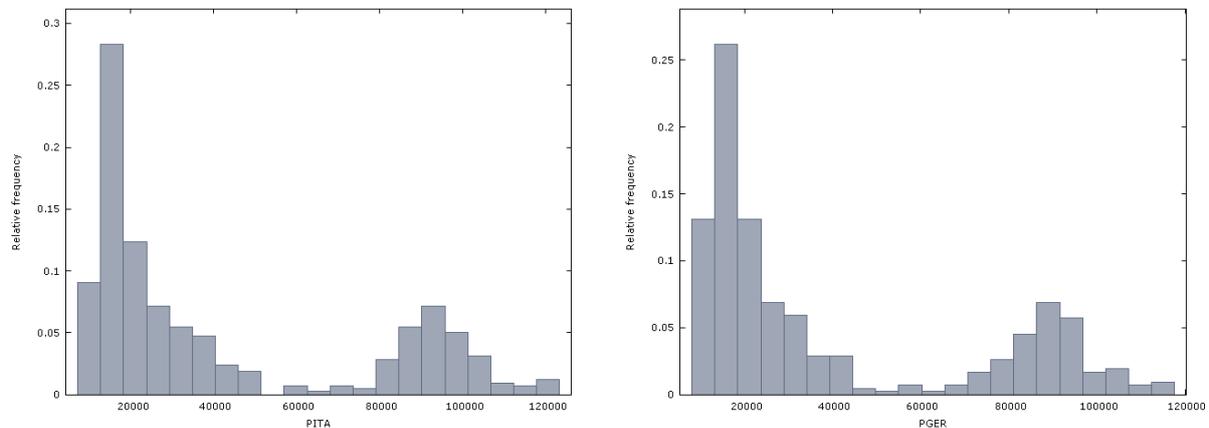


Figura 2.1: DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA VARIABILE PITA E PGER

Il primo grafico sulla sinistra mette in evidenza i prezzi delle auto in Italia: dalla rappresentazione si evince che il prezzo medio di un'auto in Italia per le osservazioni considerate è di circa 42.000 €. Circa il 28% delle osservazioni totali si concentra nella fascia di prezzo compresa tra 12.000-20.000 €.

Il secondo grafico invece, mostra la distribuzione della variabile PGER, che indica il prezzo delle auto in Germania.

Ciò che è possibile notare è che il 26% delle osservazioni cade in una fascia di prezzo compreso tra 13.000-20.000€: in media il prezzo di un'auto in Germania è di 39.800€ e questo pone subito in evidenza un calo medio di prezzo di oltre il 5% rispetto al prezzo in Italia.

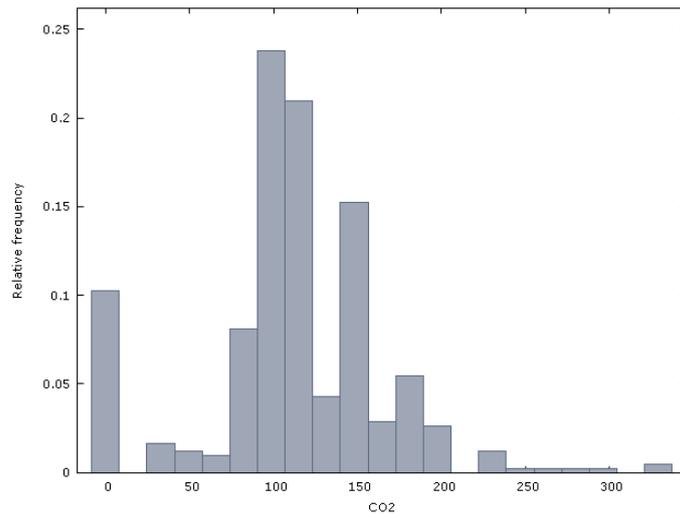


Figura 2.2: DISTRIBUZIONE DI FREQUENZA VARIABILE CO2

Il grafico sopra inserito illustra le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte dalle auto. Quasi la metà delle osservazioni totali ricade in una fascia di emissioni compresa tra i 90 e 120 g/km, in linea con le direttive emanate a livello europeo e internazionale per contenere l'inquinamento ambientale. Chiaramente più del 10% delle osservazioni ricade nella fascia a 0 emissioni, in quanto si tratta di auto elettriche che per loro natura non producono alcun tipo di emissione, mentre ce ne sono altre che superano di gran lunga la soglia media pur rappresentando una quota quasi irrisoria rispetto al totale.

### 2.3.2 BOXPLOT: INDICI E RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

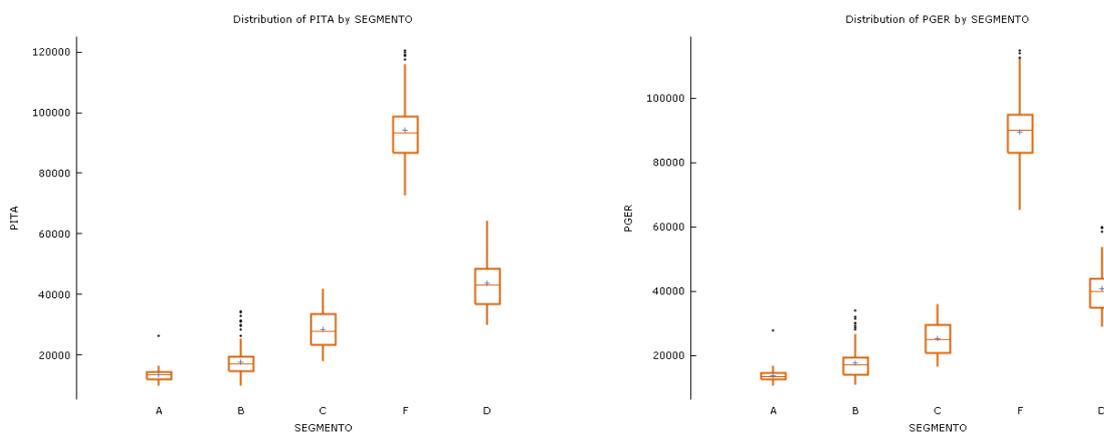


Figura 2.3: BOXPLOT FATTORIZZATO PITA/PGER SEGMENTO

Mettendo a confronto il boxplot fattorizzato della variabile PITA rispetto al segmento con la variabile PGER emergono delle differenze importanti.

Per quanto riguarda il segmento A, i due "box" sono molto simili: la differenza di prezzo di un'auto appartenente a tale segmento in Italia e Germania è praticamente nulla.

Inoltre, la lunghezza delle code della scatola è molto simile così come il range interquartile. In entrambi i casi però il 4° quartile non corrisponde con il valore massimo, che è rappresentato da un valore anomalo.

Inoltre, è evidente come in entrambi i grafici, nel caso del segmento B ci sia una maggiore variabilità di prezzo rispetto al segmento precedente.

Differentemente da quanto è emerso per il segmento A, in questo caso la coda superiore della scatola è di una lunghezza maggiore rispetto a quella inferiore: il minimo in entrambi i casi corrisponde con gli estremi delle code, mentre per quanto riguarda i punti di massimo, sono presenti diversi valori anomali che si discostano dalle altre osservazioni.

Passando al segmento C, le differenze iniziano a farsi più marcate: c'è una maggiore variabilità dei prezzi rispetto ai segmenti precedenti, sia per quanto riguarda la variabile PITA che per la variabile PGER.

Il valore medio in Italia è di circa 3.000€ in più rispetto a quello in Germania. Questa è un'ulteriore conferma del fatto che mediamente i prezzi delle auto in Germania sono più bassi rispetto a quelli in Italia.

Analizzando il segmento E, si osserva come la coda superiore del "box" relativo alla variabile PITA (esclusi gli outliers) sia più lunga rispetto a quella inferiore.

