



REPORT TECNICO

AFFRONTARE LA POVERTÀ DEI TRASPORTI IN ITALIA: EVIDENZE, MAPPATURA E OPZIONI DI POLICY

Professor:

Ilaria BENEDETTI
Luca SECONDI

Research team:

Federico BACCHI
Pierdomenico DUTTILO
Filippo GREGORI
Francesco Maria MOROSINI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA

17 settembre 2026

Indice

Introduzione	9
1 Definizione di Povertà dei Trasporti	13
1.1 Misurare la Povertà dei trasporti in termini di rischio sociale ed energetico	16
1.2 Dimensioni principali: Le tre “A”	19
1.2.1 Accessibility	20
1.2.2 Affordability	21
1.2.3 Availability	24
2 Costi delle famiglie e vulnerabilità	31
3 Emissioni e impatto ambientale	73
4 Tipologia e distribuzione dei veicoli	97
5 Disponibilità dei trasporti	115
6 L’accessibilità ai beni e servizi	137
Conclusioni	152
Appendici	159
A Mobilità, costi operativi vs costi iniziali anni 2021–2023	160
B Disponibilità dei trasporti	167
B.1 Disponibilità dei trasporti: un’analisi statistica basata sugli aspetti della vita quotidiana	167
B.2 Disponibilità di trasporti pubblici nelle principali città italiane	181
B.3 Availability Poverty per trasporti a breve distanza	184
B.4 Availability Poverty per trasporti a lunga distanza	186
B.5 Cluster di Availability Poverty in Italia	187
B.6 Effetti dei fattori intersecanti sulle sfide di accessibilità . . .	187

Elenco delle figure

1.1	Distribuzione degli autobus per provincia in Italia	18
1.2	Mappa delle stazioni ferroviarie presenti sul suolo nazionale (elaborazioni dei dati forniti dal CCISS: Centro di Coordinamento Informazioni sulla Sicurezza Stradale).	19
1.3	Spesa per tipo di carburante in Italia	20
1.4	Famiglie a rischio povertà dei trasporti a livello regionale (2024) . .	22
1.5	Famiglie a rischio povertà dei trasporti a livello provinciale (2024). Stime attraverso disaggregazione basata sui redditi IRPEF	22
1.6	2M con soglia Nazionale vs. 2M con soglia Regionale	24
1.7	Due versioni del LEHC (livello regionale)	28
1.8	LEHC per tipologia di comune	29
1.9	Due versioni del LEHC (livello provinciale)	30
2.1	Share della spesa per trasporti	34
2.2	Share della spesa per trasporti (a livello provinciale)	35
2.3	(<i>Share</i> provinciale), stimato tramite disaggregazione basata sui redditi IRPEF	36
2.4	Quota della spesa per i trasporti per decile di spesa (famiglie con almeno un'auto)	38
2.5	Composizione della spesa per la mobilità per decile	39
2.6	Incidenza regionale dei costi operativi per le le famiglie appartenenti al 1°-3° decile di reddito. I grafici a barre evidenziano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.	41
2.7	Incidenza regionale dei costi iniziali per le le famiglie appartenenti al 1°-3° decile di reddito. I grafici a barre evidenziano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.	42
2.8	Incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale per diversi scenari.	46
2.9	Distribuzione regionale dell'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale delle famiglie vulnerabili nello scenario di shock cumulativo picco-minimo. I grafici a barre confrontano l'incidenza per tipologia comunale.	47
2.10	Confronto tra la volatilità mensile stimata tramite modello GARCH(1,1) e la volatilità misurata mediante realized variance per benzina e diesel nel periodo 2005-2026.	49

2.11	Incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale per diversi scenari. Scenari basati sulla volatilità.	50
2.12	Distribuzione regionale dell'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale delle famiglie vulnerabili nello scenario di shock basato sulla volatilità realizzata storica, calcolata al 95-esimo percentile della distribuzione mensile e pari a $+2\sigma$. Le barre sovrapposte confrontano le tipologie di comune.	52
2.13	Distribuzione regionale della vulnerabilità al carburante, con grafici a barre che illustrano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.	55
2.14	Clustering regionale nello spazio della spesa per carburante e della quota di vulnerabilità. Ciascun punto rappresenta una regione ed è assegnato a uno dei tre cluster. Le curve rappresentano le densità gaussiane stimate, evidenziando la distribuzione e la parziale sovrapposizione dei cluster.	59
2.15	Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale. Anno di riferimento 2024.	60
2.16	Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale. Anno di riferimento 2024.	61
2.17	Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale ottenute mediante procedura di disaggregazione dasimetrica. Anno di riferimento 2024.	63
2.18	Spesa media mensile carburante (euro) stimata a livello comunale. Anno di riferimento 2024.	65
2.19	Fuel vulnerability stimato a livello comunale. Anno di riferimento 2024.	66
2.20	Incidenza dei costi del carburante con un prezzo del Brent 100 \$ barile, per tipologia di comune. Anno di riferimento 2024.	68
2.21	Incidenza dei costi del carburante con un prezzo del Brent 100 \$ barile, per regione e tipologia di comune. Anno di riferimento 2024.	68
2.22	Numero medio di auto per famiglia per decile di reddito equivalente e tipologia di comune.	70
2.23	Incidenza percentuale della spesa per carburante sulla spesa totale per decile di reddito e tipologia di comune.	71
3.1	Profilo delle emissioni medie mensili da trasporto stradale per famiglia per decili di reddito. Anno di riferimento 2024.	76
3.2	Quota delle emissioni complessive regionali di CO ₂ da trasporto stradale attribuibile ai diversi decili di reddito. Anno di riferimento 2024.	79
3.3	Emissioni complessive annue di CO ₂ da trasporto stradale associate a ciascun gruppo regione-decile. Anno di riferimento 2024.	80
3.4	CO ₂ media stimata a livello comunale in kg. Anno di riferimento 2024.	81

3.5	Composizione delle emissioni di CO ₂ da trasporto stradale per regione, decile di reddito e tipologia comunale. Anno di riferimento 2024.	82
3.6	Box-and-whiskers plot della quota di veicoli circolanti, a livello comunale, per ogni classe normativa antinquinamento UE, condizionati ai decili di reddito.	84
3.7	Box-and-whiskers plot della quota di veicoli circolanti, a livello comunale, per ogni classe normativa antinquinamento UE, condizionati al grado di urbanizzazione.	85
3.8	Cartogrammi delle province italiane raffiguranti la distribuzione sul territorio delle emissioni pro-capite da trasporti di CO ₂ , PM ₁₀ e PM _{2,5} (elaborazioni di dati ISPRA).	86
3.9	Cartogrammi delle province italiane raffiguranti la distribuzione sul territorio delle emissioni pro-capite da trasporti di NO _x	92
3.10	La relazione tra reddito medio e NO _x	93
3.11	Relazione tra reddito medio e NO _x con regressione quantile	93
3.12	Fasce di reddito ed emissioni di NO _x da trasporto stradale	94
4.1	Veicoli elettrici per 1.000 abitanti, per provincia (dati ACI).	100
4.2	Veicoli elettrici per 1.000 abitanti, per comune (dati ACI).	103
4.3	Relazione tra reddito medio comunale e veicoli elettrici per 1.000 abitanti con stima tramite spline monotona crescente.	104
4.4	Tasso medio ponderato di veicoli elettrici per 1.000 abitanti nei comuni italiani, disaggregato in cinque macro-classi di reddito.	105
4.5	Distribuzione percentuale delle famiglie per numero di veicoli posseduti e decile di spesa.	106
4.6	Numero medio di autovetture per famiglia, per decile di spesa e macroarea geografica.	107
4.7	Quota di famiglie che hanno acquistato veicoli nuovi o usati, per decile di spesa.	109
4.8	Effetto simulato del Bonus Trasporti sull'incidenza della povertà dei trasporti (2024).	111
5.1	Percezione della difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico	117
5.2	Percezione della difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico	117
5.3	Vicinanza delle piste ciclabili	118
5.4	Vicinanza delle piste ciclabili	118
5.5	Disponibilità del trasporto pubblico in Italia	123
5.6	Distribuzione spaziale dell'indice composito di Local Availability Poverty.	126
5.7	Distribuzione dell'indice composito di LAP per grado di urbanizzazione.	126
5.8	Distribuzione spaziale dell'indice composito di Long-Distance Availability Poverty.	128

5.9	Distribuzione dell'indice composito di Long-Distance AP per grado di urbanizzazione.	128
5.10	Indici di Moran locali significativi relativi all'indice composito di Local Availability Poverty.	130
5.11	Distribuzione dell'indice di Long-Distance Availability Poverty (a sinistra) e dell'indice di Local Availability Poverty (a destra) per decile di reddito medio.	131
6.1	Accessibilità percepita ai principali servizi.	139
6.2	Accessibilità percepita di autobus, filobus e tram.	141
6.3	Accessibilità percepita dei pullman	142
6.4	Accessibilità percepita dei treni.	143
6.5	Minuti impiegati con il trasporto pubblico per raggiungere strutture sanitarie	145
6.6	Minuti impiegati con veicoli privati per raggiungere strutture sanitarie	145
6.7	Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere l'istituto scolastico condizionate all'appartenenza regionale (fonte: AVQ 2024).	147
6.8	Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere l'istituto scolastico condizionate al grado scolastico (fonte: AVQ 2024).	147
6.9	Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla fonte principale di reddito (fonte: AVQ 2024).	148
6.10	Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla posizione (fonte: AVQ 2024). . .	149
6.11	Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla fascia d'età (fonte: AVQ 2024). .	149
A.1	Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2021.	160
A.2	Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2022.	160
A.3	Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2023.	161
A.4	Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2021.	161
A.5	Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2022.	162
A.6	Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2023.	162
A.7	Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio regionale per Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia. Anno di riferimento 2024.	163
A.8	Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio regionale per Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise e Piemonte. Anno di riferimento 2024.	164

A.9	Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio per Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana e Trentino Alto Adige. Anno di riferimento 2024.	165
A.10	Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio per Umbria, Valle d'Aosta e Veneto. Anno di riferimento 2024.	166
B.1	Disponibilità del trasporto pubblico di Roma	181
B.2	disponibilità del trasporto pubblico di Milano	182
B.3	Disponibilità del trasporto pubblico di Bologna	182
B.4	Disponibilità del trasporto pubblico di Bari	182
B.5	Disponibilità del trasporto pubblico di Napoli	183
B.6	Disponibilità del trasporto pubblico di Palermo	183
B.7	Disponibilità del trasporto pubblico di Torino	184
B.8	Disponibilità del trasporto pubblico di Genova	184
B.9	Indici di Moran locali significativi relativi all'indice composito di Long-Distance Availability Poverty.	187
B.10	Variance Inflation Factors delle variabili considerate nella prima (sinistra) e nella seconda (destra) formulazione del modello di regressione lineare multipla.	187
B.11	Distribuzione spaziale dei residui stimati attraverso il modello SDM.	188

Elenco delle tabelle

1.1	Spesa media mensile e quota relativa ai trasporti in Italia (2015-2024). Valori espressi in euro costanti 2024.	17
1.2	Stima della Povertà dei trasporti: confronto tra indicatori (2024) . .	30
2.1	Effetti degli scenari di shock dei prezzi del carburante sulle famiglie italiane nel 2024. Le statistiche sono ponderate mediante il coefficiente di riporto all'universo. Gli intervalli di confidenza al 95% sono ottenuti mediante bootstrap.	53
2.2	Numero stimato di famiglie in condizioni di <i>fuel vulnerability</i> per regione nel 2024, con standard error bootstrap, intervalli di confidenza (IC) al 95% e incidenza sul totale delle famiglie.	57
3.1	Coefficienti di correlazione di Pearson (ρ) calcolati tra quota di veicoli afferenti a ogni normativa antinquinamento UE e reddito medio, a livello comunale.	83
3.2	Correlazione tra autoveicoli circolanti per fasce di cilindrata ed emissioni di PM _{2.5} a livello provinciale.	87
3.3	Tipi di alimentazione degli autoveicoli, frequenza sul totale e correlazione con i livelli di emissione di PM _{2.5} a livello provinciale.	88
3.4	Normativa Euro degli autoveicoli, frequenza sul totale e correlazione con i livelli di emissione di PM _{2.5} a livello provinciale.	89
3.5	Correlazione tra autoveicoli circolanti per anno di immatricolazione ed emissioni di CO ₂ a livello provinciale.	90
3.6	Correlazione tra classi di reddito ed emissioni di CO ₂ , a livello provinciale.	91
3.7	Statistiche descrittive delle variabili utilizzate nell'analisi.	92
3.8	Correlazione tra classi di reddito ed emissioni di NO _x da trasporto stradale, a livello provinciale.	94
4.1	Distribuzione regionale dei veicoli elettrici (EV) e numero di veicoli per 1.000 residenti (2024)	99
4.2	Le dieci province con la minore incidenza di veicoli elettrici.	101
4.3	Le dieci province con la maggiore incidenza di veicoli elettrici.	101

5.1	Statistiche descrittive delle variabili utilizzate per costruire l'indice di povertà nell'accessibilità di trasporti di breve distanza, a livello comunale.	124
5.2	Statistiche descrittive delle variabili che rappresentano il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere l'infrastruttura più vicina, a livello comunale.	127
5.3	Coefficienti di correlazione con il reddito medio a livello comunale. .	131
5.4	Coefficienti stimati del modello di regressione spaziale SDM, stimato con variabili standardizzate.	134
6.1	Statistiche descrittive della variabile che rappresenta il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere la scuola (fonte: AVQ 2024).	146
6.2	Statistiche descrittive della variabile che rappresenta il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere il posto di lavoro (fonte: AVQ 2024).	148
B.1	Distribuzione di frequenza	167
B.2	Statistiche descrittive	167
B.3	Risultati della regressione logistica ordinale per il trasporto pubblico	168
B.4	Distribuzione di frequenza	169
B.5	Statistiche descrittive	169
B.6	Risultati della regressione logistica binaria per la mobilità ciclabile .	170
B.7	Distribuzione di frequenza	171
B.8	Statistiche descrittive	171
B.9	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in treno . .	172
B.10	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in tram . .	173
B.11	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in metro . .	174
B.12	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in autobus .	175
B.13	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in corriera .	176
B.14	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto con bus aziendale	177
B.15	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto come passeggero in automobile	178
B.16	Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in moto . .	179
B.17	Risultati della regressione multinomiale per la mobilità ciclabile . .	180
B.18	Risultati della regressione multinomiale per altri mezzi di trasporto	181
B.19	Matrice di correlazione per gli indici di Local Availability Poverty a livello comunale, costruiti con tre diversi sistemi di ponderazione. .	185
B.20	Matrice di correlazione per gli indici di Long-Distance Availability Poverty a livello comunale, costruiti con tre diversi sistemi di ponderazione.	186
B.21	Coefficienti stimati del modello di regressione spaziale SEM per l'indice di Long-Distance Availability Poverty, stimato con variabili standardizzate.	189

Introduzione

La mobilità è un presupposto fondamentale per l'inclusione sociale ed economica. L'accesso ai trasporti consente alle persone di raggiungere il posto di lavoro, le strutture scolastiche, i servizi sanitari e altri servizi essenziali, favorendo così la coesione territoriale e la qualità della vita. Quando i trasporti diventano insostenibili, inaccessibili o indisponibili, possono generare una condizione nota come povertà dei trasporti (*transport poverty*), una forma multidimensionale di deprivazione che si intreccia con una più ampia vulnerabilità socio-economica e, sempre più spesso, con la povertà energetica. Questa condizione si articola in tre dimensioni costitutive, riconosciute anche a livello europeo: *affordability*, ovvero l'incapacità di far fronte ai costi dei trasporti senza compromettere altri bisogni essenziali; *accessibility*, la difficoltà di raggiungere servizi e opportunità entro limiti di tempo e di costo accettabili; *availability*, la presenza fisica, la frequenza e la capillarità dell'infrastruttura e dei servizi di trasporto sul territorio. La rilevanza politica di queste dimensioni è richiamata anche dall'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile 11.2, che promuove sistemi di trasporto sicuri, accessibili, sostenibili e disponibili per tutti.

In Italia, queste sfide sono particolarmente acute. Il Paese è caratterizzato dal tasso di motorizzazione più elevato dell'Unione Europea, da persistenti disparità territoriali tra Nord e Sud e da un marcato divario tra aree urbane e rurali in termini di offerta di trasporto pubblico. Per molte famiglie, specialmente quelle residenti in comuni più piccoli o in aree periferiche, il possesso di un veicolo privato non è una scelta di vita, ma una necessità strutturale. La dipendenza dall'auto (*car dependence*) descrive una configurazione urbanistica e infrastrutturale nella quale l'automobile rappresenta l'unico mezzo concretamente utilizzabile per accedere ai servizi essenziali. Poiché in questi contesti l'auto è necessaria, anche le famiglie a basso reddito tendono a procurarsi e mantenere un veicolo, nonostante l'incidenza dei relativi costi sul bilancio familiare: questa condizione, definita come il possesso forzato dell'auto, costituisce una conseguenza economica della dipendenza dall'auto. La conseguente vulnerabilità finanziaria espone le famiglie a rischi significativi, soprattutto in presenza di prezzi dei carburanti volatili, quando le spese per la mobilità possono assorbire una quota sproporzionata del bilancio familiare e alimentare la povertà dei trasporti. Lo studio mira a fornire un'analisi rigorosa e basata su dati concreti della povertà dei trasporti in Italia, esaminandone le caratteristiche, i fattori determinanti e la distribuzione geografica, a supporto di *Transport & Environment (T&E)* nell'elaborazione di raccomandazioni politiche

mirate.

Struttura del rapporto

L'analisi è strutturata in sei aree tematiche, che si susseguono secondo una logica progressiva. Il primo capitolo definisce e misura la povertà dei trasporti, distinguendone le tre dimensioni costitutive e quantificandone la sovrapposizione con la povertà energetica. Il secondo capitolo quantifica il peso finanziario della mobilità sui bilanci familiari lungo la distribuzione del reddito e simula la vulnerabilità delle famiglie agli shock nel prezzo del carburante, sia storici sia basati sulla volatilità dei mercati. Il terzo capitolo affronta la dimensione ambientale, esplorando come le emissioni di CO₂ e degli altri principali inquinanti da trasporto stradale si distribuiscano tra decili di reddito, tipologie di veicolo e territori. Il quarto capitolo analizza la dimensione tecnologica del parco veicolare, con un focus sulla diffusione diseguale dei veicoli elettrici, sul ruolo del mercato dell'usato per le famiglie a basso reddito e sull'efficacia delle misure di sostegno pubblico attualmente in vigore, quali il Bonus Trasporti e gli incentivi PNRR per la mobilità elettrica. Le ultime due aree adottano una prospettiva più integrata, spostando l'attenzione dai costi alla disponibilità e all'accesso concreto ai servizi: il quinto capitolo mappa i pattern spaziali e sociali della disponibilità dei trasporti, individuando cluster geografici di deprivazione e valutando come reddito, ruralità ed età aggravino i vincoli di accessibilità, sia a livello comunale sia a livello individuale e familiare; il sesto capitolo, infine, analizza l'accessibilità effettiva ai beni e ai servizi essenziali — sanità, istruzione, esercizi commerciali e uffici pubblici — attraverso la percezione soggettiva delle famiglie e i tempi di percorrenza abitualmente impiegati per raggiungerli.

L'analisi empirica si basa principalmente sui microdati dell'Indagine sulle spese delle famiglie (Household Budget Survey, in seguito denominata HBS) dell'ISTAT e dell'Indagine sugli Aspetti della Vita Quotidiana (AVQ), integrati dagli indicatori di accessibilità comunale ISTAT, dalle statistiche sul parco veicolare del Pubblico Registro Automobilistico (ACI-PRA), dai dati sulle emissioni dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e dai dati sul reddito fiscale del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF). Vengono applicati metodi quantitativi avanzati, tra cui la costruzione di indici compositi (anche di tipo fuzzy), modelli di regressione lineare, spaziale e discreta (logit ordinali, binari e multinomiali), analisi di cluster spaziali basate sugli indici di Moran e modelli di mistura gaussiana, al fine di garantire evidenze solide e rilevanti dal punto di vista politico a livello regionale, provinciale e comunale.

Principali evidenze

L'Italia presenta il tasso di motorizzazione più elevato dell'Unione Europea (701 auto ogni 1.000 abitanti nel 2024, contro una media UE di 578), in crescita più

rapida rispetto ai principali partner europei, con un parco veicolare ancora composto per il 99,3% da motorizzazioni alimentate a benzina, gasolio e gas. Questa dipendenza dall'automobile non è distribuita in modo uniforme: la capacità del trasporto pubblico locale nelle città metropolitane è oltre tre volte superiore a quella dei comuni del Sud, generando condizioni di dipendenza dall'auto nelle aree meno servite. La quota di famiglie sopra la soglia critica di spesa per i trasporti varia enormemente da provincia a provincia, e l'indicatore di sovrapposizione tra povertà energetica e povertà dei trasporti è oltre cinque volte più alto nei piccoli comuni rispetto alle città metropolitane.

L'incidenza della spesa per trasporti cresce dal 9% del primo decile al 16,4% del decimo tra le famiglie con almeno un'auto, con i costi operativi (carburante, manutenzione) particolarmente onerosi per le famiglie a basso reddito del Sud. Le simulazioni degli shock del prezzo del carburante mostrano che, nello scenario storico più severo, l'incidenza dei costi del carburante raggiungerebbe il 18,37%, con un aumento medio della spesa di 98,30 euro al mese. Applicando i coefficienti di riporto all'universo, circa 4,9 milioni di famiglie appartenenti ai primi tre decili di reddito supererebbero la soglia di vulnerabilità (IC al 95%: 4,75–5,05 milioni).

Le emissioni di CO₂ da trasporto stradale riflettono la composizione socioeconomica dei territori: la quota di veicoli appartenenti alle classi Euro più recenti è positivamente correlata al reddito medio comunale, mentre l'opposto vale per le classi più datate, segnalando un ricambio del parco circolante più lento nelle aree più povere. Il parco veicolare nazionale resta dominato da benzina e gasolio, con l'elettrico fermo appena allo 0,7%. La diffusione dei veicoli elettrici è a sua volta fortemente polarizzata per reddito e territorio: nei decili di spesa più alti si osservano oltre cinque volte i veicoli elettrici per 1.000 abitanti rispetto ai decili più bassi, e le infrastrutture di ricarica restano concentrate in poche province, soprattutto al Nord. L'accesso al mercato automobilistico per le famiglie meno abbienti avviene quasi esclusivamente tramite il segmento dell'usato. Le misure di sostegno pubblico attuali - il Bonus Trasporti e gli incentivi PNRR per l'acquisto di veicoli elettrici - hanno prodotto effetti positivi ma parziali, poiché tendono ad avvantaggiare famiglie e territori già relativamente meno svantaggiati.

La povertà di disponibilità dei trasporti mostra una fortissima concentrazione geografica, con centinaia di comuni ad alta criticità lungo l'arco alpino e appenninico, nelle isole e nelle aree interne del Mezzogiorno. I modelli di regressione spaziale confermano che la marginalità territoriale (secondo la classificazione SNAI), l'invecchiamento della popolazione e il basso reddito sono i principali fattori di rischio, mentre le aree urbane risultano sistematicamente meno svantaggiate di quelle rurali. A completamento del quadro, l'analisi dei tempi di percorrenza verso scuola e servizi sanitari conferma che l'assenza di alternative alla mobilità privata si traduce in un accesso diseguale a diritti sociali fondamentali.

Nel loro insieme, queste evidenze indicano che la povertà dei trasporti in Italia è il prodotto dell'intersezione tra reddito, territorio, età del parco veicolare e disponibilità di alternative alla mobilità privata. Il rapporto ha lo scopo di supportare Transport & Environment (T&E) nell'elaborazione di raccomandazioni politiche

volte a ridurre le barriere che impediscono alle famiglie vulnerabili di accedere a opzioni di trasporto sostenibili, contribuendo a una transizione equa e inclusiva.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Laurence Peplow, Giulio Mattioli, Esther Marchetti e Andrea Boraschi per l'attenta revisione.

Capitolo 1

Definizione di Povertà dei Trasporti

Highlights

- La povertà dei trasporti combina tre dimensioni principali: affordability, accessibility e availability, che tendono a sovrapporsi soprattutto nei territori meno urbanizzati e meno serviti.
- Nel 2024, secondo l'indicatore che considera come soglia 2 volte la mediana nazionale (2M), circa 4,9 milioni di famiglie italiane (18,46%), quasi 1 su 5, risultano esposte a problemi di affordability nei trasporti.
- La vulnerabilità è maggiore tra le famiglie economicamente più fragili che vivono in comuni piccoli, aree interne e periferiche, dove la dipendenza dall'auto è più elevata e le alternative di trasporto sono più limitate.
- Il confronto tra gli indicatori con mediana nazionale e regionale mostra che la scelta della soglia modifica l'identificazione territoriale della vulnerabilità. La soglia nazionale consente di confrontare le famiglie rispetto a uno standard comune e viene pertanto adottata nel rapporto come indicatore guida dell'affordability. La soglia regionale è invece utile per evidenziare le disuguaglianze interne ai singoli territori, ma può attenuare il fenomeno nelle regioni in cui l'elevata spesa per i trasporti è una condizione strutturalmente diffusa.
- A livello territoriale emergono soprattutto aree interne, montane e periferiche, dove maggiori distanze dai servizi e minore offerta di trasporto pubblico amplificano la vulnerabilità.
- La povertà dei trasporti non segue un semplice gradiente Nord-Sud, ma riflette soprattutto isolamento territoriale, carenza di servizi e dipendenza dall'auto privata.

Domanda di ricerca

Come si può definire e misurare la povertà dei trasporti nel contesto della vulnerabilità sociale ed energetica (utilizzando i dati pubblici disponibili)

Variabili chiave

- **Spesa mensile della famiglia:** la spesa totale della famiglia per consumi, utilizzata come denominatore per il calcolo delle quote (share) di spesa.
- **Costi del trasporto:** comprende tutte le voci ricorrenti quali carburanti, manutenzione ordinaria, costi operativi e biglietti/abbonamenti per i mezzi pubblici.
- **Densità dei servizi di trasporto pubblico:** la disponibilità di alternative valide all'uso dell'auto privata, quali autobus e treni.

Come anticipato in apertura, i trasporti assorbono una quota crescente dei bilanci familiari europei: nel 2024 la spesa media UE per la mobilità ha raggiunto il 12,7% dei consumi totali, terza voce di spesa dopo abitazione e alimentazione, ma con forti differenze tra Paesi, fasce di reddito e territori (*Key figures on European Transport, Eurostat, 2026*). L'Italia rappresenta il caso più critico: con 701 auto ogni 1,000 abitanti nel 2024 è il paese più motorizzato dell'Unione Europea, ben oltre la media comunitaria di 578 e le altre grandi economie europee (590 in Germania, 579 in Francia, 544 in Spagna). Il divario, inoltre, si sta ampliando: dal 2018 il tasso di motorizzazione italiano cresce dell'1,3% annuo, contro lo 0,7% tedesco, lo 0,4% spagnolo e lo 0,3% francese. A ciò si aggiunge un parco veicolare composto per il 99,3% da vetture alimentate a benzina, gasolio e gas, che espone in modo diffuso le famiglie italiane alle oscillazioni dei prezzi dei carburanti.

Questo elevato tasso di dipendenza dall'auto non è uniforme su tutto il territorio. L'offerta di trasporti varia notevolmente tra le aree urbane e quelle rurali: la capacità del trasporto pubblico nei comuni metropolitani raggiunge circa 6,695 posti-chilometro per abitante all'anno, rispetto ai soli 2,318 dei capoluoghi di provincia e ai soli 2,120 dei comuni del Sud (*Indicatori del parco veicolare, Istat, 2024*). Nelle zone in cui i trasporti pubblici sono limitati o assenti, possedere un'auto non è una scelta ma una necessità, con conseguenze dirette sulla spesa delle famiglie per il carburante. Queste disparità territoriali sono ulteriormente aggravate dal persistente divario Nord-Sud nella spesa delle famiglie: secondo l'ISTAT, nel 2024 la spesa media mensile delle famiglie nel Nord-Est era pari a 3,032 euro, contro i 2,199 euro del Sud, con un divario del 37,9%. (*Report ISTAT Consumi, 2025*).

La sovrapposizione tra i costi dei trasporti e altre forme di vulnerabilità delle famiglie aggiunge un ulteriore motivo di preoccupazione. In tutta l'UE, la percentuale di persone incapaci di riscaldare adeguatamente la propria abitazione si è attestata al 9,2% nel 2024, in calo rispetto al 10,6% del 2023, ma comunque significativamente superiore al 6,9% registrato nel 2021, prima della crisi energetica (*Energy Poverty, European Commission*). In Italia, le famiglie che devono far fronte alla

pressione simultanea dei costi energetici delle abitazioni e dei trasporti rappresentano un segmento particolarmente vulnerabile della popolazione, che i soli indici standard di povertà energetica tendono a non rilevare.

È in questo contesto che il concetto di povertà dei trasporti assume un'importanza centrale sia dal punto di vista analitico che politico. La povertà dei trasporti è una condizione multidimensionale che comprende tre dimensioni fondamentali: *affordability*, ovvero l'incapacità di far fronte ai costi dei trasporti senza compromettere altri bisogni essenziali; *accessibility*, che si riferisce alla difficoltà di raggiungere servizi e attività fondamentali entro limiti di tempo e di costo accettabili e *availability*, che attiene alla presenza fisica, alla frequenza e alla capillarità dell'infrastruttura di trasporto e dei servizi pubblici sul territorio. Le sezioni seguenti esplorano queste dimensioni utilizzando dati ufficiali, sviluppando una serie di indicatori semplici, sintetici e compositi per mappare l'incidenza e la distribuzione spaziale della povertà dei trasporti in tutta l'Italia.

1.1 Misurare la Povertà dei trasporti in termini di rischio sociale ed energetico

Nel contesto socioeconomico italiano, le spese legate ai trasporti rappresentano uno degli oneri più significativi per i bilanci delle famiglie.

Il concetto di povertà dei trasporti ha molteplici dimensioni e può essere quantificato attraverso diverse prospettive metodologiche, che spesso integrano la dimensione degli esborsi reali con quella dell'accessibilità fisica ai servizi essenziali.

Un indicatore ampiamente utilizzato prevede l'analisi del *transport share*, ovvero il rapporto tra la spesa per i trasporti (al netto dei costi di acquisto dei veicoli) e il consumo totale delle famiglie.

Quando tale proporzione supera una soglia critica, una famiglia viene in genere classificata come a rischio di povertà dei trasporti nella dimensione dell'*affordability*, una condizione che costringe a un compromesso tra gli spostamenti essenziali e altri bisogni primari, quali l'assistenza sanitaria o il riscaldamento.

Al fine di quantificare l'onere economico della mobilità, il presente studio utilizza i microdati dell'*Household Budget Survey* (HBS), un'indagine campionaria condotta annualmente dall'ISTAT e armonizzata a livello europeo. La rigorosa metodologia di campionamento adottata dall'ISTAT garantisce che le stime siano rappresentative della popolazione italiana sia a livello nazionale che regionale. Le principali serie statistiche e le note metodologiche sono disponibili sul portale ufficiale dell'ISTAT: Istat - Household Consumption and Poverty Statistics. Per fornire una panoramica quantitativa di queste dinamiche, la tabella 1.1 mostra l'evoluzione dei consumi mensili delle famiglie in Italia nell'ultimo decennio, mettendo in evidenza il peso specifico del settore dei trasporti.

Tabella 1.1: Spesa media mensile e quota relativa ai trasporti in Italia (2015-2024). Valori espressi in euro costanti 2024.

Anno	Coeff.ISTAT	Spesa totale	Spesa per trasporti	Share (%)
2015	1,2010	3.001	319	10,63
2016	1,1998	3.027	325	10,74
2017	1,1868	3.041	344	11,31
2018	1,1740	3.017	343	11,37
2019	1,1683	2.990	336	11,24
2020	1,1706	2.725	254	9,32
2021	1,1493	2.801	277	9,89
2022	1,0619	2.787	282	10,12
2023	1,0076	2.759	292	10,58
2024	1,0000	2.755	297	10,78

La condizione di **Povertà dei Trasporti** (dal termine inglese Transport Poverty) è caratterizzata da una combinazione di fragilità socio-economica e isolamento territoriale. Tra i principali fattori che influenzano tale condizione figurano:

- **eterogeneità spaziale:** esistenza di disuguaglianze territoriali nell’accessibilità e disponibilità di trasporti efficaci che tagliano fuori, dalle opportunità lavorative e culturali, le fasce più vulnerabili della popolazione;
- **il fenomeno della Forced Car Ownership (FCO):** si verifica quando le famiglie a basso reddito sono costrette a mantenere un veicolo per garantire la mobilità di base poiché non esistono alternative valide di trasporto pubblico.

Questo ricorso forzato ai veicoli privati evidenzia un netto divario rispetto alla disponibilità e all’efficienza dei sistemi di trasporto pubblico alternativi, quali autobus e treni regionali. Quando le infrastrutture del trasporto pubblico non offrono una frequenza adeguata, una copertura diffusa o collegamenti affidabili, le famiglie più vulnerabili vengono di fatto private di qualsiasi possibilità di scelta. Di conseguenza, il possesso di un’auto cessa di essere un segno di benessere e diventa un carico strutturale, che definisce e radica profondamente le disuguaglianze regionali e provinciali in tutto il Paese.

Per valutare empiricamente queste disuaglianze spaziali, la Figura 1.1 mostra la distribuzione degli autobus (ogni 1000 abitanti) per provincia in Italia. (Dati Aci, Parco Veicolare, 2024)

Il quadro che emerge è quello di un’offerta molto disomogenea, con una concentrazione del servizio nelle aree metropolitane e una progressiva rarefazione muovendosi verso le province più periferiche e interne. Un pattern simile, seppur con alcune eccezioni interessanti, emerge osservando la rete ferroviaria: la Figura 1.2 presenta due mappe: la prima, a sinistra, mostra dove sono localizzate le stazioni; la seconda, a destra, mostra il numero di stazioni ogni 100 000 abitanti a livello provinciale. Entrambi i cartogrammi suggeriscono la presenza di evidenti

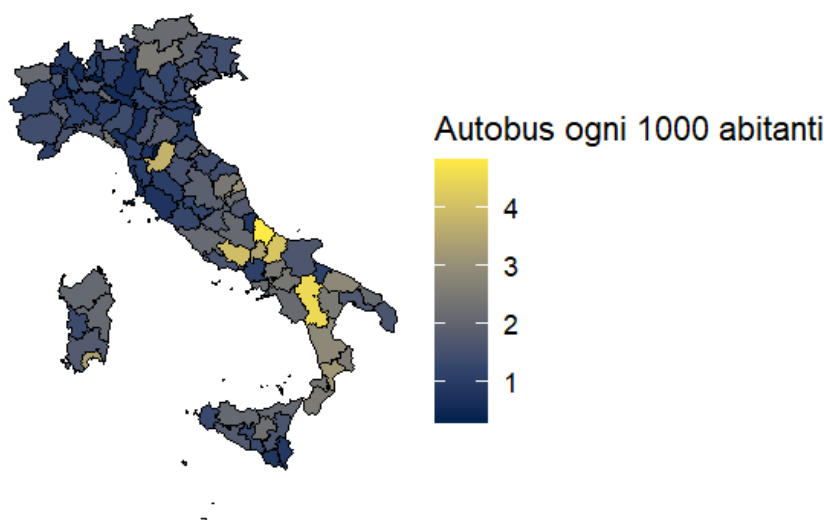


Figura 1.1: Distribuzione degli autobus per provincia in Italia

diseguaglianze sul suolo nazionale. La prima mappa, da un lato, sembra suggerire maggiore capillarità del servizio nell'area centro-settentrionale, con Campania e Puglia a fare eccezione. La seconda, dall'altro, evidenzia un pattern più difficilmente riconducibile alle macro-aree del Paese: le province con più stazioni, in relazione al numero di abitanti, risultano L'Aquila (18.8), Sondrio (12.8), Bolzano (12.8) e Rimini (12.7), mentre quelle più svantaggiate da questo punto di vista risultano Pesaro-Urbino (0.9), Forlì-Cesena (1.3), Catania (1.7) e Fermo (1.8).

La povertà dei trasporti è intrinsecamente legata alla vulnerabilità energetica a causa dei costi del carburante, che rappresentano un notevole impegno economico. La figura 1.3 riporta l'andamento della spesa mensile per il carburante, stimata sulla base dei dati HBS 2015-2024. I valori sono calcolati per le famiglie con una spesa diversa da zero, al fine di individuare l'onere a carico dei conducenti attivi. L'analisi della Figura 1.3 mette in luce diverse dinamiche fondamentali per comprendere la vulnerabilità del settore energetico e dei trasporti in Italia:

- La spesa per il gasolio rimane costantemente la più elevata tra le tre categorie. Considerando che il gasolio è spesso il carburante principale utilizzato per gli spostamenti quotidiani e i viaggi a lunga distanza in Italia, questa tendenza indica una maggiore esposizione alla povertà dei trasporti per le persone che vivono in aree rurali o periferiche scarsamente servite dai mezzi pubblici.
- La tendenza al rialzo registrata nel periodo 2023-2024 suggerisce che i costi del carburante si siano stabilizzati su un livello più elevato rispetto alla media precedente al 2021. Questo costo elevato e persistente crea una situazione cronica di povertà dei trasporti in cui i costi della mobilità entrano in diretta concorrenza con il fabbisogno energetico domestico (riscaldamento ed elettricità).
- Il calo significativo osservato nel 2020 riflette le restrizioni alla mobilità imposte durante la pandemia di COVID-19. Tuttavia, il successivo forte aumento

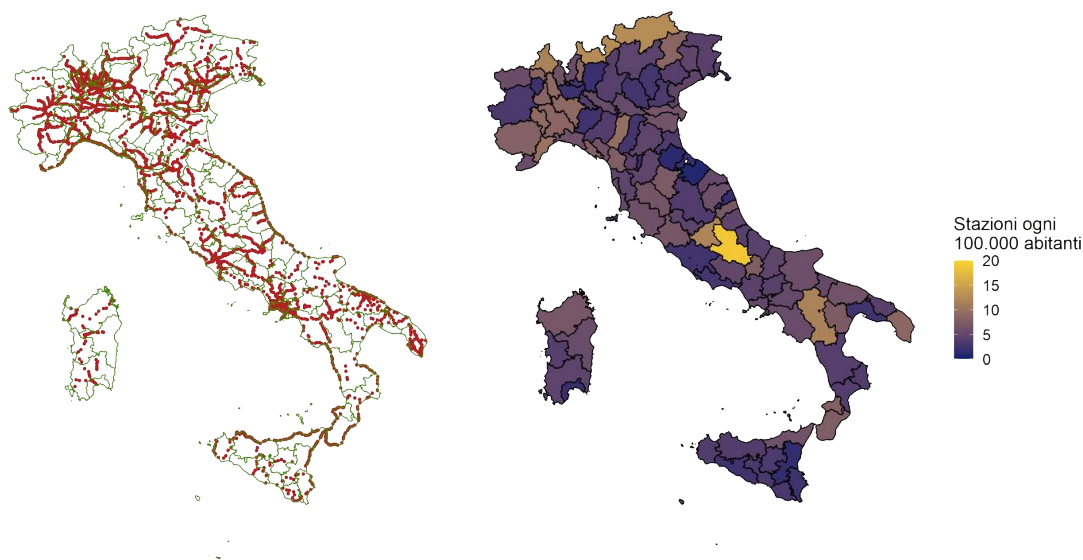


Figura 1.2: Mappa delle stazioni ferroviarie presenti sul suolo nazionale (elaborazioni dei dati forniti dal CCISS: Centro di Coordinamento Informazioni sulla Sicurezza Stradale).

registrato tra il 2021 e il 2022 evidenzia lo “shock energetico” causato dalla crisi geopolitica in Ucraina. Per gli utenti di gasolio, la spesa media mensile ha raggiunto un picco di circa 180-190 euro, rappresentando una quota sostanziale del bilancio delle famiglie.