Questo è a dimostrazione del fatto che la maggior parte delle auto appartenenti al segmento F in Italia hanno un prezzo elevato.

Per quanto riguarda la variabile PGER, è ancora messo in evidenza come il prezzo in media rispetto a quello della variabile PITA sia inferiore: in questo caso è minore di circa 5.000€, contenendo comunque valori anomali.

Infine, per quanto riguarda il segmento D, è interessante notare come per la variabile PGER siano presenti degli outliers, cosa che invece non accade per la variabile PITA. Nonostante siano presenti valori anomali il prezzo massimo delle auto appartenenti al segmento D in Germania è di oltre 4.000€ inferiore rispetto a quanto è proposto invece in Italia.

Nella tabella 2.1 sono inseriti i valori principali del prezzo di ciascun segmento per le auto in Italia e Germania.

Tabella 2.1: TABELLA VALORI BOXPLOT FATTORIZZATO PREZZO/SEGMENTO

	VALORE MASSIMO	VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
PITA (A)	26.150€	9.900€	13.300€
PGER (A)	27.000€	10.700€	13.719€
PITA (B)	34.450€	9.950€	17.750€
PGER (B)	33.990€	10.900€	17.573€
PITA (C)	28.000€	17.800€	28.467€
PGER (C)	25.000€	16.500€	25.386€
PITA (D)	64.400€	30.000€	43.590€
PGER (D)	60.000€	28.900€	40.841€
PITA (F)	120.600€	99.000€	107.000€
PGER (F)	115.000€	65.300€	89.615€

Ora si analizzerà la variazione dei prezzi delle auto in Italia e in Germania nel corso degli anni 2012-2020 così da mettere in evidenza il comportamento dei prezzi in questo periodo di tempo.

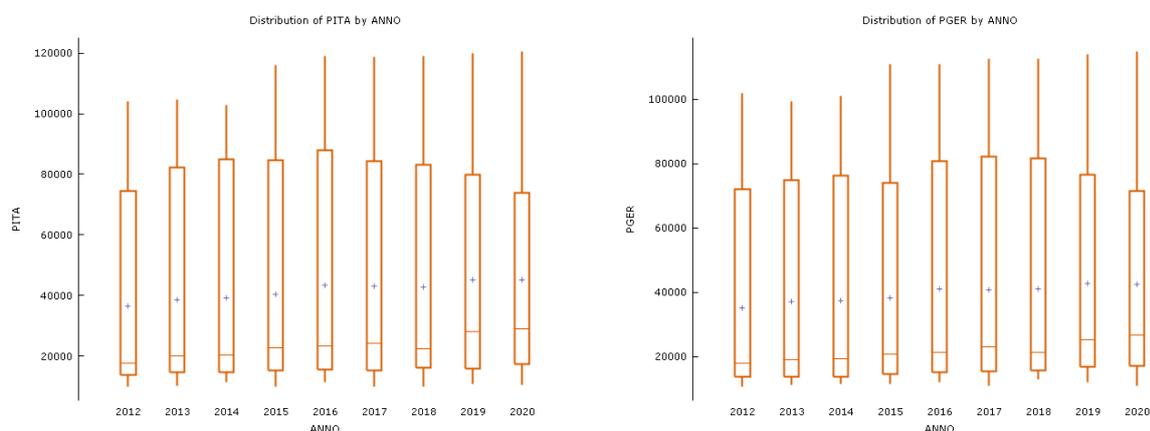


Figura 2.4: BOXPLOT FATTORIZZATO PITA/PGER ANNO

In primo luogo, è importante osservare come il range interquartile, sia molto più accentuato.

La dimensione delle scatole non è molto diversa l'una dall'altra e ciò potrebbe indicare che non ci sia una forte dipendenza tra le variabili considerate.

Questo è dovuto principalmente al fatto che i prezzi in questo caso riguardano tutti i segmenti considerati, per cui la dispersione risulta essere più evidente.

In media durante il corso degli anni il prezzo delle auto è aumentato seppur con tassi di crescita diversi: il prezzo medio in Germania ha subito una lieve flessione tra l'anno 2016 e 2017; tale diminuzione è avvenuta anche in Italia ma si è protratta per un anno in più, fino al 2018.

Un altro aspetto importante che fortifica le precedenti argomentazioni è che in ogni anno considerato, il prezzo massimo di acquisto di un'automobile in Germania risulta essere sempre inferiore rispetto a quello in Italia, che in ogni periodo temporale considerato è sempre più elevato.

Infine, è utile osservare come in Italia più della Germania negli anni 2019 e 2020 c'è stata una modifica più accentuata del valore mediano, che risulta essere aumentato di più rispetto agli altri anni e questo potrebbe essere causato da un aumento del range interquartile.

### 2.3.3 GRAFICI DI DISPERSIONE

Al fine di poter evidenziare il rapporto esistente tra la variabile dipendente del prezzo rispetto ad una variabile esplicativa ad esso associata, effettuerò una rappresentazione grafica attraverso un grafico di dispersione, utilizzando un modello lineare e un modello logaritmico.

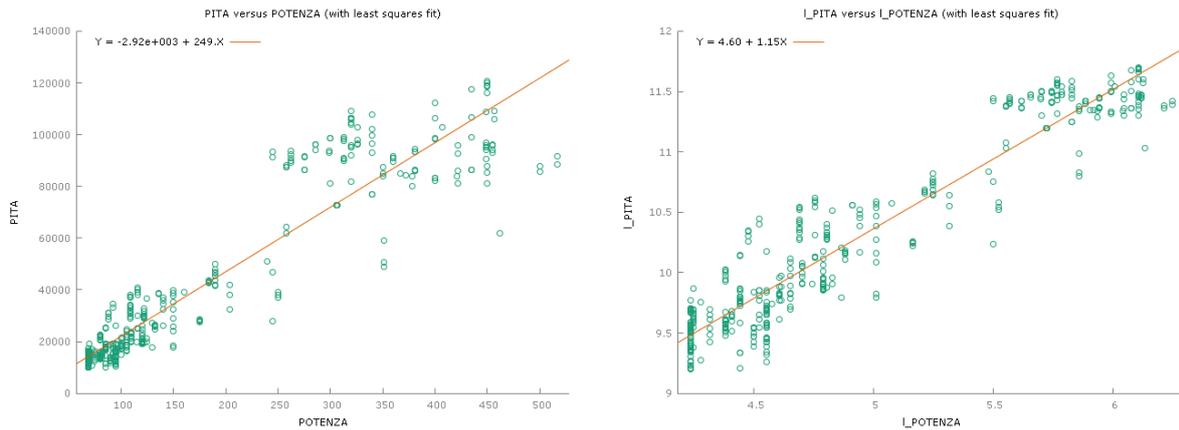


Figura 2.5: GRAFICO DI DISPERSIONE: PITA/LOGPITA E POTENZA

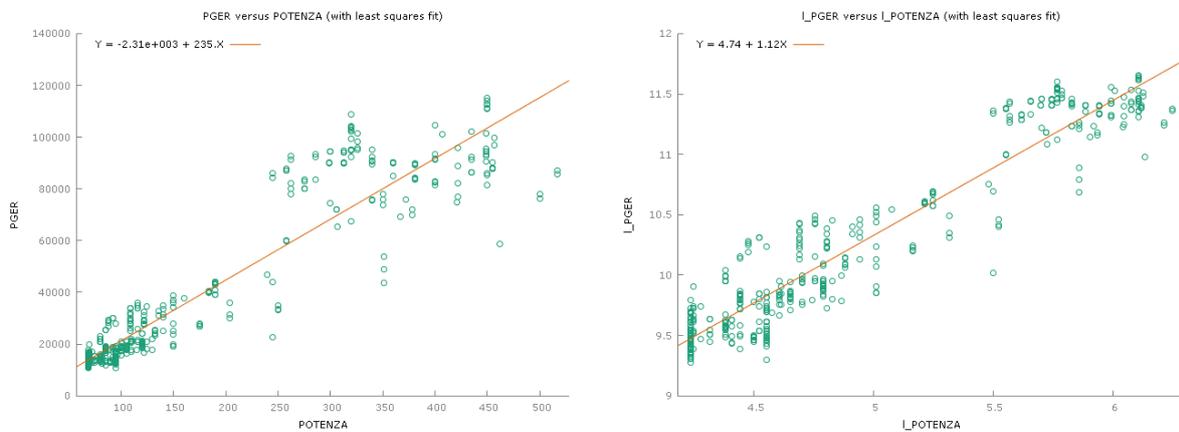


Figura 2.6: GRAFICO DI DISPERSIONE: PGER/LOGPGER E POTENZA

I grafici mostrano due tipologie di modelli in cui sono rappresentati i valori reali a confronto con i valori fittati dal modello, la cui approssimazione è data dalla retta dei minimi quadrati.