Si presume che uno shock simile caratterizzi l’attuale periodo 2025-2026. La persistente instabilità in Medio Oriente e lungo le rotte di approvvigionamento del Mar Rosso ha mantenuto elevati i costi logistici e di raffinazione, impedendo un ritorno stabile dei prezzi ai livelli pre-crisi. Questo scenario di «shock permanente» suggerisce che la povertà dei trasporti non sia più un evento transitorio, ma una condizione cronica per le famiglie che dipendono dall’auto, in cui i costi del carburante rimangono ostinatamente elevati nonostante le fluttuazioni dei prezzi del petrolio greggio.

1.2 Dimensioni principali: Le tre “A”

Domanda di ricerca

Quali aspetti della povertà dei trasporti (affordability, accessibility, availability) sono più rilevanti per le famiglie vulnerabili?

Variabili chiave

- **Spesa mensile della famiglia:** la spesa totale della famiglia, utilizzato come denominatore per il calcolo delle quote di spesa.

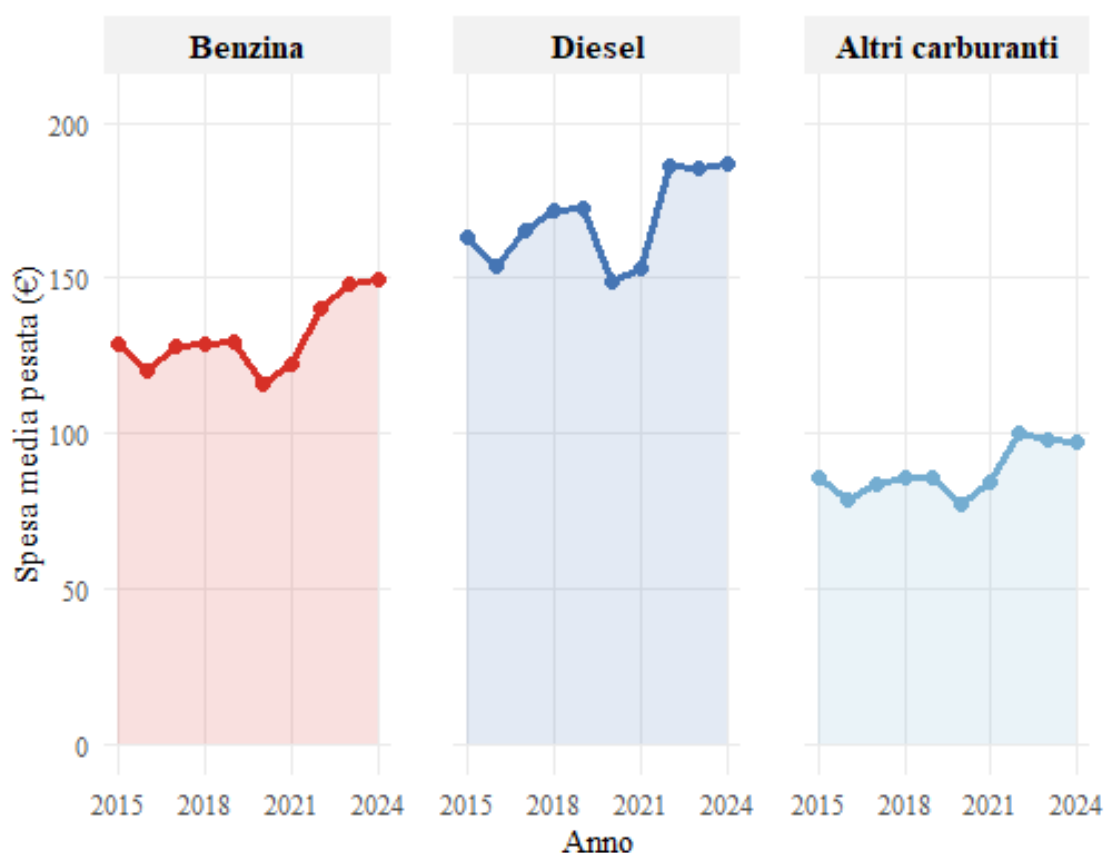


Figura 1.3: Spesa per tipo di carburante in Italia

- **Costi del trasporto:** comprende tutte le voci ricorrenti quali carburanti, manutenzione ordinaria, costi operativi e biglietti/abbonamenti per i mezzi pubblici.
- **Distanza per le attività quotidiane:** Misura la distanza tra le zone residenziali e i servizi essenziali quali luoghi di lavoro, scuole e strutture sanitarie.

Di seguito, si introducono le dimensioni principali della povertà dei trasporti, definite come le tre “A”: Accessibility, Affordability e Availability. Queste tre dimensioni sono quelle che l’Unione Europea riconosce come fondamentali nel definire e misurare la povertà dei trasporti (Cludius et al., 2024).

1.2.1 Accessibility

L’accessibilità indica quanto facilmente una persona può raggiungere luoghi, servizi e opportunità di interazione. Dipende dalla distanza, dal tempo di percorrenza e dalle alternative di trasporto disponibili, tenendo conto delle caratteristiche e dei bisogni individuali.

Una scarsa accessibilità può generare svantaggi significativi, fino a forme di esclusione sociale. Le barriere che la ostacolano possono essere fisiche (qualità e affidabilità delle infrastrutture), economiche (costi di spostamento), istituzionali (distribuzione e qualità dei servizi essenziali sul territorio) ed emotive (percezione di sicurezza negli spostamenti).

La pianificazione dei trasporti si concentra spesso su indicatori tecnici come velocità e tempi di viaggio, trascurando la distribuzione dei benefici tra gruppi sociali diversi e le esigenze di utenti non automobilisti. Ciò può penalizzare gruppi specifici della popolazione, che sperimentano ostacoli fisici o percezioni di insicurezza che influenzano le loro scelte di mobilità.

In sintesi, l'accessibilità è una componente fondamentale della mobilità e della qualità della vita: garantire infrastrutture, servizi e condizioni di sicurezza adeguati è essenziale per permettere a tutti di partecipare pienamente alla vita sociale ed economica.

Le difficoltà legate all'accessibilità da parte delle famiglie e dalle aree geografiche italiane sono analizzate nel dettaglio nel Capitolo 6.

1.2.2 Affordability

La pressione economica legata all'affordability viene solitamente quantificata attraverso il *transport share*, ovvero il rapporto tra la spesa totale per i trasporti e la spesa totale delle famiglie. Quando tale quota supera una soglia critica, una famiglia viene identificata come a rischio di povertà dei trasporti nella dimensione dell'*affordability*, una condizione che costringe a un compromesso tra gli spostamenti essenziali e altre necessità primarie, quali l'assistenza sanitaria o il riscaldamento. Per cogliere la distribuzione spaziale e l'intensità di questo fenomeno nelle regioni e nelle province italiane nel 2024, le Figure 1.4 e 1.5 presentano una mappatura comparativa basata su tre diverse soglie di spesa.

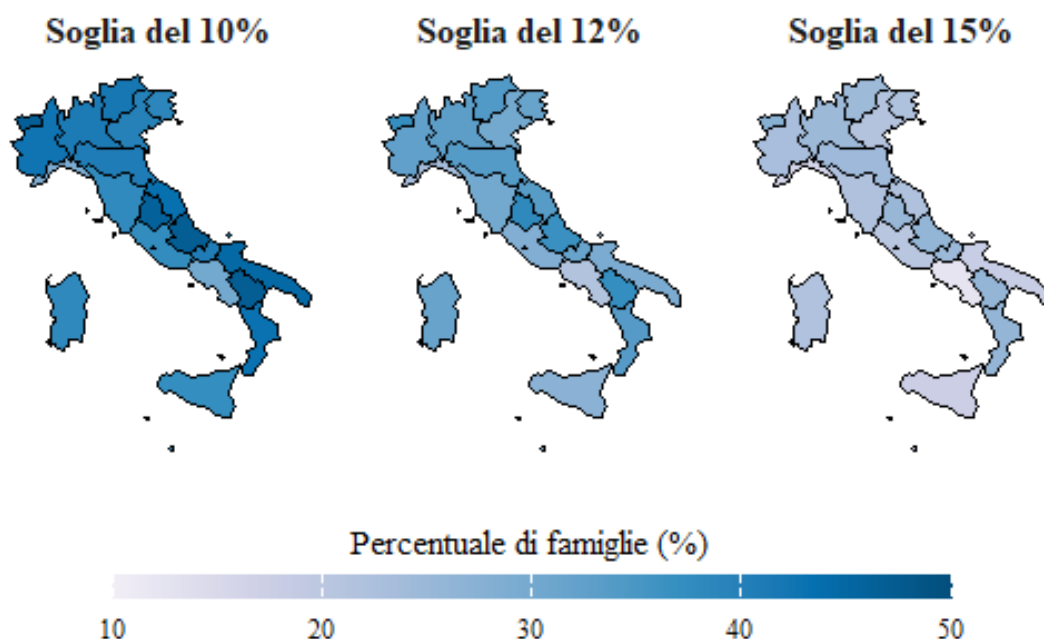


Figura 1.4: Famiglie a rischio povertà dei trasporti a livello regionale (2024)

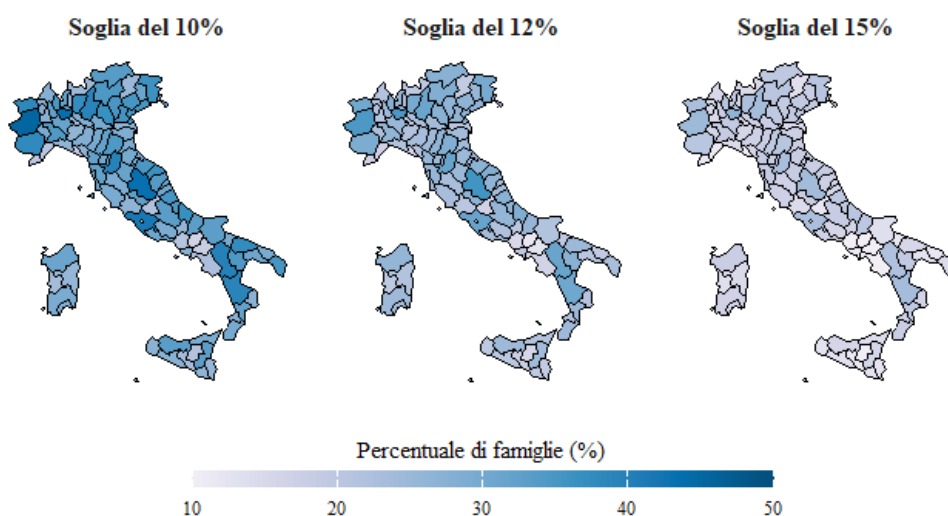


Figura 1.5: Famiglie a rischio povertà dei trasporti a livello provinciale (2024). Stime attraverso disaggregazione basata sui redditi IRPEF

Per ottenere una stima a livello provinciale robusta è stata adottata una tecnica di disaggregazione dasimetrica la cui spiegazione si rimanda a [Pag. 61](#). Questa analisi di sensitività è cruciale perché, in molti contesti italiani, il passaggio dal 10% al 15% è determinato dalla volatilità dei prezzi del carburante e dalla mancanza di opzioni di trasporto pubblico, e non da scelte discrezionali di spesa. Il quadro provinciale è netto: escludendo le famiglie a spesa zero per i trasporti, la quota di

nuclei che supera la soglia del 10% parte da un gruppo di 5 province con valori al di sotto del 20% tra cui Avellino, La Spezia, Savona, Benevento ed Imperia e supera il 35% in più di 20 province tra cui grandi città come Torino, Milano, Perugia, Potenza e Firenze . Un'incidenza così elevata dimostra che la soglia del 10%, per quanto nota in letteratura, è troppo bassa per identificare una reale condizione di povertà dei trasporti per una qualsiasi famiglia italiana che usa quotidianamente l'auto. Innalzando la soglia al 15%, il quadro cambia sensibilmente: la quota di famiglie colpite si ridimensiona in diverse province e nelle grandi aree metropolitane, scendendo a percentuali minime al di sotto del 10% includendo le province di Salerno, Benevento, Caserta e Avellino, mentre resta elevata e prossima al 25% in province quali Milano, Torino, Perugia, Cosenza e Brescia, dove circa una famiglia su quattro è a rischio povertà dei trasporti. Questo forte contrasto dimostra che la soglia del 15% riesce a isolare con maggiore precisione le province in cui l'esborso per la mobilità rappresenta un reale e significativo fattore di vulnerabilità finanziaria.

Per ovviare all'arbitrarietà delle soglie fisse (come il 10% o il 15%), si introduce l'indicatore **2M**: seguendo la logica applicata nella letteratura sulla povertà energetica, una famiglia è in povertà dei trasporti se la quota della sua spesa per i trasporti supera il **doppio della mediana nazionale**.

$$2M = \begin{cases} 1 & \text{if } E_T > 2M_N \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (1.1)$$

dove

- E_T : Spesa per il trasporto delle famiglie
- M_N : Mediana della spesa nazionale per i trasporti

Tuttavia, usare un'unica mediana nazionale a un Paese economicamente frammentato come l'Italia può portare a distorsioni. Pertanto, si propone una distinzione:

1. **Mediana Nazionale per il 2M**: un parametro di riferimento che consente di individuare le famiglie che spendono molto di più rispetto alla famiglia italiana "media".
2. **Mediana Regionale per il 2M**: questo approccio calcola una mediana specifica per ciascuna delle 20 regioni italiane.

Il 2M nazionale è adottato come indicatore principale, poiché assicura una soglia uniforme e comparabile per l'intero Paese. Il 2M regionale è impiegato come analisi di sensibilità territoriale: esso permette di verificare come l'utilizzo di riferimenti coerenti con i differenti livelli regionali di spesa modifichi la distribuzione della vulnerabilità, senza sostituire la stima nazionale di riferimento. Le mediane regionali sono state confrontate con la mediana nazionale e sottoposte a verifica prima del calcolo dell'indicatore.

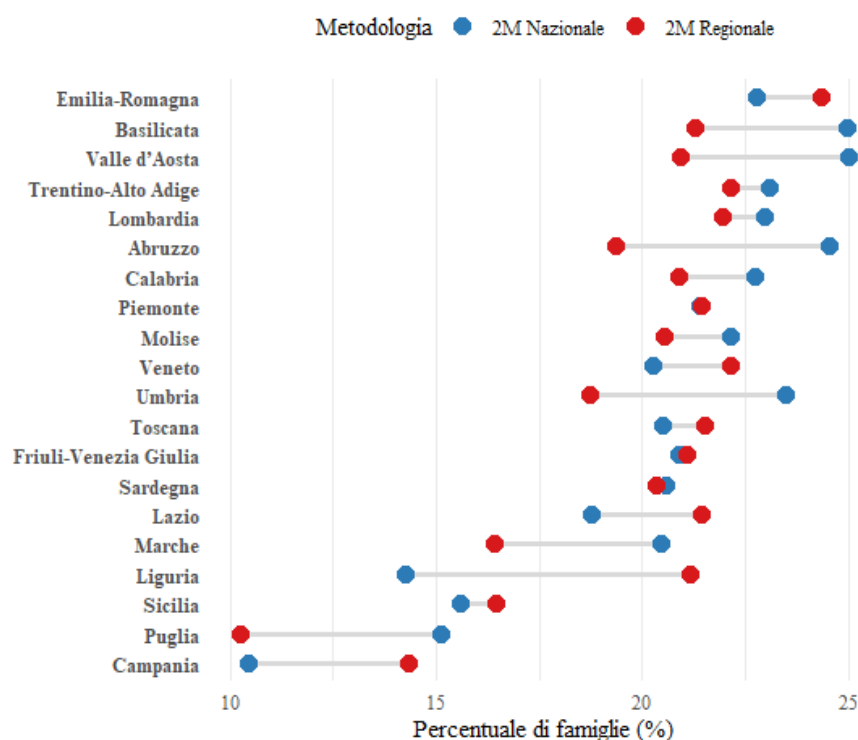


Figura 1.6: 2M con soglia Nazionale vs. 2M con soglia Regionale

Questo duplice approccio garantisce che la povertà dei trasporti non venga erroneamente identificata come un semplice indicatore del basso reddito, ma venga correttamente individuata come un onere di spesa eccessivo rispetto alla specifica realtà socio-economica e infrastrutturale di ciascun territorio, all'interno del quale si vive e dove le opportunità lavorative, di istruzione e legate alla salute possono essere fruite. La Figura 1.6 confronta le due metriche, evidenziando una divergenza metodologica netta tra la soglia nazionale e quella regionale: quest'ultima si rivela più efficace nell'individuare l'esclusione sociale all'interno dei singoli contesti territoriali, evitando il rischio di ridurre la povertà dei trasporti a un semplice riflesso dei livelli generali di reddito nazionale. Ad esempio, in Abruzzo, Basilicata, Calabria, Umbria e Valle d'Aosta la metodologia a soglia regionale stima una percentuale significativamente più bassa di individui in povertà dei trasporti rispetto a quella nazionale, poiché in queste aree la spesa mediana regionale per i trasporti è più alta di quella nazionale; in Liguria e Campania, dove invece la spesa mediana regionale è molto contenuta, si osserva l'effetto opposto.

1.2.3 Availability

L'availability descrive la presenza di alternative di trasporto adeguate e realmente utilizzabili entro una distanza ragionevole dalle abitazioni e dalle principali destinazioni quotidiane. Riguarda, quindi, quanto e come le infrastrutture e i servizi di trasporto sono disponibili nel territorio, in termini di orari, frequenze, copertura e compatibilità con i bisogni specifici delle persone.

La disponibilità dei trasporti ha assunto una crescente rilevanza nel dibattito europeo sulle disuguaglianze nei trasporti e sull'inclusione sociale. In particolare, l'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile SDG 11.2 richiama la necessità di garantire sistemi di trasporto sicuri, accessibili, sostenibili e disponibili per tutti (United Nations, 2021). Nonostante questa crescente attenzione politica, le evidenze empiriche mostrano la persistenza di significative differenze sociali e territoriali nelle condizioni di mobilità degli individui.

Sebbene availability e accessibility siano strettamente collegate, la disponibilità si concentra sulla presenza effettiva di opzioni di mobilità: un servizio può essere vicino e teoricamente accessibile, ma di fatto “non disponibile” se non risponde alle esigenze dell'utente (ad esempio per barriere fisiche, orari incompatibili, scarsa frequenza o mancanza di sicurezza percepita). Ciò riguarda in particolare gruppi con esigenze specifiche, come persone anziane.

La disponibilità dei servizi di trasporto varia fortemente nello spazio. Le aree rurali e periferiche presentano una minore offerta di servizi essenziali e una rete di trasporto pubblico più scarsa e irregolare, generando una forte dipendenza dall'auto privata. Al contrario, le aree urbane interne dispongono di reti più dense e frequenti, mentre le zone suburbane e peri-urbane mostrano una maggiore carenza di alternative sostenibili. Le persone senza automobile risultano quindi maggiormente esposte a problemi di availability, poiché mancano sia servizi pubblici adeguati sia opzioni private.

In sintesi, l'availability misura quanto il sistema di trasporto offre soluzioni praticabili e adatte ai diversi gruppi sociali, influenzando direttamente la capacità delle persone di accedere alle opportunità e partecipare alla vita economica e sociale. Questa dimensione della povertà dei trasporti sarà analizzata nel dettaglio nel Capitolo 5.

La sovrapposizione tra povertà energetica e dei trasporti

La pressione finanziaria esercitata dai costi energetici sulle famiglie italiane rappresenta un fenomeno ben documentato e strutturalmente persistente. Secondo le stime dell'Osservatorio Italiano sulla Povertà Energetica (OIPE), basate sui dati dell'Indagine sulle spese delle famiglie dell'ISTAT, nel 2024 circa 2,4 milioni di famiglie si trovavano in una situazione di povertà energetica, pari al 9,1% del totale delle famiglie residenti (OIPE, 2024).

In base a questa misura adottata da OIPE, una famiglia è in povertà energetica se:

1. l'incidenza della sua spesa energetica equivalente sul totale della spesa è superiore al doppio della quota media e, simultaneamente, la sua spesa totale, al netto della spesa energetica, è inferiore alla soglia della povertà relativa, come identificata dall'Istat

2. in alternativa, ha spesa totale equivalente inferiore alla mediana e spesa per riscaldamento nulla.

La povertà energetica, tuttavia, non è un fenomeno isolato. Per una quota significativa delle famiglie italiane, la difficoltà a far fronte alle spese energetiche domestiche coincide con un'analoga difficoltà a sostenere le spese relative ai trasporti. I due fenomeni condividono radici strutturali comuni: basso reddito familiare, dipendenza da tecnologie ad alto consumo energetico e residenza in territori con accesso limitato ad alternative economicamente accessibili. In particolare, le famiglie che vivono in comuni più piccoli e meno urbanizzati si trovano ad affrontare una doppio rischio: sono più propense a fare affidamento sui veicoli privati per gli spostamenti essenziali a causa dell'assenza di un trasporto pubblico efficiente, mentre allo stesso tempo sono più vulnerabili agli aumenti sia dei prezzi del carburante che di quelli dell'energia domestica. Questa intersezione definisce quella che può essere definita una condizione di *compound vulnerability*, in cui il peso cumulativo dei costi energetici e di trasporto riduce il reddito residuo disponibile per altri bisogni primari a livelli inferiori alle soglie di povertà convenzionali.

La rilevanza analitica di questa sovrapposizione è stata sempre più riconosciuta nella letteratura statistica europea. Le statistiche sperimentali di Eurostat sugli indicatori di povertà energetica, basate sul dataset congiunto su reddito, consumo e ricchezza (ICW), confermano che le percentuali più elevate di famiglie in condizioni di povertà energetica sono sistematicamente concentrate nei decili di reddito più bassi in tutti gli Stati membri dell'UE (*Overlaps in energy poverty indicators, Eurostat*).

Allo stesso tempo, i costi dei trasporti rappresentano la terza voce più importante della spesa delle famiglie nell'UE, pari in media al 12,7% della spesa totale, rendendo l'onere combinato dei costi energetici e dei trasporti uno dei principali fattori di fragilità finanziaria delle famiglie per i gruppi a basso reddito. Nel contesto italiano, la concomitanza di queste due pressioni è particolarmente rilevante, date le caratteristiche strutturali del parco veicoli nazionale e i modelli di insediamento sopra descritti.

Tuttavia, nonostante la rilevanza analitica di questo *overlap*, i due fenomeni vengono raramente misurati congiuntamente. Gli indicatori di povertà energetica si concentrano esclusivamente sui costi energetici domestici, tralasciando completamente la dimensione dei trasporti. Analogamente, la maggior parte delle misure di povertà legata ai trasporti non includono la spesa energetica. Così facendo si rischia di sottostimare la reale portata della vulnerabilità combinata, in particolare nel contesto italiano, dove le due pressioni tendono a verificarsi contemporaneamente tra gli stessi gruppi di popolazione.

Domanda di ricerca

In che modo la povertà dei trasporti è collegata alla più ampia povertà energetica, e in che modo differisce da essa o si sovrappone ad essa?

Questa sezione esamina l'incidenza congiunta della povertà energetica e dei tra-

sporti in Italia utilizzando l'indicatore LEHC (Low Expenditure, High Costs) elaborato sulla base dei microdati dell'indagine HBS. L'analisi fornisce stime regionali, provinciali e disaggregazioni per tipologia di comune, consentendo una valutazione territoriale delle famiglie più esposte a questa doppia vulnerabilità.

Variabili chiave

- **Spesa mensile della famiglia (T):** la spesa totale della famiglia, utilizzato come denominatore per il calcolo delle quote di spesa.
- **Costi del trasporto (E_T):** comprende tutte le voci ricorrenti quali carburanti, manutenzione ordinaria, costi operativi e biglietti/abbonamenti per i mezzi pubblici.
- **Spesa per l'energia domestica (E_E):** Fornitura di energia elettrica e gas, riscaldamento.

Per cogliere questa intersezione senza introdurre bias di misurazione, si valutano la povertà dei trasporti ($LEHC_T$) e la povertà energetica ($LEHC_E$) in modo indipendente l'uno dall'altro. Formalmente, l'indicatore di povertà dei trasporti è definito come:

$$LEHC_T = \begin{cases} 1 & \text{se } T - E_T < 0.60 \cdot M_T \text{ e } E_T > M_{E_T} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (1.2)$$

Analogamente, l'indicatore di povertà energetica è formalizzato come segue:

$$LEHC_E = \begin{cases} 1 & \text{se } T - E_E < 0.60 \cdot M_T \text{ e } E_E > M_{E_E} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (1.3)$$

Dove M_T rappresenta la mediana regionale della spesa totale delle famiglie, mentre M_{E_T} e M_{E_E} corrispondono alle mediane regionali relative alle spese per i trasporti e per l'energia domestica, rispettivamente.

La congiunta esposizione a questo doppio rischio, overlap, si ravvisa quando una famiglia soddisfa entrambe le condizioni contemporaneamente:

$$\text{Overlap}_i = LEHC_{T,i} \times LEHC_{E,i} \quad (1.4)$$

Questo metodo rende operativo l'approccio del reddito residuo, monitorando al contempo l'inelasticità strutturale della spesa nei diversi settori energetici, in linea con la letteratura di riferimento sulla povertà energetica e sulle sue dinamiche distributive. (Hills, J., 2012; Berry, A., 2019).

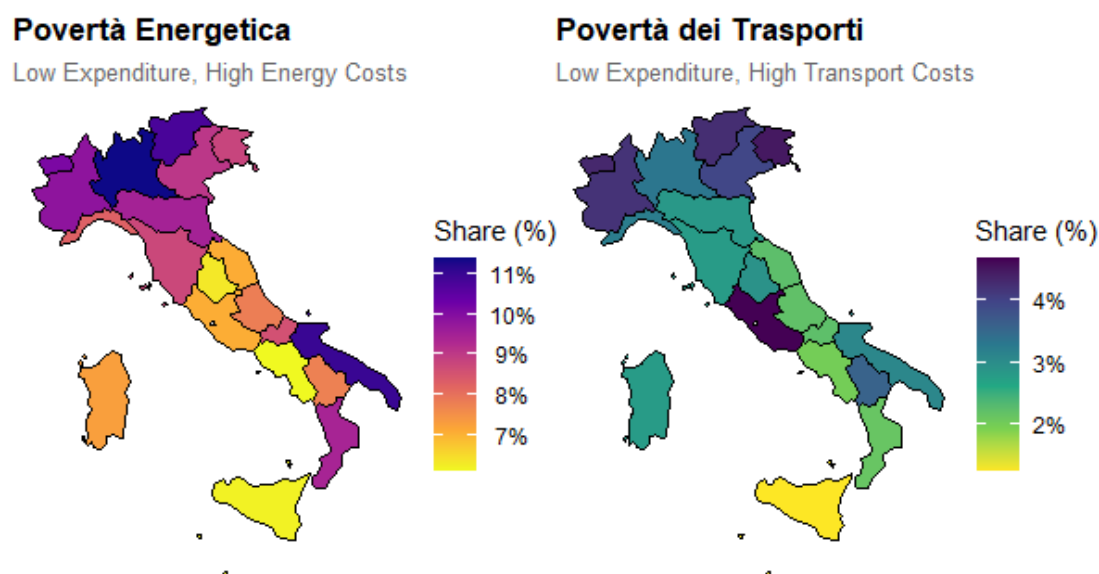


Figura 1.7: Due versioni del LEHC (livello regionale)

La Figura 1.7 riporta i risultati attraverso una mappa regionale: a sinistra la percentuale di famiglie in condizioni di povertà energetica, a destra quella delle famiglie in povertà dei trasporti, secondo la metrica LEHC. Per cogliere anche la dimensione territoriale di questo fenomeno, la Figura 1.8 disaggrega le due vulnerabilità, energy poverty ($LEHC_E$) e transport poverty ($LEHC_T$), insieme alla loro sovrapposizione (*Overlap*), per tipologia di comune, mostrando come il grado di urbanizzazione influenzi l'esposizione delle famiglie a queste pressioni.

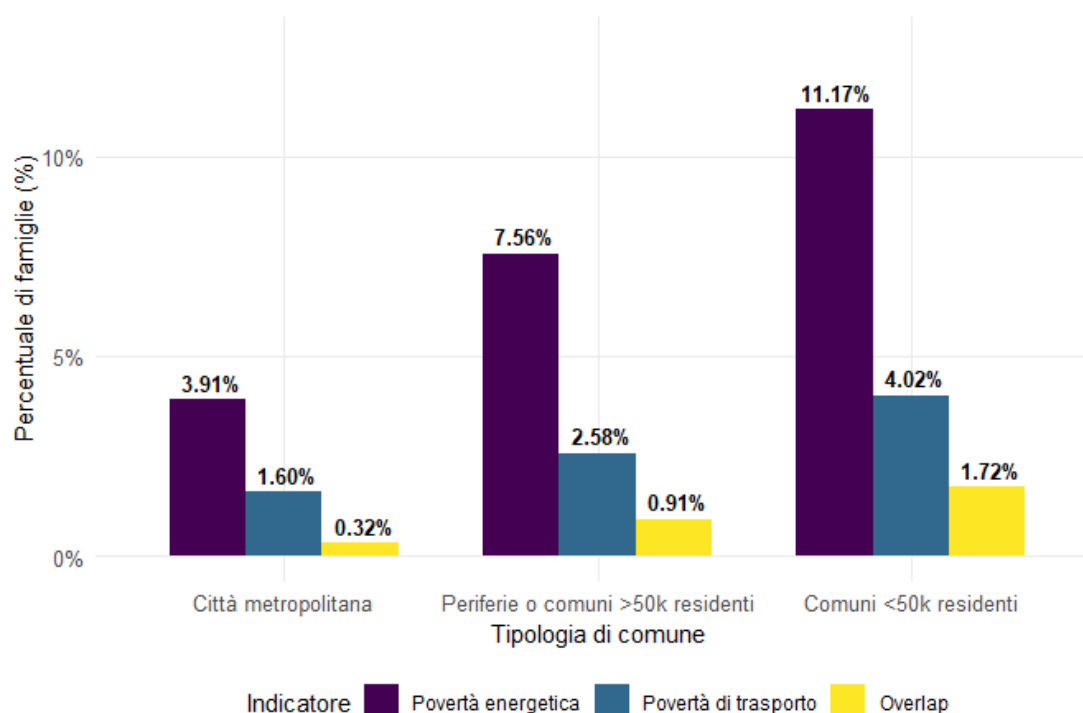


Figura 1.8: LEHC per tipologia di comune

- **Città metropolitane** mostrano la maggiore stabilità finanziaria, con una povertà energetica al 3.91% e povertà dei trasporti all'1.60%, che si traduce in una sovrapposizione della doppia vulnerabilità molto bassa, pari solo allo 0.32%.
- **Periferie o comuni > 50k residenti** mostrano un moderato aumento in tutti gli indicatori, dove le vulnerabilità energetica e dei trasporti salgono rispettivamente al 7.56% e al 2.58%, mentre l'overlap sale allo 0.91%.
- **Comuni < 50k residenti** rappresentano il gruppo più critico; la povertà energetica raggiunge un picco dell'11.11%, la povertà dei trasporti sale al 4.02%, e l'overlap si espande all'1.72%.

Il rischio di cadere nella trappola della doppia vulnerabilità (*Overlap*) è più di cinque volte superiore nei comuni più piccoli rispetto alle città metropolitane (1.72% contro 0.32%).

Questo forte scarto evidenzia gli svantaggi strutturali dell'isolamento spaziale, dove la minore efficienza energetica media del patrimonio abitativo provinciale si aggiunge a un sistema di trasporti rigido e dipendente dall'auto.

Dato che pochissime famiglie superano contemporaneamente entrambe le soglie di spesa, le famiglie vulnerabili nelle aree meno urbanizzate sembrano costrette a dare priorità a un settore energetico rispetto all'altro: o limitando gli spostamenti

per pagare le bollette o riducendo il consumo energetico domestico per poter continuare a utilizzare l'auto.
Viene inoltre riportata l'analisi a livello provinciale, per cogliere ulteriori disparità territoriali:

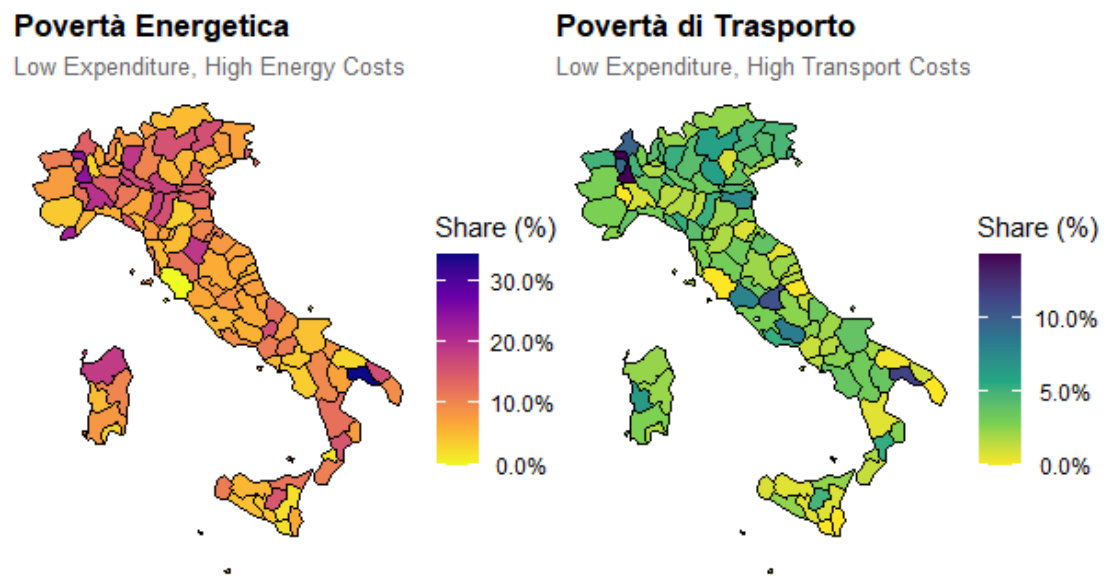


Figura 1.9: Due versioni del LEHC (livello provinciale)

A differenza dei classici indicatori economici, la povertà energetica non segue il solito gradiente Nord-Sud. Mostra invece tassi elevati anche in molte province del Nord-Ovest (Piemonte) e della pianura padana, legati ai costi di riscaldamento elevati. La mappa a destra mostra una distribuzione più frammentata. Le aree montane, interne o meno servite da infrastrutture di trasporto pubblico efficienti (come Rieti o il Piemonte settentrionale) registrano i tassi più elevati a causa della dipendenza forzata dall'auto privata.

Tabella 1.2: Stima della Povertà dei trasporti: confronto tra indicatori (2024)

Indicatore	Incidenza (%)	Valore assoluto stimato (famiglie)
Share 10%	39.49%	10,465,275
Share 12%	30.39%	8,054,535
Share 15%	21.36%	5,660,619
2M(Mediana nazionale)	18.46%	4,892,011
2M(Mediana regionale)	18.4%	4,875,693
$LEHC_E$ (Pov. energetica)	8.84%	2,343,858
$LEHC_T$	3.17%	840,222
Overlap	1.24%	328,348

Capitolo 2

Costi delle famiglie e vulnerabilità

Highlights

- L'incidenza della spesa per i trasporti sulla spesa totale cresce in modo pressoché lineare con la capacità economica delle famiglie, dal 9% circa nel primo decile di spesa fino al 16,4% nel decimo, con i costi di acquisto dei veicoli (CAPEX) che arrivano a pesare per quasi la metà della spesa mobilità nel decimo decile.
- Nel 2024, si stima che in Italia circa 643 mila famiglie si trovino in condizioni di *fuel vulnerability*. Tenendo conto dell'incertezza statistica, il fenomeno interesserebbe tra circa 586 mila e 700 mila famiglie.
- La *fuel vulnerability* è marcatamente concentrata al Sud e nelle Isole: la Calabria registra il tasso regionale più elevato (7,64%), mentre Sicilia, Puglia e Campania contano il maggior numero assoluto di famiglie esposte.
- Il clustering basato su modelli di mistura gaussiana mostra che la vulnerabilità alla spesa per i trasporti è guidata più da fattori sociali e territoriali che dal livello assoluto di spesa, con un netto divario tra Nord/Centro e Sud/Isole.
- In uno scenario di shock estremo, basato sulla differenza tra il prezzo massimo e minimo storico del carburante, ogni famiglia spenderebbe oltre 98 euro in più al mese. L'incidenza dei costi del carburante salirebbe al 18,37%, facendo entrare in una condizione di vulnerabilità energetica tra 4,75 e 5,05 milioni di nuove famiglie, con una stima media di circa 4,9 milioni.
- Nel primo decile di reddito, il numero medio di auto per famiglia varia da 0,50 nelle città metropolitane a 0,90 nei comuni con meno di 50.000 abitanti, a conferma del *forced car ownership* (possesso forzato dell'auto) nei territori meno serviti dal trasporto pubblico.

Dopo aver definito e misurato la povertà dei trasporti nelle sue diverse dimensioni, questo capitolo ne analizza la componente economica, l'*affordability*, esaminando il peso che la mobilità esercita sui bilanci delle famiglie italiane e la loro esposizione a shock nei prezzi dell'energia. La spesa per i trasporti rappresenta una delle voci più rilevanti dei consumi familiari, ma la sua incidenza varia sensibilmente in funzione del reddito, della composizione del nucleo familiare e del territorio di residenza. Le famiglie a basso reddito e quelle residenti in comuni piccoli o periferici, dove il trasporto pubblico è meno capillare, tendono a sostenere un onere proporzionalmente più elevato, configurando una condizione di vulnerabilità che si aggrava ulteriormente in presenza di aumenti dei prezzi dei carburanti. L'analisi si basa principalmente sui microdati dell'indagine HBS dell'ISTAT, integrati con simulazioni di scenari di shock del prezzo del carburante costruite anche a partire da modelli di volatilità storica (GARCH), al fine di quantificare non solo la spesa attuale, ma anche la sua sensibilità a shock esterni. Le sezioni seguenti esaminano la distribuzione della spesa per trasporti lungo i decili di reddito, la composizione tra costi operativi e costi di acquisto dei veicoli, la vulnerabilità delle famiglie agli shock del prezzo del carburante e la loro distribuzione geografica a livello regionale, provinciale e comunale.

Domanda di ricerca

Quale percentuale della spesa totale delle famiglie è destinata alle spese legate alla mobilità e come varia tale percentuale tra le diverse fasce di reddito e tra le aree urbane, rurali e suburbane?

In questa sezione si esamina la distribuzione dei costi legati alla mobilità, analizzando come la quota di spesa destinata ai trasporti vari in funzione del reddito e della posizione geografica. Lo scopo è quantificare il peso della mobilità sulla spesa totale, mettendo in evidenza le disparità tra aree urbane, rurali e suburbane.

Variabili chiave

- **Spesa mensile della famiglia:** la spesa totale della famiglia, utilizzato come denominatore per il calcolo delle quote di spesa.
- **Costi del trasporto:** comprende tutte le voci ricorrenti quali carburanti, manutenzione, costi operativi e biglietti/abbonamenti per i mezzi pubblici.
- **Tipologia di comune:** Classificazione territoriale (città metropolitane, periferia o comuni con $> 50k$ residenti e comuni con $< 50k$ residenti) per valutare l'impatto dell'urbanizzazione.

La figura 2.1 presenta graficamente i risultati a livello regionale della quota media (share) destinata ai trasporti e un'analisi comparativa per tipologia di comune. La mappa a sinistra evidenzia una chiara differenza territoriale: l'Italia centrale e meridionale presenta quote più elevate di spesa per i trasporti (fino al 12%), il che suggerisce una maggiore pressione economica sulla mobilità in questi territori.

A destra, i boxplot forniscono una visione approfondita dell'impatto del contesto residenziale:

- Le città metropolitane mostrano la quota mediana di spesa più bassa e una minore dispersione dei dati, il che riflette opzioni di mobilità più efficienti e diversificate.
- Nei comuni sotto i 50.000 abitanti, la quota mediana di spesa è significativamente più elevata. Inoltre, si osserva estrema variabilità, con vari casi anomali che destinano oltre il 30-40% del proprio bilancio totale alla mobilità.

I dati confermano che la "mobility inequality" è fortemente determinata dalla dipendenza forzata dai veicoli privati nelle piccole città e nelle aree rurali, dove la mancanza di alternative fa lievitare il costo del trasporto nel bilancio familiare.

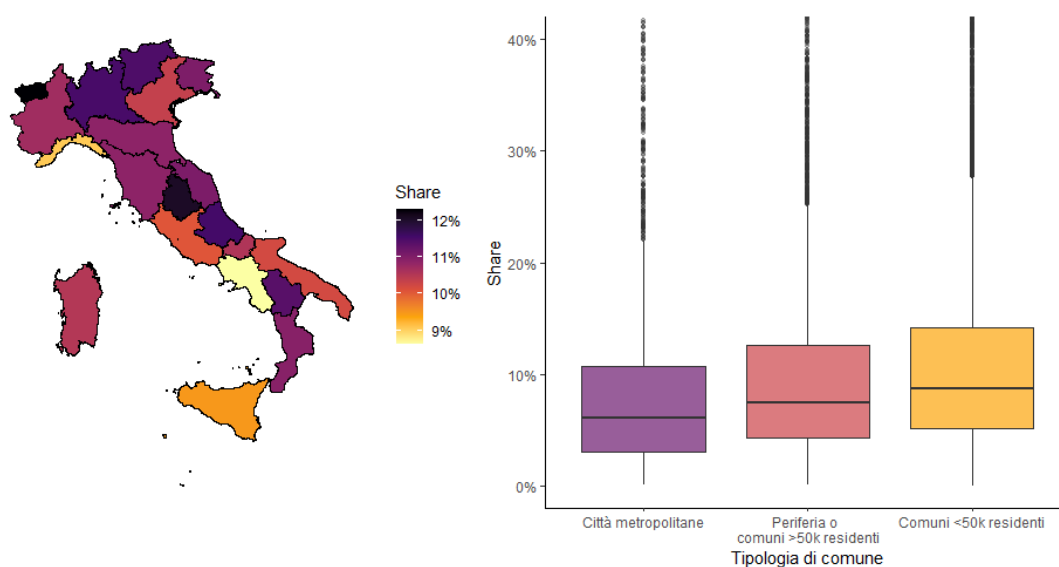


Figura 2.1: Share della spesa per trasporti

Per realizzare un'analisi completa viene introdotta una mappatura provinciale della quota destinata ai trasporti e una stima a livello comunale.

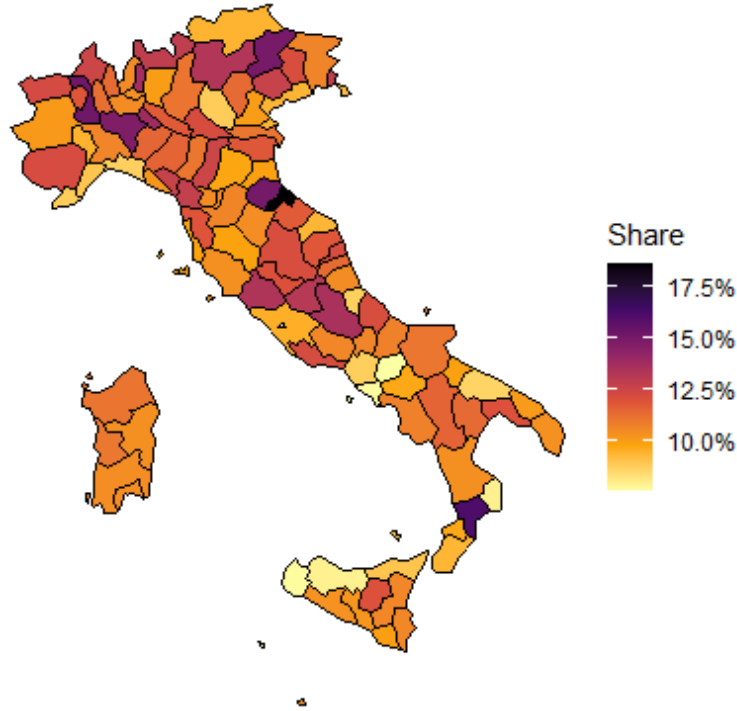


Figura 2.2: Share della spesa per trasporti (a livello provinciale)

I cinque valori più bassi si concentrano prevalentemente nel Mezzogiorno e nelle specifico in Calabria, Campania e Sicilia. Le province con share maggiore, come già osservato, non rispecchiano un gradiente netto a livello territoriale, ma sono per lo più concentrate al Nord. Provando a scendere al dettaglio comunale, bisogna constatare che il campione HBS comprende solo 827 dei 7894 comuni italiani; tra questi, solo una parte conta almeno 10 famiglie intervistate. Per tale motivazione le stime non possono essere ritenute statisticamente robuste.

È necessario interpretare con cautela le stime provinciali delle Figure 2.2. L'indagine HBS 2024 dell'Istat garantisce infatti la rappresentatività statistica per le regioni, ma non per le province. Valutazioni provinciali più robuste richiedono quindi l'adozione di tecniche di disaggregazione dasimetrica o di metodi di stima per piccole aree.

Per una spiegazione completa di questa procedura si rimanda a [Pag. 61](#).

In questa applicazione è prevista una prima fase di calcolo della quota di spesa a livello regionale, definita come:

$$\text{Share}_r = \frac{\sum_h w_h \left(\frac{E_{T_h}}{T_h} \right)}{\sum_h w_h}$$

Successivamente, per riflettere le specificità locali, la disaggregazione provinciale utilizza l'informazione sul reddito derivante dalle dichiarazioni IRPEF. Il peso provinciale viene determinato combinando il numero dei contribuenti con la quota di soggetti sotto una determinata soglia di reddito:

$$W_p = N_{\text{contribuenti},p} \times \text{Quota}_{p,\leq 26.000}$$

Infine, il valore finale della quota provinciale viene ottenuto riproporzionando il dato regionale tramite il rapporto tra il peso della provincia e la media regionale dei pesi stessi, ponderata per il numero di contribuenti:

$$\text{Share}_p = \text{Share}_r \times \frac{W_p}{\overline{W}_{r,w}}$$

dove $\overline{W}_{r,w}$ è la media regionale dei pesi, ponderata per il numero di contribuenti.

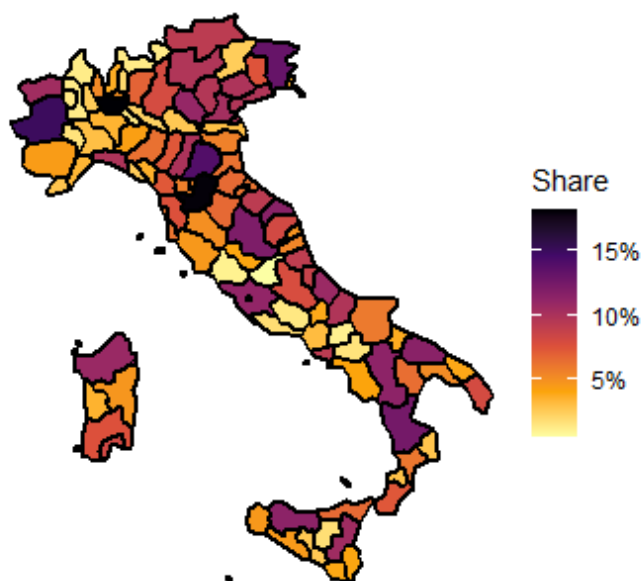


Figura 2.3: (*Share* provinciale), stimato tramite disaggregazione basata sui redditi IRPEF

Dal grafico emergono le seguenti evidenze principali:

- L'indicatore non mostra una netta e lineare contrapposizione tra Nord e Sud, evidenziando piuttosto una forte variabilità interna alle singole macro-regioni.
- Le zone con l'incidenza minore coprono buona parte della pianura padana e della costa adriatica, dove la presenza di infrastrutture di trasporto pubblico più capillari o una diversa struttura dei consumi totali potrebbe contenere il peso relativo di questa voce di spesa sul budget familiare.

Costi per i proprietari di macchine

Domanda di ricerca

In particolare, per le famiglie che possiedono un'auto, quali sono le componenti di costo per ciascun decile di reddito (costi di acquisto/leasing, carburante, altre spese operative)?

In questa parte l'analisi, si concentra sulle famiglie che possiedono un'auto per analizzare in dettaglio la struttura interna delle loro spese di mobilità. Segmentando la popolazione in decili di spesa, possiamo osservare come l'incidenza finanziaria e la composizione dei costi di trasporto evolvano all'aumentare del patrimonio totale delle famiglie.

Variabili chiave

- **Costi operativi (OPEX):** spese ricorrenti, tra cui carburante (benzina, gasolio, e altri carburanti e ricariche di veicoli elettrici e a idrogeno), manutenzione (revisioni, pneumatici, riparazioni) e costi fissi annuali come l'assicurazione.
- **Costi iniziali (CAPEX):** investimenti una tantum o strutturali, quali l'acquisto di veicoli nuovi o usati (auto, moto, biciclette) e i passaggi di proprietà.
- **Gruppi di spesa:** famiglie classificate in dieci decili in base alla spesa totale (dal decile 1, il più povero, al decile 10, il più ricco).

I dati tratti dall'HBS mostrano una chiara correlazione positiva tra la spesa totale e la quota di bilancio destinata alla mobilità privata. Come illustrato nella Figura 2.4, tale quota cresce progressivamente dal 9% nel primo decile al 16,4% nel decimo. Ciò suggerisce che le famiglie con maggiore capacità di spesa destinino una quota più elevata delle proprie risorse al trasporto privato. Al contrario, i nuclei a basso reddito possono essere indotti a limitare gli spostamenti oppure a ricorrere a veicoli più vecchi e meno costosi da acquistare, ma spesso meno efficienti dal punto di vista energetico e più inquinanti.

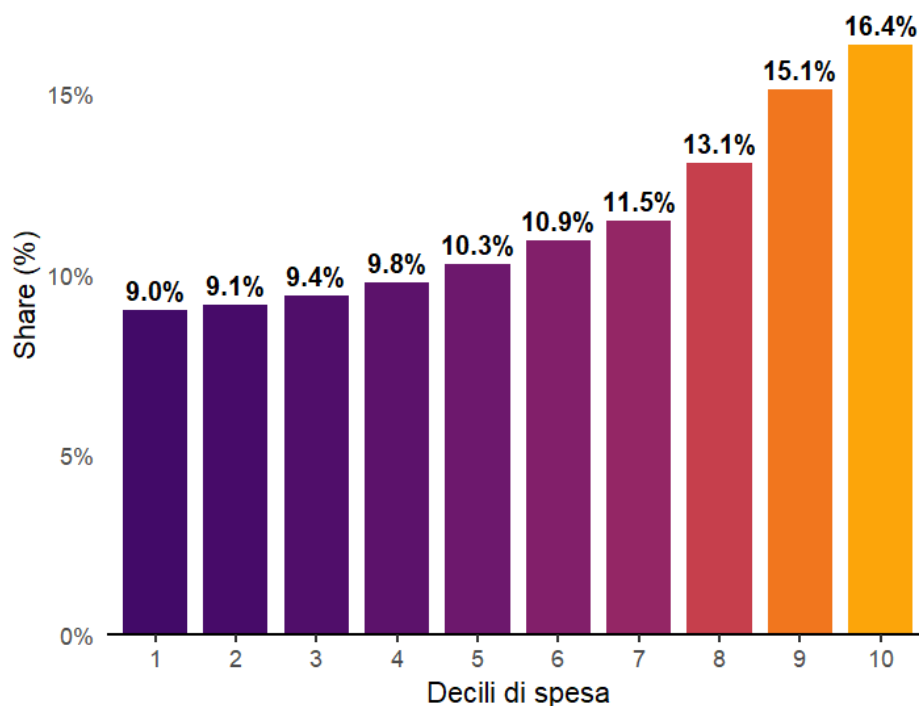


Figura 2.4: Quota della spesa per i trasporti per decile di spesa (famiglie con almeno un'auto)

Un'analisi strutturale di questi costi (Figura 2.5) mette ulteriormente in luce i fattori all'origine di questo aumento. Mentre il carburante rimane una necessità costante e inelastica in tutte le fasce di reddito, l'aumento del costo totale nei decili più alti è determinato principalmente dall'acquisto/leasing di veicoli. (Purchase/Leasing). Nel decile 10, i costi iniziali rappresentano quasi il 50% della spesa totale per la mobilità, riflettendo una preferenza per veicoli di lusso o un rinnovamento più frequente della propria auto. Al contrario, le famiglie a reddito basso e medio si trovano ad affrontare una distribuzione più equilibrata ma rigida, in cui manutenzione, assicurazione e tasse rappresentano un onere relativo maggiore sul loro budget destinato alla mobilità, rendendole più vulnerabili ai costi per i servizi e alle spese operative.

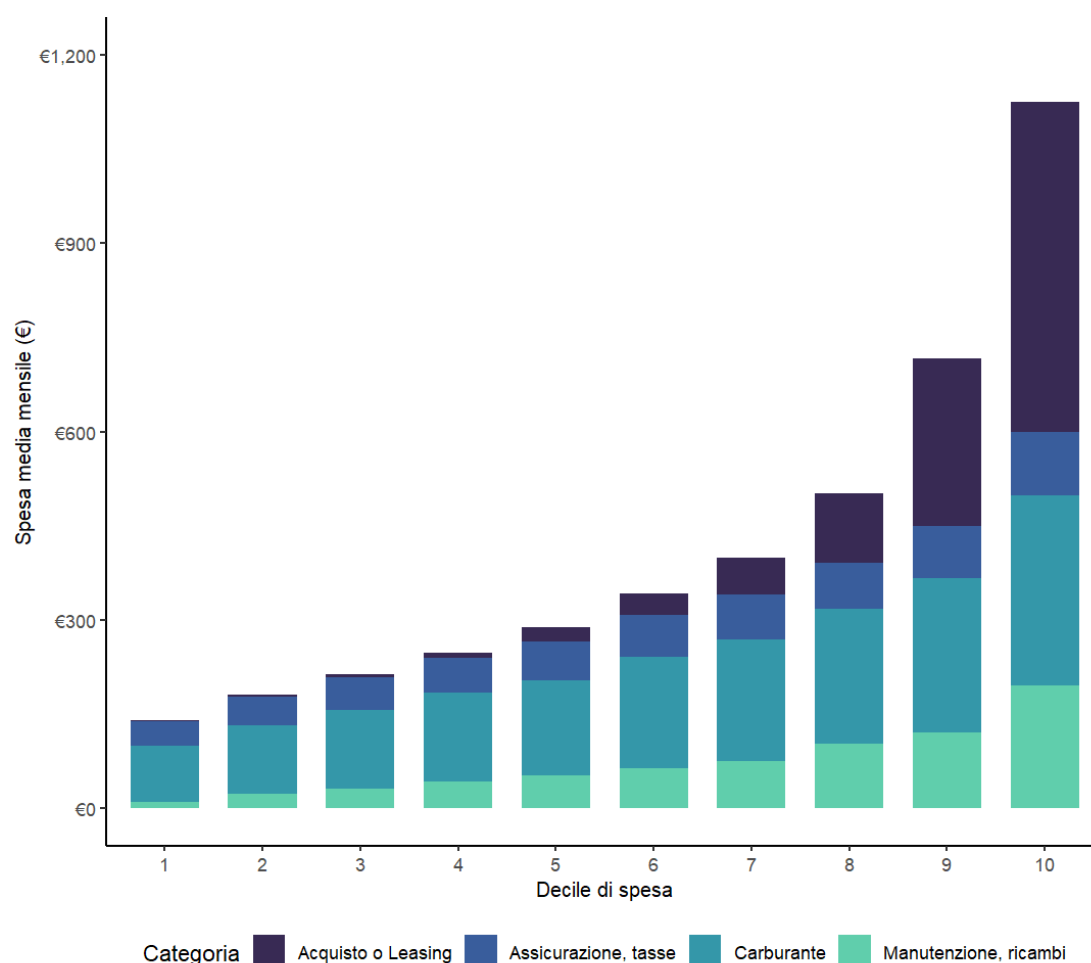


Figura 2.5: Composizione della spesa per la mobilità per decile

Mobilità, costi operativi vs costi iniziali

Domanda di ricerca

Come si distribuiscono i costi della mobilità tra costi operativi (carburante, manutenzione, assicurazione) e costi iniziali (acquisto del veicolo)? Quale componente è più dominante per le famiglie vulnerabili?

Una dimensione centrale nell'analisi dell'accessibilità economica della mobilità riguarda la composizione dei costi sostenuti dalle famiglie. In particolare, risulta fondamentale esaminare come la spesa complessiva per la mobilità si distribuisca tra costi operativi, quali carburante, manutenzione e assicurazione del veicolo, e costi iniziali, principalmente legati all'acquisto dei mezzi di trasporto. Tale distinzione assume particolare rilevanza per le famiglie vulnerabili, per le quali sia le spese ricorrenti sia gli investimenti iniziali possono costituire vincoli finanziari significativi. Individuare la componente di costo prevalente consente di comprendere meglio la natura della pressione economica associata alla mobilità (Jili et al.,

2026).

Variabili chiave

- **Costi operativi:** spese ricorrenti che includono carburante, quali benzina, diesel e ricarica dei veicoli elettrici, manutenzione, come revisioni, pneumatici e riparazioni, e costi fissi annuali, tra cui l'assicurazione.
- **Costi iniziali:** investimenti una tantum o strutturali, quali l'acquisto di veicoli nuovi o usati, inclusi automobili, motocicli e biciclette, e i costi di trasferimento della proprietà.
- **Decili di reddito:** le famiglie sono suddivise in dieci gruppi ordinati in base al livello di reddito, dal primo decile, che comprende il 10% delle famiglie con i redditi più bassi, al decimo decile, che comprende il 10% delle famiglie con i redditi più elevati. I decili di reddito familiare non equivalente utilizzati nell'analisi di questo indicatore e di quelli successivi sono quelli rilevati nell'Indagine sulle spese delle famiglie (HBS) dell'Istat per il 2024. Il campione comprende 28.054 famiglie, distribuite in modo sostanzialmente uniforme tra i dieci decili di reddito, con circa 2.805 famiglie per decile. Nel campione i primi tre decili di reddito comprendono 8.572 famiglie, corrispondenti a una stima di 7.902.910 famiglie nell'intera popolazione, ottenuta applicando i coefficienti di riporto all'universo.
- **Tipologia di comune:** classificazione che distingue tra città metropolitane, aree periferiche o comuni con più di 50,000 residenti, e comuni con meno di 50,000 residenti.

Per caratterizzare la composizione della spesa per la mobilità, vengono considerati due indicatori complementari, che catturano l'importanza relativa dei costi operativi e dei costi iniziali. L'incidenza dei costi operativi è definita come:

$$\text{Incidenza dei costi operativi} = \frac{\text{Costi operativi}}{\text{Spesa totale}}, \quad (2.1)$$

mentre l'incidenza dei costi iniziali è data da:

$$\text{Incidenza dei costi iniziali} = \frac{\text{Costi iniziali}}{\text{Spesa totale}}. \quad (2.2)$$

Il primo indicatore misura l'incidenza delle spese ricorrenti, quali carburante, manutenzione e utilizzo del veicolo, che sono intrinsecamente più volatili e sensibili agli shock di prezzo (Gusev & Gilroy, 2025). Una maggiore incidenza dei costi operativi implica quindi una più elevata esposizione alle fluttuazioni dei prezzi degli input, in particolare del carburante. Al contrario, l'incidenza dei costi iniziali riflette il peso degli investimenti una tantum, come l'acquisto di veicoli, che risultano meno volatili nel breve periodo ma possono rappresentare barriere economiche significative all'accesso alla mobilità per le famiglie.

La Figura 2.6 mostra la distribuzione regionale dell'incidenza dei costi operativi per le famiglie appartenenti al 1°–3° decile di reddito, attraverso grafici a barre che evidenziano le differenze tra tipologie di comune nel 2024. Tra le regioni emerge un andamento eterogeneo, caratterizzato da una maggiore incidenza dei costi operativi nelle regioni del Sud Italia. Le città metropolitane mostrano, in media, un'incidenza più contenuta dei costi operativi, mentre le aree periferiche o comuni con più di 50,000 residenti presentano valori intermedi. I comuni con meno di 50,000 residenti tendono invece a registrare livelli più elevati. Per gli anni 2021-2023 vedere l'Appendice A.

La Figura 2.7 riporta la distribuzione regionale dell'incidenza dei costi iniziali. Diversamente dai costi operativi, l'incidenza dei costi iniziali risulta sostanzialmente più bassa, collocandosi approssimativamente tra l'1% e il 2%. Le regioni caratterizzate da una maggiore incidenza dei costi iniziali sono prevalentemente quelle del Centro e del Nord Italia. I comuni con meno di 50,000 residenti registrano livelli elevati d'incidenza dei costi iniziali. Per gli anni 2021-2023 si può fare riferimento all'Appendice A.

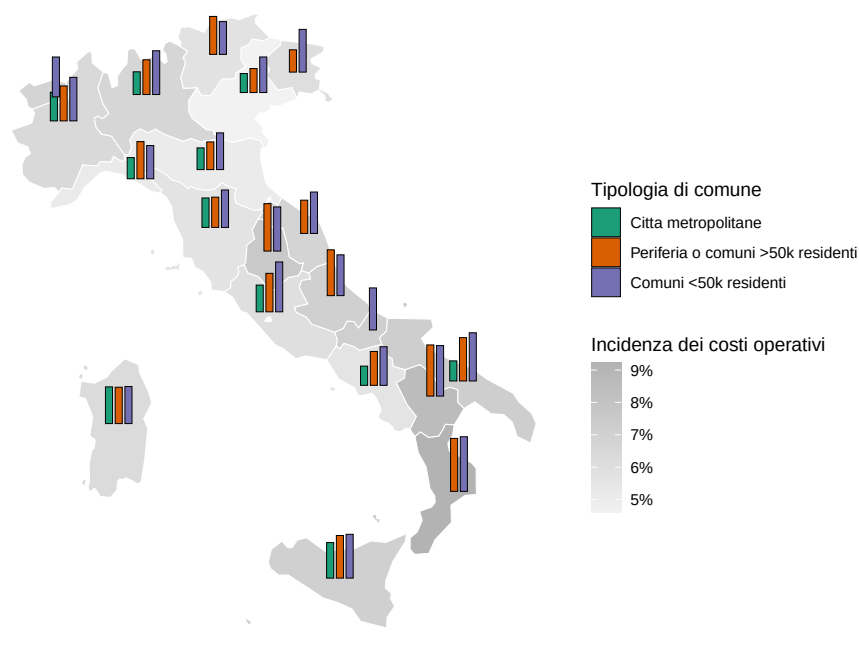


Figura 2.6: Incidenza regionale dei costi operativi per le le famiglie appartenenti al 1°–3° decile di reddito. I grafici a barre evidenziano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.

Le differenze nella composizione della spesa per la mobilità tra regioni e tipologie di comune risultano determinate principalmente dai costi operativi, più che dai costi iniziali. In particolare, il grado di urbanizzazione sembra svolgere un ruolo

più rilevante nel definire l'entità delle spese ricorrenti rispetto a quella degli investimenti iniziali.

Questi risultati sottolineano l'importanza di misure mirate ad alleviare i costi ricorrenti della mobilità, soprattutto per le famiglie vulnerabili e per quelle residenti in aree meno urbanizzate. Le misure di sostegno alle famiglie vulnerabili dovrebbero essere svincolate dalla quantità di carburante acquistata e non assumere la forma di sussidi o crediti d'imposta destinati al consumo di benzina e gasolio. Nel breve periodo, le compensazioni dovrebbero consistere in trasferimenti monetari temporanei e selettivi, calibrati sul reddito, sulla localizzazione territoriale e sull'effettiva disponibilità di alternative all'automobile. Nel medio-lungo periodo, le risorse dovrebbero essere destinate al potenziamento del trasporto pubblico, alle tariffe agevolate, ai servizi a domanda e alle alternative di mobilità condivisa, attiva e a zero emissioni. Sebbene il sostegno ai costi iniziali, ad esempio attraverso incentivi all'acquisto di veicoli, rimanga rilevante, in particolare per favorire l'accesso a tecnologie più pulite, i risultati suggeriscono che la riduzione delle spese correnti possa avere un impatto più diretto e duraturo sull'accessibilità economica della mobilità.

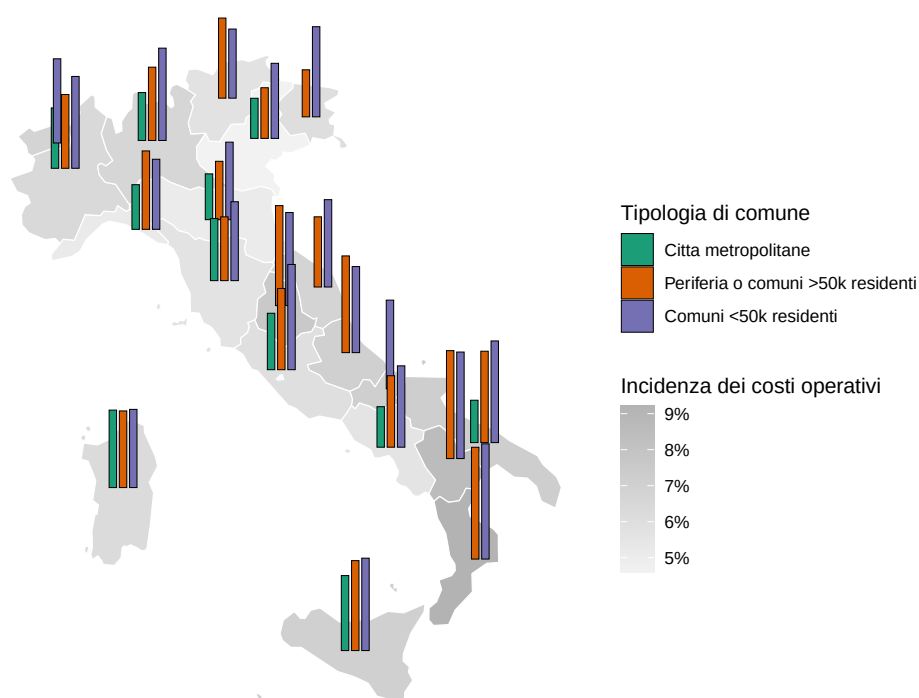


Figura 2.7: Incidenza regionale dei costi iniziali per le le famiglie appartenenti al 1°-3° decile di reddito. I grafici a barre evidenziano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.

Vulnerabilità ai prezzi del carburante

Domanda di ricerca

In che misura le definizioni di povertà dei trasporti dovrebbero incorporare esplicitamente l'esposizione alla volatilità dei prezzi del carburante? Come cambierebbe la spesa per il trasporto delle famiglie in presenza di un aumento sostenuto dei prezzi del carburante? E cosa accadrebbe alla ripartizione dei costi?

Una dimensione chiave nell'analisi dell'accessibilità economica della mobilità riguarda l'esposizione delle famiglie ai costi del carburante. La spesa per carburante rappresenta una delle componenti più volatili della spesa legata ai trasporti, poiché è direttamente influenzata dalle variazioni dei prezzi di benzina e diesel. Questo aspetto è particolarmente rilevante per le famiglie vulnerabili (appartenenti ai 1°–3° decili di reddito), per le quali gli aumenti dei prezzi del carburante possono tradursi in una maggiore pressione sulla spesa complessiva familiare.

L'analisi si concentra esclusivamente sui costi del carburante ed esclude sia gli altri costi operativi, come manutenzione e assicurazione, sia i costi iniziali, come l'acquisto di veicoli. Inoltre, viene assunta l'ipotesi di assenza di cambiamenti nei chilometri percorsi, nel mezzo utilizzato, nei consumi e negli altri comportamenti di adattamento.

Le simulazioni proposte devono essere interpretate come analisi statiche di impatto diretto (*first-round impact*), e non come previsioni complete della risposta comportamentale delle famiglie. In ciascuno scenario, lo shock di prezzo viene applicato alla spesa osservata per carburante mantenendo costanti le quantità consumate, i chilometri percorsi, la scelta del mezzo di trasporto, la localizzazione residenziale e la composizione delle altre voci di spesa. I risultati misurano pertanto l'effetto contabile immediato di un aumento dei prezzi del carburante sull'incidenza della relativa spesa nel bilancio familiare. Non vengono invece modellati i successivi meccanismi di adattamento, quali la riduzione degli spostamenti, il passaggio al trasporto pubblico, la sostituzione del veicolo, il cambiamento del tipo di carburante o la riallocazione della spesa tra differenti beni e servizi. Di conseguenza, gli scenari rappresentano esercizi di stress utili a identificare le famiglie e i territori maggiormente esposti nel breve periodo agli shock di carburante.

Variabili chiave

- **Costo del carburante:** spesa media mensile familiare per benzina e diesel.
- **Spesa totale familiare:** spesa complessiva della famiglia, utilizzata come denominatore per misurare l'incidenza del costo del carburante.
- **Prezzi dei carburanti:** prezzi (correnti) medi nazionali dei carburanti (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2024).
- **Famiglie vulnerabili:** famiglie appartenenti ai 1°–3° decili di reddito.

- **Tipologia di comune:** classificazione che distingue tra città metropolitane, aree periferiche o comuni con più di 50,000 residenti, e comuni con meno di 50,000 residenti.

Gli shock dei prezzi del carburante sono introdotti applicando incrementi percentuali alternativi alla spesa osservata per carburante nello scenario di base. Sia s lo shock logaritmico del prezzo del carburante. La spesa per carburante in ciascuno scenario è definita come:

$$F_s = F_0 \times e^s \quad (2.3)$$

dove F_0 è la spesa osservata per carburante nello scenario di base e F_s è la spesa per carburante dopo lo shock simulato dei prezzi. L'indicatore principale utilizzato nell'analisi è l'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale:

$$\text{Incidenza dei costi del carburante}_s = \frac{F_s}{\text{Spesa totale}} \quad (2.4)$$

Questo indicatore misura la proporzione della spesa totale familiare destinata al consumo di carburante. Un valore più elevato segnala una maggiore esposizione alla volatilità dei prezzi del carburante e una più forte dipendenza dalla mobilità privata motorizzata. Poiché nei diversi scenari viene modificata esclusivamente la spesa per carburante, le variazioni dell'indicatore riflettono l'effetto diretto degli shock dei prezzi del carburante sulla spesa totale.

L'analisi distingue due principali tipologie di scenario. La prima comprende gli *shock storici*, costruiti sulla base degli aumenti effettivamente osservati nei prezzi del carburante, includendo sia il massimo incremento cumulato tra minimo e massimo sia gli aumenti persistenti su finestre di 6 e 12 mesi. La seconda considera scenari basati sulla volatilità condizionata stimata mediante un modello GARCH(1,1) e tramite variabilità storica dei rendimenti osservati.

Scenari basati sugli shock storici dei prezzi Si definisca p_t^f il prezzo medio mensile del carburante di tipo f , con $f \in \text{benzina, diesel}$. Le variazioni mensili dei prezzi del carburante sono misurate attraverso i rendimenti logaritmici:

$$r_t^f = \log \left(\frac{p_t^f}{p_{t-1}^f} \right) \quad (2.5)$$

Il primo scenario è uno shock cumulativo picco-minimo (*peak-to-trough*), definito come la differenza logaritmica tra il prezzo massimo e il prezzo minimo del carburante osservati nel periodo campionario:

$$s_{PT}^f = \log \left(\frac{\max_t p_t^f}{\min_t p_t^f} \right) \quad (2.6)$$

Questo shock cattura il maggiore incremento complessivo dei prezzi del carburante osservato nei dati e può essere interpretato come uno scenario di stress di limite superiore. Poiché l'analisi considera sia la benzina sia il diesel, lo shock complessivo

sul prezzo del carburante è calcolato come media degli shock relativi ai due tipi di carburante:

$$s_{PT} = \frac{1}{2} \sum_{f=1}^2 s_{PT}^f \quad (2.7)$$

Il secondo insieme di scenari considera aumenti persistenti dei prezzi del carburante su finestre mobili di diversa durata, pari a 6 e 12 mesi. Per ciascun tipo di carburante e per ciascuna lunghezza della finestra w , lo shock cumulativo su finestra mobile è definito come:

$$s_{t,w}^f = \sum_{j=0}^{w-1} r_{t-j}^f \quad (2.8)$$

Lo shock persistente su finestra mobile è quindi ottenuto selezionando il massimo aumento cumulativo osservato su tutte le finestre mobili:

$$s_w^f = \max_t (s_{t,w}^f) \quad (2.9)$$

Lo shock finale dello scenario è mediato tra le tipologie di carburante:

$$s_w = \frac{1}{2} \sum_{f=1}^2 s_w^f \quad (2.10)$$

Sostituendo le equazioni (2.7) e (2.10) alla variabile s nell'equazione (2.3), si ottiene $Fuel_s$ per ciascuno scenario. Tale valore, inserito nell'equazione (2.4), consente di calcolare l'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale familiare in ciascuno scenario.

La Figura 2.8 mostra l'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale familiare per scenario di prezzo e tipologia comunale. Nello scenario di base, l'incidenza è pari al 3,8% nelle città metropolitane, al 6,4% nelle periferie o nei comuni con più di 50 mila residenti e al 6,5% nei comuni con meno di 50 mila residenti. Già in assenza di shock, quindi, il peso della spesa per carburante risulta sensibilmente più elevato nei comuni non metropolitani. Negli scenari di shock l'incidenza aumenta. Nel caso dello shock massimo a 6 mesi, l'incidenza sale al 4,9% nelle città metropolitane, all'8,1% nelle periferie o nei comuni con più di 50 mila residenti e all'8,2% nei comuni con meno di 50 mila residenti. Con lo shock massimo a 12 mesi, i valori aumentano ulteriormente, raggiungendo rispettivamente il 5,2%, l'8,6% e l'8,7%. Lo scenario più severo è lo shock picco-minimo, nel quale l'incidenza dei costi del carburante raggiunge il 7,5% nelle città metropolitane, il 12,5% nelle periferie o nei comuni con più di 50 mila residenti e il 12,7% nei comuni con meno di 50 mila residenti.

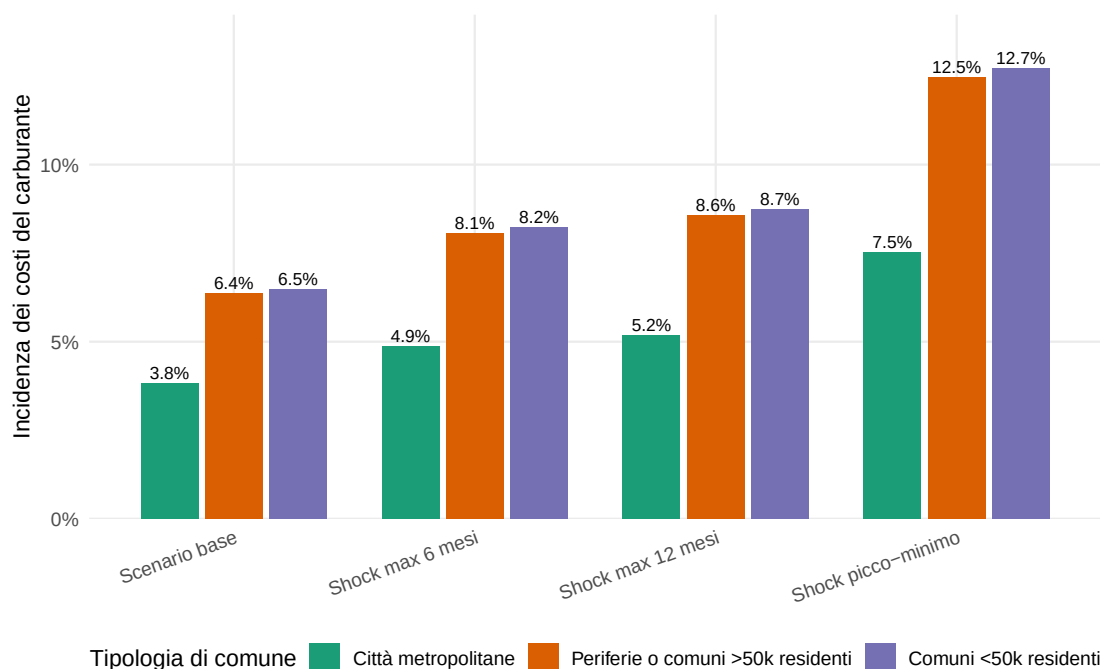


Figura 2.8: Incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale per diversi scenari.

La Figura 2.9 mostra la distribuzione regionale dell'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale delle famiglie vulnerabili nello scenario di shock cumulativo picco-minimo. La mappa combina due livelli informativi: l'intensità del grigio rappresenta l'incidenza media regionale dei costi del carburante, mentre i grafici a barre confrontano, per ciascuna regione, le tre tipologie comunali considerate: città metropolitane, comuni di periferia o con più di 50 mila residenti, e comuni con meno di 50 mila residenti. Nel complesso emerge una forte eterogeneità territoriale. Le regioni del Mezzogiorno presentano i valori più elevati: in particolare Puglia, Basilicata e Calabria si collocano nella fascia superiore della distribuzione, con un'incidenza prossima al 9-10% della spesa totale. Anche alcune aree del Centro-Sud mostrano livelli relativamente alti, mentre le regioni del Nord tendono a registrare valori più contenuti, generalmente compresi tra il 5% e il 7%. La figura evidenzia inoltre differenze sistematiche tra tipologie di comune. In quasi tutte le regioni, i comuni con meno di 50 mila residenti presentano l'incidenza più elevata, seguiti dai comuni periferici o medio-grandi, mentre le città metropolitane mostrano valori più bassi. Questo andamento suggerisce che le famiglie vulnerabili residenti nei comuni minori siano maggiormente esposte all'aumento dei costi del carburante, probabilmente a causa di una maggiore dipendenza dall'auto privata e di una minore disponibilità di alternative di trasporto pubblico. Al contrario, nelle aree metropolitane l'incidenza risulta più contenuta, riflettendo una maggiore accessibilità ai servizi e una struttura della mobilità meno legata all'uso quotidiano dell'automobile.

Shock cumulato picco-minimo

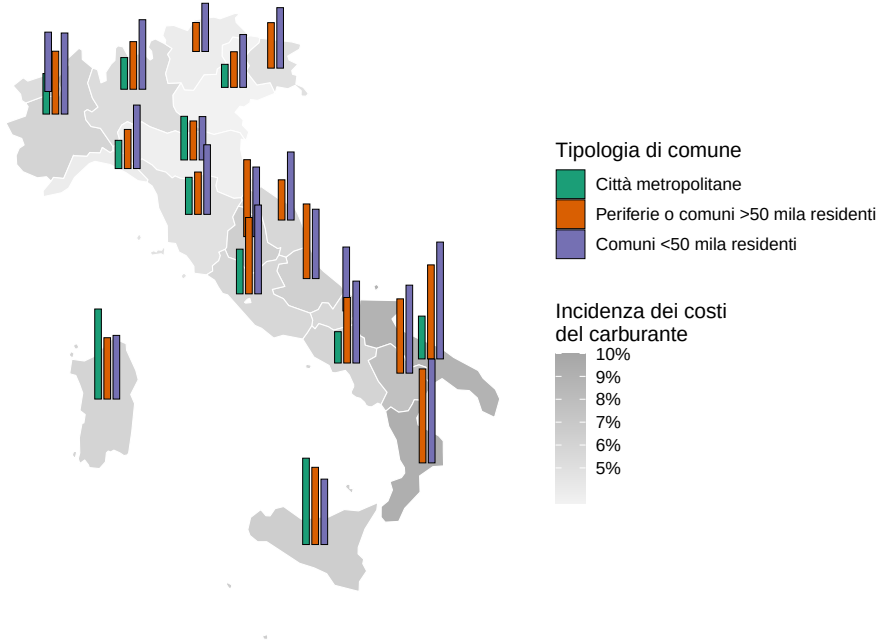


Figura 2.9: Distribuzione regionale dell'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale delle famiglie vulnerabili nello scenario di shock cumulativo picco-minimo. I grafici a barre confrontano l'incidenza per tipologia comunale.