In questo caso è evidente la relazione positiva e crescente che c'è tra il prezzo delle auto in Italia e Germania e la potenza del veicolo.

Tendenzialmente, apparte qualche eccezione, auto che hanno una potenza maggiore costano di più, sia per quanto riguarda il prezzo di queste in Italia sia per quanto riguarda la Germania e questo rispecchia la realtà dei fatti.

Riformulando lo stesso grafico con un modello logaritmico è subito evidente come i dati sono distribuiti in maniera più equa lungo tutta la retta, evitando eccessive concentrazioni di osservazioni in un range di prezzo specifico (differentemente da quanto accade nel modello lineare).

Il modello logaritmico fornisce una rappresentazione più chiara, mettendo ancora in evidenza il rapporto positivo esistente tra il prezzo dell'auto e la potenza di quest'ultima.

# Capitolo 3

## ANALISI EMPIRICA

L'analisi empirica verrà eseguita adottando un approccio "general to specific": si andrà ad eseguire un'analisi del campione completo, per poi passare ad una specificazione dei modelli sempre più dettagliata e mirata.

Dopo aver eseguito un'analisi dell'intero campione, la prima specificazione prevede di effettuare uno studio considerando la variabile relativa alla marca dei veicoli del campione.

Verrà poi effettuata una seconda specificazione che si concentrerà sullo studio dei diversi modelli di auto e infine l'analisi verrà effettuata inserendo all'interno del modello le variabili relative ai segmenti di appartenenza delle autovetture.

Per effettuare l'analisi del campione completo si partirà utilizzando come variabile dipendente  $l\_PITA$  che indica il logaritmo naturale della variabile relativa al prezzo delle auto in Italia.

La scelta dell'utilizzo del logaritmo è dettata dalla possibilità di poter analizzare i coefficienti delle variabili esplicative considerandoli come effetti relativi di questi sul prezzo.

Successivamente si andrà ad utilizzare la variabile dipendente relativa al prezzo delle auto in Germania  $l\_PGER$  per mettere in evidenza le eventuali differenze esistenti tra le due tipologie di rilevazioni.

## 3.1 ANALISI VARIABILE PITA

### 3.1.1 ANALISI DEL CAMPIONE COMPLETO

I risultati dell'analisi del campione completo sono riportati nella tabella sottostante.

Mean dependent var	10.32273	S.D. dependent var	0.787501
Sum squared resid	3.307222	S.E. of regression	0.093911
$R^2$	0.987272	Adjusted $R^2$	0.985779
$F(44, 375)$	661.1015	P-value(F)	0.000000
Log-likelihood	421.3165	Akaike criterion	-752.6330
Schwarz criterion	-570.8215	Hannan-Quinn	-680.7728

Tabella 3.1: REGRESSIONE OLS MODELLO COMPLETO LPITA

Il modello non contiene variabili dummy relative al segmento di appartenenza dell'auto né al modello di alcuni veicoli: questo è dovuto al fatto che il software ha escluso automaticamente alcune variabili a causa di un problema di collinearità.

Il modello è apparentemente molto buono nel rappresentare i dati: il valore dell' $R^2$  aggiustato è particolarmente alto e superiore al 98%.

Le variabili<sup>1</sup> esplicative inserite risultano essere per la maggior parte molto significative con un valore di p-value che in linea generale è inferiore all'1%.

Prima di effettuare un'analisi dettagliata dei coefficienti delle variabili considerate, verranno eseguiti alcuni test per ottenere il modello definitivo che successivamente verrà commentato e analizzato.

### 3.1.2 TEST DI RAMSEY

Il primo test che si può effettuare sul modello 3.1 è il Test di Ramsey.

RESET test for specification Null hypothesis: specification is adequate

Test statistic:  $F(2, 373) = 24.3655$

---

<sup>1</sup>L'analisi e l'interpretazione degli effetti delle variabili verrà eseguita adottando la formula "Ceteris Paribus": in questo caso il fenomeno considerato sarà spiegato a parità di tutte le altre condizioni, permettendo di effettuare delle deduzioni sull'andamento di una determinata grandezza considerando costanti tutte le altre.

with p-value =  $P(F(2, 373) > 24.3655) = 1.1339e-010$

Come si evince dal test, il valore del p-value è prossimo allo 0 e si giunge alla conclusione che evidentemente c'è una scorretta specificazione della media condizionale e il modello risulta essere non correttamente specificato in quanto vi sono delle non linearità.

Per risolvere il problema si andrà a rivedere il modello aggiungendo alcune variabili al quadrato e alcune interazioni tra queste. Inoltre, si eseguirà un test di restrizione lineare congiunta per osservare se alcune variabili possono essere tolte dal modello. Il test effettuato mette in evidenza questi risultati.

$$1: b[\text{LUNGHEZZA}] - b[\text{LARGHEZZA}] = 0$$

Test statistic:  $F(1, 394) = 0.00025435$ , with p-value = 0.987284

Come si evince dal risultato del test, l'annullamento dei parametri è confermato e l'ipotesi viene fortemente accettata con un p-value pari al 95%. Dalla stima preliminare eseguita emerge che le variabili relative alla lunghezza e larghezza prese singolarmente non sono significative per il modello: ciò che effettivamente deve essere considerato è un indicatore generico relativo alla dimensione del veicolo, per cui è necessario considerare esclusivamente quest'ultimo ai fini dell'analisi in quanto non avrebbe senso considerare le 2 variabili individualmente.

Si effettua nuovamente il test di Ramsey i cui risultati sono riportati qua sotto.

RESET test for specification Null hypothesis: specification is adequate

Test statistics:  $F(2, 395) = 2.22965$

with p-value =  $P(F(2, 395) > 2.22965) = 0.108918$

Il modello risulta notevolmente migliorato in quanto il test Reset fornisce come risultato un p-value pari al 10,9% e il modello ora è correttamente specificato.

### 3.1.3 TEST DI WHITE

Dopo aver trovato la corretta specificazione del modello, si analizza il problema legato all'eteroschedasticità presente nel modello attraverso il test di White.

White's test for heteroskedasticity

Test statistic:  $TR^2 = 369.77616$ ,

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(227) > 369.77616) = 0.00000$

Il test evidenzia un problema di eteroschedasticità in quanto viene rifiutata l'ipotesi nulla  $H_0$  con un p-value pari allo 0%.

Si dovrà quindi stimare nuovamente il modello utilizzando la matrice varianza e covarianza robusta al fine che gli errori standard del modello stimato risultino corretti.