Scenari basati sulla volatilità condizionata Come ulteriore analisi di scenario, vengono costruiti scenari di shock sui prezzi del carburante utilizzando due misure alternative di volatilità: una misura parametrica, stimata mediante un modello a eteroschedasticità condizionata, e una misura non parametrica, basata sulla volatilità storica. Entrambe le misure sono calcolate a partire dai rendimenti logaritmici settimanali dei prezzi del carburante e successivamente aggregate su base mensile. Per ciascun tipo di carburante f , sia p_t^f il prezzo settimanale al litro e sia r_t^f il rendimento settimanale definito nell'equazione (2.5). La prima misura di volatilità è ottenuta mediante un modello GARCH(1,1), dall'inglese *Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (Bollerslev, 1986):

$$r_t^f = \mu^f + \varepsilon_t^f, \quad (2.11)$$

$$\varepsilon_t^f = \sigma_t^f z_t^f, \quad z_t^f \sim N(0, 1), \quad (2.12)$$

dove μ^f rappresenta il rendimento medio, ε_t^f l'innovazione al tempo t , σ_t^f la deviazione standard condizionata e z_t^f un'innovazione standardizzata i.i.d. La varianza condizionata è specificata come segue:

$$(\sigma_t^f)^2 = \omega^f + \alpha^f (\varepsilon_{t-1}^f)^2 + \beta^f (\sigma_{t-1}^f)^2, \quad (2.13)$$

con $\omega^f > 0$, $\alpha^f \geq 0$, $\beta^f \geq 0$, e $\alpha^f + \beta^f < 1$. Il modello è stimato separatamente per ciascuna tipologia di carburante. La volatilità condizionata settimanale stimata

dal modello GARCH è quindi convertita in volatilità mensile sommando le varianze condizionate settimanali all'interno di ciascun mese:

$$\sigma_{m,GARCH}^f = \sqrt{\sum_{t \in m} (\sigma_t^f)^2}. \quad (2.14)$$

La seconda misura di volatilità è la volatilità storica, calcolata a partire dalla varianza storica dei rendimenti settimanali. Per ciascun tipo di carburante f e mese m , la varianza storica mensile è definita come:

$$RV_m^f = \sum_{t \in m} (r_t^f)^2. \quad (2.15)$$

La corrispondente volatilità storica è:

$$\sigma_{m,RV}^f = \sqrt{\sum_{t \in m} (r_t^f)^2}. \quad (2.16)$$

A differenza della volatilità stimata con GARCH(1,1), la volatilità storica è una misura non parametrica basata sulla variabilità storica dei prezzi osservata all'interno del mese. La Figura 2.10 confronta le due misure per Benzina e Diesel nel periodo 2005–2026. Nel complesso, le serie mostrano un andamento simile: nei periodi di bassa volatilità le linee sono vicine, mentre nelle fasi di maggiore instabilità la realized variance evidenzia picchi più marcati rispetto al GARCH. Per la Benzina, la volatilità resta generalmente contenuta, tra 1 e 4, con aumenti nel 2008–2009, durante la crisi finanziaria globale, e intorno al 2012, in corrispondenza della crisi del debito sovrano europeo, quando raggiunge circa 5–6. Il picco principale si osserva nel 2022, durante la crisi energetica seguita alla guerra in Ucraina: la realized variance raggiunge circa 18, mentre il GARCH(1,1) si ferma intorno a 14–15. Dopo una successiva riduzione, la volatilità torna a crescere nella parte finale del periodo, con valori della realized variance intorno a 8–10 nei primi mesi del 2026. Per il Diesel, l'andamento è simile a quello della Benzina, ma con picchi generalmente più accentuati. Anche in questo caso la volatilità rimane per gran parte del periodo tra 1 e 4, aumentando nelle principali fasi di tensione sui mercati energetici. Il massimo si registra nel 2022, quando la realized variance supera 20, segnalando una maggiore sensibilità del Diesel agli shock rispetto alla Benzina.

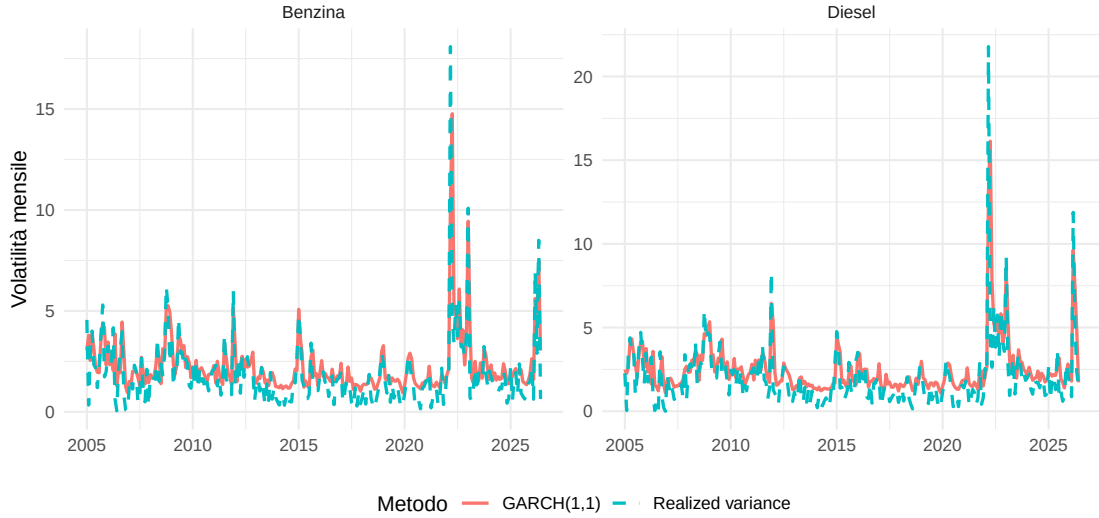


Figura 2.10: Confronto tra la volatilità mensile stimata tramite modello GARCH(1,1) e la volatilità misurata mediante realized variance per benzina e diesel nel periodo 2005-2026.

Per la costruzione degli scenari di shock, le misure mensili di volatilità vengono sintetizzate utilizzando il 95-esimo percentile della rispettiva distribuzione storica. In particolare, per ciascuna tipologia di carburante f si definiscono:

$$\sigma_{0.95,GARCH}^f = Q_{0.95} \left(\sigma_{m,GARCH}^f \right), \quad (2.17)$$

$$\sigma_{0.95,RV}^f = Q_{0.95} \left(\sigma_{m,RV}^f \right), \quad (2.18)$$

dove $Q_{0.95}(\cdot)$ indica il 95-esimo percentile della distribuzione mensile della volatilità osservata nel periodo 2005–2026. Tale scelta consente di rappresentare uno scenario di elevata instabilità dei prezzi del carburante, evitando tuttavia di calibrare lo shock sul solo massimo storico, che potrebbe riflettere un episodio estremo. A partire da tali valori, vengono costruiti due scenari di shock, corrispondenti rispettivamente a un aumento pari a una e due deviazioni standard mensili. Per ciascun carburante f , metodo di volatilità $j \in \{GARCH, RV\}$ e scenario s , lo shock logaritmico è definito come:

$$\Delta_{s,j}^f = k_s \sigma_{0.95,j}^f, \quad (2.19)$$

dove $k_s = 1$ nello scenario $+1\sigma$ e $k_s = 2$ nello scenario $+2\sigma$. Lo shock percentuale corrispondente è quindi:

$$\theta_{s,j}^f = \exp \left(\Delta_{s,j}^f \right) - 1. \quad (2.20)$$

La spesa per carburante nello scenario s è ottenuta applicando lo shock specifico per tipologia di carburante alla spesa osservata per ciascun carburante:

$$F_{s,j} = \sum_f F_0^f \exp \left(\Delta_{s,j}^f \right), \quad (2.21)$$

dove F_0^f rappresenta la spesa iniziale per il carburante f . L'incidenza della spesa per carburante sulla spesa totale è quindi ottenuta con l'equazione (2.4). L'utilizzo del 95-esimo percentile distingue questa analisi dagli scenari basati sugli aumenti cumulati dei prezzi. Mentre lo shock picco-minimo misura l'effetto di un ampio incremento cumulato osservato sull'intero periodo, gli scenari basati su GARCH(1,1) e volatilità storica misurano l'impatto di shock coerenti con la volatilità mensile dei rendimenti. Essi rappresentano quindi scenari di stress di breve periodo: più severi di una fluttuazione media, ma meno estremi di un aumento cumulato dei prezzi sull'intero periodo.

La Figura 2.11 mostra che gli scenari di shock basati sul 95-esimo percentile della volatilità mensile aumentano l'incidenza dei costi del carburante in tutte le tipologie di comune. L'effetto è più contenuto nelle città metropolitane, dove l'incidenza passa dal 3,8% al 4,2% nello scenario $+2\sigma$, mentre risulta più marcato nelle aree non metropolitane: nelle periferie e nei comuni oltre 50 mila residenti l'incidenza cresce dal 6,4% al 7,0%, e nei comuni fino a 50 mila residenti dal 6,5% al 7,1%. I risultati sono sostanzialmente identici utilizzando la volatilità stimata con GARCH(1,1) o la volatilità realizzata storica. Ciò conferma la maggiore esposizione delle famiglie vulnerabili residenti fuori dalle città metropolitane agli shock dei prezzi del carburante.

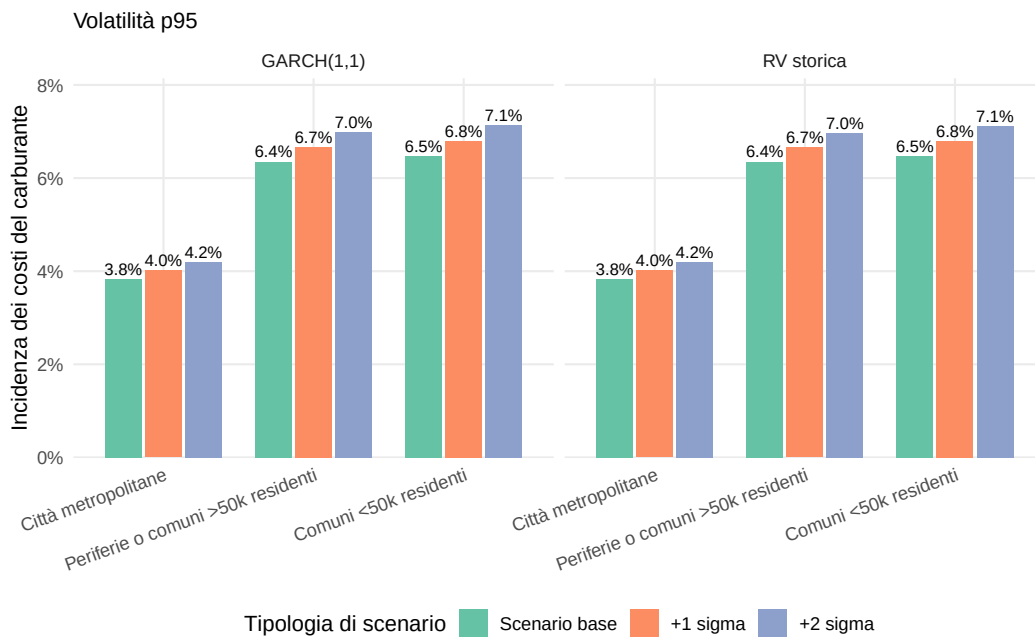


Figura 2.11: Incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale per diversi scenari. Scenari basati sulla volatilità.

La Figura 2.12 riporta l'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale nello scenario basato sulla volatilità realizzata storica, utilizzando il 95-esimo percentile della volatilità mensile e uno shock pari a $+2\sigma$. La scala in grigio rappresenta l'incidenza media regionale, mentre le barre sovrapposte distinguono le tre tipologie

di comune. La figura mostra che l'esposizione alla spesa per carburante è sistematicamente più elevata nelle aree non metropolitane, in particolare nei comuni fino a 50 mila residenti e nelle periferie o comuni oltre 50 mila residenti, rispetto alle città metropolitane. Ciò conferma che gli shock sui prezzi del carburante colpiscono maggiormente le famiglie vulnerabili residenti fuori dai grandi centri urbani.

Il confronto tra le Figure 2.9 e 2.12 evidenzia come la natura dello shock influenzi l'intensità dell'esposizione stimata. Lo scenario basato sulla volatilità realizzata storica, calcolato utilizzando il 95-esimo percentile della volatilità mensile e uno shock pari a $+2\sigma$, rappresenta uno stress test di breve periodo. In questo caso, l'incidenza dei costi del carburante rimane su livelli relativamente più contenuti, con una scala compresa tra circa il 3% e il 10%. Lo scenario basato sullo shock cumulato picco-minimo produce invece un impatto più marcato. A differenza dello scenario di volatilità, esso non misura una fluttuazione mensile dei rendimenti, ma l'effetto di un ampio aumento cumulato dei prezzi del carburante osservato nel periodo considerato. Coerentemente, la distribuzione regionale dell'incidenza si colloca su valori generalmente più elevati, con una scala compresa tra circa il 5% e il 10%. Nonostante la diversa intensità degli shock, le due mappe restituiscono un risultato qualitativamente simile: l'esposizione alla spesa per carburante è sistematicamente più elevata nelle aree non metropolitane rispetto alle città metropolitane. In particolare, le barre relative ai comuni fino a 50 mila residenti e alle periferie o comuni oltre 50 mila residenti risultano nella maggior parte delle regioni superiori a quelle delle città metropolitane. Questo indica che gli shock sui prezzi del carburante, sia quando interpretati come episodi di elevata volatilità di breve periodo sia quando interpretati come aumenti cumulati dei prezzi, tendono a colpire maggiormente le famiglie vulnerabili residenti fuori dai grandi centri urbani.

Questa eterogeneità territoriale suggerisce la necessità di politiche mirate, temporanee e coerenti con gli obiettivi di riduzione della dipendenza dai combustibili fossili. Nel brevissimo periodo, eventuali misure di compensazione dovrebbero essere rivolte esclusivamente alle famiglie effettivamente più vulnerabili e prive di alternative realistiche all'uso dell'automobile. Gli interventi dovrebbero quindi essere subordinati a criteri quali il reddito, la localizzazione geografica, la disponibilità di trasporto pubblico e la necessità di spostarsi per lavoro o per accedere ai servizi essenziali. In questa prospettiva, trasferimenti monetari temporanei e selettivi risultano preferibili rispetto a sussidi generalizzati al consumo di benzina e diesel o a riduzioni indiscriminate delle accise, poiché consentono di attenuare l'impatto distributivo degli aumenti di prezzo senza ridurre gli incentivi al risparmio energetico.

Nel medio-lungo periodo, le politiche dovrebbero invece concentrarsi sulla riduzione della dipendenza strutturale dall'auto privata e sul rafforzamento delle alternative disponibili nelle aree non metropolitane. Ciò richiede l'ampliamento dell'offerta di trasporto pubblico, l'introduzione di tariffe agevolate per le famiglie a basso reddito, lo sviluppo di servizi di trasporto a domanda e il sostegno alla mobilità per motivi di lavoro, istruzione e accesso ai servizi essenziali. Parallela-

mente, programmi mirati di sostituzione dei veicoli, strumenti di *social leasing* e incentivi selettivi per l'accesso a mezzi a zero emissioni potrebbero accompagnare la transizione della mobilità privata, evitando che i relativi costi gravino in misura sproporzionata sulle famiglie più vulnerabili.

RV storica – volatilità p95, scenario +2 sigma

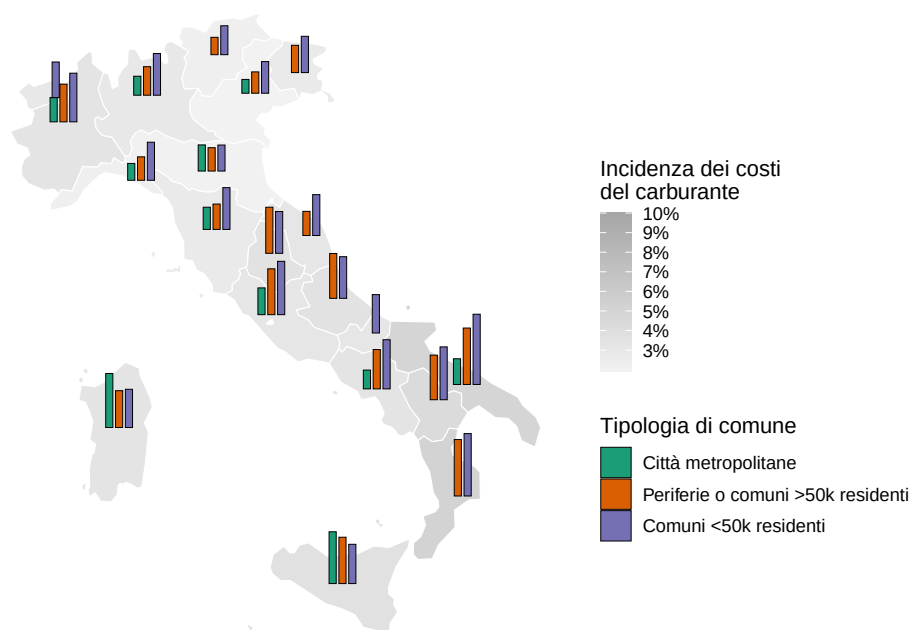


Figura 2.12: Distribuzione regionale dell'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale delle famiglie vulnerabili nello scenario di shock basato sulla volatilità realizzata storica, calcolata al 95-esimo percentile della distribuzione mensile e pari a $+2\sigma$. Le barre sovrapposte confrontano le tipologie di comune.

Sintesi e confronto tra scenari La Tabella 2.1 sintetizza gli effetti diretti dei diversi shock dei prezzi del carburante sulla spesa delle famiglie. I risultati mostrano una relazione crescente tra l'intensità dello shock e l'impatto sul bilancio familiare. Tra gli scenari storici, l'aumento massimo osservato su una finestra di 6 mesi, pari al 26.82%, determina un incremento medio della spesa per carburante di 27.43 euro mensili. L'incidenza della spesa per carburante sulla spesa totale raggiunge così l'11.88%, con un aumento di 2.51 punti percentuali rispetto allo scenario di base, e 1,618,738 famiglie appartenenti ai primi tre decili di reddito superano la soglia di vulnerabilità. Lo shock storico massimo a 12 mesi produce un effetto più marcato: a fronte di una variazione dei prezzi del 34.77%, la spesa mensile aumenta mediamente di 35.57 euro e l'incidenza raggiunge il 12.62%, con un incremento di 3.26 punti percentuali. In questo scenario, 2,074,795 famiglie precedentemente al di sotto della soglia diventano vulnerabili. Lo scenario più

severo è rappresentato dallo shock storico picco-minimo. L'aumento dei prezzi, pari al 96.10%, comporta un incremento medio della spesa di 98.30 euro al mese e porta l'incidenza dei costi del carburante al 18.37%, ossia 9.00 punti percentuali in più rispetto alla situazione iniziale. Di conseguenza, 4,901,828 famiglie superano la soglia di vulnerabilità. Gli scenari basati sulla volatilità mensile producono invece effetti più contenuti. Lo scenario GARCH, calibrato sul 95-esimo percentile e su uno shock pari a $+2\sigma$, implica un aumento dei prezzi del 9.92%, corrispondente a circa 10.27 euro mensili aggiuntivi. L'incidenza finale raggiunge il 10.31%, con un incremento di 0.95 punti percentuali e 620,595 nuove famiglie sopra soglia. Risultati molto simili emergono per la volatilità realizzata: uno shock del 9.70% determina un aumento medio di 9.96 euro, un'incidenza finale del 10.28% e 603,489 nuove famiglie vulnerabili. Nel complesso, la tabella evidenzia che gli shock di volatilità di breve periodo hanno effetti relativamente moderati, mentre gli aumenti storici persistenti, e soprattutto lo shock picco-minimo, possono produrre un significativo aggravio della spesa e ampliare sensibilmente il numero di famiglie esposte alla vulnerabilità da carburante.

Tabella 2.1: Effetti degli scenari di shock dei prezzi del carburante sulle famiglie italiane nel 2024. Le statistiche sono ponderate mediante il coefficiente di riporto all'universo. Gli intervalli di confidenza al 95% sono ottenuti mediante bootstrap.

Shock storici			
	6 mesi	12 mesi	Picco-minimo
Variazione del prezzo (%)	26.82	34.77	96.10
Aumento mensile medio (euro)	27.43	35.57	98.30
Incidenza finale (%)	11.88	12.62	18.37
Aumento dell'incidenza (p.p.)	2.51	3.26	9.00
Nuove famiglie sopra la soglia	1 618 738	2 074 795	4 901 828
<i>IC bootstrap al 95%</i>	[1 527 716; 1 707 313]	[1 971 333; 2 175 044]	[4 754 183; 5 054 770]
Shock di volatilità			
	GARCH(1,1)	Volatilità storica	
Variazione del prezzo (%)	9.92	9.70	
Aumento mensile medio (euro)	10.27	9.96	
Incidenza finale (%)	10.31	10.28	
Aumento dell'incidenza (p.p.)	0.95	0.91	
Nuove famiglie sopra la soglia	620 595	603 489	
<i>IC bootstrap al 95%</i>	[560 854; 681 187]	[546 228; 660 908]	

Domanda di ricerca

Quali famiglie sono più vulnerabili agli aumenti dei prezzi del carburante e quali fattori guidano questa vulnerabilità?

Comprendere la vulnerabilità delle famiglie agli aumenti dei prezzi del carburante è centrale per valutare le implicazioni distributive dei costi della mobilità. Le spese per carburante costituiscono una componente importante dei costi operativi

e sono particolarmente sensibili agli shock di prezzo, rendendole un canale chiave attraverso cui gli shock esterni influenzano il benessere familiare. Tuttavia, l'impatto di tali shock non è uniforme ma dipende anche dalla capacità economica delle famiglie.

Per affrontare questa domanda di ricerca, vengono considerate tre dimensioni: spesa per carburante, decili di reddito e localizzazione geografica. L'indicatore di fuel vulnerability è definito come segue:

$$\text{Fuel vulnerability} = \begin{cases} 1 & \text{se } d \leq 3 \text{ e } \text{Fuel} > 2q_{50} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases} \quad (2.22)$$

d indica il decile di reddito familiare (con $d = 1$ che indica il decile più basso), e $2q_{50}$ rappresenta il doppio della mediana della spesa media mensile per carburante Fuel (Mattioli et al., 2018).

La Figura 2.13 mostra la distribuzione regionale della vulnerabilità al carburante e la sua articolazione per tipologia di comune. I risultati evidenziano una marcata eterogeneità territoriale, indicando che il fenomeno non è distribuito uniformemente sul territorio nazionale. Le quote regionali più elevate si osservano soprattutto nel Mezzogiorno: la Calabria presenta il valore massimo, pari al 7.64%, seguita dalla Basilicata con il 5.51%, dalla Sicilia con il 4.95% e dalla Puglia con il 4.40%. Una quota relativamente elevata si registra anche in Valle d'Aosta, pari al 4.06%. Al contrario, i valori più contenuti si osservano in Emilia-Romagna, Veneto e Liguria, dove la quota di famiglie vulnerabili è inferiore all'1%, rispettivamente pari allo 0.90%, allo 0.92% e allo 0.98%. I grafici a barre sovrapposti alla mappa mostrano inoltre che la vulnerabilità varia anche in relazione alla tipologia di comune, sebbene la composizione territoriale non sia identica in tutte le regioni. A livello nazionale, la quota più elevata di famiglie vulnerabili si registra nei comuni con meno di 50000 residenti, dove raggiunge il 3.0%. Nei comuni periferici o con più di 50000 residenti la quota scende al 2.1%, mentre nelle città metropolitane si attesta all'1.4%.

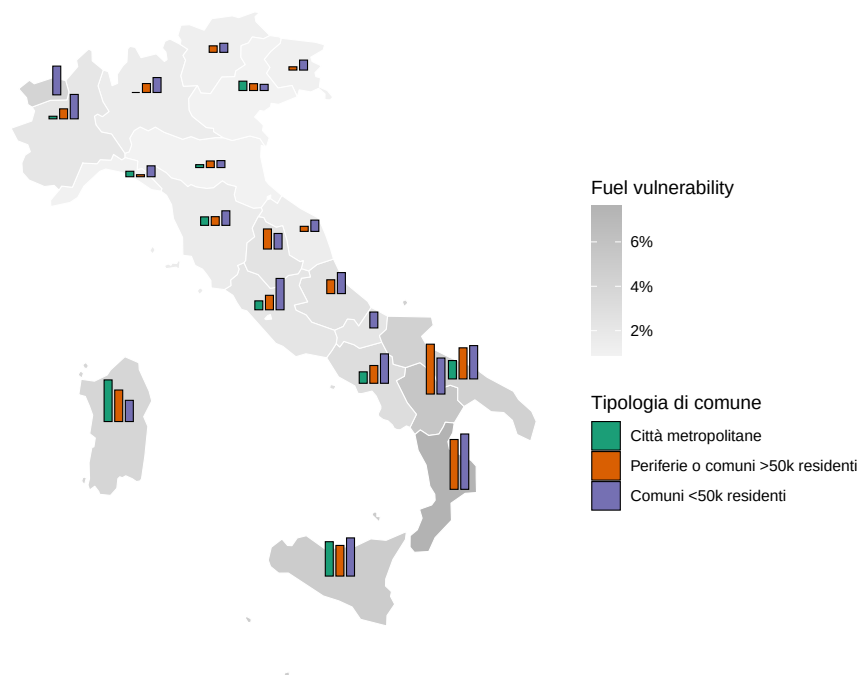


Figura 2.13: Distribuzione regionale della vulnerabilità al carburante, con grafici a barre che illustrano le differenze tra tipologie di comune. Anno di riferimento 2024.

Le percentuali indicano quanto è diffusa la fuel vulnerability tra le famiglie di ciascuna regione, ma non mostrano il numero di famiglie coinvolte. La stessa percentuale può infatti corrispondere a numeri molto diversi di famiglie, a seconda della dimensione della popolazione regionale. Allo stesso modo, una regione con una percentuale relativamente bassa può registrare un numero elevato di famiglie vulnerabili se la sua popolazione è particolarmente numerosa. La Tabella 2.2 riporta, per ciascuna regione italiana, il numero stimato di famiglie in condizioni di fuel vulnerability nel 2024 e l'incidenza sul totale delle famiglie. Il numero di famiglie vulnerabili è stato stimato utilizzando i coefficienti di riporto all'universo (pesi campionari). I primi tre decili di reddito comprendono complessivamente 7902910 famiglie, stimate anche in questo caso, mediante l'applicazione dei coefficienti di riporto all'universo. A livello nazionale, quindi, le 643.189 famiglie in condizioni di fuel vulnerability rappresentano pertanto circa l'8.14% delle famiglie appartenenti ai primi tre decili di reddito. L'incertezza associata al numero stimato di famiglie in condizioni di fuel vulnerability è stata valutata mediante una procedura bootstrap stratificata per regione. In ciascuna di $B = 1000$ repliche, le famiglie sono state ricampionate con reinserimento all'interno della rispettiva regione, mantenendo invariata la numerosità campionaria regionale. I pesi campionari sono stati ricalibrati in modo da preservare il totale ponderato di ciascuna regione e, in ogni replica, è stata ricalcolata anche la soglia di elevata spesa per carburante, definita

come due volte la mediana ponderata. Lo standard error bootstrap è stato quindi ottenuto come deviazione standard delle B stime regionali replicate:

$$\widehat{\text{SE}}_{\text{boot},r} = \sqrt{\frac{1}{B-1} \sum_{b=1}^B (\widehat{N}_{V,r}^{(b)} - \overline{N}_{V,r}^*)^2}.$$

dove $\widehat{N}_{V,r}^{(b)}$ è il numero stimato di famiglie vulnerabili nella regione r alla replica b e $\overline{N}_{V,r}^*$ è la media delle stime bootstrap. Gli intervalli di confidenza (IC) al 95% sono stati infine costruiti mediante approssimazione normale come $\widehat{N}_{V,r} \pm 1.96\widehat{\text{SE}}_{\text{boot}}$. I risultati mostrano un livello di incertezza eterogeneo tra le regioni. Le stime più elevate, come quelle relative a Sicilia, Puglia e Campania, presentano standard error consistenti in valore assoluto, ma un'incertezza relativa più contenuta, pari a circa l'11–15% della stima puntuale. Al contrario, nelle regioni con un numero stimato più basso di famiglie vulnerabili, come Liguria e Friuli-Venezia Giulia, gli intervalli di confidenza risultano relativamente più ampi e lo standard error rappresenta oltre il 30% della stima. Nel complesso, le stime regionali appaiono sufficientemente accurate per le regioni con maggiore numerosità, mentre devono essere interpretate con maggiore cautela nei contesti territoriali caratterizzati da campioni più piccoli.

Per tenere conto della diversa dimensione demografica delle regioni, il numero stimato di famiglie vulnerabili è stato anche rapportato al numero complessivo di famiglie residenti al 31 dicembre 2024 (ISTAT, 2025a). A livello nazionale, le 643 189 famiglie vulnerabili rappresentano il 2.41% del totale delle famiglie italiane. L'incidenza più elevata si osserva in Calabria, dove il fenomeno interessa il 7.54% delle famiglie, seguita da Basilicata (5.49%), Sicilia (4.91%), Puglia (4.34%) e Valle d'Aosta (4.04%). Le quote più contenute si registrano invece in Emilia-Romagna (0.89%), Veneto (0.91%), Liguria (0.98%), Friuli-Venezia Giulia (1.09%) e Trentino-Alto Adige (1.17%). Il confronto tra valori assoluti e percentuali evidenzia come la dimensione del fenomeno dipenda anche dalla numerosità della popolazione familiare regionale: alcune regioni molto popolate, come la Lombardia, presentano un numero elevato di famiglie vulnerabili ma un'incidenza relativamente contenuta, pari all'1.47%. Al contrario, regioni meno popolate, come la Basilicata, registrano un numero assoluto inferiore ma una diffusione proporzionalmente più elevata.

Tabella 2.2: Numero stimato di famiglie in condizioni di *fuel vulnerability* per regione nel 2024, con standard error bootstrap, intervalli di confidenza (IC) al 95% e incidenza sul totale delle famiglie.

Regione	Stima	Standard error	IC 95%	Quota (%)
Italia	643 189	29 045	[586 261; 700 117]	2.41
Sicilia	102 928	11 320	[80 742; 125 115]	4.91
Puglia	72 352	10 657	[51 464; 93 239]	4.34
Campania	69 441	10 129	[49 589; 89 294]	3.08
Lombardia	67 698	10 699	[46 729; 88 668]	1.47
Calabria	62 074	8 013	[46 369; 77 779]	7.54
Lazio	59 012	9 344	[40 697; 77 327]	2.20
Piemonte	43 954	8 182	[27 918; 59 991]	2.17
Sardegna	28 536	6 622	[15 557; 41 516]	3.80
Toscana	27 578	5 343	[17 105; 38 051]	1.64
Veneto	19 497	5 274	[9 159; 29 834]	0.91
Emilia-Romagna	18 424	5 013	[8 599; 28 249]	0.89
Abruzzo	15 087	3 008	[9 191; 20 982]	2.65
Basilicata	13 131	2 390	[8 448; 17 815]	5.49
Umbria	9 373	2 064	[5 326; 13 419]	2.41
Marche	9 319	2 551	[4 318; 14 319]	1.42
Liguria	7 483	2 843	[1 911; 13 054]	0.98
Friuli-Venezia Giulia	6 198	2 077	[2 127; 10 269]	1.09
Trentino-Alto Adige	5 695	1 502	[2 752; 8 639]	1.17
Molise	2 950	745	[1 490; 4 409]	2.22
Valle d'Aosta	2 459	521	[1 438; 3 481]	4.04

Per analizzare congiuntamente la spesa per carburante e la quota di vulnerabilità, viene adottato un approccio di clustering. In particolare, la distribuzione congiunta della spesa per carburante e della quota di vulnerabilità è modellata tramite un Modello di mistura Gaussiana, dall'inglese *Gaussian Mixture Model* (GMM):

$$f(x) = \sum_{g=1}^G \pi_g \mathcal{N}(x \mid \mu_g, \Sigma_g) \quad (2.23)$$

dove:

- π_g sono i pesi di mistura, con $\sum_{g=1}^G \pi_g = 1$,
- μ_g sono i vettori delle medie delle componenti di mistura,
- Σ_g sono le matrici di covarianza,
- $\mathcal{N}(\cdot)$ indica la densità normale multivariata.

Questo framework assume che i dati osservati derivino da una miscela finita di gruppi latenti, ciascuno caratterizzato dalle proprie proprietà statistiche. Un vantaggio chiave di questo approccio è la natura probabilistica dell'assegnazione ai

cluster. Invece di assegnare ciascuna osservazione in modo deterministico, il modello calcola probabilità posteriori, che riflette il grado di appartenenza a ciascun cluster.

Inoltre, il modello consente una geometria flessibile dei cluster. Le differenze nelle matrici di covarianza implicano che i cluster possano variare per scala, orientamento e forma, catturando pattern complessi nei dati.

Il modello è stimato tramite l'algoritmo Expectation-Maximization (EM), che aggiorna iterativamente sia le probabilità di assegnazione sia le stime dei parametri fino a convergenza. La selezione del modello basata sul Bayesian Information Criterion (BIC) identifica una specificazione con $G = 3$. I pesi di mistura stimati sono: $\pi_1 = 0.398$, $\pi_2 = 0.438$, e $\pi_3 = 0.201$. Le medie dei cluster sono date da:

- Cluster 1: spesa per carburante = 135.66, fuel vulnerability = 1.61%;
- Cluster 2: spesa per carburante = 142.55, fuel vulnerability = 4.43%;
- Cluster 3: spesa per carburante = 103.63, fuel vulnerability = 2.22%.

I risultati evidenziano tre profili distinti: un cluster a bassa vulnerabilità con spesa per carburante moderata (Cluster 1), un cluster ad alta vulnerabilità con livelli di spesa simili (Cluster 2), e un cluster con spesa più bassa e vulnerabilità intermedia (Cluster 3).

L'assegnazione hard mostrata nella Figura 2.14 evidenzia una chiara separazione tra i tre gruppi. Ciascuna regione è rappresentata come un punto nello spazio bidimensionale definito dalla spesa per carburante e dalla quota di vulnerabilità, e il modello identifica cluster distinti che sintetizzano la struttura sottostante dei dati. Un pattern chiave che emerge dalla figura è che il clustering è guidato principalmente dalle differenze nella vulnerabilità piuttosto che dalla sola spesa per carburante. Le regioni con livelli di vulnerabilità relativamente bassi sono raggruppate in un cluster, mentre quelle con quote di vulnerabilità più elevate sono assegnate a un altro, anche a fronte di livelli simili di spesa per carburante. Ciò suggerisce che, sebbene la spesa per carburante vari tra regioni, la dimensione sociale della vulnerabilità svolge un ruolo più decisivo nel distinguerle.

Dal punto di vista geografico, il clustering riflette una divisione ben nota. La maggior parte delle regioni settentrionali e centrali tende ad appartenere al cluster caratterizzato da minore vulnerabilità, indicando condizioni socio-economiche più favorevoli. Al contrario, molte regioni meridionali e insulari sono raggruppate nel cluster con quote di vulnerabilità più elevate, indicando una concentrazione di condizioni più fragili in queste aree. Le curve sovrapposte al grafico rappresentano le densità gaussiane stimate delle componenti. Esse indicano come ciascun cluster sia distribuito nello spazio e mostrano che, sebbene i gruppi siano distinguibili, permane un certo grado di sovrapposizione. Ciò riflette l'eterogeneità sottostante dei profili regionali e suggerisce che le transizioni tra cluster siano graduali piuttosto che nettamente definite.

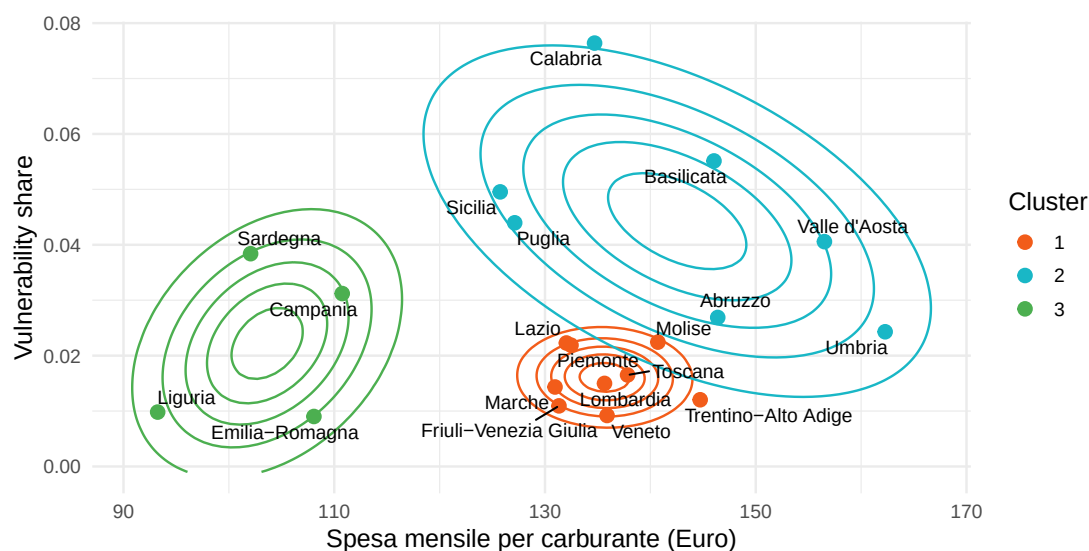


Figura 2.14: Clustering regionale nello spazio della spesa per carburante e della quota di vulnerabilità. Ciascun punto rappresenta una regione ed è assegnato a uno dei tre cluster. Le curve rappresentano le densità gaussiane stimate, evidenziando la distribuzione e la parziale sovrapposizione dei cluster.

I risultati evidenziano una chiara dimensione socio-economica e territoriale della vulnerabilità al carburante, con una concentrazione di famiglie più fragili nelle regioni meridionali e nelle aree meno urbanizzate. Ciò suggerisce che interventi di policy uniformi potrebbero essere insufficienti per affrontare l'onere diseguale degli aumenti dei prezzi del carburante. Sono invece necessarie misure mirate per sostenere i gruppi più vulnerabili.

Dal punto di vista delle politiche pubbliche, la priorità dovrebbe essere quella di sostenere la transizione della mobilità dei gruppi più vulnerabili, tenendo conto delle forti differenze territoriali nell'accesso alle alternative all'auto privata. Nelle aree periferiche e rurali, caratterizzate da un più elevato tasso di motorizzazione e da un'offerta di trasporto pubblico spesso scarsa, poco frequente o inefficiente, la dipendenza dal veicolo privato non può essere ridotta nel breve periodo attraverso il solo potenziamento del trasporto collettivo. Gli interventi dovrebbero pertanto combinare il rafforzamento strutturale del trasporto pubblico locale, dei servizi a domanda e della mobilità condivisa con misure specificamente rivolte alla mobilità privata. In particolare, forme di *social leasing* e incentivi selettivi per l'accesso a veicoli a zero emissioni potrebbero favorire una transizione più equa. L'efficacia di tali politiche dipende dalla loro capacità di essere accessibili, territorialmente differenziate e calibrate sulle effettive esigenze di mobilità delle famiglie.

La Figura 2.15 mostra la distribuzione provinciale della spesa media mensile per carburante, a sinistra, e della fuel vulnerability, a destra. I valori sono stati ottenuti mediante l'indagine sulle spese delle famiglie (HBS) 2024 dell'Istat. La spesa media provinciale per carburante è pari a circa 132 euro mensili, ma presenta una marcata eterogeneità territoriale. I valori più elevati si osservano a Vercelli, con

circa 224 euro mensili, Sondrio con circa 208 euro, Lecco con circa 197 euro, Rieti con circa 189 euro e L'Aquila con circa 183 euro. All'estremo opposto, i valori più contenuti si registrano a Ravenna e Trieste, entrambe intorno a 68 euro, seguite da Imperia con circa 69 euro, Forlì-Cesena con circa 85 euro e Nuoro con circa 88 euro. Le classi di spesa più elevate tendono a concentrarsi in alcune aree alpine, appenniniche e interne del Centro-Nord. La *fuel vulnerability* mostra invece una distribuzione più marcatamente meridionale. La quota media provinciale di famiglie *fuel-vulnerable* è pari a circa 2.8%, ma anche in questo caso la variabilità territoriale è ampia. Il valore massimo si registra a Catanzaro, dove la quota raggiunge circa il 15.1%, nettamente al di sopra del resto della distribuzione. Seguono Frosinone, con circa l'8.0%, Taranto, con circa il 7.8%, Enna, con circa il 7.4%, Caltanissetta e Catania, entrambe intorno al 7.3%, e Cosenza, con circa il 7.0%. I valori più elevati si concentrano soprattutto in alcune province della Calabria, della Sicilia, della Puglia e della Basilicata, ma emergono anche alcune aree interne del Centro, come Frosinone, L'Aquila e Viterbo. Un elemento rilevante è che una spesa media elevata non implica necessariamente una quota elevata di famiglie vulnerabili. Ad esempio, Vercelli presenta la spesa media più alta, pari a circa 224 euro mensili, ma una quota di famiglie *fuel-vulnerable* pari a circa il 2.9%. Analogamente, Sondrio registra una spesa media di circa 208 euro e una quota di vulnerabilità pari a circa il 3.3%. Al contrario, Taranto presenta una spesa media più contenuta, pari a circa 110 euro, ma una quota di famiglie vulnerabili relativamente elevata, pari a circa il 7.8%. Questo risultato suggerisce che la vulnerabilità non dipende esclusivamente dal livello assoluto della spesa per carburante, ma anche dalla capacità economica delle famiglie e dalla struttura socio-economica dei territori.

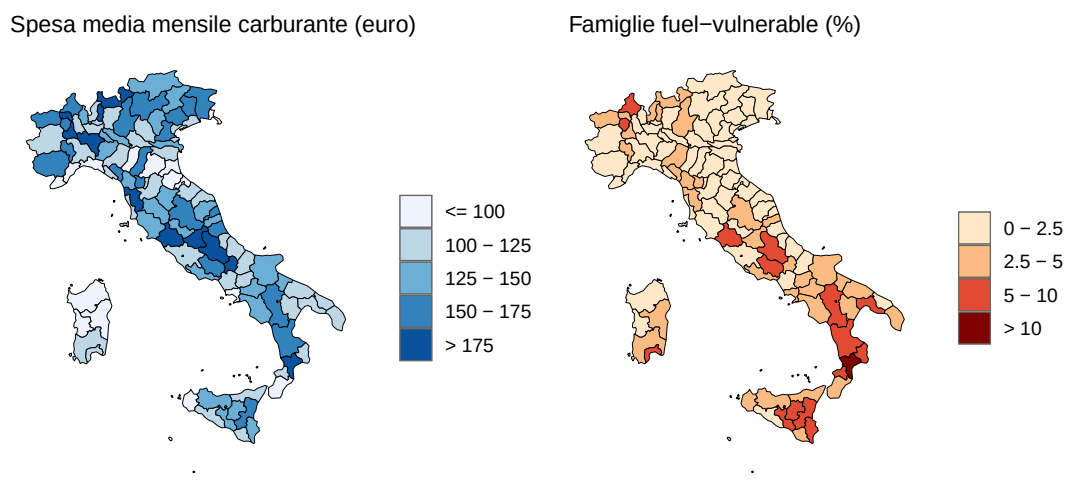


Figura 2.15: Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale. Anno di riferimento 2024.

La Figura 2.16 mostra la distribuzione provinciale della fuel vulnerability per tipologia di comune. I valori sono stati ottenuti mediante l'indagine sulle spese delle

famiglie (HBS) 2024 dell'Istat. La scala cromatica rappresenta l'intensità del fenomeno: i toni più chiari indicano valori più contenuti, mentre l'arancione, il rosso e il rosso scuro segnalano livelli progressivamente più elevati. Le province in grigio corrispondono ad aree prive di osservazioni per la specifica categoria oppure non appartenenti al gruppo considerato. Nel pannello di sinistra, relativo ai comuni con meno di 50,000 residenti, la vulnerabilità appare più estesa territorialmente. I valori più elevati si concentrano soprattutto nel Mezzogiorno e in alcune aree interne, con evidenze particolarmente marcate in province quali Cosenza, Bari, Enna, Matera, Reggio Calabria, Salerno e Viterbo, oltre che in diverse aree della Sicilia e della Calabria. Pur emergendo valori non trascurabili anche in alcune province del Centro-Nord, il pattern prevalente riguarda i piccoli comuni del Sud e delle aree periferiche. Nel pannello centrale, che considera le aree periferiche o i comuni con più di 50,000 residenti, la distribuzione risulta più selettiva. Molte province mostrano livelli bassi o intermedi, ma si osservano alcuni picchi rilevanti. Il caso più evidente è Cosenza, che presenta una quota di famiglie vulnerabili nettamente superiore al resto del campione. Valori relativamente elevati si osservano anche in province come Potenza, L'Aquila, Foggia, Palermo, Crotone, Nuoro, Campobasso, Lecce e Trapani. Questo risultato suggerisce che, nei comuni più grandi o nelle aree periferiche non metropolitane, la fuel vulnerability non sia distribuita in modo uniforme, ma tenda a concentrarsi in specifici contesti territoriali. Nel pannello di destra, relativo alle città metropolitane, la vulnerabilità appare nel complesso più contenuta e meno diffusa. La maggior parte delle province risulta in grigio oppure presenta valori bassi. Le situazioni più visibili si concentrano in poche aree, prevalentemente nel Mezzogiorno e nelle isole: spiccano Enna, Trapani e Nuoro, e in misura minore Foggia. Al contrario, le principali aree metropolitane, come Roma, Milano, Torino, Napoli, Venezia, Bologna, Firenze e Genova, mostrano quote generalmente contenute.

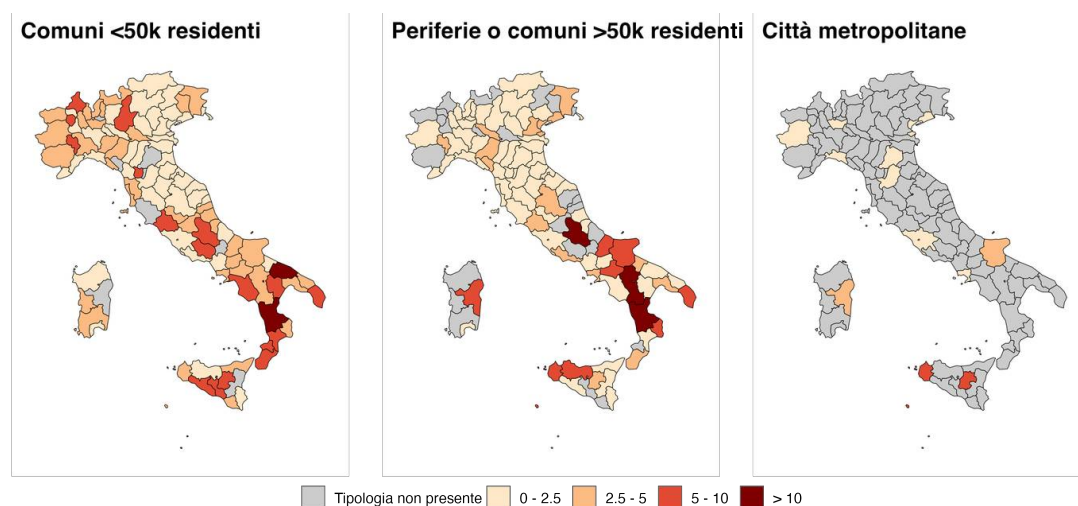


Figura 2.16: Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale. Anno di riferimento 2024.

Le stime presentate a livello provinciale nelle Figure 2.15-2.16 devono essere interpretate con cautela. L'indagine sulle spese delle famiglie (HBS) 2024 dell'Istat garantisce infatti la rappresentatività statistica a livello regionale, ma non provinciale. Per questo motivo, stime più robuste per le province possono essere ottenute mediante metodi di stima per piccole aree o disaggregazione dasimetrica (Batista e Silva et al., 2013) ¹. In particolare, il numero di famiglie residenti è ripartito tra le province in proporzione al numero di contribuenti, mentre il numero di famiglie vulnerabili è distribuito utilizzando informazioni IRPEF sulla struttura reddituale locale. Il peso attribuito a ciascuna provincia aumenta al crescere della quota di contribuenti con reddito complessivo fino a 26.000 euro e al diminuire del reddito medio provinciale rispetto alla media regionale. La soglia di 26.000 euro è una proxy della diffusione dei redditi medio-bassi nel territorio e deriva dalla struttura delle classi di reddito disponibili nel dataset IRPEF (Ministero dell'Economia e delle Finanze, Dipartimento delle Finanze, 2026).

Per ridurre l'influenza di valori estremi e le discontinuità territoriali, l'indice di rischio provinciale è limitato entro un intervallo prefissato e successivamente sottoposto a uno *smoothing* spaziale:

$$r_p^{\text{sm}} = (1 - \lambda) \min \{ \max(r_p, R_{\min}), R_{\max} \} + \lambda \sum_{q \in N(p)} w_{pq} \min \{ \max(r_q, R_{\min}), R_{\max} \}.$$

Dove $N(p)$ comprende esclusivamente le province confinanti appartenenti alla stessa regione, w_{pq} sono pesi di contiguità normalizzati e $\lambda = 0.30$. Nella routine sono inoltre posti $R_{\min} = 0.5$ e $R_{\max} = 2$, così da evitare che singole province assumano pesi eccessivamente elevati o ridotti. I pesi sono poi ricalibrati in modo che, per ogni regione, la somma delle famiglie e delle famiglie vulnerabili provinciali coincida esattamente con le corrispondenti stime HBS regionali.

La Figura 2.17 riporta la distribuzione provinciale della quota stimata di famiglie in condizioni di *fuel vulnerability*, distinguendo tra comuni con meno di 50.000 residenti, periferie o comuni con oltre 50.000 residenti e città metropolitane. Le stime sono ottenute mediante la procedura di disaggregazione descritta sono calibrate in modo da preservare i corrispondenti totali regionali dell'indagine HBS 2024. Nei comuni con meno di 50.000 residenti la vulnerabilità risulta relativamente diffusa sull'intero territorio nazionale, con valori più elevati nelle province del Mezzogiorno, in particolare in Calabria, Sicilia e in alcune aree della Puglia e della Basilicata, mentre le province del Centro-Nord presentano generalmente quote inferiori. Nelle periferie e nei comuni di maggiore dimensione permane un analogo gradiente territoriale, sebbene la distribuzione appaia più eterogenea e le situazioni di maggiore vulnerabilità risultino concentrate in un numero più limitato di province. Le città metropolitane evidenziano, nel complesso, quote inferiori

¹La disaggregazione dasimetrica (o dasymetric mapping) è una tecnica di analisi spaziale in ambito GIS utilizzata per ridistribuire dati aggregati (ad esempio i dati sulla popolazione dei censimenti) da macro-aree amministrative a unità territoriali più piccole e specifiche. A differenza dei metodi geometrici semplici, questa procedura sfrutta informazioni ausiliarie (come le mappe di uso del suolo o le impronte degli edifici) per posizionare i dati solo dove la variabile è realmente presente

rispetto alle altre tipologie comunali. Fanno eccezione alcune aree metropolitane del Mezzogiorno, dove la vulnerabilità rimane relativamente elevata. Le province rappresentate in grigio indicano l'assenza della corrispondente tipologia comunale e non devono pertanto essere interpretate come assenza di famiglie vulnerabili.

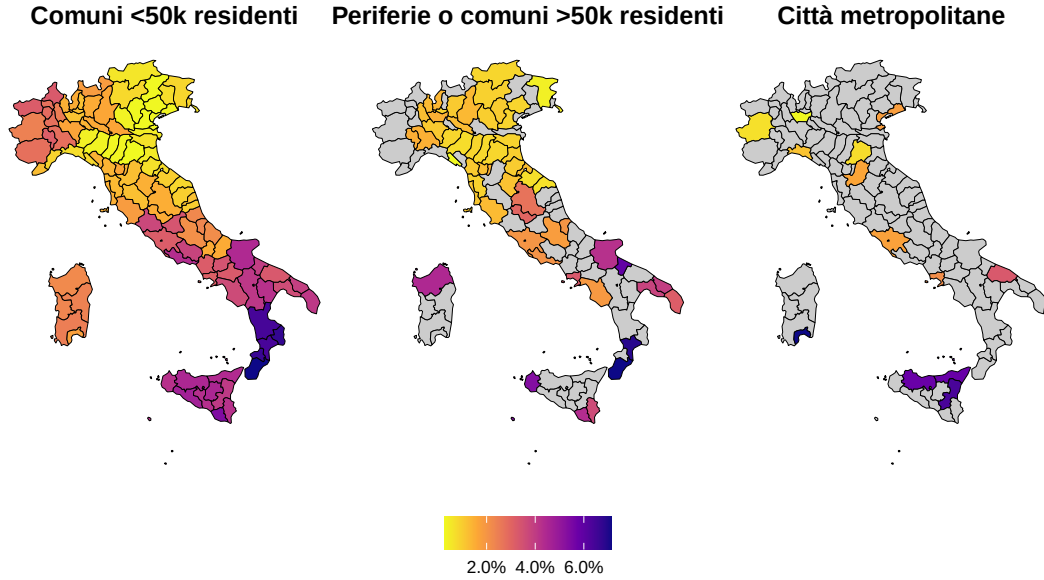


Figura 2.17: Spesa media mensile per carburante e fuel vulnerability a livello provinciale ottenute mediante procedura di disaggregazione dasimetrica. Anno di riferimento 2024.

Al fine di ottenere una stima comunale degli indicatori disponibili a livello provinciale, è stata applicata una procedura di disaggregazione dasimetrica basata su covariate fiscali comunali (Batista e Silva et al., 2013; Maroko et al., 2019; Patil et al., 2024). In particolare, sono stati utilizzati i dati IRPEF comunali per calcolare, per ciascun comune c appartenente alla provincia p , il reddito medio Y_c e il numero di contribuenti N_c (Ministero dell'Economia e delle Finanze, Dipartimento delle Finanze, 2026). Il reddito medio provinciale è stato quindi calcolato come media ponderata dei redditi comunali:

$$\bar{Y}_p = \frac{\sum_{c \in p} N_c Y_c}{\sum_{c \in p} N_c}. \quad (2.24)$$

La spesa media mensile per carburante comunale è stata ottenuta a partire dal valore provinciale F_p , modulandolo in funzione del reddito medio relativo del comune:

$$F_c^{raw} = F_p \left(\frac{Y_c}{\bar{Y}_p} \right). \quad (2.25)$$

I valori preliminari sono stati successivamente riscaldati affinché la media ponderata comunale coincidesse con il valore provinciale originario:

$$F_p = \frac{\sum_{c \in p} N_c F_c}{\sum_{c \in p} N_c}. \quad (2.26)$$

La Fuel vulnerability comunale è stata stimata a partire dalla quota provinciale V_p , assumendo che la vulnerabilità sia maggiore nei comuni con minore capacità economica. A tal fine, è stato utilizzato l'inverso del reddito medio comunale:

$$V_c^{raw} = V_p \left(\frac{1/Y_c}{1/\bar{Y}_p} \right), \quad (2.27)$$

dove $1/\bar{Y}_p$ indica la media provinciale ponderata dell'inverso del reddito. Anche in questo caso, i valori comunali sono stati normalizzati in modo che:

$$V_p = \frac{\sum_{c \in p} N_c V_c}{\sum_{c \in p} N_c}. \quad (2.28)$$

La Figura 2.18 rappresenta la spesa media mensile stimata per carburante a livello comunale nel 2024. La distribuzione spaziale evidenzia una marcata variabilità tra comuni, con valori generalmente più bassi nelle aree rappresentate da tonalità scure e valori più elevati nelle aree in tonalità chiare. I livelli maggiori appaiono concentrati in specifici cluster territoriali, suggerendo che la spesa per carburante sia influenzata da fattori locali quali la distanza dai poli urbani, la dipendenza dall'auto privata e l'intensità degli spostamenti quotidiani.

La Figura 2.19 mostra la distribuzione comunale della fuel vulnerability stimata per il 2024. La mappa evidenzia una maggiore concentrazione della vulnerabilità legata ai carburanti in alcune aree del Mezzogiorno e nelle zone interne, mentre gran parte del Centro-Nord presenta valori relativamente contenuti. Il confronto con la spesa media per carburante suggerisce che livelli elevati di spesa non coincidono necessariamente con livelli elevati di vulnerabilità. Per un livello di dettaglio comunale sulle singole regioni vedere le Figure A.7-A.10 in Appendice A.

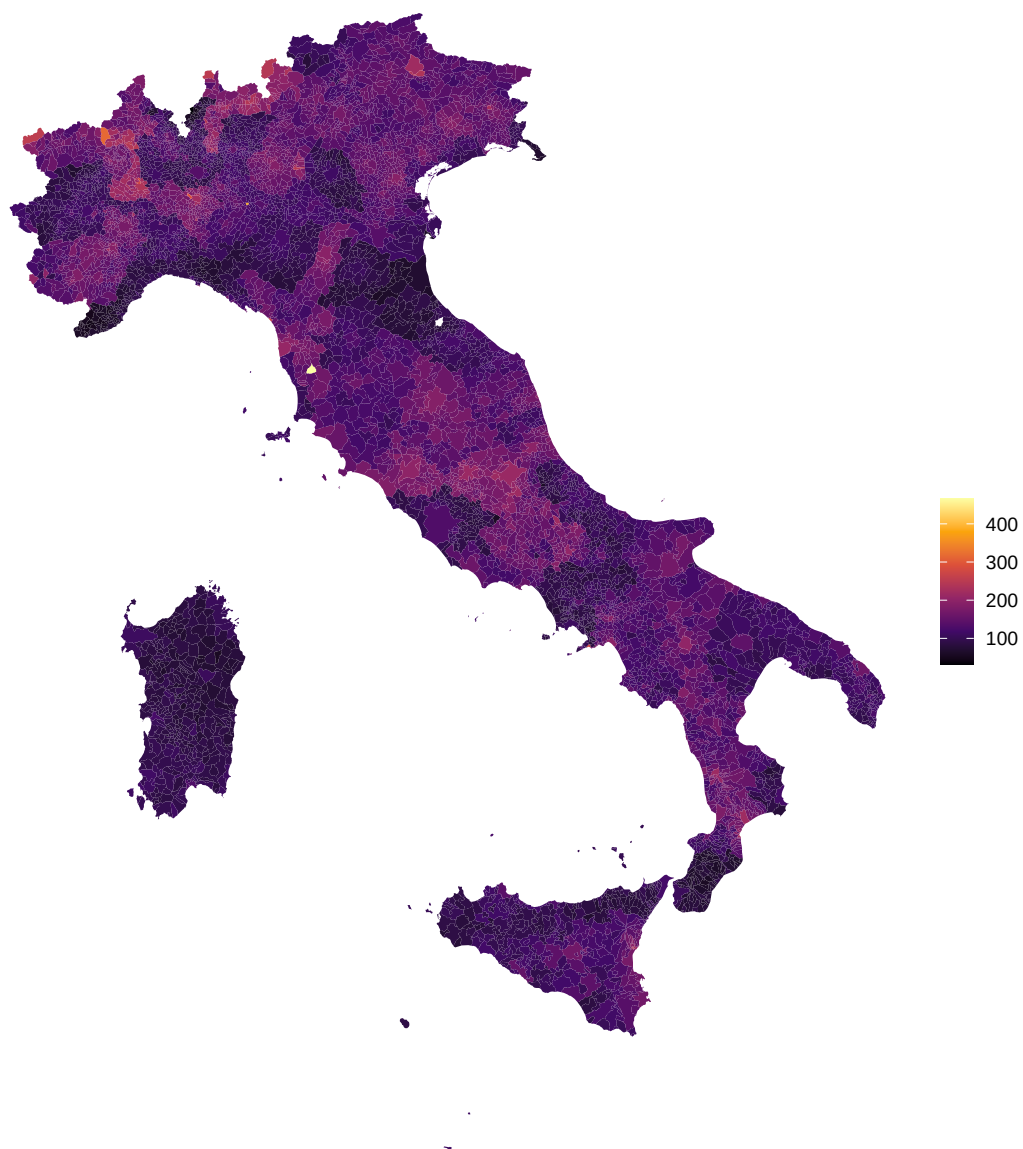


Figura 2.18: Spesa media mensile carburante (euro) stimata a livello comunale. Anno di riferimento 2024.

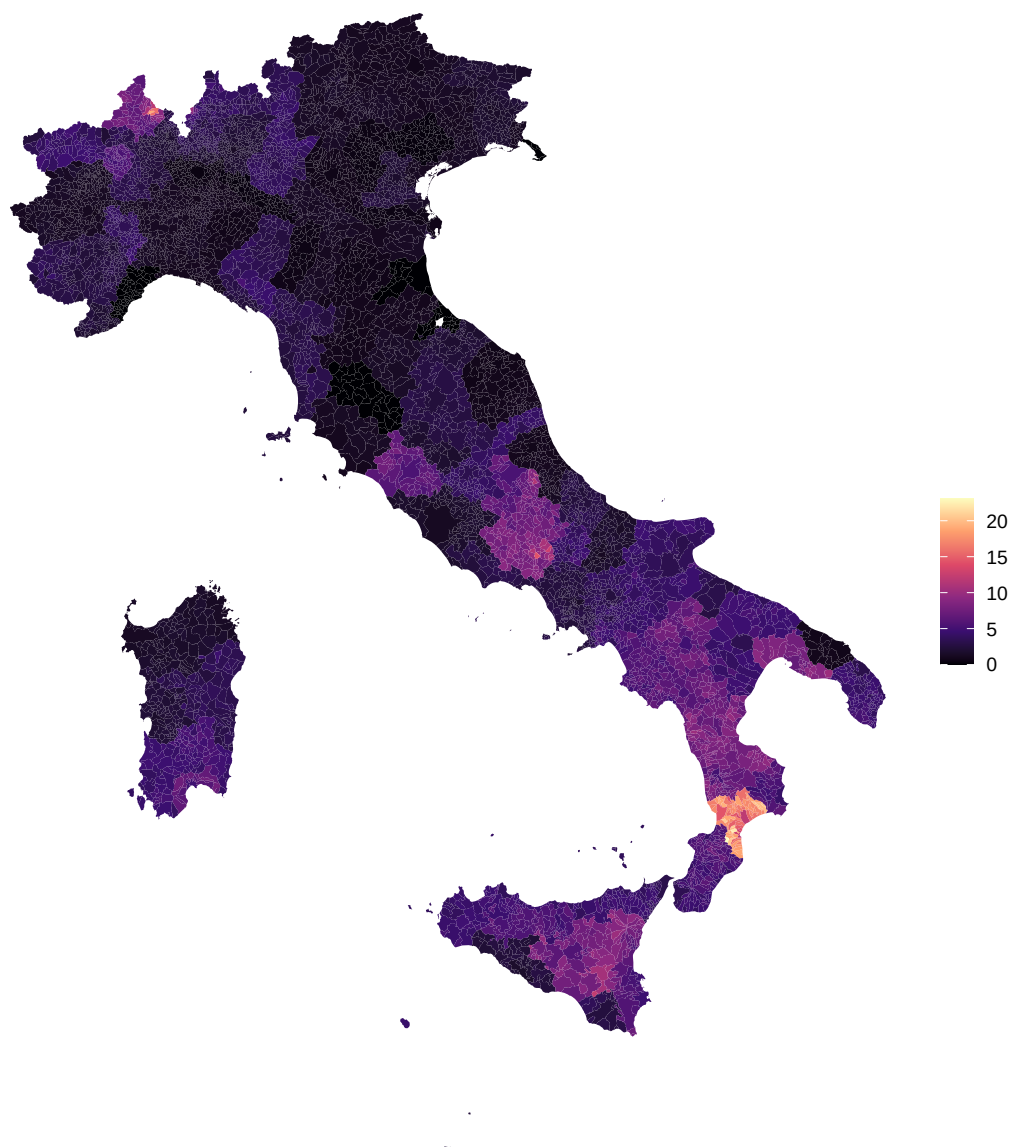


Figura 2.19: Fuel vulnerability stimato a livello comunale. Anno di riferimento 2024.

Domanda di ricerca

Come aumenterebbe questa vulnerabilità in scenari di aumenti sostenuti dei prezzi del carburante (ad esempio ≥ 100 \$ barile)? In che modo i picchi dei prezzi del carburante incidono sulla capacità delle famiglie di accedere ad attività essenziali (lavoro, istruzione, assistenza sanitaria)?

Questa sezione valuta come cambia la vulnerabilità delle famiglie al carburante in uno scenario di aumento sostenuto dei prezzi del carburante. Lo scenario di base corrisponde alla spesa osservata delle famiglie per carburante, mentre lo scenario controfattuale assume un aumento dei prezzi del carburante coerente con un prezzo del petrolio Brent pari a 100 \$ barile. Sia F_0 la spesa osservata per carburante nello scenario di base, e sia F_{100} la spesa controfattuale per carburante nello scenario in cui il prezzo del Brent raggiunge 100 dollari al barile. La spesa controfattuale per carburante è ottenuta applicando alla spesa osservata nello scenario di base uno shock proporzionale di prezzo:

$$Fuel_{100} = Fuel_0 \times \left[1 + \theta \left(\frac{100}{P_0^{Brent}} - 1 \right) \right], \quad (2.29)$$

dove P_0^{Brent} indica il prezzo di riferimento del Brent nello scenario di base e θ rappresenta il parametro di *pass-through* dai prezzi del greggio alla spesa per carburante. Nella specificazione benchmark si assume $\theta = 1$, corrispondente a un *pass-through* completo. Per ciascuno scenario s l'incidenza dei costi del carburante sulla spesa totale viene calcolato con l'equazione (2.4).

La Figura 2.20 riporta la quota media dei costi del carburante delle famiglie vulnerabili per tipologia di comune nello scenario di base e nello scenario Brent 100 \$ barile. I risultati mostrano un chiaro aumento dell'onere del carburante in tutte le tipologie di comune. Nelle città metropolitane, la quota dei costi del carburante aumenta dal 3.8% al 4.7%. Nelle aree metropolitane o nei comuni con più di 50,000 residenti, aumenta dal 6.4% al 7.7%, mentre nei comuni più piccoli sale dal 6.5% al 7.9%. La figura suggerisce quindi che l'aumento dei prezzi del carburante ha un'incidenza maggiore al di fuori delle città metropolitane, dove le famiglie vulnerabili destinano già una quota più elevata della loro spesa totale al carburante. Questo pattern è coerente con una maggiore dipendenza dalla mobilità privata motorizzata nelle aree meno dense.

La Figura 2.21 estende l'analisi in termini spaziali, mappando la distribuzione regionale delle quote dei costi del carburante tra le famiglie vulnerabili nei due scenari. Il pannello di sinistra riporta lo scenario di base, mentre il pannello di destra riporta lo scenario Brent 100 \$ barile. La figura evidenzia come lo scenario Brent 100 \$ barile produca un aumento diffuso dell'incidenza dei costi del carburante tra le famiglie vulnerabili. Tuttavia, la distribuzione spaziale delle criticità rimane simile a quella osservata nello scenario di base: le regioni e le tipologie comunali già più esposte continuano a presentare valori relativamente più elevati.

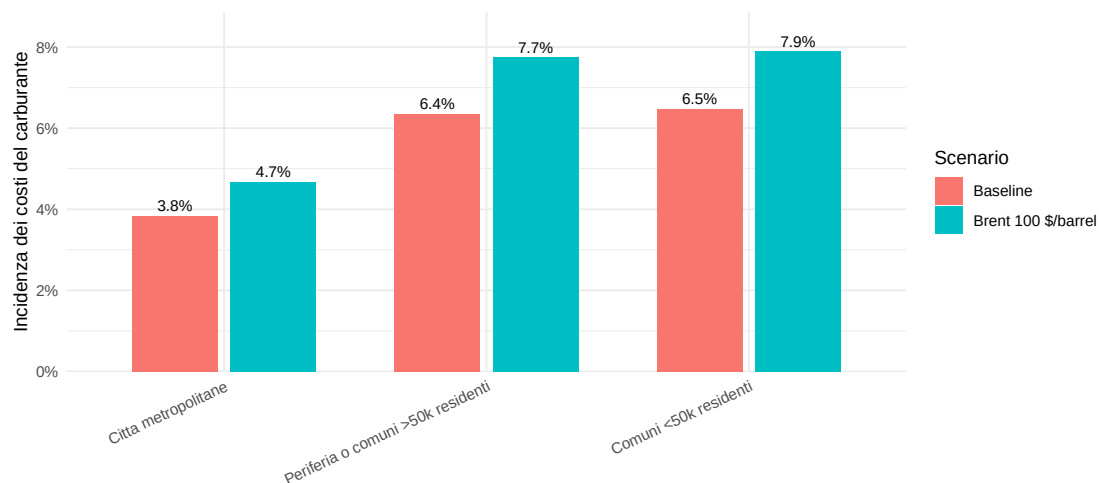


Figura 2.20: Incidenza dei costi del carburante con un prezzo del Brent 100 \$ barile, per tipologia di comune. Anno di riferimento 2024.

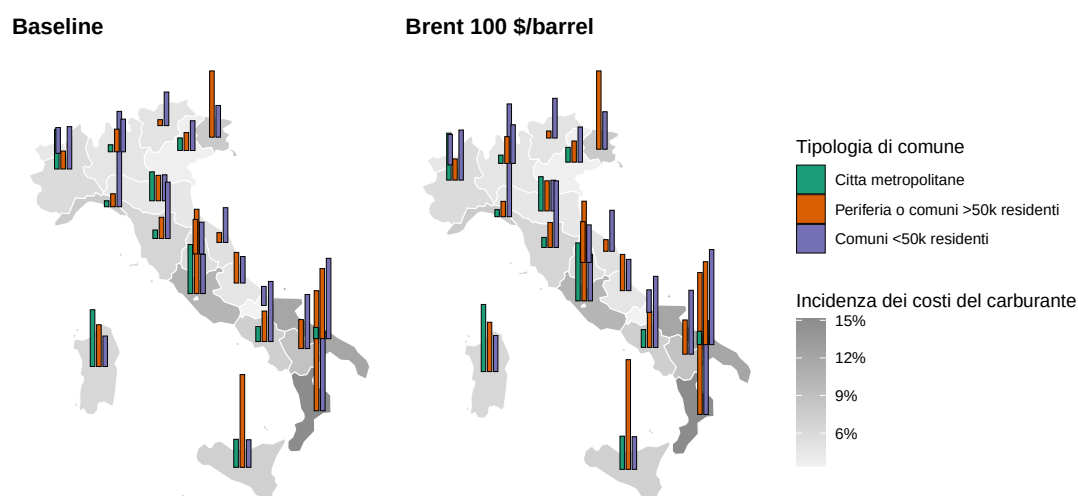


Figura 2.21: Incidenza dei costi del carburante con un prezzo del Brent 100 \$ barile, per regione e tipologia di comune. Anno di riferimento 2024.

In scenari di aumento sostenuto dei prezzi del carburante, come nel caso di un Brent pari o superiore a 100 \$ barile, la vulnerabilità delle famiglie aumenta soprattutto attraverso un incremento della quota di reddito assorbita dalla mobilità quotidiana. L'aumento del prezzo del carburante si traduce in una maggiore pressione sul bilancio familiare. Questo effetto è particolarmente marcato per le

famiglie vulnerabili residenti in comuni periferici o di piccola dimensione, dove la dipendenza dall'automobile privata è più elevata e le alternative di trasporto sono spesso meno accessibili. I picchi dei prezzi del carburante possono quindi ridurre la capacità delle famiglie di accedere ad attività essenziali in due modi. Da un lato, aumentano il costo monetario degli spostamenti verso il lavoro, la scuola, i servizi sanitari e altri luoghi fondamentali della vita quotidiana. Dall'altro, possono indurre strategie di adattamento restrittive, come la riduzione degli spostamenti non immediatamente rinviabili, la rinuncia ad alcune opportunità lavorative o formative, oppure il rinvio di visite mediche e prestazioni sanitarie (Lucas, 2012; Lucas, Bates et al., 2016; Mattioli et al., 2023). In questo senso, l'aumento del prezzo del carburante non rappresenta solo uno shock di spesa, ma può trasformarsi in un vincolo concreto all'accessibilità. La Figura 2.21 suggerisce che lo scenario Brent 100 \$ barile amplifica vulnerabilità territoriali già presenti nello scenario di base, senza modificarne radicalmente la distribuzione spaziale.

Forced car ownership

Domanda di ricerca

In che misura determinate fasce di reddito (in particolare le famiglie a basso reddito o rurali) dipendono dai veicoli privati per gli spostamenti essenziali (forced car ownership)?

Il fenomeno della *forced car ownership* (FCO) si delinea come una forma strutturale di vulnerabilità economico-spaziale, in cui il possesso e il mantenimento di un veicolo privato non rispondono a una libera scelta di consumo, bensì a una necessità esogena di mobilità. Tale dinamica si manifesta con maggiore frequenza laddove la segregazione geografica si salda alla carenza cronica di infrastrutture di trasporto pubblico locale (TPL).

Variabili chiave

- **Numero di auto per famiglia**
- **Tipologia di comune:** classificazione che distingue tra città metropolitane, aree periferiche o comuni con più di 50,000 residenti, e comuni con meno di 50,000 residenti.
- **Gruppi di spesa:** famiglie classificate in dieci decili in base alla spesa totale (dal decile 1, il più povero, al decile 10, il più ricco).

Al fine di testare empiricamente la sussistenza della FCO nel contesto nazionale, viene analizzata la relazione tra il tasso di motorizzazione familiare, la collocazione urbana e il livello di reddito equivalente. Sotto il profilo metodologico, il numero medio di vetture possedute dalle famiglie residenti in aree periferiche o rurali non mostra una flessione lineare verso lo zero, bensì converge verso una soglia minima

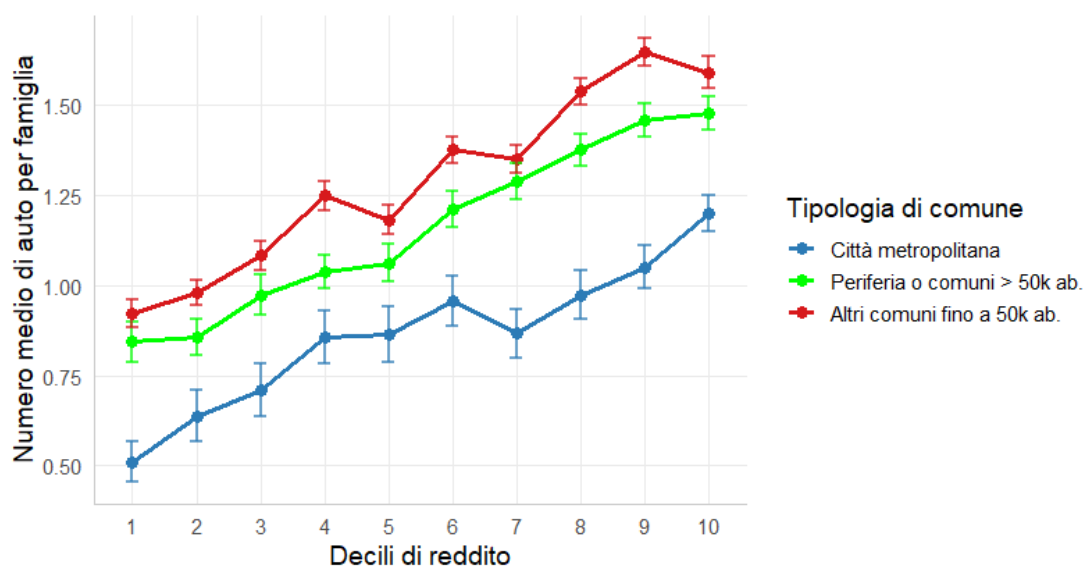


Figura 2.22: Numero medio di auto per famiglia per decile di reddito equivalente e tipologia di comune.

fissa. L'evidenza empirica derivante dalla Figura 2.22 convalida l'ipotesi di *Forced car-ownership* all'interno del contesto italiano:

Nel primo decile si osserva la divergenza più netta tra i diversi contesti urbani. Nelle città metropolitane il tasso di motorizzazione si attesta su una media di circa 0,50 vetture per famiglia. Tale dato suggerisce che l'accessibilità spaziale garantita dalle reti di trasporto pubblico locale permette alle famiglie urbane a basso reddito di comprimere i costi fissi legati alla mobilità privata, rinunciando parzialmente al possesso del veicolo. Al contrario, nei comuni con popolazione inferiore ai 50.000 abitanti, la media per la medesima fascia di reddito non scende al di sotto delle 0,90 auto per famiglia, sfiorando la soglia di una vettura per nucleo. Questa rigidità testimonia come la mancanza di alternative infrastrutturali costringa le famiglie economicamente vulnerabili residenti nelle aree interne o rurali a mantenere un veicolo privato per garantire gli spostamenti quotidiani essenziali, pur dovendo sostenere costi di gestione sproporzionati rispetto alle proprie capacità finanziarie.

Sebbene il numero di veicoli cresca all'aumentare delle risorse disponibili in tutti e tre i contesti, la curva riferita ai piccoli comuni è sistematicamente più elevata. Questo fenomeno dimostra che nei centri minori l'automobile è un pre-requisito strutturale di inclusione sociale e lavorativa.