Mean dependent var	10.32273	S.D. dependent var	0.787501
Sum squared resid	5.942090	S.E. of regression	0.122342
$R^2$	0.977132	Adjusted $R^2$	0.975865
$F(22, 397)$	1222.282	P-value( $F$ )	0.000000
Log-likelihood	298.2665	Akaike criterion	-550.5330
Schwarz criterion	-457.6072	Hannan-Quinn	-513.8045

Tabella 3.2: REGRESSIONE OLS:ERRORI STANDARD ROBUSTI

White's test for heteroskedasticity

Test statistic:  $TR^2 = 369.77616$ ,

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(227) > 369.77616) = 0.00000$

Come si evince dalla tabella 3.2, l'utilizzo degli errori standard robusti ha permesso di utilizzare i corretti errori standard ma il test relativo all'assenza di eteroschedasticità è ancora rifiutato.

La presenza di eteroschedasticità in modelli di tipo cross-section è particolarmente frequente e allo stesso modo è abbastanza raro riuscire a toglierne l'effetto: nonostante il modello sia eteroschedastico, il valore della statistica  $R^2$  è molto elevato e pari al 98%, per cui il modello è in grado di spiegare correttamente quasi la totalità delle osservazioni.

### 3.1.4 ANALISI VARIABILE PITA CAMPIONE DEFINITIVO

Si riportano i risultati della regressione effettuata sul campione definitivo per commentare i coefficienti delle variabili considerate.

Model 1: OLS, using observations 1–420

Dependent variable: l\_PITA

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value
const	9.02115	0.0449741	200.6	0.0000
SERBATOIO	0.00235728	0.000728493	3.236	0.0013
BATTERIA	-0.00364676	0.000877904	-4.154	0.0000
POTENZA	0.00286389	0.000498069	5.750	0.0000
sq_POTENZA	-5.13401e-006	8.55572e-007	-6.001	0.0000
B	0.344483	0.0182206	18.91	0.0000
C	0.861923	0.0419082	20.57	0.0000
F	1.50825	0.0883103	17.08	0.0000
D	1.27198	0.0572357	22.22	0.0000
Diesel	0.0860202	0.0140549	6.120	0.0000
GPL	0.134705	0.0169908	7.928	0.0000
Metano	0.171561	0.0275632	6.224	0.0000
Ibrida	0.215568	0.0213697	10.09	0.0000
Elettrica	0.802955	0.0523644	15.33	0.0000
D_2014	0.0278677	0.0136936	2.035	0.0425
D_2015	0.0509386	0.0145060	3.512	0.0005
D_2016	0.0691233	0.0131175	5.270	0.0000
D_2017	0.0659390	0.0143655	4.590	0.0000
D_2018	0.0658683	0.0185389	3.553	0.0004
D_2019	0.122686	0.0186445	6.580	0.0000
D_2020	0.138631	0.0212460	6.525	0.0000
FORD	-0.149290	0.0192691	-7.748	0.0000
LANCIA	-0.223423	0.0291334	-7.669	0.0000
TOYOTA	-0.346728	0.0372667	-9.304	0.0000

NISSAN	-0.546091	0.0534681	-10.21	0.0000
VOLKSWAGEN	-0.537726	0.0479853	-11.21	0.0000
AUDI	-0.313374	0.0535348	-5.854	0.0000
TESLA	-0.720157	0.0844687	-8.526	0.0000
MERCEDES	-0.414160	0.0766703	-5.402	0.0000
BMW	-0.606756	0.0907704	-6.685	0.0000
ModelS	-0.0817352	0.0323044	-2.530	0.0118
F01	0.194084	0.0447379	4.338	0.0000
G11	0.212670	0.0322161	6.601	0.0000
Model3	-0.308424	0.0815539	-3.782	0.0002
F15	0.0472777	0.0279318	1.693	0.0913
c500	0.0565829	0.0270401	2.093	0.0370
potenza_marca	0.000190719	5.98293e-005	3.188	0.0016
Dimensione	0.00100540	0.000463076	2.171	0.0305

Mean dependent var	10.32273	S.D. dependent var	0.787501
Sum squared resid	3.215437	S.E. of regression	0.091507
$R^2$	0.987626	Adjusted $R^2$	0.986498
$F(35, 384)$	1558.290	P-value( $F$ )	0.000000
Log-likelihood	427.2270	Akaike criterion	-782.4540
Schwarz criterion	-637.0048	Hannan-Quinn	-724.9658

Tabella 3.4: REGRESSIONE OLS LPITA MODELLO DEFINITIVO

I risultati del modello sono presentati nella tabella 3.4: il valore dell' $R^2$  aggiustato è molto elevato, oltre il 98%.

Le variabili all'interno della regressione sono tutte estremamente significative, con un p-value che è quasi sempre sotto l'1%.

La variabile relativa alla  $CO_2$  è stata omessa dal modello, in quanto non risultava significativa per la spiegazione del prezzo delle auto in Italia e la sua presenza riduceva la percentuale della statistica  $R^2$  anche se in misura minima.

Il coefficiente relativo alla potenza di un veicolo è positivo ed estremamente significativo: un aumento del prezzo delle auto dell'1% provoca un aumento della potenza del

veicolo di circa 0.3% e questo rispecchia la realtà in quanto tendenzialmente un'auto dotata di una potenza maggiore ha un prezzo superiore.

Per quanto riguarda le analisi relative ai segmenti delle auto emerge subito quanto anticipato con le statistiche descrittive: rispetto al segmento A, auto appartenenti al segmento B risultano avere un prezzo superiore di oltre il 34%.

Evidente è anche la differenza di prezzo esistente tra un'auto del segmento A ed una del segmento F: quest'ultima risulta essere tendenzialmente più costosa di oltre il 150% e questo rispecchia perfettamente la realtà in quanto le tipologie di auto confrontate sono molto diverse tra loro sia in termini di prestazioni e sia in termini di caratteristiche.

Per quanto riguarda le alimentazioni, un'auto elettrica risulta essere più costosa di una alimentata a benzina di oltre l'80%: più lieve è la differenza di prezzo esistente tra un'auto a GPL e una a Metano, in quanto quest'ultima risulta essere più costosa di circa il 4%.

L'andamento dei prezzi nel corso del tempo ha subito in media un aumento: si registra una lieve contrazione dei prezzi nell'anno 2017 rispetto l'anno 2016.

Una cosa interessante da notare è che l'aumento dei prezzi registrato dall'anno 2019 all'anno 2020 è stato di circa 1.5 punti percentuali e questo è praticamente lo stesso incremento che si è registrato in quegli anni e che è stato dichiarato dall'Istat nel rapporto annuale del 2020.

Le variabili relative alle marche di automobili così come quelle relative ai modelli dei veicoli, hanno alcune segno positivo ed altre segno negativo.

Per quanto riguarda il marchio Volkswagen ad esempio, il coefficiente relativo a quella variabile risulta essere negativo: in particolare, all'aumentare dell'1% del prezzo dei veicoli in Italia, un'auto Volkswagen diminuisce in media di oltre il 50%.

La variabile "Dimensione" è stata costruita a partire dalla restrizione lineare eseguita nel modello 3.1: si tratta di una variabile estremamente significativa per il modello la quale in sostanza esprime il fatto che all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto in

Italia, la dimensione del veicolo aumenta dello 0.1%.

Per dimensione in questo caso si intende un indicatore che tiene conto della lunghezza e larghezza dell'auto e questo è coerente con la realtà, in quanto un'auto dotata di maggiore dimensione richiede un quantitativo di materiali superiore per essere costruita e dunque il suo prezzo tende ad aumentare.

Infine, per quanto riguarda i modelli di automobile, emergono coefficienti negativi e positivi delle variabili: per quanto riguarda il modello "c500", questo tende ad aumentare di circa il 5.7% all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto in Italia, diversamente da quello che accade con il modello "ModelS" che è negativo e dunque tende a diminuire.