L'analisi dell'impatto economico della mobilità, illustrata nella Figura 2.23, offre una quantificazione finanziaria dello stress di bilancio associato alla *forced car ownership*. I dati evidenziano come la spesa per il carburante non sia distribuita in modo equo sul territorio e sia penalizzante in particolar modo per i nuclei familiari a basso reddito residenti al di fuori dei poli urbani principali. Osservando il primo decile dove l'incidenza tocca il picco massimo in assoluto, sfiorando l'8% per le famiglie stanziate nei comuni fino a 50.000 abitanti rispetto al 6% registrato nelle

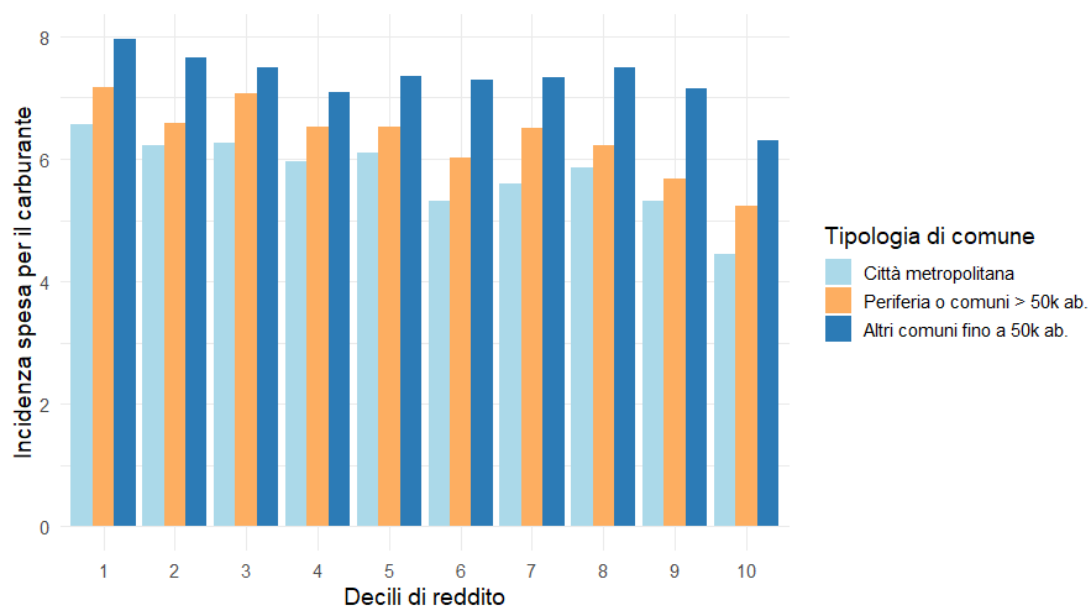


Figura 2.23: Incidenza percentuale della spesa per carburante sulla spesa totale per decile di reddito e tipologia di comune.

città metropolitane a parità di condizioni economiche, dimostra che la dipendenza forzata dall'auto si traduce direttamente in *fuel poverty*.

L'andamento complessivo del grafico rivela inoltre una dinamica asimmetrica tra le diverse tipologie di comune. Mentre nelle città metropolitane e nelle aree periferiche maggiori si osserva una tendenza tendenzialmente decrescente all'aumentare del reddito nei piccoli comuni l'incidenza rimane elevata e quasi costante oscillando stabilmente intorno al 7%. Questa persistenza suggerisce che nei contesti rurali e semi-rurali l'allungamento delle distanze funzionali e la dispersione dei servizi (lavoro, presidi sanitari, scuole) impongono una percorrenza chilometrica minima fissa.

Implicazioni di policy

Le evidenze raccolte in questo capitolo delineano un quadro coerente: la vulnerabilità delle famiglie italiane ai costi della mobilità non dipende solo dal livello di spesa, ma dall'intersezione tra reddito, tipologia di comune e disponibilità di alternative all'automobile privata. Gli scenari di shock del prezzo del carburante, la distribuzione regionale e provinciale della fuel vulnerability, il clustering territoriale basato sul modello di mistura gaussiana e l'evidenza di car dependency convergono tutti verso la stessa conclusione: le famiglie più esposte sono quelle a basso reddito residenti in comuni piccoli o periferici, dove il tasso di motorizzazione non scende mai sotto una soglia minima strutturale e l'incidenza della spesa per carburante resta elevata anche nei decili più bassi, a differenza di quanto osservato nelle città metropolitane.

Da questo quadro discendono alcune priorità di intervento. Nel breve periodo, la vulnerabilità agli shock di prezzo, destinata ad amplificarsi in scenari di aumento sostenuto come quello simulato con un Brent a 100 \$ al barile, richiede strumenti di compensazione temporanei e selettivi, calibrati su reddito, territorio e reale assenza di alternative alla mobilità privata, piuttosto che misure generalizzate sul prezzo dei carburanti. Nel medio-lungo periodo, il persistere della dipendenza dall'automobile nei comuni con meno di 50.000 abitanti dimostra che il solo potenziamento del trasporto pubblico locale non è sufficiente. Occorre affiancarlo a interventi mirati sulla mobilità privata, quali programmi di sostituzione dei veicoli più inquinanti con veicoli a zero emissioni, forme di social leasing e incentivi per l'accesso a mezzi a zero emissioni. Tali misure contribuirebbero a ridurre i costi di utilizzo dei veicoli, evitando che l'onere della transizione ricada sulle famiglie economicamente più fragili. La forte eterogeneità territoriale della fuel vulnerability, concentrata soprattutto in Calabria, Sicilia, Puglia e Basilicata ma con picchi anche in specifiche province del Centro (Frosinone, L'Aquila, Viterbo), suggerisce infine che il targeting delle politiche debba avvenire a una scala sub-regionale, fino al livello provinciale e comunale, per evitare che interventi tarati sulla media regionale lascino scoperte le aree realmente più esposte.

Capitolo 3

Emissioni e impatto ambientale

Highlights

- Le emissioni di CO₂ da trasporto privato variano sensibilmente tra regioni e decili di reddito, concentrandosi spesso nei gruppi medio-alti e nelle regioni settentrionali; valori rilevanti emergono anche nel Lazio, in Campania e in Sicilia.
- Il contributo delle diverse tipologie comunali alle emissioni varia tra regioni e classi di reddito; nelle regioni caratterizzate da grandi poli urbani, le aree metropolitane assumono un peso rilevante, soprattutto nei decili medio-alti.
- La quota di veicoli appartenenti alle classi Euro più recenti è positivamente correlata al reddito medio comunale, mentre le classi più datate mostrano il segno opposto, segnalando un ricambio del parco circolante più lento nei territori più poveri.
- Il parco veicolare nazionale resta dominato da benzina (42,7%) e gasolio (39,8%), mentre l'elettrico si ferma appena allo 0,7%, un dato che ridimensiona ogni lettura ottimistica della velocità della transizione tecnologica in atto.
- La relazione tra anno di immatricolazione ed emissioni provinciali passa da negativa per i veicoli immatricolati fino al 2008 a marcatamente positiva per il biennio 2021-2022, un pattern da leggere come riflesso della struttura socioeconomica territoriale più che come nesso causale diretto.
- Le emissioni pro-capite di CO₂, PM₁₀ e PM_{2.5} risultano massime in province come Aosta, Vercelli, Piacenza, Trento e Pesaro-Urbino, e minime a Lecco, Taranto, Prato, Monza-Brianza e Napoli, senza tuttavia una struttura spaziale complessiva statisticamente significativa (indice di Moran globale non diverso da zero).

Le emissioni associate alla mobilità privata sono considerate un fattore trasversale connesso al processo di transizione climatica e alle sue possibili implicazioni distributive. È pertanto necessario distinguere innanzitutto le emissioni di inquinanti globali, come la CO₂, dalle emissioni di inquinanti locali quali ossidi di azoto (NO_x), particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2.5}), monossido di carbonio, composti organici volatili e benzene, che producono effetti diretti sulla qualità dell'aria, sulla salute e sull'esposizione delle comunità locali (European Environment Agency, 2024, 2025).

L'analisi delle emissioni assume tuttavia rilevanza per lo studio della vulnerabilità economica delle famiglie, in particolare alla luce dell'introduzione dell'Emission Trading System per gli edifici e il trasporto stradale (ETS2) (European Parliament and Council of the European Union, 2023a). L'aumento dei costi dei combustibili fossili derivante dalla futura applicazione del sistema potrebbe infatti incidere sulla *affordability* della mobilità, soprattutto per le famiglie a basso reddito, per quelle residenti in territori caratterizzati da una limitata disponibilità di trasporto pubblico e per i nuclei con ridotte possibilità di sostituire il veicolo o modificare nel breve periodo le proprie abitudini di spostamento (OECD, 2023, 2024). In questa prospettiva, la distribuzione delle emissioni tra gruppi di reddito e territori non viene interpretata esclusivamente come una misura di responsabilità ambientale, ma anche come un'indicazione della diversa esposizione delle famiglie ai costi della decarbonizzazione.

L'analisi si colloca infine nel più ampio quadro delle politiche climatiche europee, degli obiettivi di riduzione delle emissioni e delle misure previste per accompagnare la transizione, compresi gli strumenti destinati a mitigare i possibili effetti regressivi dell'ETS2 sulle famiglie maggiormente vulnerabili (European Parliament and Council of the European Union, 2023b; Roca Reina et al., 2024).

Emissioni da inquinanti globali

L'indicatore proposto misura la distribuzione delle emissioni di CO₂ associate al trasporto stradale privato delle famiglie, distinguendo per regione e per decile di reddito. I decili di reddito familiare non equivalente sono rilevati nell'Indagine sulle spese delle famiglie (HBS) dell'Istat per il 2024. L'obiettivo è ricostruire come le emissioni complessive da carburanti si distribuiscono tra i diversi gruppi di reddito all'interno delle regionali. La stima è ottenuta mediante un approccio *factor-based*. A partire dall'indagine sui consumi delle famiglie, sono state considerate le spese mensili per carburanti destinati al trasporto privato. In particolare, sono state utilizzate le voci relative alla spesa per benzina e gasolio. Per ciascun carburante f , la spesa monetaria osservata è stata convertita in quantità fisica consumata in litri (l) dividendo la spesa mensile per il prezzo medio annuo del carburante (l):

$$Q_f = \frac{F_f}{P_f}, \quad (3.1)$$

dove Q_f rappresenta i litri stimati di carburante consumati, F_f è la spesa mensile per il carburante f e P_f è il prezzo medio del carburante espresso in euro per litro. Poiché le spese per carburante sono rilevate come media mensile, l'indicatore è espresso su base mensile. In particolare, sono stati assunti prezzi medi pari a 1.85 euro/litro per la benzina e 1.75 euro/litro per il gasolio, coerenti con l'ordine di grandezza dei prezzi medi nazionali dei carburanti pubblicati dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2024). Le emissioni di CO_2 sono quindi calcolate moltiplicando i litri stimati per il corrispondente fattore di emissione (Bertolini et al., 2025):

$$\text{CO2}_f = Q_f \times EF_f, \quad (3.2)$$

dove EF_f indica il fattore di emissione del carburante f , espresso in kgCO_2 per litro. Sono stati utilizzati fattori pari a 2.31 kgCO_2 /litro per la benzina e 2.68 kgCO_2 /litro per il gasolio. Tali valori sono coerenti con i fattori emissivi comunemente utilizzati negli inventari e nei conversion factors internazionali per la combustione dei carburanti liquidi, come l'IPCC Emission Factor Database e i Greenhouse Gas Conversion Factors del governo britannico (Department for Energy Security and Net Zero, 2025; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2026). Le emissioni complessive sono date dalla somma delle emissioni associate ai diversi carburanti:

$$\text{CO2} = \sum_f \text{CO2}_f. \quad (3.3)$$

Le emissioni sono quindi aggregate per regione e divise per decili di reddito prendendo in considerazione i pesi di ponderazione dell'indagine HBS Istat 2024.

Emissioni medie di CO_2 per famiglia La Figura 3.1 mostra le emissioni medie annue di CO_2 da trasporto stradale per famiglia nel 2024. In alcune regioni i valori più elevati si concentrano nei decili superiori. In Abruzzo, ad esempio, il massimo si osserva nel settimo decile, con oltre 750 kg di CO_2 annui per famiglia, mentre il decimo decile si colloca intorno a 250 kg. In Calabria il decimo decile supera i 200 kg, mentre in Campania il nono raggiunge circa 290 kg. Valori elevati nel decimo decile si registrano anche in Piemonte, Trentino-Alto Adige, Umbria e Valle d'Aosta. In altre regioni il profilo è più irregolare. La Basilicata presenta i valori più elevati nei decili inferiori e intermedi, con circa 250 kg nel terzo decile. Anche in Lombardia il massimo si osserva nel terzo decile, con oltre 400 kg, mentre in Sardegna il quarto raggiunge quasi 400 kg. Toscana e Veneto mostrano picchi in decili diversi da quello più elevato: rispettivamente nel terzo e nel primo decile. Questi andamenti possono riflettere differenze territoriali nella distribuzione delle famiglie per reddito, grado di urbanizzazione e ricorso alla mobilità privata. Una possibile ipotesi, soprattutto nelle regioni del Nord Italia, è che una parte rilevante delle famiglie con maggiore capacità di spesa sia concentrata nelle aree urbane, dove l'uso dell'automobile e le relative emissioni possono risultare basse. Tale ipotesi potrebbe essere valida anche in altre regioni, ma le evidenze descrittive non consentono di stabilire una relazione causale.

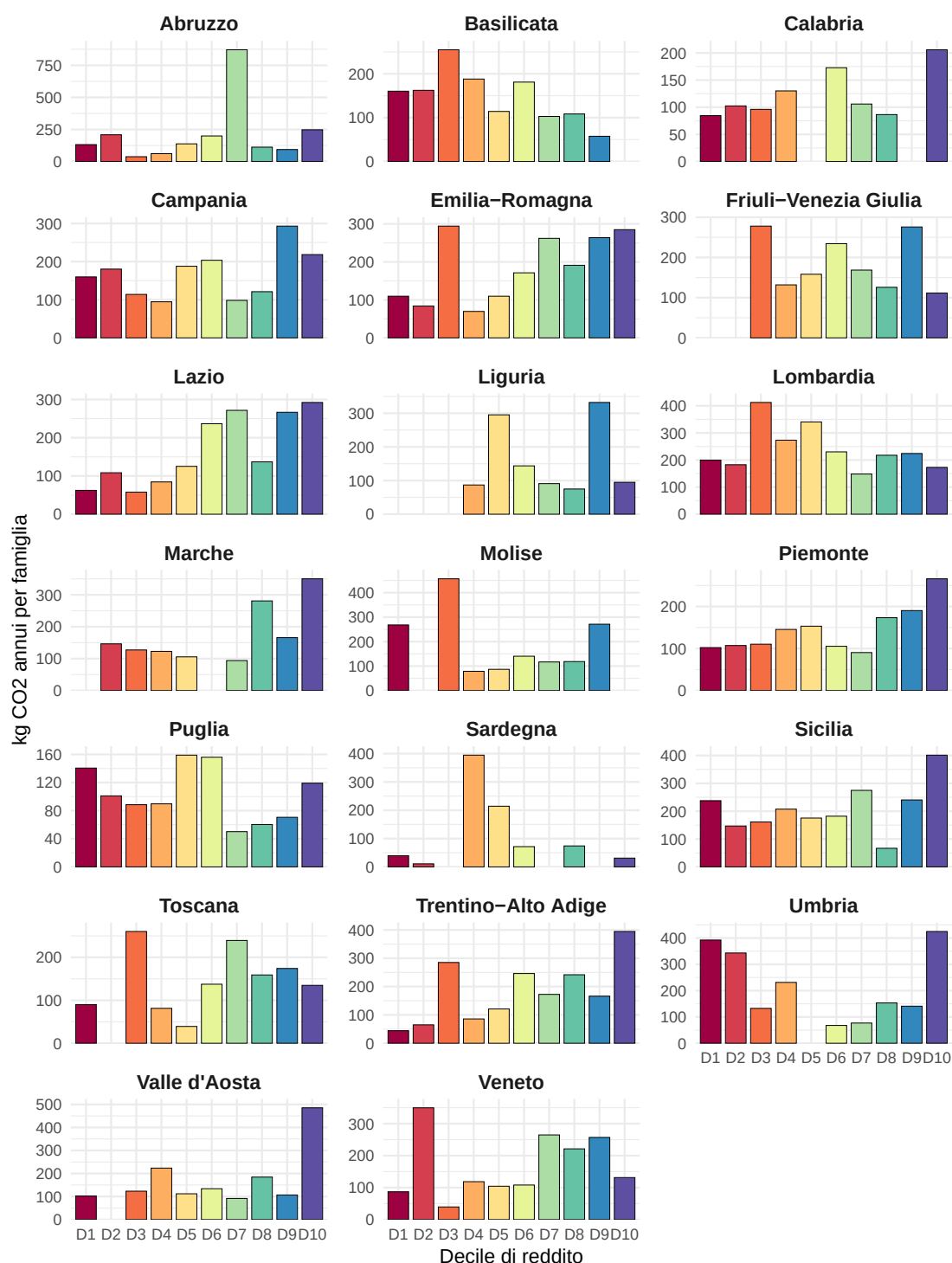


Figura 3.1: Profilo delle emissioni medie mensili da trasporto stradale per famiglia per decili di reddito. Anno di riferimento 2024.

Quota delle emissioni regionali La Figura 3.2 rappresenta, per ciascuna regione, la quota delle emissioni complessive annue di CO₂ da trasporto stradale

attribuibile ai diversi decili di reddito nel 2024. Per costruzione, le quote dei dieci decili sommano al 100% all'interno di ogni regione. L'indicatore esprime pertanto la distribuzione relativa delle emissioni regionali tra i gruppi di reddito e non il loro livello assoluto. In numerose regioni, una quota rilevante delle emissioni si concentra nei decili superiori. Il decimo decile rappresenta circa il 39% delle emissioni regionali in Abruzzo, oltre il 30% in Piemonte e nelle Marche, circa il 40% in Trentino-Alto Adige e più del 40% in Valle d'Aosta. Anche in Emilia-Romagna, Lazio e Campania il decimo decile presenta la quota più elevata, con valori rispettivamente prossimi al 27%, al 28% e al 23%. In Liguria, invece, la maggiore concentrazione si osserva nel nono decile, al quale è riconducibile oltre il 40% delle emissioni regionali, mentre il decimo decile si colloca poco sopra il 20%. Alcune regioni mostrano distribuzioni più irregolari. In Basilicata il quarto decile concentra quasi il 30% delle emissioni, mentre in Sardegna il quarto decile raggiunge circa il 40% e l'ottavo supera il 20%. In Calabria il sesto decile rappresenta circa un quarto delle emissioni regionali, seguito dal decimo decile con poco più del 20%. In Lombardia il nono decile contribuisce per circa il 25%, mentre le quote dei decili intermedi risultano comprese approssimativamente tra il 10% e il 14%. I decili inferiori assumono un peso particolarmente rilevante solo in alcune regioni. In Molise il primo decile rappresenta circa il 25% delle emissioni regionali, mentre in Umbria i primi due decili contribuiscono ciascuno per una quota compresa indicativamente tra il 15% e il 20%. Nel complesso, questi risultati sono coerenti con la letteratura internazionale, che documenta una marcata concentrazione delle emissioni legate alla mobilità in una quota relativamente limitata della popolazione. Con riferimento agli spostamenti personali non lavorativi nel Regno Unito, Brand e Preston (2010) mostrano, ad esempio, che il 20% degli individui con le emissioni più elevate genera circa il 61% delle emissioni complessive.

Emissioni complessive del gruppo La Figura 3.3 riporta le emissioni complessive annue di CO₂ da trasporto stradale associate a ciascun gruppo regione-decile, espresse in tonnellate nel 2024. Le emissioni complessive risultano particolarmente elevate nelle regioni più popolate. In Lombardia il nono decile supera approssimativamente le 7.000 tonnellate annue, mentre il decimo si colloca intorno alle 3.000 tonnellate. Nel Lazio il decimo decile raggiunge quasi 5.000 tonnellate, seguito dal nono con oltre 3.000 tonnellate. In Campania ed Emilia-Romagna il decimo decile rappresenta il gruppo con le emissioni più elevate, con valori prossimi rispettivamente a 3.500 e 3.300 tonnellate annue. Anche in Piemonte e Trentino-Alto Adige il decimo decile presenta un contributo consistente, pari rispettivamente a circa 2.000 e 1.300 tonnellate. In Abruzzo e Marche il decimo decile si colloca intorno a 900–1.000 tonnellate, mentre in Liguria il massimo è osservato nel nono decile, con circa 1.300 tonnellate. In Veneto le emissioni più elevate si concentrano nei decili medio-alti: il nono decile supera le 3.000 tonnellate, mentre il settimo e l'ottavo si collocano tra circa 2.500 e 2.900 tonnellate. In altre regioni la distribuzione è meno regolare. In Calabria il sesto decile supera le 1.300 tonnellate e risulta più elevato del decimo, che si attesta poco sopra le 1.000 tonnellate. In Basilicata il

valore massimo si osserva nel quarto decile, con circa 500 tonnellate, mentre in Sardegna il quarto decile supera le 800 tonnellate e l'ottavo si colloca intorno a 400 tonnellate. In Sicilia il quarto decile supera le 3.000 tonnellate, mentre anche il primo e il nono decile presentano valori elevati, rispettivamente prossimi a 2.500 e 2.000 tonnellate. Le regioni di dimensioni minori mostrano livelli assoluti più contenuti. In Valle d'Aosta il massimo, osservato nel decimo decile, è prossimo a 160 tonnellate, mentre in Molise il primo decile raggiunge circa 125 tonnellate.

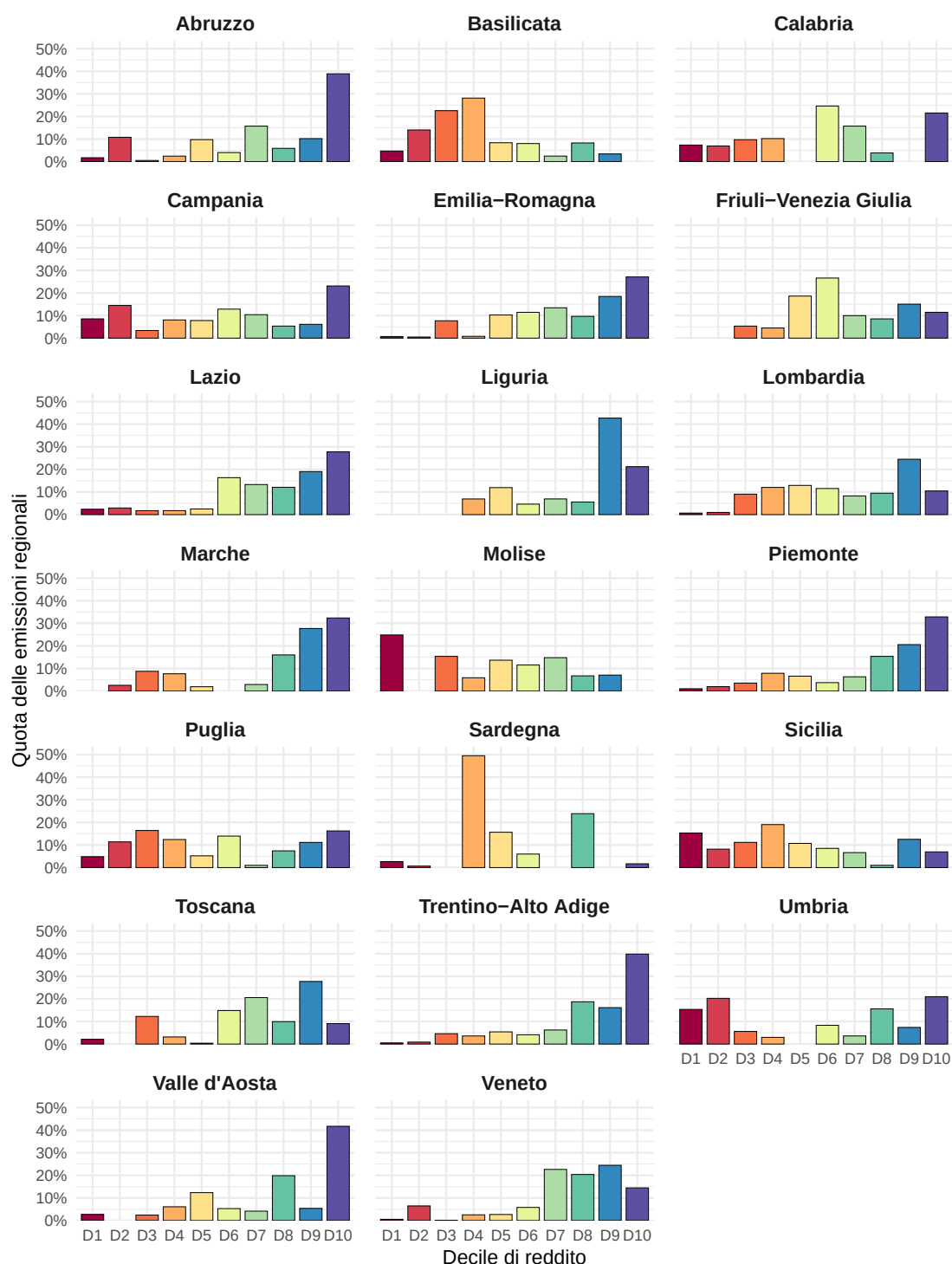


Figura 3.2: Quota delle emissioni complessive regionali di CO₂ da trasporto stradale attribuibile ai diversi decili di reddito. Anno di riferimento 2024.

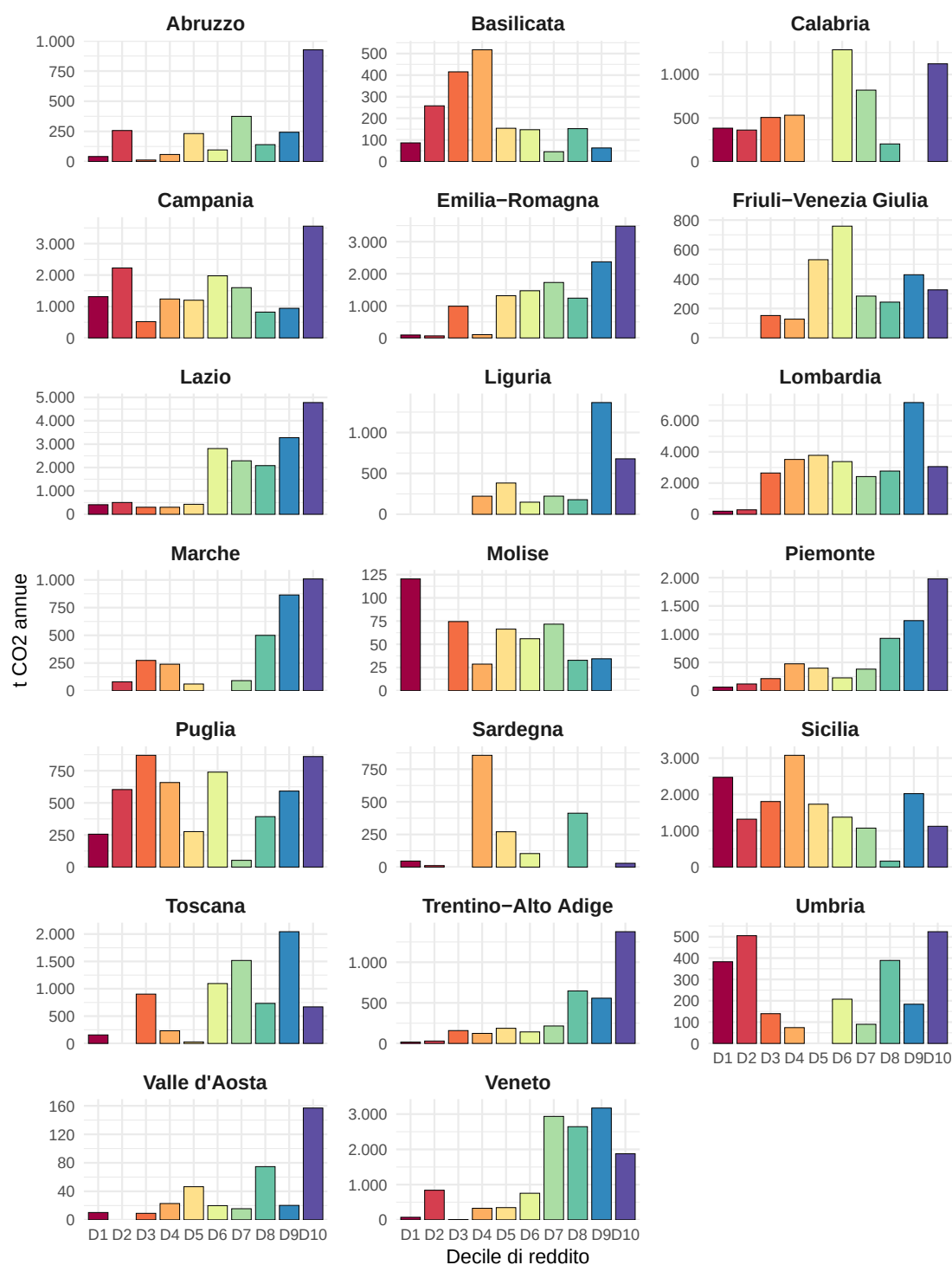


Figura 3.3: Emissioni complessive annue di CO₂ da trasporto stradale associate a ciascun gruppo regione–decile. Anno di riferimento 2024.

Stima a livello comunale La Figura 3.4 mostra una stima delle emissioni di CO₂ media a livello comunale (kg) mediante la procedura di disaggregazione dasimetrica basata su covariate fiscali comunali, introdotta nel Capitolo 2.

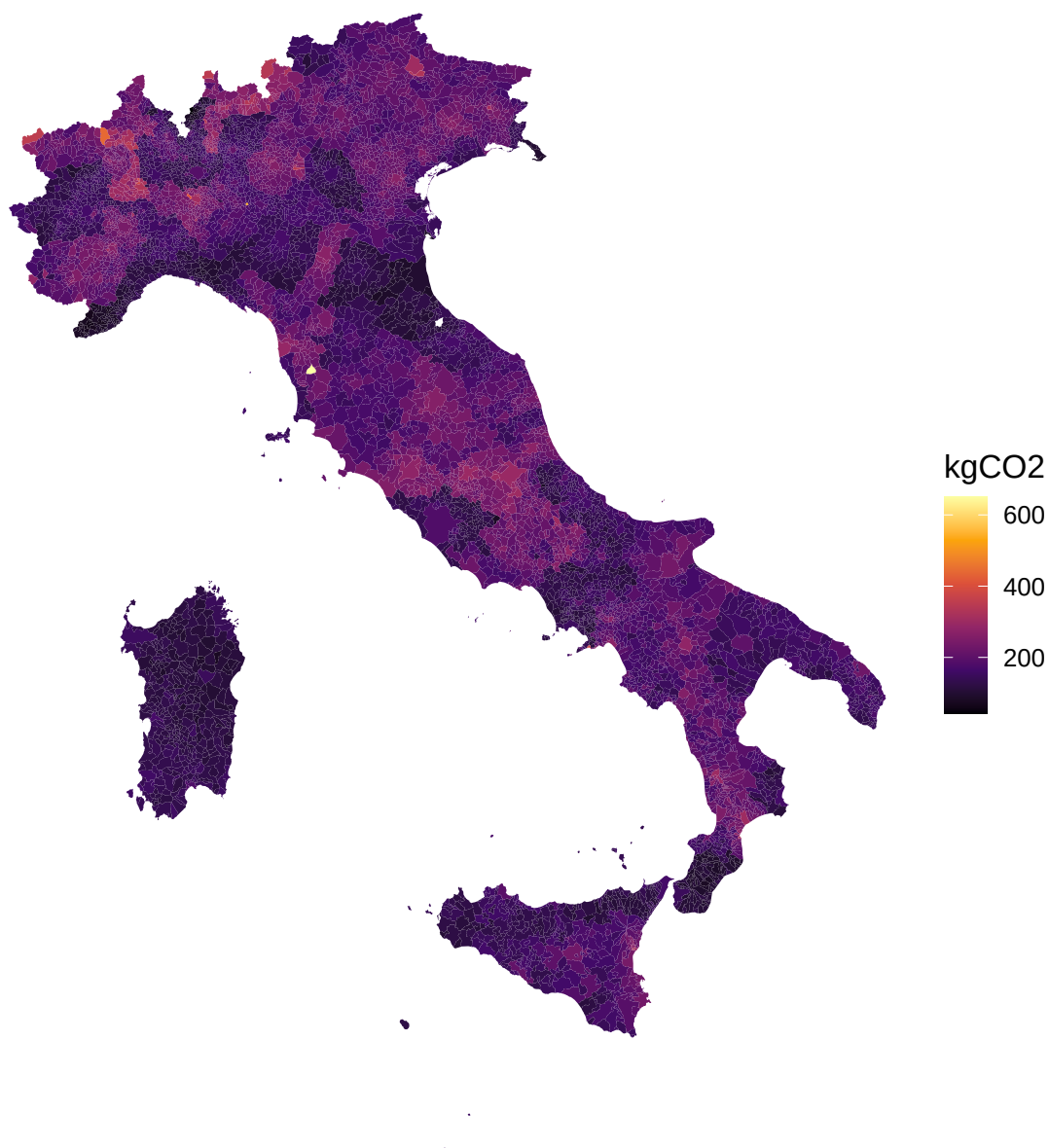


Figura 3.4: CO₂ media stimata a livello comunale in kg. Anno di riferimento 2024.

Domanda di ricerca

In che modo i profili delle emissioni differiscono tra le aree urbane, periurbane e rurali per ciascun decile di reddito?

Le emissioni introdotte nel paragrafo precedente, possono essere aggregate anche per tipologia comunale. La Figura 3.5 mostra la composizione delle emissioni di CO₂ da trasporto stradale per regione, decile di reddito e tipologia comunale. La quota prevalente delle emissioni proviene dai comuni con meno di 50,000 residenti. Questo andamento è particolarmente evidente in Molise e Valle d'Aosta, dove la componente dei comuni più piccoli rappresenta la totalità delle emissioni in tutti i decili di reddito. Una prevalenza marcata dei comuni sotto i 50,000 residenti si osserva anche in regioni come Abruzzo, Basilicata, Calabria, Marche, Umbria, Trentino-Alto Adige e Sardegna.

Nelle regioni caratterizzate dalla presenza di grandi poli urbani come Lazio, Campania, Sicilia, Piemonte, Veneto ed Emilia-Romagna la composizione risulta più articolata. In alcune di queste regioni, tale contributo tende a essere più rilevante nei decili medio-alti e alti, suggerendo che una parte consistente delle emissioni associate alle famiglie con maggiore reddito provenga dai contesti metropolitani. Le aree metropolitane o i comuni con più di 50,000 residenti assumono un ruolo importante in diverse regioni del Nord e del Centro come Lombardia, Toscana, Emilia-Romagna, Veneto e Piemonte.

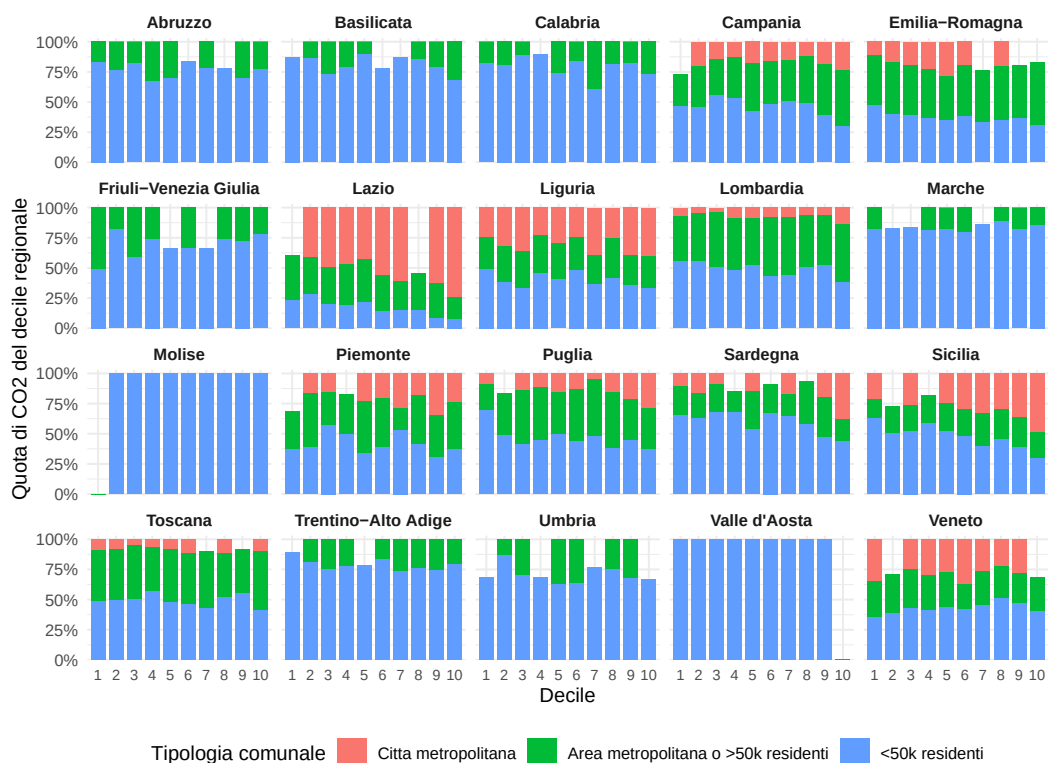


Figura 3.5: Composizione delle emissioni di CO₂ da trasporto stradale per regione, decile di reddito e tipologia comunale. Anno di riferimento 2024.

Emissioni da inquinanti locali

Evidenze a livello comunale

Un altro possibile approccio per guardare ai profili di emissione da trasporto stradale è quello di fare riferimento alle normative antinquinamento dell’Unione Europea. In particolare, i dati sul parco veicolare circolante diffusi ogni anno dall’Automobile Club d’Italia (ACI) consentono di conoscere il numero di veicoli costruiti secondo i criteri di ciascuna delle normative che si sono susseguite per comune di residenza dei possessori

Al momento presente, i dati più aggiornati sono quelli che si riferiscono all’anno solare 2024 che distinguono i veicoli, in ordine decrescente di inquinanti emessi, da Euro 0 a Euro 6E. Dunque, l’analisi statistica è stata svolta considerando la quota di veicoli afferenti a ogni normativa per comune. I profili di emissione sono stati delineati in relazione a:

- reddito medio, calcolato a partire dai dati diffusi dal Ministero dell’Economia e delle Finanze (MEF) con riferimento all’anno fiscale 2024.
- grado di urbanizzazione dei comuni secondo la classificazione Eurostat (categorie: urbano, suburbano e rurale);

Con riferimento ai dati sul reddito, un primo tentativo di comprenderne l’impatto sui profili di inquinamento è stato svolto attraverso un’analisi di correlazione (coefficiente di Pearson) tra la quota di veicoli per ogni categoria normativa e il reddito medio a livello comunale. I coefficienti ottenuti sono mostrati nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1: Coefficienti di correlazione di Pearson (ρ) calcolati tra quota di veicoli afferenti a ogni normativa antinquinamento UE e reddito medio, a livello comunale.

	ρ
EURO 0	−0,575
EURO 1	−0,614
EURO 2	−0,727
EURO 3	−0,570
EURO 4	−0,566
EURO 5	0,471
EURO 5B	0,089
EURO 6	0,774
EURO 6A	0,051
EURO 6B	0,447
EURO 6C	0,325
EURO 6D	0,180
EURO 6E	0,147

L'analisi di correlazione presentata evidenzia come ci sia una netta distinzione tra i coefficienti che riferiscono alle percentuali di veicoli fino a EURO 4 e quelle da EURO 5 in avanti: i primi sono tutti negativi, mentre i secondi sono tutti positivi. Inoltre, a parte alcune eccezioni di categorie per le quali i veicoli circolanti sono pochi dal punto di vista numerico, i valori assoluti dei coefficienti sono tutti più vicini a 1 che a 0, evidenziando legami di correlazione piuttosto intensi. Si segnalano, da un lato, il coefficiente di correlazione tra il reddito medio e la quota di veicoli EURO 6 (0,774) e, dall'altro, tra il reddito medio e la quota di veicoli EURO 2 ($-0,717$).

In aggiunta, la variabile relativa al reddito medio comunale è stata suddivisa in decili. La Figura 3.6 mostra la distribuzione delle quote di veicoli circolanti per ogni classe normativa condizionata al decile di reddito, attraverso la rappresentazione di box-plot.

Coerentemente con l'analisi di correlazione, emerge in maniera abbastanza evidente come nei grafici da EURO 0 a EURO 4 la percentuale di veicoli circolanti tenda a decrescere con l'aumentare del reddito, mentre nei grafici EURO 5, EURO 6 ed EURO 6B si osserva la tendenza opposta.