## 3.2 ANALISI VARIABILE LPGER

### 3.2.1 ANALISI DEL CAMPIONE COMPLETO

La prima elaborazione riguarda il campione completo.

Mean dependent var	10.28915	S.D. dependent var	0.762076
Sum squared resid	2.549872	S.E. of regression	0.082460
$R^2$	0.989521	Adjusted $R^2$	0.988292
$F(44, 375)$	804.8148	P-value(F)	0.000000
Log-likelihood	475.9302	Akaike criterion	-861.8604
Schwarz criterion	-680.0489	Hannan-Quinn	-790.0002

Tabella 3.5: REGRESSIONE OLS MODELLO COMPLETO LPGER

Il modello della tabella 3.5 è in grado di spiegare la maggior parte delle variabili inserite, in quanto l' $R^2$  è di oltre il 98%. Come per la parte relativa ai prezzi delle auto in Italia, le variabili inserite risultano essere per la maggior parte significative ma prima di effettuare un'analisi dettagliata verranno eseguiti alcuni test al fine di ottenere il modello definitivo per studiare i coefficienti di ogni variabile considerata.

### 3.2.2 TEST DI RAMSEY

Il primo test che si effettua sul modello 3.5 è il Test di Ramsey.

RESET test for specification Null hypothesis: specification is adequate

Test statistic:  $F(2, 373) = 40.675$

with p-value =  $P(F(2, 373) > 40.675) = 1.04799e-016$

Il test è fortemente rifiutato con un p-value molto basso: il modello presenta dunque delle non linearità. Si stimerà nuovamente il modello omettendo alcune variabili non significative e inserendo al suo interno alcune interazioni. Inoltre, si eseguirà un test di restrizione lineare congiunta come è stato fatto per il modello relativo all'Italia, per osservare se alcune variabili possono essere tolte dal modello.

1:  $b[\text{LUNGHEZZA}] - b[\text{LARGHEZZA}] = 0$

Test statistic:  $F(1, 395) = 0.142747$ , with p-value =  $0.705768$

L'annullamento dei parametri è accettato e come si è verificato nel caso dell'Italia è possibile considerare un indicatore generale relativo alla dimensione dei veicoli, andando ad omettere a livello individuale le variabili lunghezza e larghezza.

Si effettua nuovamente il test Reset i, cui risultati sono mostrati qua sotto.

Reset test for specification Null hypothesis: specification is adequate

Test statistic:  $F = 2.25251$

with p-value =  $P(F(2, 395) > 2.25251) = 0.0566$

Il test ora risulta accettato con un valore del p-value pari al 5.6% quindi il modello è correttamente specificato.

### 3.2.3 TEST DI WHITE

Per analizzare il problema legato all'eteroschedasticità nel modello si eseguirà il test di White.

White's test for heteroskedasticity

Test statistic:  $TR^2 = 384.024482$ ,

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(227) > 384.024482) = 0.000000$

L'ipotesi nulla è rifiutata per cui si eseguirà nuovamente la regressione con gli errori standard robusti.

Mean dependent var	10.28915	S.D. dependent var	0.762076
Sum squared resid	5.663556	S.E. of regression	0.119440
$R^2$	0.976726	Adjusted $R^2$	0.975436
$F(22, 397)$	1081.282	P-value(F)	0.000000
Log-likelihood	308.3484	Akaike criterion	-570.6968
Schwarz criterion	-477.7709	Hannan-Quinn	-533.9683

Tabella 3.6: REGRESSIONE OLS:TEST DI WHITE LPGER

Ora ripeto nuovamente il test di White per vedere se c'è ancora eteroschedasticità.

White's test for heteroskedasticity

Test statistic:  $TR^2 = 384.024482$ ,

with p-value =  $P(\text{Chi-square}(227) > 384.024482) = 0.000000$

Anche con l'utilizzo degli errori standard robusti, il test di White rifiuta nuovamente l'ipotesi nulla. Come accade per la variabile del prezzo in Italia, in modelli di tipo cross-section è frequente la presenza di eteroschedasticità. Nonostante questo, il valore della statistica  $R^2$  è molto elevato pari al 97.5%, per cui il modello è in grado di spiegare correttamente quasi la totalità delle osservazioni.

### 3.2.4 ANALISI VARIABILE PGER CAMPIONE DEFINITIVO

Si riportano i risultati della regressione effettuata sul campione definitivo per commentare i coefficienti delle variabili considerate.

Model 2: OLS, using observations 1–420

Dependent variable: l\_PGER

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value
const	9.08012	0.0405554	223.9	0.0000
BATTERIA	−0.00173730	0.000874711	−1.986	0.0477
POTENZA	0.00363075	0.000491966	7.380	0.0000
CO2	0.000392754	0.000179984	2.182	0.0297
B	0.413707	0.0207743	19.91	0.0000
C	0.907695	0.0414519	21.90	0.0000
F	2.14067	0.0894151	23.94	0.0000
D	1.69633	0.0739805	22.93	0.0000
Diesel	0.0854244	0.0123742	6.903	0.0000
GPL	0.108017	0.0154589	6.987	0.0000
Metano	0.209121	0.0187585	11.15	0.0000
Ibrida	0.198204	0.0181276	10.93	0.0000
Elettrica	0.568099	0.0448198	12.68	0.0000
D_2013	0.0145804	0.0162940	0.8948	0.3714
D_2014	0.0275819	0.0156410	1.763	0.0786
D_2015	0.0557494	0.0163957	3.400	0.0007
D_2016	0.0663146	0.0160292	4.137	0.0000
D_2017	0.0665311	0.0163260	4.075	0.0001
D_2018	0.0832115	0.0178117	4.672	0.0000
D_2019	0.127816	0.0185471	6.891	0.0000
D_2020	0.136096	0.0214182	6.354	0.0000
FORD	−0.268381	0.0223538	−12.01	0.0000
LANCIA	−0.276673	0.0270792	−10.22	0.0000
TOYOTA	−0.306233	0.0334798	−9.147	0.0000

NISSAN	-0.568597	0.0435943	-13.04	0.0000
VOLKSWAGEN	-0.535483	0.0498391	-9.741	0.0000
AUDI	-0.709961	0.0547506	-12.97	0.0000
TESLA	-0.852866	0.0640420	-13.32	0.0000
MERCEDES	-0.706731	0.0837130	-8.442	0.0000
BMW	-0.587593	0.0982804	-5.979	0.0000
ModelS	-0.405740	0.0491577	-8.254	0.0000
Model3	-0.205790	0.0850761	-2.419	0.0160
c500	0.477176	0.0691460	6.901	0.0000
sq_POTENZA	-5.83634e-006	9.54519e-007	-6.114	0.0000
potenza_marca	0.000161967	6.47479e-005	2.502	0.0128
velmax_modello	-0.000145490	2.01330e-005	-7.226	0.0000
Dimensione	0.00118834	0.000485096	2.450	0.0147

Mean dependent var	10.28915	S.D. dependent var	0.762076
Sum squared resid	2.479512	S.E. of regression	0.080356
$R^2$	0.989810	Adjusted $R^2$	0.988882
$F(35, 384)$	1701.293	P-value( $F$ )	0.000000
Log-likelihood	481.8063	Akaike criterion	-891.6126
Schwarz criterion	-746.1634	Hannan-Quinn	-834.1245

Tabella 3.8: REGRESSIONE OLS LPGER MODELLO DEFINITIVO

I risultati della regressione sono presentati nella tabella 3.8. Il valore dell' $R^2$  è particolarmente elevato ed è vicino al 99%, per cui il modello è in grado di spiegare quasi la totalità delle osservazioni.

Diversamente da quanto analizzato nella regressione per i prezzi delle auto in Italia, in questo caso nel modello vengono inserite alcune variabili che prima risultavano non essere significative per la determinazione del prezzo, quali la variabile  $CO_2$  e l'interazione velmax-modello.

Un'altra differenza riguarda la presenza in questo modello della variabile dummy  $D_{2013}$  che è stata inserita nonostante non fosse significativa, ma una sua esclusione

avrebbe provocato una diminuzione del valore dell' $R^2$  e per questo viene mantenuta all'interno del modello.

Proprio per quanto riguarda la variabile relativa alle emissioni di  $CO_2$  dei veicoli, il coefficiente esprime che tendenzialmente all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto le emissioni aumentano in misura particolarmente lieve.

Questo potrebbe essere determinato in parte anche dal fatto che molte auto più costose all'interno del modello sono caratterizzate da un elevato valore di emissioni di anidride carbonica.

Diversamente da quanto accade in Italia, in questo caso la differenza di prezzo esistente tra un'auto alimentata a benzina ed una elettrica è più accentuata, ovvero un'auto elettrica costa mediamente il 57% in più di un'auto alimentata a benzina. (in Italia questa percentuale era dell'80%).

Il passaggio da un'alimentazione gpl ad una a metano risulta essere più accentuato in questo caso: si tratta di una differenza di circa il 10% a confronto di una del 4,5% registrata per i prezzi in Italia.

Per quanto riguarda le variabili relative agli anni, è importante sottolineare un aspetto: l'aumento dei prezzi da un anno ad un altro è evidente, anche se è più contenuto rispetto a quanto visto nel modello 3.4.

La cosa interessante è che la variazione dei prezzi delle auto dall'anno 2019 all'anno 2020 è stato di circa l'1%, e questo è in linea con quanto è stato dichiarato dall'Istituto di statistica tedesco nel comunicato stampa n°55 dell'11 settembre 2020, che evidenzia un incremento di circa 1,4% dei prezzi dei veicoli in Germania.

Per quanto riguarda il coefficiente della variabile Volkswagen, in questo caso all'aumentare dell'1% del prezzo delle automobili le auto a marchio Volkswagen diminuiscono di circa il 53.5% per cui l'aumento del prezzo è più marcato per quanto riguarda le auto in Italia.

Il coefficiente associato alla variabile Audi è negativo e particolarmente diverso rispetto a quello del modello per l'Italia: in questo caso all'aumentare dell'1% del prezzo

questa variabile subisce un decremento medio pari al 70% (in Italia era di circa il 32%). Il coefficiente relativo alla variabile "c500" è significativo e positivo e mette in evidenza che questo modello subisce un aumento del 48% all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto e questo incremento è molto più marcato in Germania piuttosto che in Italia, dove il coefficiente associato alla variabile assume un valore decisamente più piccolo.

Infine, per quanto riguarda la variabile relativa alla Dimensione, il valore del coefficiente è significativo e positivo similmente a quanto emerge nel modello relativo all'Italia.

In questo caso, all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto si registra un aumento della dimensione del veicolo medio di 1.2 punti percentuali e questo è coerente con quanto definito in precedenza e con quello che si verifica nella realtà.

# CONCLUSIONI

Sulla base dei modelli applicati e delle analisi eseguite si può concludere che, le differenze di prezzo dei veicoli tra Italia e Germania sono notevoli.

Come anticipato con lo studio delle statistiche descrittive, la Germania presenta costi mediamente più bassi in quasi tutti i segmenti di riferimento.

L'analisi dei modelli definitivi ha messo maggiormente in evidenza l'andamento dei prezzi nel corso degli anni 2012-2020 nonché il prezzo tendenzialmente inferiore che si registra in Germania rispetto l'Italia: quest'ultima registra prezzi più economici nel segmento A e questo è dovuto probabilmente alla presenza al suo interno di veicoli a marchio prevalentemente italiano.

Le emissioni di  $CO_2$  rappresentano una caratteristica fondamentale che, soprattutto nel caso della Germania, riesce a spiegare una buona parte del prezzo dei veicoli anche se la sua influenza risulta essere in alcuni casi minima sul valore totale.

L'evoluzione dei provvedimenti legislativi emanati a livello europeo continueranno a vincolare le case automobilistiche nella realizzazione di veicoli dotati di un potere inquinante sempre inferiore e per questo le emissioni di anidride carbonica continueranno ad influenzare le politiche dei costruttori di automobili e il prezzo delle auto messe in vendita.

Infine, i risultati mostrano che i differenziali di prezzo tra i due Paesi, tendono a ridursi quando si inseriscono le caratteristiche tecniche dei veicoli e questi risultano essere presenti anche quando l'analisi viene condotta disaggregando il campione complessivo per segmento e per modello.

# Sitografia

- <https://ev-database.org/>
- <https://www.teoalida.com/>
- <http://www.aci.it/>
- <https://www.quattroruote.it/>
- <https://www.alvolante.it/>
- <https://www.motornet.it/>
- <https://www.cars.com/>
- <https://www.drivek.it/>
- <https://www.istat.it/>
- <https://www.europarl.europa.eu/>
- <https://www.ilsole24ore.com>
- <https://www.reteclima.it>
- <https://ec.europa.eu/>
- <https://unfccc.int/>
- <https://www.anfia.it/it/>
- <https://www.destatis.de/>

- <https://www.acea.it/>
- <http://www.unrae.it/>
- <https://www.euroncap.com/>
- <https://www.fiat.it/>
- <https://www.lancia.it/>
- <https://www.ford.it/>
- <https://www.toyota.it/>
- <https://www.renault.it/>
- <https://www.nissan.it/>
- <https://www.volkswagen.it/>
- <https://www.tesla.com/>
- <https://www.bmw.it/>
- <https://www.audi.it/>
- <https://www.mercedes-benz.it/>

# Bibliografia

AEA (2016): *Verso una mobilità pulita e intelligente. I trasporti e l'ambiente in Europa.*

ANFIA (2019): *Rapporto trimestrale sull'andamento del mercato europeo delle autovetture ad alimentazione alternativa*, Torino, 25 Settembre 2019.

BERNETTI, A., CAPUTO, A., IAROCCI, G. (2017), *Report trasporti*, ISPRA, Roma.

BILATO, A. (2016): *Il mercato dell'auto: un'analisi longitudinale dei principali paesi Europei.*

DESTATIS (2020): *La densità automobilistica in Germania* (comunicato stampa), 11 Settembre 2020.

FIORILLO, A., POGGIO, A. (2019): *Legambiente: Le automobili riscaldano il pianeta.*

GUIDO, A., PACIULLI, V. (2014): *Car prices: a regression model*

IPCC (2014): *Climate change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability.*

ISPRA (2015): *Emissioni nazionali di gas serra. Fattori determinanti e confronto con i paesi Europei*, 30 Aprile 2015.

ISTAT (2019): *Rapporto annuale, La situazione del Paese*, Roma, 20 Giugno 2019.

LUCCHETTI, R. (2020): *Basic Econometrics.*

SAGLIETTO, M. (2020): *Trasporto passeggeri e mobilità. Focus sul trasporto collettivo su gomma.*

TERM (2012): *Reducing CO<sub>2</sub> from new cars, Belgium.*

THIEL, C., WONTER, N., SIMOES, S., SCHMIDT, J., VAN ZYL, A., SCHMID, E. (2016): *The impact of the Eu car CO<sub>2</sub> regulation on the energy system and the role of electro-mobility to achieve transport decarbonisation.*

# Appendice A

## APPENDICE

### A.1 ANALISI ULTERIORI

#### A.1.1 ANALISI PER MODELLO VARIABILE PITA

Si esegue ora un'analisi per quanto riguarda i singoli modelli di auto considerati: il modello di riferimento è quello relativo alla tabella A.2.

Prima di effettuare la regressione è stato effettuato un test congiunto di omissione delle variabili non considerate significative per il modello i cui risultati sono mostrati qua sotto.