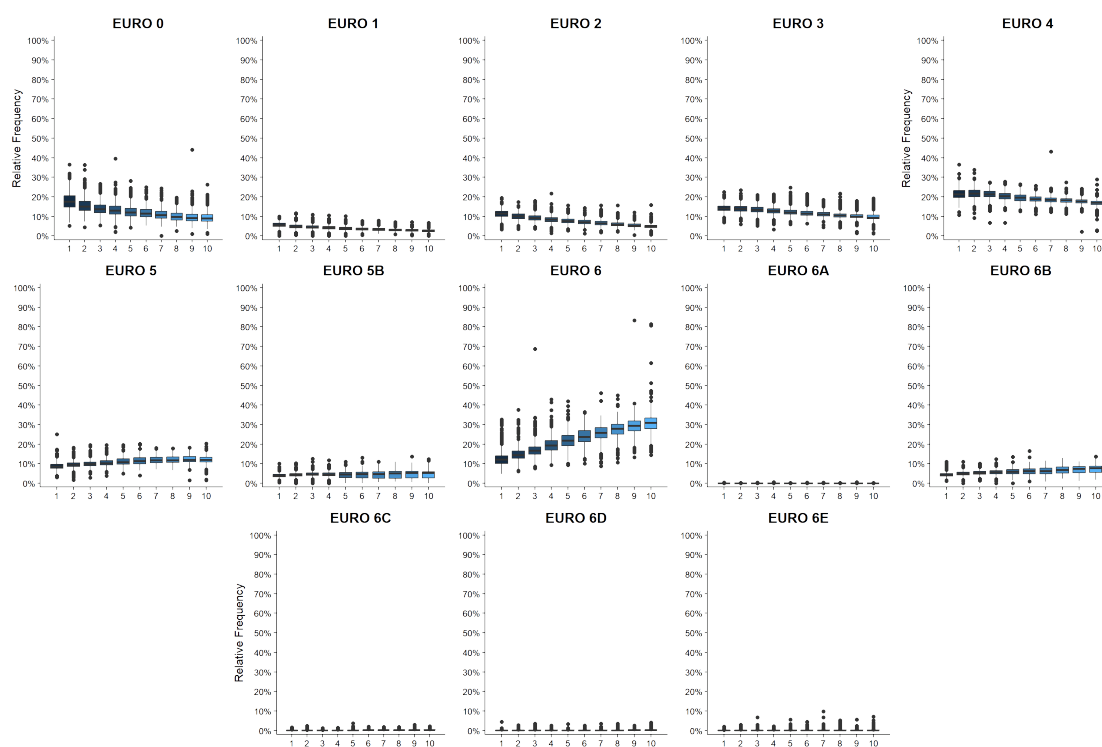


Figura 3.6: Box-and-whiskers plot della quota di veicoli circolanti, a livello comunale, per ogni classe normativa antinquinamento UE, condizionati ai decili di reddito.

L'altro aspetto di interesse nella caratterizzazione dei profili di emissione è quello relativo al grado di urbanizzazione. La distribuzione delle quote di veicoli circolanti per ogni categoria normativa è stata analizzata condizionatamente alle tre categorie

provenienti dalla classificazione adottata da EUROSTAT. Lo strumento grafico utilizzato, anche in questo caso, è il box-plot.

Come mostrato nella Figura 3.7, sembra evidente un pattern simile, ma meno marcato, a quello visto per i decili di reddito. La quota di veicoli circolanti da EURO 0 a EURO 4 sembra crescere al diminuire del grado di urbanizzazione, mentre per i veicoli circolanti EURO 6 sembra essere vero il contrario. In questo caso, meno chiari risultano i trend associati ai veicoli EURO 5 ed EURO 6B.

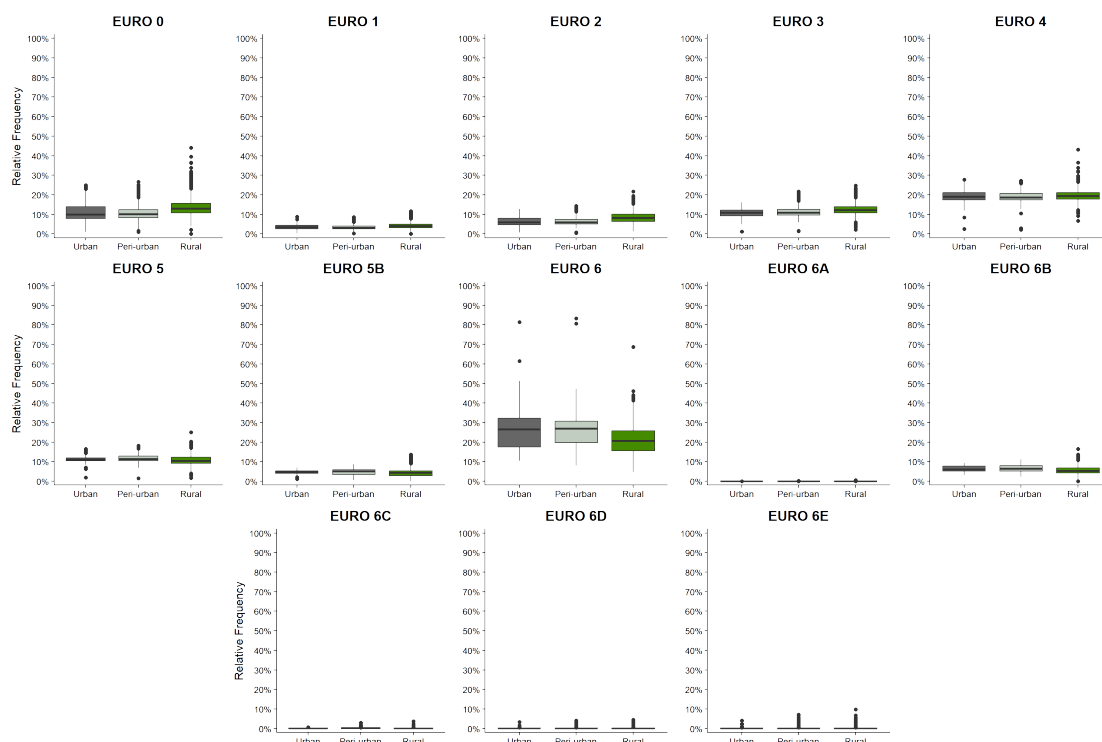


Figura 3.7: Box-and-whiskers plot della quota di veicoli circolanti, a livello comunale, per ogni classe normativa antinquinamento UE, condizionati al grado di urbanizzazione.

Evidenze a livello provinciale

L'approccio alla misurazione delle emissioni basato sul fattore emissivo, descritto nella prima sezione, è alla base di una delle fonti di dati sulle emissioni più dettagliate disponibili in Italia: l'Inventario Nazionale delle emissioni in atmosfera, a cura dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Attraverso l'utilizzo di una metodologia top-down, ISPRA fornisce con cadenza quadriennale le stime delle emissioni a livello provinciale, distinguendo per macrosettori di inquinamento (ISPRA, 2026). In totale, vengono considerati 11 macrosettori ma, per gli scopi del presente documento, l'attenzione è stata focalizzata sul macrosette 07 – Trasporti stradali.

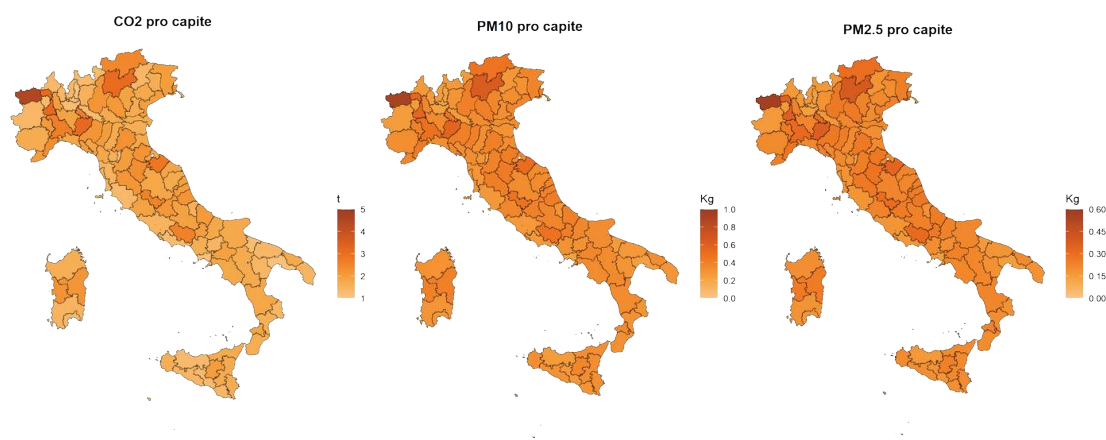


Figura 3.8: Cartogrammi delle province italiane raffiguranti la distribuzione sul territorio delle emissioni pro-capite da trasporti di CO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$ (elaborazioni di dati ISPRA).

La Figura 3.8 mostra la distribuzione per provincia delle emissioni pro capite imputate al trasporto stradale di tre specifici inquinanti: l'anidride carbonica (CO_2), il particolato atmosferico con dimensioni minori di $10\mu\text{m}$ (PM_{10}) e il particolato atmosferico con dimensioni minori di $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$). I dati si riferiscono all'anno 2023. Le tre mappe mostrano pattern spaziali sostanzialmente identici con livelli massimi di emissioni nelle province di Aosta, Vercelli, Piacenza, Trento e Pesaro-Urbino, mentre i livelli minimi sono localizzati nelle province di Lecco, Taranto, Prato, Monza-Brianza e Napoli. Le tre distribuzioni non suggeriscono la presenza di una chiara struttura spaziale; tale supposizione è stata verificata attraverso il calcolo dell'Indice di Autocorrelazione Globale di Moran, che non è risultato statisticamente diverso da zero per nessuna delle tre variabili.

Con l'obiettivo di esplorare le determinanti dei livelli di emissione da trasporto stradale appena descritti, sono stati integrati nell'analisi i dati sul parco veicolare forniti dall'ACI e i dati sulle dichiarazioni dei redditi forniti dal MEF.

Con riferimento ai dati ACI, una prima caratteristica dei veicoli che è stata presa in considerazione per spiegare i diversi livelli di emissioni osservati è la cilindrata del motore. Sempre con dettaglio provinciale, è stato studiato il legame di correlazione esistente tra la quota di veicoli circolanti in diverse fasce di cilindrata e il livello di emissioni pro-capite di CO_2 , PM_{10} e $\text{PM}_{2.5}$. Tuttavia, siccome le tre variabili sono quasi perfettamente correlate, di seguito verranno presentati solamente i risultati relativi alle emissioni di $\text{PM}_{2.5}$ ma considerazioni pressoché identiche sono estendibili alle altre due sostanze inquinanti.

La Tabella 3.2 mostra i coefficienti di correlazione di Pearson tra ogni fascia di cilindrata (righe) e i livelli di emissione di $\text{PM}_{2.5}$; le diverse colonne rappresentano, rispettivamente, tutti gli autoveicoli, gli autoveicoli a benzina e gli autoveicoli a

gasolio. Non si riportano le altre tipologie di alimentazione perché ACI le aggrega, per questo specifico data set, in un'unica estremamente eterogenea categoria residuale. Quando vengono considerate tutti gli autoveicoli senza distinguere per alimentazione, emerge una netta differenza in corrispondenza della soglia di 1 800 cm³: tutti i coefficienti che si riferiscono a fasce inferiori sono negativi, mentre gli altri sono positivi (a parte quello relativo agli autoveicoli a cilindrata superiore a 3 000 cm³, che è pressoché nullo). Questa evidenza suggerisce che la presenza di autoveicoli con cilindrata maggiori si associa a maggiori livelli di inquinamento. Il quadro muta, solo parzialmente, quando si distingue per tipo di alimentazione: per quanto riguarda gli autoveicoli a benzina, si osserva un trend simile ma con un valore soglia più basso (1 200 cm³); con riferimento ai veicoli a gasolio, invece, la differenza principale rispetto all'insieme aggregato sta nei coefficienti negativi e piuttosto piccoli in valore assoluto che si osservano per le fasce di cilindrata più alte (da 2 500 cm³ in su).

Tabella 3.2: Correlazione tra autoveicoli circolanti per fasce di cilindrata ed emissioni di PM_{2.5} a livello provinciale.

Cilindrata (cm ³)	Autoveicoli		
	Tutti	Benzina	Gasolio
Fino a 800	-0,221	-0,130	-0,223
801-1200	-0,118	-0,130	-0,121
1201-1600	-0,096	0,117	-0,075
1601-1800	-0,354	0,151	-0,467
1801-2000	0,221	0,194	0,130
2001-2500	0,433	0,226	0,312
2501-3000	0,118	0,252	-0,055
Oltre 3000	-0,018	0,091	-0,072

In generale, il tipo di alimentazione degli autoveicoli rappresenta una determinante importante delle emissioni prodotte dai veicoli. A livello provinciale, risulta quindi interessante analizzare se la composizione del parco circolante per tipologia di alimentazione sia associata ai livelli di emissione di PM_{2.5}. Con riferimento agli autoveicoli circolanti sul territorio italiano, le alimentazioni più diffuse sono benzina (42,7%) e gasolio (39,8%), seguite con ampio distacco da benzina e gas liquido (7,6%) e ibrido benzina (6,1%); tutte le altre alimentazioni rappresentano quote residuali del parco circolante.

Le informazioni precedenti sono riassunte nella Tabella 3.3, che riporta, per ciascun tipo di alimentazione, la correlazione (ρ) tra la quota di autoveicoli nel parco circolante provinciale e i livelli di emissione di PM_{2.5}. Le tipologie di alimentazione sono ordinate in senso decrescente rispetto alla loro quota nel parco circolante nazionale.

Un risultato che può apparire sorprendente è la correlazione positiva osservata per i veicoli elettrici. È importante ricordare che la normativa comunitaria antinquin-

Tabella 3.3: Tipi di alimentazione degli autoveicoli, frequenza sul totale e correlazione con i livelli di emissione di $PM_{2.5}$ a livello provinciale.

Alimentazione	Frequenza	ρ
Benzina	42,7%	-0,332
Gasolio	39,8%	0,053
Benzina e Gas liquido	7,6%	0,025
Ibrido Benzina	6,1%	0,392
Benzina e Metano	1,8%	0,110
Ibrido Gasolio	0,9%	0,287
Elettricità	0,7%	0,376
Metano	0,4%	0,132
Altre	0,0%	0,178
Ibrido Benzina Gas Liquido	0,0%	-0,061
Gasolio e Gas	0,0%	-0,109
Ibrido Benzina Metano	0,0%	0,071

namento (classi EURO) regola le emissioni di particolato dei veicoli in termini di massa totale (PM) e numero di particelle (PN), mentre $PM_{2.5}$ è una misura di concentrazione ambientale. Le due grandezze non sono direttamente confrontabili, e la correlazione osservata non deve essere interpretata in termini causali.

Inoltre, gli autoveicoli elettrici rappresentano una quota estremamente ridotta del parco circolante nazionale (0,7%) e il loro contributo diretto alle emissioni aggregate risulta trascurabile. La correlazione positiva riflette verosimilmente caratteristiche delle province in cui la diffusione dei veicoli elettrici è maggiore, quali un più elevato grado di urbanizzazione, livelli di reddito più alti e una maggiore intensità del traffico, piuttosto che un effetto delle autovetture elettriche sulle emissioni di $PM_{2.5}$.

In effetti, per quanto riguarda gli autoveicoli alimentati a elettricità, è più opportuno commentare proprio la bassa quota nel parco circolante in relazione a quanto avviene negli altri Paesi dell'Unione Europea. Con riferimento al 2024, l'Italia si colloca nettamente al di sotto della media UE, che pure non è così alta (2,2%). I Paesi più virtuosi sono localizzati principalmente nell'area settentrionale del continente, con picchi registrati in Danimarca (12,0%), Svezia (7,2%) e Lussemburgo (7,1%), senza considerare i due Paesi nordici che non appartengono all'UE (Norvegia, con un tasso di adozione pari al 27,3%, e Islanda, con un tasso del 12,1%). Non è positivo nemmeno il confronto con gli altri grandi Paesi dell'Unione: Germania (3,3%) e Francia (2,8%) si collocano al di sopra della media UE, mentre la Spagna ne rimane al di sotto mostrando un tasso simile ma comunque superiore (0,8%) rispetto all'Italia (fonte: Eurostat, 2026a).

Un altro risultato apparentemente inatteso riguarda la correlazione negativa osservata per la quota di autoveicoli alimentati a benzina ($\rho = -0,253$). Una possibile spiegazione risiede nella distribuzione della cilindrata di tali veicoli. Infatti, l'83,5%

degli autoveicoli a benzina appartiene a classi di cilindrata inferiori a 1 400 cm³, generalmente associate a motorizzazioni meno potenti e, conseguentemente, a livelli inferiori di emissione. Al contrario, la quota provinciale di autoveicoli a gasolio mostra una correlazione pressoché nulla con le emissioni ($\rho = 0,053$). In questo caso, circa il 69,4% dei veicoli diesel appartiene a classi di cilindrata comprese tra 1 400 e 2 000 cm³, suggerendo una distribuzione più equilibrata tra veicoli a minore e maggiore impatto emissivo.

Questa interpretazione trova riscontro nella Tabella 3.2, dalla quale emerge come, considerando l'insieme degli autoveicoli, le classi di cilindrata inferiori a 1 800 cm³ presentino coefficienti di correlazione negativi con i livelli provinciali di emissione di PM_{2,5}, mentre le classi superiori mostrano correlazioni positive. Analizzando separatamente benzina e gasolio emerge inoltre che tale relazione è più marcata per i veicoli a gasolio, mentre per quelli a benzina le correlazioni diventano positive già a partire dalla classe 1 200–1 600 cm³. Nel complesso, questi risultati suggeriscono che la cilindrata costituisca una caratteristica rilevante per interpretare la relazione tra composizione del parco circolante ed emissioni, contribuendo a spiegare alcuni dei coefficienti osservati nella Tabella 3.3.

Tabella 3.4: Normativa Euro degli autoveicoli, frequenza sul totale e correlazione con i livelli di emissione di PM_{2,5} a livello provinciale.

Normativa	Frequenza	ρ
Euro 0	8,5%	-0,242
Euro 1	1,9%	-0,219
Euro 2	5,5%	-0,202
Euro 3	8,1%	-0,306
Euro 4	20,8%	-0,434
Euro 5	10,9%	-0,316
Euro 5B	5,0%	-0,093
Euro 6	31,9%	0,412
Euro 6A	0,0%	0,073
Euro 6B	7,2%	0,005
Euro 6C	0,2%	0,117
Euro 6D	0,0%	0,379
Euro 6E	0,0%	0,236

L'analisi della relazione tra normativa ambientale dei veicoli e livelli provinciali di emissione di PM_{2,5} evidenzia, come in precedenza, un andamento apparentemente controintuitivo (Tabella 3.4). Le categorie corrispondenti alle normative più datate presentano infatti coefficienti di correlazione prevalentemente negativi, mentre le classi più recenti, in particolare Euro 6, mostrano valori positivi. Tale risultato, però, va letto in relazione a quanto discusso con riferimento alla Tabella 3.3: gli standard europei si basano sulla massa totale e sul numero di particelle di particolato emesse rendendo, dunque, complicato il confronto diretto con le misure

di concentrazione come $PM_{2.5}$. Perciò, quanto riportato nella Tabella 3.4 non implica che i veicoli più moderni siano caratterizzati da emissioni superiori rispetto ai veicoli più vecchi. Al contrario, riflette la diversa distribuzione territoriale del parco circolante.

Le province caratterizzate da livelli economici più elevati presentano infatti una maggiore capacità di rinnovo del parco veicolare e, conseguentemente, una quota più elevata di autoveicoli appartenenti alle classi ambientali più recenti. Allo stesso tempo, tali territori sono generalmente caratterizzati da una maggiore intensità della mobilità, maggiori percorrenze complessive e livelli più elevati di traffico. La correlazione positiva tra veicoli Euro 6 ed emissioni di $PM_{2.5}$ deve quindi essere interpretata come il risultato della presenza di caratteristiche territoriali associate sia a un parco veicolare più moderno sia a maggiori livelli complessivi di emissione.

Tabella 3.5: Correlazione tra autoveicoli circolanti per anno di immatricolazione ed emissioni di CO_2 a livello provinciale.

Anno immatricolazione	Autoveicoli		
	Tutti	Benzina	Gasolio
Fino al 2008	-0,261	-0,172	-0,267
2009-2011	-0,460	-0,217	-0,435
2012-2014	-0,305	-0,177	-0,284
2015-2016	-0,203	-0,111	-0,201
2017-2018	-0,077	-0,020	-0,058
2019-2020	0,215	0,280	0,400
2021-2022	0,569	0,485	0,623
2023-2024	0,351	0,410	0,406

Un'interpretazione analoga emerge considerando l'anno di immatricolazione (Tabella 3.5). I veicoli immatricolati negli anni più lontani mostrano correlazioni negative con le emissioni, mentre quelli più recenti presentano valori positivi, particolarmente elevati per gli autoveicoli immatricolati nel periodo 2021–2022. Tale andamento suggerisce che l'età del veicolo agisca anche come indicatore della struttura socio-economica delle province: le aree con maggiore disponibilità economica tendono ad avere un parco circolante più recente, ma sono anche caratterizzate da una maggiore domanda di mobilità.

La Tabella 3.6 supporta questa interpretazione, mostrando una relazione positiva, seppur moderata, tra livelli di reddito più elevati ed emissioni di CO_2 . Le fasce di reddito inferiori presentano infatti coefficienti negativi, mentre le fasce medio-alte mostrano valori positivi. Infine, le fasce dai € 75 000 in su mostrano coefficienti pressoché nulli. Questo risultato suggerisce che parte delle correlazioni osservate per normativa Euro e anno di immatricolazione sia attribuibile alla diversa struttura economica dei territori: il reddito influenza infatti sia la composizione del parco veicolare sia l'intensità complessiva degli spostamenti.

Tabella 3.6: Correlazione tra classi di reddito ed emissioni di CO₂, a livello provinciale.

Reddito (€)	ρ
0-10k (%)	-0,203
10k-15k (%)	-0,169
15k-26k (%)	0,169
26k-55k (%)	0,207
55k-75k (%)	0,040
75k-120k (%)	0,005
Oltre 120k (%)	-0,002
Medio	0.119

Nel complesso, i risultati evidenziano come le caratteristiche tecniche dei veicoli (alimentazione, cilindrata, normativa ambientale ed età) siano strettamente associate ai livelli provinciali di emissione, ma tali associazioni devono essere interpretate considerando il contesto territoriale in cui il parco circolante è inserito.

Ossidi di azoto (NO_x)

In questa sezione viene indagata la relazione tra il reddito e le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) derivanti dal trasporto stradale, utilizzando i dati ISPRA sulle emissioni (Ambientenonsolo, 2026) e i dati ISTAT relativi alla popolazione e al reddito (ISTAT, 2019). In particolare, viene analizzata dapprima la relazione tra il reddito medio e le emissioni provinciali pro capite di NO_x, considerate come variabile dipendente, mediante una regressione lineare. Successivamente, la relazione viene approfondita attraverso una regressione quantile, considerando diversi quantili della distribuzione delle emissioni. Infine, viene analizzata l'associazione tra la quota di popolazione appartenente alle diverse classi di reddito e le emissioni pro capite di NO_x, mediante il coefficiente di correlazione di Spearman. La tabella 3.7 mostra le variabili impiegate per l'analisi. La Figura 3.9 mostra la distribuzione geografica delle emissioni pro-capite di NO_x derivanti dai trasporti nelle province italiane. La scala dei colori indica che le tonalità più scure corrispondono a livelli più alti di emissioni pro-capite, mentre le aree più chiare indicano livelli inferiori. Visivamente, si osserva una maggiore concentrazione di emissioni elevate in molte province del Nord Italia e in alcune zone del Centro.

Tabella 3.7: Statistiche descrittive delle variabili utilizzate nell'analisi.

Variabile	N	Missing	Media	DS	Min	Q1	Q2	Q3	Max
Reddito medio	107	0	19689	2975	14355	17214	19979	21700	28755
Popolazione	107	0	557397	608843	83154	243832	382543	602273	4253314
Emissioni di NO _x	107	0	2362	2425	335	1074	1622	2715	17569
0-10 (%)	107	0	0.240	0.061	0.160	0.190	0.217	0.295	0.379
10-15 (%)	107	0	0.115	0.022	0.081	0.097	0.111	0.134	0.173
15-26 (%)	107	0	0.282	0.025	0.231	0.263	0.283	0.298	0.352
26-55 (%)	107	0	0.308	0.054	0.190	0.259	0.320	0.353	0.392
55-75 (%)	107	0	0.025	0.009	0.011	0.017	0.025	0.031	0.053
75-120 (%)	107	0	0.019	0.006	0.007	0.014	0.019	0.023	0.041
120 (%)	107	0	0.006	0.004	0.001	0.003	0.005	0.008	0.024

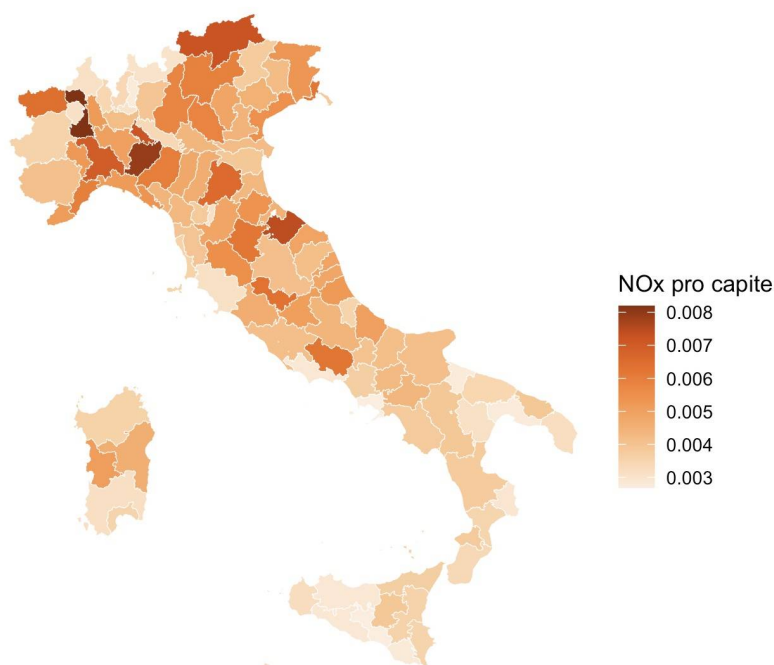


Figura 3.9: Cartogrammi delle province italiane raffiguranti la distribuzione sul territorio delle emissioni pro-capite da trasporti di NO_x

La Figura 3.10 illustra la relazione tra il reddito medio provinciale e le emissioni pro capite di NO_x da trasporto stradale. Il grafico di dispersione evidenzia una relazione positiva tra le due variabili, suggerendo che all'aumentare del reddito tendono ad aumentare anche le emissioni di NO_x. I dati mostrano una dispersione di valori con redditi compresi tra circa 14.000 e 30.000 euro, e livelli di NO_x che variano tra 0,003 e 0,008 tonnellate.

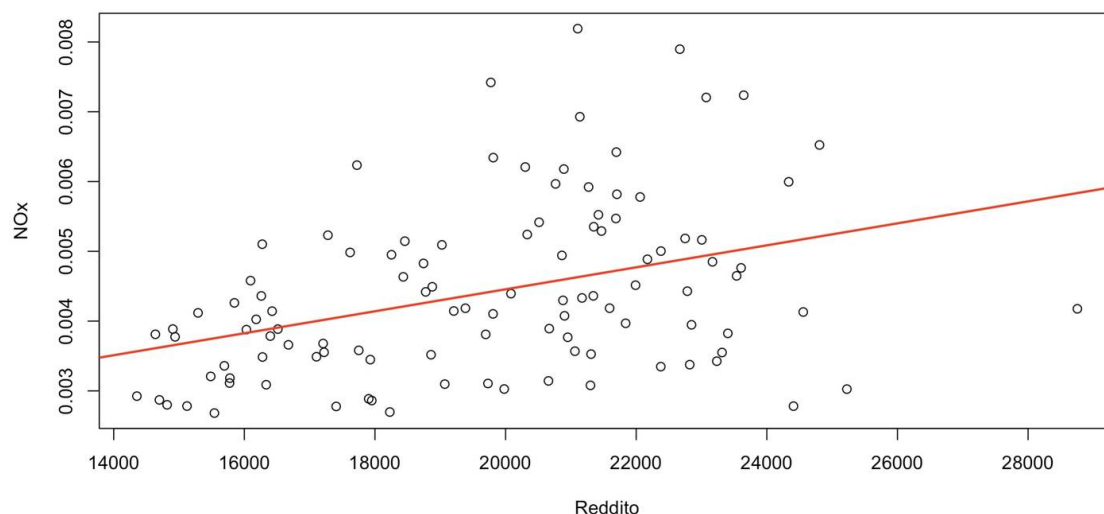


Figura 3.10: La relazione tra reddito medio e NO_x

La Figura 3.11 mostra i risultati della regressione quantile, fornendo una visione più completa rispetto a una regressione lineare. Tutte le rette stimate per i diversi quantili (τ compresi tra 0.1 e 0.9) mostrano una pendenza positiva. Le rette relative ai quantili superiori risultano sensibilmente più inclinate rispetto a quelle dei quantili inferiori. Quindi lo stesso aumento del reddito è associato a un aumento più consistente delle emissioni nelle province che si trovano nella parte alta della distribuzione delle emissioni.

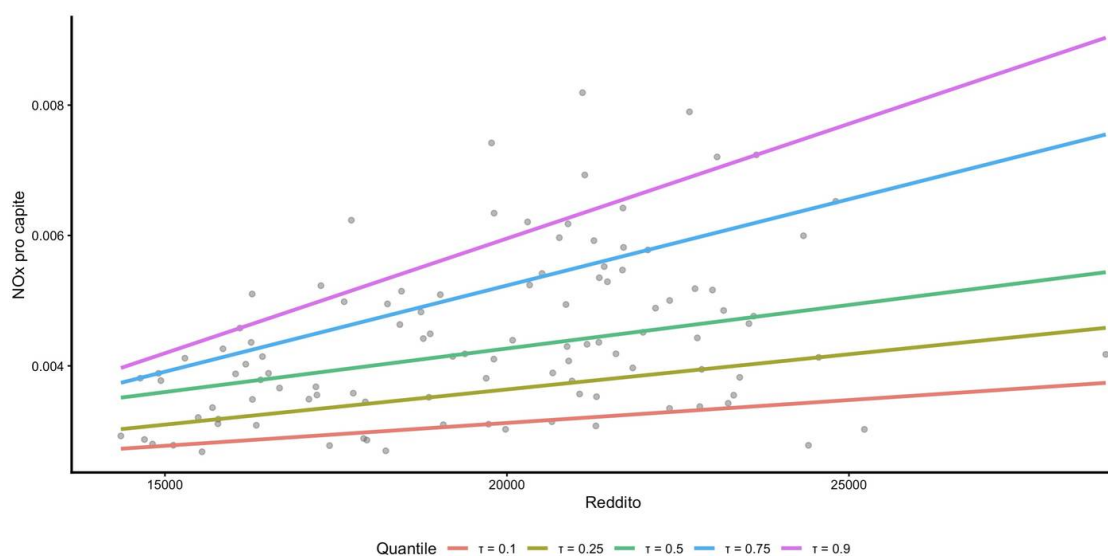


Figura 3.11: Relazione tra reddito medio e NO_x con regressione quantile

La Figura 3.12 e la Tabella 3.8 mostrano i risultati della correlazione di Spearman tra quota della popolazione in una specifica fascia di reddito e emissioni di NO_x , fornendo una visione più dettagliata rispetto al reddito medio. Le prime due fasce di reddito mostrano un'associazione negativa. Le fasce di reddito superiori hanno

un'associazione positiva con le emissioni pro capite. In particolare, è la fascia di reddito compresa tra 26.000 e 55.000 euro ad avere il coefficiente di correlazione più elevato.

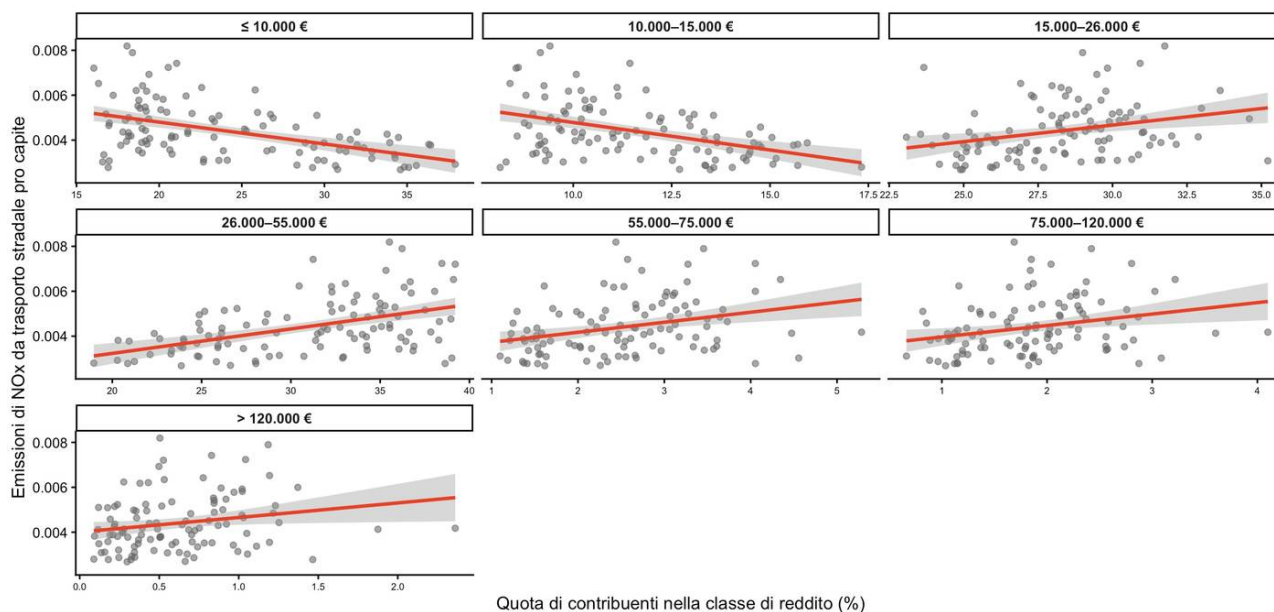


Figura 3.12: Fasce di reddito ed emissioni di NO_x da trasporto stradale

Tabella 3.8: Correlazione tra classi di reddito ed emissioni di NO_x da trasporto stradale, a livello provinciale.

Reddito (€)	ρ
0–10k (%)	-0,455
10k–15k (%)	-0,401
15k–26k (%)	0,361
26k–55k (%)	0,465
55k–75k (%)	0,354
75k–120k (%)	0,315
Oltre 120k (%)	0,257

Implicazioni di policy per la riduzione delle emissioni e una transizione equa

Le analisi mostrano che le emissioni del trasporto stradale sono distribuite in modo diseguale tra gruppi di reddito e territori e dipendono dall'interazione tra intensità della mobilità e caratteristiche del parco veicolare. Ne consegue che le politiche di decarbonizzazione non dovrebbero essere uniformi, ma differenziate in base al contributo emissivo, alla capacità economica e al contesto territoriale.

- **Commisurare oneri e sostegni alla capacità economica e al contributo emissivo.** La concentrazione delle emissioni di CO₂ nei decili medio-alti indica che gli strumenti fiscali, regolatori e di disincentivo devono incidere soprattutto sui veicoli e sui comportamenti a maggiore impatto emissivo. Gli incentivi economici e le misure di accompagnamento devono invece essere destinati prioritariamente alle famiglie con minore capacità economica e ai territori maggiormente dipendenti dall'automobile, dove il ricambio del parco veicolare è più lento. In questo modo, chi contribuisce maggiormente alle emissioni è chiamato a sostenere una quota maggiore dello sforzo di riduzione, senza trasferire i costi della transizione sui gruppi più vulnerabili.
- **Non limitare le politiche alle grandi aree urbane.** Nei comuni piccoli e intermedi, la maggiore dipendenza dall'automobile e la minore disponibilità di alternative rendono necessarie misure diverse da quelle adottate nelle grandi aree urbane. Gli interventi dovrebbero quindi combinare la decarbonizzazione del parco veicolare con il rafforzamento del trasporto pubblico, dei servizi a chiamata e delle soluzioni di mobilità condivisa.
- **Scegliere gli indicatori in funzione dell'obiettivo ambientale.** La classe Euro e l'anno di immatricolazione costituiscono criteri pertinenti per le politiche volte a ridurre gli inquinanti atmosferici locali, come NO_x e particolato, soprattutto nelle aree caratterizzate da maggiore concentrazione ed esposizione della popolazione. Non rappresentano invece indicatori adeguati delle emissioni di CO₂. Le politiche di decarbonizzazione dovrebbero considerare l'alimentazione, le emissioni di CO₂ e i consumi del veicolo, nonché l'intensità di utilizzo. Promuovere il ricambio sulla sola base dell'età o della classe Euro potrebbe infatti favorire la sostituzione con veicoli più recenti, ma ancora alimentati da combustibili fossili e caratterizzati da elevate emissioni di CO₂, senza garantire una riduzione dell'impatto climatico complessivo.
- **Accelerare il superamento dei combustibili fossili.** La netta prevalenza di benzina e gasolio e la quota ancora marginale dei veicoli elettrici evidenziano la lentezza della transizione tecnologica. Il rinnovo del parco dovrebbe pertanto contribuire a una riduzione effettiva dell'impiego di combustibili fossili, evitando che la semplice sostituzione dei veicoli più datati lasci sostanzialmente invariata la struttura emissiva del trasporto stradale.
- **Distinguere tra decarbonizzazione e qualità dell'aria.** La CO₂ richiede politiche orientate alla riduzione delle emissioni complessive, mentre NO_x e particolato richiedono interventi mirati nelle aree con maggiore concentrazione ed esposizione della popolazione. L'assenza di una struttura spaziale globale statisticamente significativa suggerisce di evitare una programmazione fondata soltanto sulle macroaree e di individuare le priorità a scala provinciale e locale.

- **Rafforzare il monitoraggio territoriale.** Le relazioni osservate tra reddito, composizione del parco ed emissioni sono associazioni statistiche e non dimostrano, da sole, rapporti causali. È quindi necessario integrare i dati disponibili con informazioni su percorrenze, consumi e utilizzo effettivo dei veicoli, così da valutare nel tempo gli effetti ambientali e distributivi delle politiche adottate.

Nel complesso, i risultati indicano che una decarbonizzazione equa non può fondarsi sul solo rinnovo del parco veicolare. Deve ridurre le emissioni effettive e la dipendenza dai combustibili fossili, differenziando gli interventi in funzione delle condizioni economiche delle famiglie e delle caratteristiche dei territori.

Capitolo 4

Tipologia e distribuzione dei veicoli

Highlights

- La diffusione dei veicoli elettrici è fortemente diseguale sul territorio italiano: pressoché assente nei comuni a basso reddito, cresce in modo marcato al crescere della capacità economica, fino a raggiungere 7,76 veicoli elettrici per 1.000 abitanti nei decili di reddito più elevati, oltre cinque volte il valore osservato nei gruppi economicamente più fragili.
- Il tasso di motorizzazione complessivo delle famiglie aumenta in modo monotono con la spesa: nel primo decile circa il 60% dei nuclei non possiede alcun veicolo, quota che scende sotto il 3% nel decimo decile.
- L'accesso al mercato automobilistico per le famiglie a bassa capacità di spesa avviene quasi esclusivamente attraverso il segmento dell'usato; l'acquisto di veicoli nuovi diventa rilevante solo nei decili più alti, superando il 15% nel decimo decile.
- Il Bonus Trasporti (2022-2023) ha ridotto la povertà dei trasporti tra i decili più bassi, ma resta una misura parziale poiché avvantaggia soprattutto i residenti nelle aree urbane già servite dal trasporto pubblico locale.
- Gli incentivi PNRR per l'acquisto di veicoli elettrici hanno accelerato le immatricolazioni BEV nella prima metà del 2026, ma la loro natura temporanea solleva interrogativi sulla sostenibilità di una transizione equa senza un sostegno strutturale e meglio distribuito territorialmente.