Null hypothesis: the regression parameters are zero for the variables

LUNGHEZZA, sq\\_VELMAX, velmax\\_modello, Yaris, Model3, D\\_2019,

Test statistic: Robust F(6, 379) = 0.621176, p-value 0.713379

Omitting variables improved 3 of 3 information criteria.

Dal valore del p-value, il test ha accettato la non significatività delle variabili sottoposte a verifica, per cui sono state escluse dal modello.

Model 3: OLS, using observations 1–420

Dependent variable: l\_PITA

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value
const	9.18954	0.0495300	185.5	0.0000
POTENZA	0.00290920	0.000557278	5.220	0.0000
Diesel	0.0900256	0.0145555	6.185	0.0000
GPL	0.123736	0.0172575	7.170	0.0000
Metano	0.208295	0.0235719	8.837	0.0000
Ibrida	0.190175	0.0197966	9.606	0.0000
Elettrica	0.670244	0.0426078	15.73	0.0000
D_2012	−0.134354	0.0198576	−6.766	0.0000
D_2013	−0.109114	0.0177290	−6.155	0.0000
D_2014	−0.0942421	0.0170751	−5.519	0.0000
D_2015	−0.0688246	0.0173793	−3.960	0.0001
D_2016	−0.0516522	0.0164450	−3.141	0.0018
D_2017	−0.0550274	0.0164528	−3.345	0.0009
D_2018	−0.0567186	0.0199106	−2.849	0.0046
sq_POTENZA	−6.08883e−006	5.91774e−007	−10.29	0.0000
potenza_marca	0.000248976	4.94897e−005	5.031	0.0000
CO2	0.000407437	0.000210667	1.934	0.0538
Fiesta	0.197032	0.0194551	10.13	0.0000
Ypsilon	0.112286	0.0238751	4.703	0.0000
Zoe	0.239495	0.0418498	5.723	0.0000
L500	0.361822	0.0220111	16.44	0.0000
Leaf	0.214020	0.0472798	4.527	0.0000
Corolla	0.503077	0.0238903	21.06	0.0000
Golf	0.297582	0.0276188	10.77	0.0000
A8	1.20264	0.0418668	28.73	0.0000
ModelS	0.439733	0.0372717	11.80	0.0000
ClasseS	1.04047	0.0614820	16.92	0.0000
F01	1.04878	0.0801598	13.08	0.0000
G11	1.05704	0.0781020	13.53	0.0000

Serie4	0.604062	0.0612421	9.864	0.0000
ModelX	0.461573	0.0394553	11.70	0.0000
F15	0.907317	0.0763748	11.88	0.0000
G05	0.854391	0.0816641	10.46	0.0000
Tiguan	0.726996	0.0304906	23.84	0.0000
c500	0.00718248	0.0209282	0.3432	0.7316

Mean dependent var	10.32273	S.D. dependent var	0.787501
Sum squared resid	3.325712	S.E. of regression	0.092942
$R^2$	0.987201	Adjusted $R^2$	0.986071
$F(34, 385)$	1544.688	P-value( $F$ )	0.000000
Log-likelihood	420.1457	Akaike criterion	-770.2914
Schwarz criterion	-628.8825	Hannan-Quinn	-714.4002

Tabella A.2: REGRESSIONE OLS: ANALISI PER MODELLO LPITA

I coefficienti delle variabili dei modelli di auto considerati hanno tutti segno positivo e sono tutti significativi: il modello evidenzia quello che si riscontra nella realtà in quanto la Lancia Ypsilon risulta essere l'auto più economica sia in merito alle auto relative allo stesso segmento e sia in merito a tutte le altre.

Lo stesso discorso è valido per il modello A8 che risulta essere l'auto più costosa di tutto il data-set.

La variabile relativa alla  $CO_2$  ha segno positivo: all'aumentare dell'1% del prezzo delle auto in Italia tendenzialmente il livello di emissioni tende ad aumentare di una piccola percentuale.

In questo modello, un'auto alimentata elettricamente risulta più costosa di oltre il 67% rispetto ad un veicolo alimentato a benzina.

Da notare infine, i coefficienti delle variabili dummy degli anni: hanno tutti segno negativo e sono tutti estremamente significativi.

Il passaggio da un anno ad un altro mostra una diminuzione del prezzo sempre più contenuta con il passare del tempo, e ciò significa che tendenzialmente il prezzo è andato ad aumentare con una lieve contrazione registratasi negli anni 2017-2018.

## A.1.2 ANALISI PER SEGMENTO VARIABILE PITA

L'ultima analisi che si effettua prendendo come riferimento la variabile dipendente  $l\_PITA$  è quella relativa al segmento di appartenenza dei veicoli.

Model 4: OLS, using observations 1–420

Dependent variable:  $l\_PITA$

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	<i>t</i> -ratio	p-value
const	9.03753	0.0526235	171.7	0.0000
POTENZA	0.00460531	0.000596216	7.724	0.0000
Diesel	0.0863229	0.0189360	4.559	0.0000
GPL	0.138343	0.0191387	7.228	0.0000
Metano	0.227345	0.0307278	7.399	0.0000
Ibrida	0.279330	0.0262565	10.64	0.0000
Elettrica	0.952772	0.0669642	14.23	0.0000
D_2012	−0.150692	0.0259976	−5.796	0.0000
D_2013	−0.125046	0.0235363	−5.313	0.0000
D_2014	−0.108345	0.0226956	−4.774	0.0000
D_2015	−0.0848164	0.0232372	−3.650	0.0003
D_2016	−0.0599318	0.0220758	−2.715	0.0069
D_2017	−0.0653666	0.0245522	−2.662	0.0081
D_2018	−0.0696484	0.0273548	−2.546	0.0113
sq_POTENZA	−5.25302e−006	8.88589e−007	−5.912	0.0000
CO2	0.000823000	0.000246076	3.345	0.0009
B	0.198125	0.0175012	11.32	0.0000
C	0.445408	0.0321601	13.85	0.0000
F	1.32095	0.0652137	20.26	0.0000
D	0.811226	0.0348502	23.28	0.0000
BATTERIA	−0.00955643	0.000837877	−11.41	0.0000

Mean dependent var	10.32273	S.D. dependent var	0.787501
Sum squared resid	6.876199	S.E. of regression	0.131277
$R^2$	0.973537	Adjusted $R^2$	0.972211
$F(20, 399)$	1129.407	P-value( $F$ )	0.000000
Log-likelihood	267.6054	Akaike criterion	-493.2109
Schwarz criterion	-408.3655	Hannan-Quinn	-459.6762

Tabella A.4: REGRESSIONE OLS ANALISI PER SEGMENTO LPITA

Come si evince dalla tabella A.4 il segno e la dimensione dei coefficienti associati alle variabili dei segmenti automobilistici sono assolutamente coerenti con la realtà.

Il segmento F, che comprende le *luxury cars* ha un segno positivo ed estremamente significativo: un'auto appartenente al segmento F ha un prezzo di oltre il 132% superiore rispetto ad un'auto appartenente al segmento A, che è quello che contiene auto più economiche.

Il fatto che il coefficiente della variabile dell'alimentazione "elettrica" sia positivo ed estremamente significativo è determinato in parte dal fatto che la maggior parte delle vetture elettriche appartengono al segmento F e sono presenti in poche quantità negli altri segmenti.

Il suo coefficiente indica che un'auto alimentata elettricamente ha un costo tendenzialmente superiore rispetto alle altre di circa il 95%; analizzando le altre tipologie di alimentazione, si nota come le auto più economiche siano quelle a benzina ma allo stesso tempo sono quelle tendenzialmente più inquinanti.

L'andamento dei prezzi delle auto nel tempo è confermato dal segno e dalla dimensione dei coefficienti attribuiti alle variabili  $D\_ANNO$ .

Mano a mano che si passa da un anno meno recente ad uno più recente i coefficienti tendono a diminuire, ma avendo quest'ultimi segno negativo significa che tendenzialmente si è registrato un aumento dei prezzi con l'aumentare degli anni considerati.

### A.1.3 ANALISI PER MODELLO VARIABILE PGER

Si effettua ora l'analisi considerando i diversi modelli di automobile prendendo come riferimento il logaritmo del prezzo delle auto in Germania.

Model 5: OLS, using observations 1–420

Dependent variable: l\_PGER

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value
const	9.21048	0.0410452	224.4	0.0000
POTENZA	0.00312952	0.000505434	6.192	0.0000
Diesel	0.0766180	0.0121045	6.330	0.0000
GPL	0.105076	0.0152833	6.875	0.0000
Metano	0.211565	0.0173129	12.22	0.0000
Ibrida	0.190438	0.0164027	11.61	0.0000
Elettrica	0.684789	0.0369717	18.52	0.0000
D_2012	-0.121245	0.0176737	-6.860	0.0000
D_2013	-0.109206	0.0160548	-6.802	0.0000
D_2014	-0.0947015	0.0148558	-6.375	0.0000
D_2015	-0.0680221	0.0153668	-4.427	0.0000
D_2016	-0.0575055	0.0148398	-3.875	0.0001
D_2017	-0.0602647	0.0147526	-4.085	0.0001
D_2018	-0.0420035	0.0154968	-2.710	0.0070
sq_POTENZA	-5.74250e-006	6.02055e-007	-9.538	0.0000
potenza_marca	0.000183441	4.28084e-005	4.285	0.0000
CO2	0.000481031	0.000176839	2.720	0.0068
Fiesta	0.123881	0.0172527	7.180	0.0000
Ypsilon	0.0856809	0.0201006	4.263	0.0000
Zoe	0.157379	0.0260170	6.049	0.0000
L500	0.324818	0.0159720	20.34	0.0000
Corolla	0.415677	0.0247272	16.81	0.0000
Golf	0.175350	0.0251181	6.981	0.0000
A8	1.15141	0.0448625	25.67	0.0000

ModelS	0.387579	0.0405777	9.552	0.0000
ClasseS	1.06951	0.0595691	17.95	0.0000
F01	1.13209	0.0757300	14.95	0.0000
G11	1.13727	0.0729843	15.58	0.0000
Serie4	0.587921	0.0547927	10.73	0.0000
ModelX	0.507150	0.0411875	12.31	0.0000
F15	0.994837	0.0721911	13.78	0.0000
G05	0.915606	0.0734027	12.47	0.0000
Tiguan	0.673414	0.0299948	22.45	0.0000

Mean dependent var	10.28915	S.D. dependent var	0.762076
Sum squared resid	2.481754	S.E. of regression	0.080080
R <sup>2</sup>	0.989801	Adjusted R <sup>2</sup>	0.988958
F(32, 387)	2022.120	P-value(F)	0.000000
Log-likelihood	481.6166	Akaike criterion	-897.2332
Schwarz criterion	-763.9047	Hannan-Quinn	-844.5357

Tabella A.6: REGRESSIONE OLS ANALISI PER MODELLO LPGER

La variabile relativa alla CO<sub>2</sub> ha praticamente la stessa significatività e lo stesso valore del modello A.2. Da notare la forte contrazione di prezzo che in questo caso si registra per il modello Golf a differenza della situazione in Italia: in questo caso il risparmio di prezzo è di oltre il 10% se si confronta la situazione con quella in Italia.

Per tutti gli altri modelli i prezzi in Germania risultano essere più economici: più si considerano auto lussuose però e più il prezzo tende ad essere uguale in entrambi gli Stati.

La differenza più evidente si ha per quanto riguarda l'alimentazione: un'auto elettrica in Germania, se confrontata con quelle alimentate a benzina, risulta essere più economica di circa il 5% rispetto all'Italia.

### A.1.4 ANALISI PER SEGMENTO VARIABILE PGER

L'ultima analisi eseguita con l'utilizzo dei prezzi delle auto in Germania è quella relativa al segmento di appartenenza dei veicoli.

I risultati della regressione vengono mostrati nella tabella A.8.

Model 6: OLS, using observations 1–420

Dependent variable: l\_PGER

Heteroskedasticity-robust standard errors, variant HC1

	Coefficient	Std. Error	t-ratio	p-value
const	9.05667	0.0502819	180.1	0.0000
B	0.159329	0.0152001	10.48	0.0000
C	0.303893	0.0295891	10.27	0.0000
F	1.22873	0.0646297	19.01	0.0000
D	0.706780	0.0352952	20.02	0.0000
Diesel	0.0727855	0.0177076	4.110	0.0000
GPL	0.114490	0.0177852	6.437	0.0000
Metano	0.228904	0.0270921	8.449	0.0000
Ibrida	0.271254	0.0248907	10.90	0.0000
Elettrica	0.880089	0.0651293	13.51	0.0000
D_2012	-0.136237	0.0247194	-5.511	0.0000
D_2013	-0.122707	0.0237145	-5.174	0.0000
D_2014	-0.106438	0.0237275	-4.486	0.0000
D_2015	-0.0808538	0.0238854	-3.385	0.0008
D_2016	-0.0622403	0.0218610	-2.847	0.0046
D_2017	-0.0675856	0.0229070	-2.950	0.0034
D_2018	-0.0535636	0.0227560	-2.354	0.0191
sq_POTENZA	-5.58057e-006	9.07054e-007	-6.152	0.0000
POTENZA	0.00475392	0.000597197	7.960	0.0000
BATTERIA	-0.00874510	0.000915600	-9.551	0.0000
CO2	0.000914629	0.000258237	3.542	0.0004

Mean dependent var	10.28915	S.D. dependent var	0.762076
Sum squared resid	6.330339	S.E. of regression	0.125958
$R^2$	0.973985	Adjusted $R^2$	0.972861
$F(20, 399)$	765.4256	P-value( $F$ )	9.8e-301
Log-likelihood	284.9750	Akaike criterion	-527.9500
Schwarz criterion	-443.1046	Hannan-Quinn	-494.4153

Tabella A.8: REGRESSIONE OLS:ANALISI PER SEGMENTO LPGER

Diversamente dalla situazione in Italia, la differenza di prezzo che esiste tra il segmento A e gli altri segmenti è sicuramente diminuita.

Per quanto riguarda il segmento C in Germania, il prezzo di un'auto appartenente al segmento C risulta essere più costosa di circa il 32% di un'auto appartenente al segmento A (in Italia era del 44%).

Lo stesso discorso è valido per l'alimentazione: in Germania un'auto completamente elettrica costa circa l'81% in più di un'auto alimentata a benzina. (in Italia la differenza è del 95%).

Il fatto che il prezzo delle auto in Germania sia inferiore piuttosto che in Italia continua ad essere confermato.

Il coefficiente della variabile  $CO_2$  risulta essere particolarmente significativo con segno positivo, ciò significa che tendenzialmente all'aumentare dell'1% del prezzo delle automobili l'emissione di anidride carbonica aumenta seppur in una percentuale irrilevante: questo potrebbe essere dovuto alla presenza di auto non elettriche nè ibride che risultano avere un potere inquinante abbastanza elevato.

Per la variabile relativa agli anni, i coefficienti sono tutti negativi e significativi ed emerge che al passaggio da un anno meno recente ad uno più recente si registra un aumento dei prezzi che però in questo caso è più contenuto rispetto alla variazione dei prezzi in Italia.

Da considerare ultimamente che il valore della statistica  $R^2$  è particolarmente elevato e di circa il 97,3%, per cui il modello è in grado di spiegare correttamente quasi la totalità delle osservazioni.