Il presente capitolo analizza la composizione e la distribuzione del parco veicolare italiano, con particolare attenzione alle disuguaglianze economiche e territoriali che caratterizzano la transizione verso una mobilità a zero emissioni. L'obiettivo è comprendere in quale misura il reddito familiare, la capacità di spesa e il luogo di residenza influenzino la disponibilità dei veicoli, l'adozione delle tecnologie elettriche e le scelte di acquisto tra mezzi nuovi e usati.

L'analisi prende avvio dalla distribuzione geografica dei veicoli elettrici a livello regionale, provinciale e comunale. Questa prospettiva consente di individuare le differenze tra il Centro-Nord e il Mezzogiorno, nonché il ruolo esercitato dalla disponibilità delle infrastrutture di ricarica, dalle caratteristiche dei mercati locali e dai livelli medi di reddito. Successivamente, il capitolo esamina la relazione tra condizione economica e diffusione della mobilità elettrica, verificando come l'adozione di tali tecnologie rimanga maggiormente concentrata nelle aree e nei gruppi sociali più avvantaggiati.

Una seconda dimensione riguarda il possesso di autovetture lungo la distribuzione della spesa familiare. In un Paese caratterizzato da un elevato tasso di motorizzazione, il numero di veicoli disponibili per nucleo familiare varia sensibilmente tra i diversi decili. Analoghe disuguaglianze emergono nella scelta tra veicoli nuovi e usati: le famiglie con minore capacità di spesa accedono prevalentemente al mercato secondario, mentre gli acquisti di mezzi nuovi risultano concentrati nelle fasce economicamente più elevate. Tale segmentazione può rallentare il ricambio tecnologico del parco veicolare e limitare l'accesso alle soluzioni a zero emissioni. Il capitolo valuta inoltre gli effetti distributivi delle agevolazioni per la mobilità, considerando sia il sostegno al trasporto pubblico sia gli incentivi destinati ai veicoli elettrici. Le evidenze raccolte mostrano che l'efficacia ambientale delle politiche deve essere accompagnata da un'attenta valutazione della loro accessibilità economica e territoriale. Su questa base vengono formulate implicazioni di policy orientate esclusivamente a soluzioni prive di combustibili fossili, tra cui l'elettrificazione del trasporto collettivo, lo sviluppo di un mercato dell'usato elettrico, il riequilibrio territoriale delle infrastrutture di ricarica, la mobilità attiva e la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Veicoli elettrici in Italia: geografia della transizione

Domanda di ricerca

Qual è la distribuzione geografica dei veicoli elettrici?

La transizione verso la mobilità elettrica costituisce uno dei principali assi delle attuali politiche ambientali ed energetiche. La sua diffusione sul territorio nazionale, tuttavia, è disomogenea e riflette rilevanti disparità socioeconomiche e territoriali. La presente sezione analizza la distribuzione geografica dei veicoli elettrici (EV) in Italia. L'analisi si basa sui dati ufficiali del Pubblico Registro Automobilistico (PRA), gestito dall'Automobile Club d'Italia (ACI), aggiornati al 31 dicembre 2024 e consolidati nell'Annuario statistico ACI 2025. Tale fonte amministrativa consente di ricostruire con precisione la consistenza del parco veicolare nazionale.

Variabili chiave

- **Numero di veicoli elettrici per regione, provincia e comune.**

• **Popolazione residente per regione, provincia e comune.**

La distribuzione è analizzata rapportando, per ciascuna regione, il numero di veicoli elettrici alla popolazione residente. La tabella 4.1 riporta il numero complessivo di veicoli elettrici, la popolazione e il corrispondente tasso per 1.000 abitanti, calcolato sulla base dei dati ACI riferiti al 2024.

Regione	Veicoli elettrici	Residenti	Veicoli per 1000 res. (Share)
Piemonte	20,023	4,255,006	4.71
Valle d'Aosta	4,154	122,554	33.90
Lombardia	57,381	10,065,694	5.70
Trentino-Alto Adige	36,491	1,090,818	33.45
Veneto	23,586	4,857,460	4.86
Friuli-Venezia Giulia	4,539	1,193,496	3.80
Liguria	3,637	1,511,988	2.41
Emilia-Romagna	20,792	4,477,009	4.64
Toscana	27,389	3,659,222	7.48
Umbria	2,897	850,627	3.41
Marche	5,181	1,479,832	3.50
Lazio	35,387	5,709,444	6.20
Abruzzo	4,133	1,267,222	3.26
Molise	569	285,940	1.99
Campania	9,709	5,568,703	1.74
Puglia	6,516	3,865,277	1.69
Basilicata	974	525,281	1.85
Calabria	2,885	1,827,571	1.58
Sicilia	9,573	4,775,194	2.00
Sardegna	3,791	1,554,490	2.44

Tabella 4.1: Distribuzione regionale dei veicoli elettrici (EV) e numero di veicoli per 1.000 residenti (2024)

I dati evidenziano un marcato divario territoriale nella diffusione dei veicoli elettrici in Italia. I principali risultati possono essere sintetizzati come segue:

- La Valle d'Aosta (33,90) e il Trentino-Alto Adige (33,45) registrano valori pro capite particolarmente elevati. Tale evidenza appare coerente con la presenza di incentivi fiscali locali e di una rete pubblica di ricarica relativamente sviluppata.
- In termini assoluti, la Lombardia occupa il primo posto a livello nazionale, con oltre 57.000 veicoli elettrici immatricolati, seguita dal Lazio (35.387) e dalla Toscana (27.389). Questa concentrazione può essere associata, tra gli altri fattori, ai più elevati livelli di reddito e di attività economica, alla presenza di distretti industriali e poli manifatturieri e alla maggiore densità urbana.

- **Il divario Nord–Sud:** emerge una chiara differenza territoriale e socioeconomica. Le regioni settentrionali e centrali presentano generalmente valori compresi tra 3,5 e 7 veicoli per 1.000 abitanti, mentre quelle meridionali registrano tassi sensibilmente inferiori. Calabria (1,58), Puglia (1,69) e Campania (1,74) mostrano i valori più bassi. Il risultato è compatibile con il ruolo svolto dalla minore dotazione infrastrutturale e dai più bassi livelli medi di reddito familiare nel limitare la diffusione della mobilità elettrica nel Mezzogiorno.

Al fine di approfondire le dinamiche territoriali associate alla mobilità elettrica, l'analisi viene quindi estesa al livello provinciale.

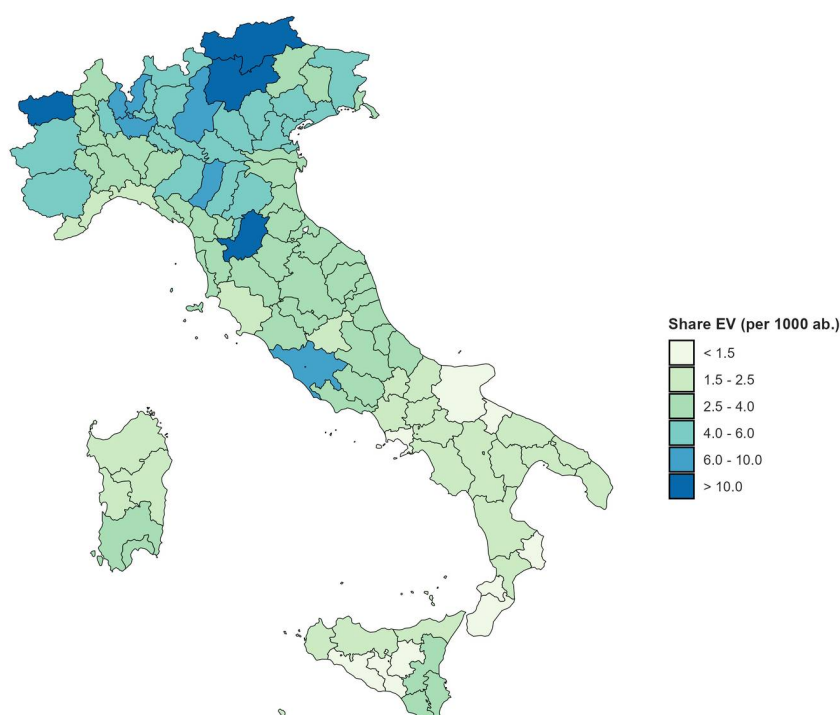


Figura 4.1: Veicoli elettrici per 1.000 abitanti, per provincia (dati ACI).

Il cartogramma restituisce una rappresentazione dettagliata degli squilibri economici e infrastrutturali che caratterizzano la transizione del settore automobilistico italiano.

Provincia	Veicoli elettrici	Residenti	Veicoli per 1000 res. (Share)
Crotone	158	161,765	0.98
Foggia	646	587,785	1.10
Agrigento	469	407,041	1.15
Vibo Valentia	180	149,922	1.20
Caltanissetta	295	243,501	1.21
Barletta-Andria-Trani	465	375,933	1.24
Enna	191	151,525	1.26
Reggio Calabria	693	510,590	1.36
Napoli	4,236	2,954,847	1.43
Taranto	853	547,928	1.56

Tabella 4.2: Le dieci province con la minore incidenza di veicoli elettrici.

Provincia	Veicoli elettrici	Residenti	Veicoli per 1000 res. (Share)
Trento	29,103	548,684	53.04
Aosta	4,154	122,554	33.90
Firenze	18,286	988,494	18.50
Bolzano	7,388	542,134	13.63
Roma	31,093	4,224,901	7.36
Reggio Emilia	3,663	532,157	6.88
Como	3,944	598,562	6.59
Brescia	8,269	1,271,759	6.50
Varese	5,388	884,801	6.09
Milano	19,595	3,253,111	6.02

Tabella 4.3: Le dieci province con la maggiore incidenza di veicoli elettrici.

Il marcato contrasto tra le province collocate agli estremi della distribuzione evidenzia una transizione verso la mobilità elettrica fortemente frammentata, sulla quale incidono sia fattori amministrativi sia disparità economiche strutturali. L'analisi comparativa consente di formulare due osservazioni principali:

- I valori osservati nelle province con le incidenze più elevate non sembrano riconducibili esclusivamente alla domanda dei consumatori privati. Trento (53,04), Aosta (33,90) e Bolzano (13,63) beneficiano di specifici regimi di autonomia fiscale, di incentivi locali e di livelli più contenuti dell'imposta provinciale di trascrizione (IPT). Tali condizioni possono favorire la localizzazione delle immatricolazioni da parte delle società di noleggio e dei gestori di flotte aziendali, anche quando i veicoli vengono utilizzati sull'intero territorio nazionale. Un analogo effetto amministrativo può interessare Firenze (18,50), importante polo per le immatricolazioni delle società di noleggio a lungo termine. Roma (7,36) e Milano (6,02), invece, possono riflettere più direttamente l'adozione da parte dei consumatori urbani, sostenuta da una maggiore densità della rete di ricarica e da restrizioni locali alla circolazione.
- All'estremo inferiore della distribuzione, le dieci province con i valori più bassi sono localizzate nel Mezzogiorno e nelle isole; Crotone registra il minimo, pari a 0,98 veicoli ogni 1.000 abitanti. Questi territori sono caratterizzati da redditi familiari medi più contenuti e da un ritardo nello sviluppo delle reti pubbliche di ricarica. Particolarmente rilevante è il caso della città metropolitana di Napoli (1,43): nonostante una popolazione prossima ai tre milioni di abitanti, essa presenta una delle incidenze di veicoli elettrici più basse del Paese.

Per ridurre le distorsioni connesse all'aggregazione regionale e provinciale, i dati ACI vengono analizzati a un livello geografico più granulare. La figura 4.2 rappresenta la distribuzione comunale dei veicoli elettrici ogni 1.000 abitanti sull'intero territorio nazionale, utilizzando i confini amministrativi aggiornati dell'ISTAT. Questa visualizzazione consente di individuare concentrazioni economiche localizzate, gradienti tra aree urbane e periferiche e specifiche anomalie microterritoriali. Il passaggio dalla scala provinciale a quella comunale mette in luce configurazioni spaziali significative nella diffusione dei veicoli ad alimentazione alternativa. L'ampiezza del divario strutturale emerge dalle estese aree rappresentate in marrone ($< 1,5$ veicoli ogni 1.000 abitanti). Salvo poche eccezioni, la mobilità elettrica rimane scarsamente diffusa nel Mezzogiorno e nelle aree interne, segnalando un ritardo strutturale che le attuali politiche di incentivazione non hanno ancora colmato.

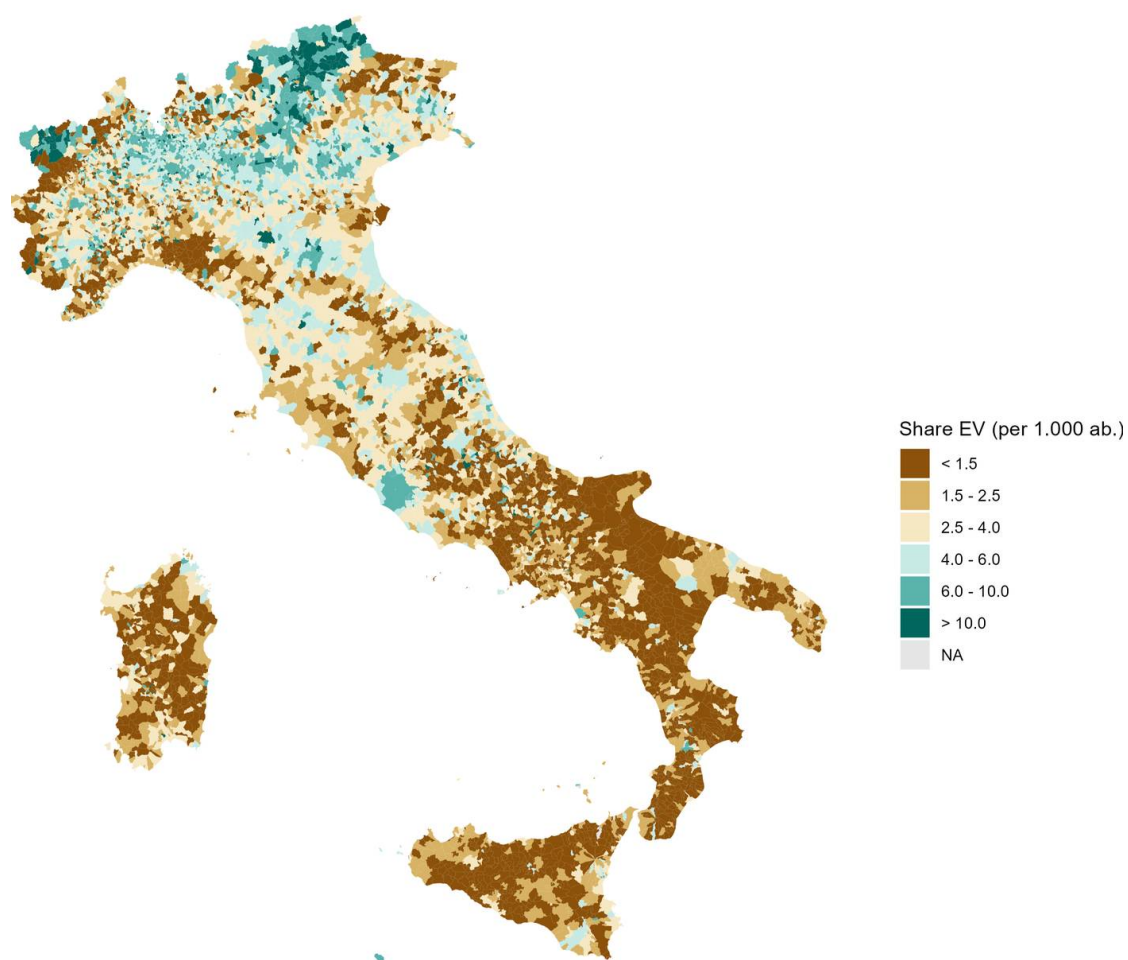


Figura 4.2: Veicoli elettrici per 1.000 abitanti, per comune (dati ACI).

Il legame tra la distribuzione dei veicoli elettrici e il reddito

Domanda di ricerca

Quale relazione intercorre tra il reddito medio comunale e la diffusione dei veicoli elettrici?

Per comprendere le disuguaglianze spaziali ed economiche che caratterizzano l'attuale fase della transizione ecologica, è necessario verificare se l'adozione delle nuove tecnologie segua traiettorie inclusive o se, al contrario, tenda a rafforzare la polarizzazione sociale tra le comunità locali del Paese. Nella fascia di reddito com-

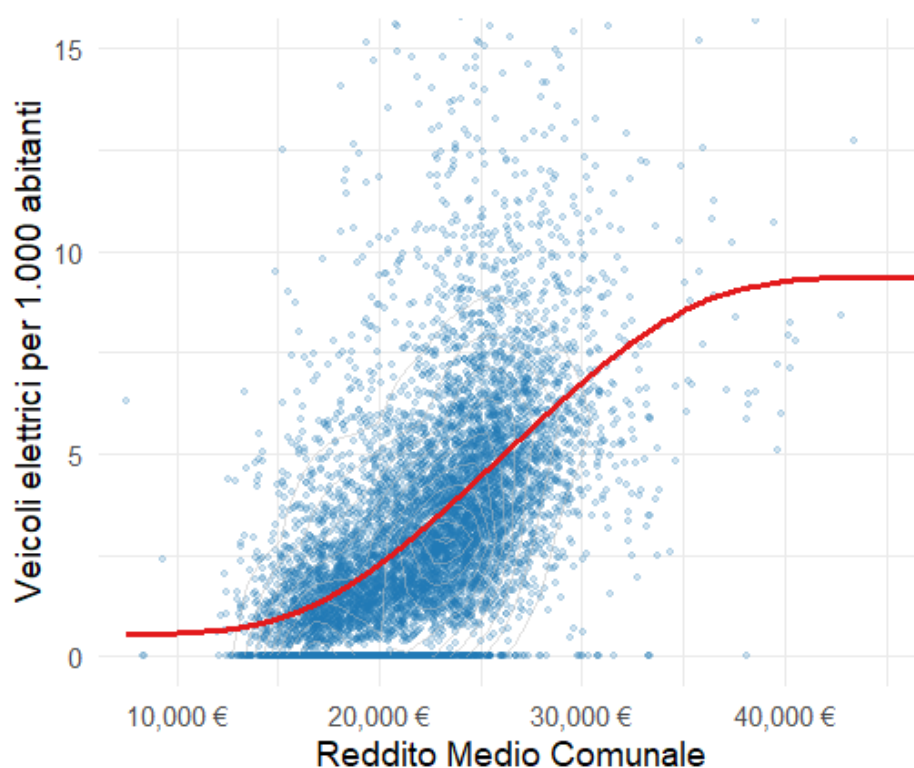


Figura 4.3: Relazione tra reddito medio comunale e veicoli elettrici per 1.000 abitanti con stima tramite spline monotona crescente.

presa tra 10.000 e 18.000 euro, la curva stimata presenta un'intercetta prossima allo zero e una pendenza quasi nulla. Tale andamento segnala una diffusione estremamente contenuta della mobilità elettrica nei comuni a più basso reddito medio. La curva inizia a crescere in modo evidente in prossimità dei 20.000 euro. Nella parte centrale della distribuzione dei comuni, riconoscibile dalla concentrazione dei punti e dalle curve di livello sullo sfondo, la pendenza diviene marcatamente positiva, indicando una forte associazione tra il tasso di elettrificazione e il benessere economico locale. Oltre i 35.000 euro, la stima tende infine a stabilizzarsi intorno a 9 veicoli elettrici per 1.000 abitanti.

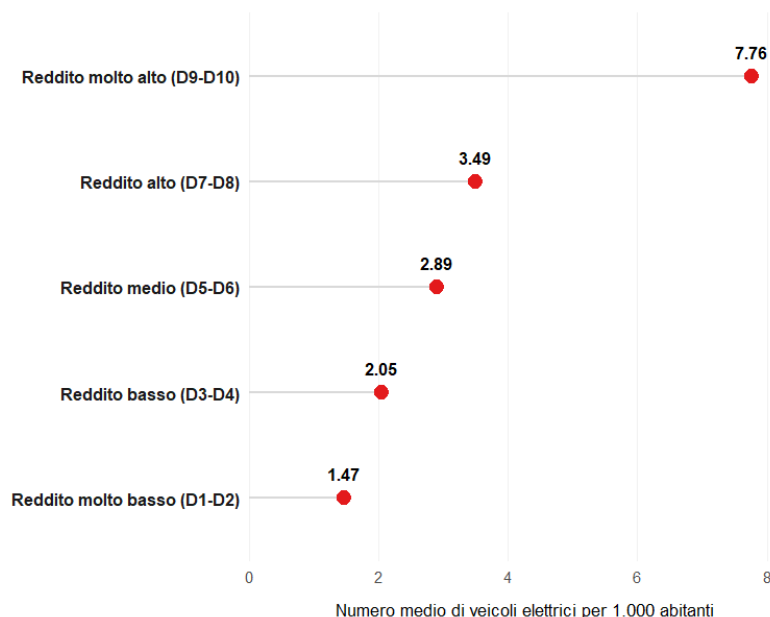


Figura 4.4: Tasso medio ponderato di veicoli elettrici per 1.000 abitanti nei comuni italiani, disaggregato in cinque macro-classi di reddito.

La figura 4.4 sintetizza la medesima struttura informativa in cinque macroclassi di reddito costruite a partire dai decili. Nei due decili inferiori, il tasso di motorizzazione elettrica è pari a 1,47 veicoli per 1.000 abitanti. Il valore aumenta gradualmente fino alla classe di reddito alto, nella quale raggiunge 3,49, mentre nei decili di reddito molto alto si osserva un incremento più marcato, fino a 7,76 veicoli elettrici per 1.000 abitanti. Pertanto, nei decili più ricchi la diffusione dei veicoli elettrici risulta oltre cinque volte superiore a quella rilevata nei gruppi economicamente più fragili.

Un tasso di motorizzazione da record

Domanda di ricerca

In che modo varia il numero di veicoli posseduti dalle famiglie lungo la distribuzione della spesa?

L'analisi delle dinamiche strutturali della mobilità privata richiede di osservare come la disponibilità di veicoli vari al mutare della capacità economica delle famiglie. Secondo i dati consolidati dell'**Istituto nazionale di statistica (ISTAT)**, l'Italia presenta il più elevato tasso di motorizzazione nell'Unione europea, con oltre **700 autovetture ogni 1.000 abitanti**. L'analisi per classi di spesa mostra tuttavia che il numero di veicoli posseduti è strettamente associato alla posizione economica delle famiglie.

Variabili chiave

- **Numero di autovetture per famiglia.**
- **Gruppi di spesa:** famiglie classificate in dieci decili in base alla spesa totale, dal primo decile (spesa più bassa) al decimo (spesa più alta).
- **Macroarea geografica.**

La figura 4.5 illustra la distribuzione percentuale delle famiglie che possiedono zero, uno, due oppure tre o più veicoli, dal primo al decimo decile di spesa.

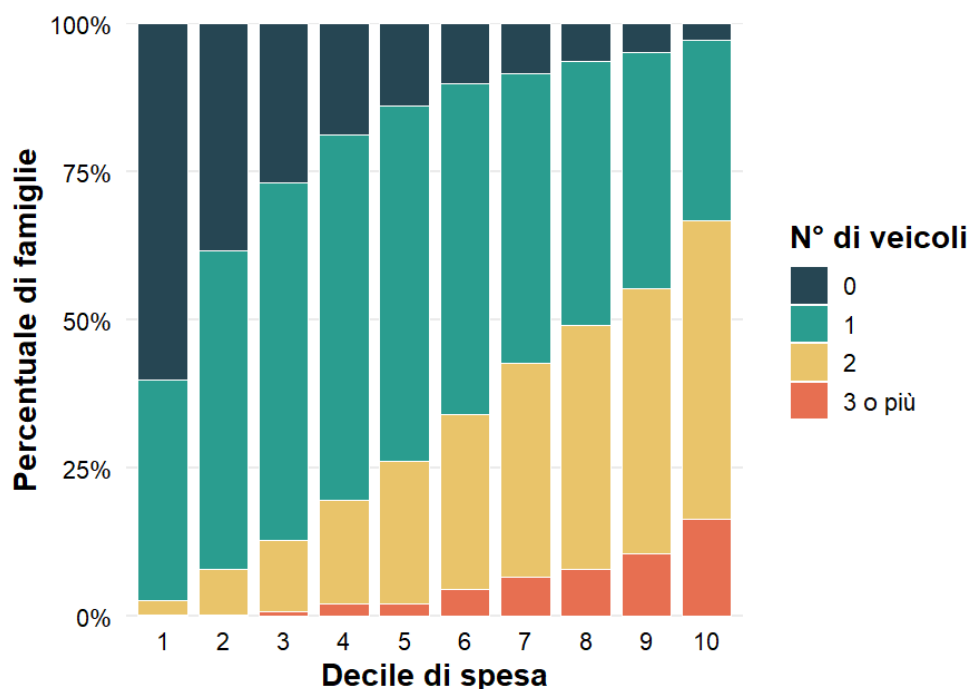


Figura 4.5: Distribuzione percentuale delle famiglie per numero di veicoli posseduti e decile di spesa.

I dati evidenziano una relazione positiva e monotona tra la capacità economica delle famiglie e il numero di veicoli posseduti. In particolare:

- Nel primo decile, circa il 60% delle famiglie non possiede alcun veicolo, verosimilmente a causa di vincoli di bilancio più stringenti o del ricorso a modalità di trasporto alternative. La quota di famiglie senza veicoli diminuisce in modo continuo lungo la distribuzione: è inferiore al 40% nel secondo decile, scende sotto il 15% nel quinto e si colloca al di sotto del 3% nel decimo.
- Parallelamente, aumenta la quota di famiglie che possiedono più veicoli (segmenti giallo e arancione). Nel primo decile, meno del 3% delle famiglie possiede due autovetture; nel sesto, la quota di nuclei con almeno due veicoli raggiunge circa il 35%. Nel decimo decile, oltre il 50% delle famiglie possiede esattamente due veicoli e un ulteriore 15% ne possiede almeno tre. Complessivamente, quasi il 70% delle famiglie appartenenti alla classe di spesa più elevata dispone quindi di più veicoli.

Sebbene l'analisi nazionale confermi una stretta associazione tra il possesso di veicoli e la posizione economica, il persistente dualismo territoriale italiano rende opportuna un'analisi a livello macroregionale. Per verificare se la collocazione geografica modifichi tale relazione, il campione viene suddiviso in tre macroaree: Nord, Centro, Sud e Isole. La figura 4.6 riporta la matrice che incrocia il numero medio di veicoli posseduti per famiglia con i decili di spesa e la macroarea di residenza.

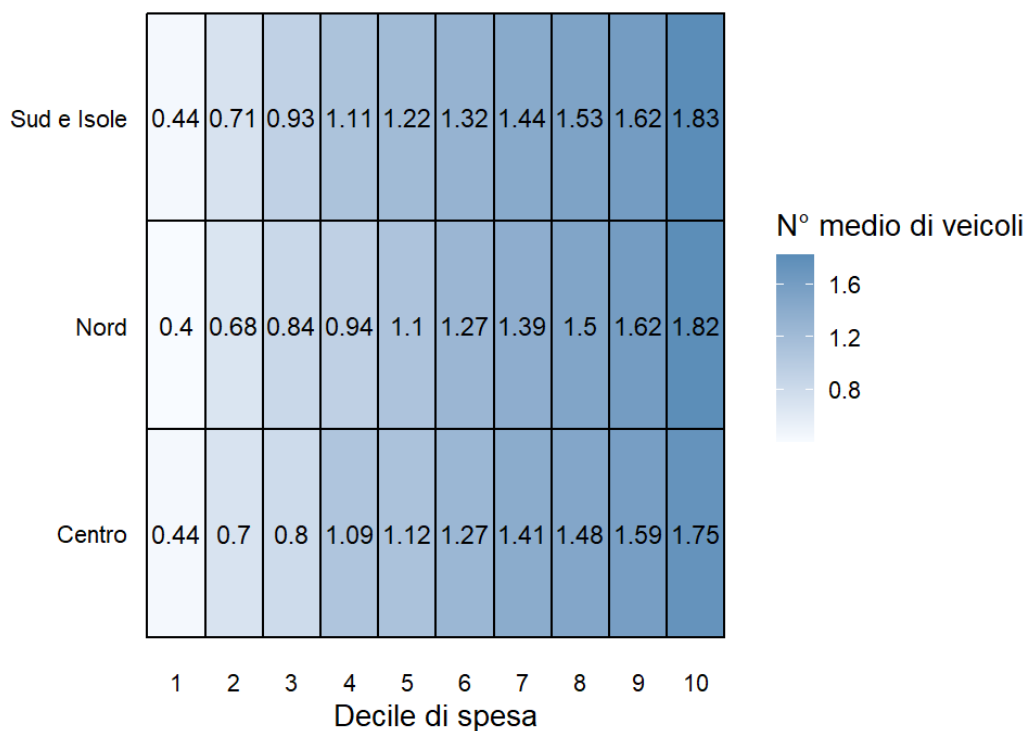


Figura 4.6: Numero medio di autovetture per famiglia, per decile di spesa e macroarea geografica.

I risultati riportati nella mappa di calore indicano che, a parità di decile di spesa, il numero medio di veicoli per famiglia varia solo in misura contenuta tra le diverse macroaree. Questo suggerisce che le forti disparità osservate nel mercato dei veicoli elettrici non dipendano da una minore domanda strutturale di mobilità privata nel Mezzogiorno, ma piuttosto da vincoli di natura economica e infrastrutturale che condizionano in modo asimmetrico le possibilità di transizione. In particolare, tra questi vincoli assume un ruolo centrale la disponibilità di punti di ricarica: secondo il rapporto di Motus-E *Le infrastrutture di ricarica a uso pubblico in Italia, 7ª edizione*, nel 2025 il numero di punti di ricarica installati è aumentato del 13% rispetto al 2024, ma la loro distribuzione territoriale è rimasta fortemente disomogenea. A livello provinciale, la dotazione continua a risultare più elevata nel Centro-Nord: nel complesso, più della metà delle province dispone di un numero di punti di ricarica compreso tra 201 e 500, mentre soltanto 16 province superano le 1.000 unità e, tra queste, 13 sono localizzate nel Nord Italia.

Veicoli nuovi e usati: il ruolo della condizione economica familiare

Domanda di ricerca

Qual è la distribuzione dei veicoli nuovi rispetto a quelli usati tra i diversi gruppi di reddito?

Per analizzare la qualità e il ricambio tecnologico del parco veicolare privato, è utile distinguere tra l'acquisto di veicoli nuovi e quello di veicoli usati. È tuttavia necessaria una precisazione metodologica relativa alla fonte impiegata: mentre le analisi precedenti riguardano l'intero parco veicolare detenuto dalle famiglie, la **Household Budget Survey (HBS)** rileva in dettaglio soltanto gli acquisti effettuati nell'ultimo anno. L'analisi considera pertanto esclusivamente le famiglie che hanno acquistato un veicolo nei dodici mesi precedenti l'intervista. Questa limitazione non consente di ricostruire la composizione, per stato nuovo o usato, dell'intero parco veicolare familiare; permette tuttavia di osservare i flussi recenti di acquisto e di esaminare come le decisioni correnti di mercato varino lungo la distribuzione della spesa.

Variabili chiave

- **Condizione del veicolo acquistato (nuovo o usato):** gli acquisti sono classificati in base alla condizione del veicolo al momento della transazione.
- **Gruppi di spesa:** famiglie classificate in dieci decili in base alla spesa totale, dal primo decile (spesa più bassa) al decimo (spesa più alta).

Per esaminare le decisioni correnti di mercato, si analizza l'andamento delle transazioni automobilistiche recenti lungo la distribuzione della spesa. La figura 4.7 riporta la percentuale di famiglie che hanno acquistato un veicolo nei dodici mesi precedenti l'intervista, disaggregata per decile di spesa e condizione del veicolo (nuovo o usato). Nei primi quattro decili, la quota di famiglie che acquista un veicolo nuovo è prossima allo zero. Anche l'acquisto di veicoli usati è poco frequente e interessa meno dell'1% delle famiglie. Nel complesso, i risultati indicano che, per i gruppi con minore capacità di spesa, l'accesso al mercato automobilistico è limitato e avviene quasi esclusivamente attraverso il segmento dell'usato.

Fino all'ottavo decile, l'usato rimane il principale canale di accesso al mercato per le famiglie acquirenti. La quota di acquisti di veicoli nuovi diviene apprezzabile soltanto nel settimo decile (circa l'1%) e nell'ottavo (circa il 2%), a conferma della persistente rilevanza dell'offerta di seconda mano anche per le fasce intermedie della distribuzione.

Nelle classi di spesa più elevate si osserva invece una netta discontinuità. Nel decimo decile, oltre il 15,5% delle famiglie ha acquistato un veicolo nuovo nell'ultimo anno. Questo fenomeno è parzialmente legato a un effetto meccanico di endogeneità: l'acquisto di un'automobile, comportando un esborso finanziario notevole, innalza artificialmente la spesa annua totale del nucleo familiare. Di conseguenza,

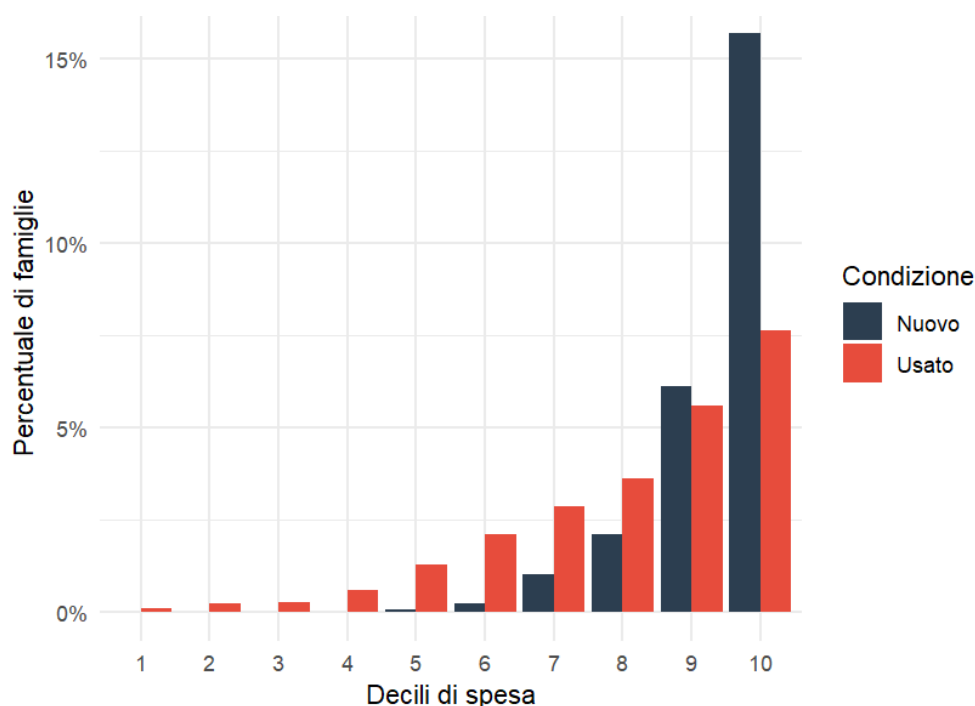


Figura 4.7: Quota di famiglie che hanno acquistato veicoli nuovi o usati, per decile di spesa.

tale dinamica tende a spingere e a riclassificare i soggetti acquirenti all'interno dei decili di spesa più alti.

Nel complesso, la figura evidenzia una transizione automobilistica a due velocità: il flusso di veicoli nuovi è fortemente concentrato nelle classi di spesa più elevate, mentre una parte consistente della popolazione accede prevalentemente al mercato dell'usato. Questa segmentazione può rallentare la diffusione dei più recenti standard ambientali. In tale prospettiva, assume rilievo strategico lo sviluppo di un mercato dell'usato elettrico accessibile. Le flotte aziendali e il settore del noleggio possono svolgere un ruolo importante: grazie al rapido ricambio dei mezzi, questi canali possono alimentare il mercato secondario con veicoli a zero emissioni a prezzi più accessibili per le fasce di reddito medio-basse.

Effetti sociali ed economici delle agevolazioni per il trasporto pubblico

Domanda di ricerca

Quali fasce di reddito hanno beneficiato dei programmi di incentivazione del passato e quali sono stati gli effetti redistributivi sulle famiglie vulnerabili?

In Italia, il **Bonus Trasporti** è stato introdotto nel 2022 quale misura nazionale temporanea volta a sostenere l'accessibilità economica del trasporto pubblico e a

contenere gli effetti dell'aumento dei prezzi dell'energia e del costo della vita.

Il programma prevedeva un contributo fino a 60 euro per l'acquisto di abbonamenti mensili, plurimensili o annuali ai servizi di trasporto pubblico. Nel 2022, l'accesso era riservato alle persone con un reddito personale annuo non superiore a 35.000 euro; nel 2023, la soglia è stata ridotta a 20.000 euro.

Nonostante tale riduzione, nel 2023 sono stati riscattati oltre 2,79 milioni di buoni, per un valore complessivo di circa 143 milioni di euro e un importo medio prossimo a 51 euro. Nel 60,34% dei casi, i beneficiari avevano meno di trent'anni (I numeri del Bonus Trasporti 2023).

Variabili chiave

- **Spesa mensile familiare (T):** spesa complessiva della famiglia, utilizzata come denominatore nel calcolo delle quote di spesa.
- **Spesa per i trasporti (E_T):** comprende le voci ricorrenti relative a carburanti, manutenzione ordinaria, altri costi di esercizio e biglietti o abbonamenti per il trasporto pubblico.
- **Gruppi di spesa:** famiglie classificate in dieci decili in base alla spesa totale, dal primo decile (spesa più bassa) al decimo (spesa più alta).
- **Bonus Trasporti:** variabile binaria pari a 1 per le famiglie che soddisfano la soglia prevista dal programma, sulla base di un'ammissibilità simulata.

Poiché i dati non consentono di identificare direttamente le famiglie con reddito inferiore a 20.000 euro, la valutazione dell'impatto del Bonus Trasporti è circoscritta ai nuclei appartenenti ai primi tre decili di spesa.

Il campione ISTAT è stato ulteriormente ristretto alle famiglie con $E_T > 0$ e titolari di almeno un abbonamento mensile al trasporto pubblico.

L'indicatore di povertà dei trasporti identifica le famiglie per le quali la spesa per la mobilità supera il 15% della spesa complessiva. L'effetto del bonus è stato simulato sottraendo dalla spesa per i trasporti l'importo massimo di 60 euro e ricalcolando l'incidenza della povertà dei trasporti nello scenario successivo all'intervento.

L'introduzione del Bonus Trasporti determina uno spostamento verso il basso dell'intera curva, indicando una riduzione della povertà dei trasporti in tutti e tre i gruppi analizzati. L'effetto è particolarmente marcato nel primo decile, nel quale l'incidenza scende dal 7% a meno del 5%, mentre risulta più contenuto nel secondo e nel terzo decile.

La simulazione mostra dunque che un trasferimento di importo fisso può produrre effetti progressivi tra i nuclei con minore capacità di spesa. La misura presenta tuttavia alcuni limiti. Il Bonus Trasporti è rivolto a persone che già utilizzano il trasporto pubblico locale (TPL) e tende pertanto a favorire i residenti nelle aree urbane, dove l'offerta di mobilità collettiva è più capillare.

Di conseguenza, non sostiene i nuclei familiari che, pur appartenendo ai primi decili di spesa, risiedono in aree rurali o periferiche caratterizzate da un'offerta di

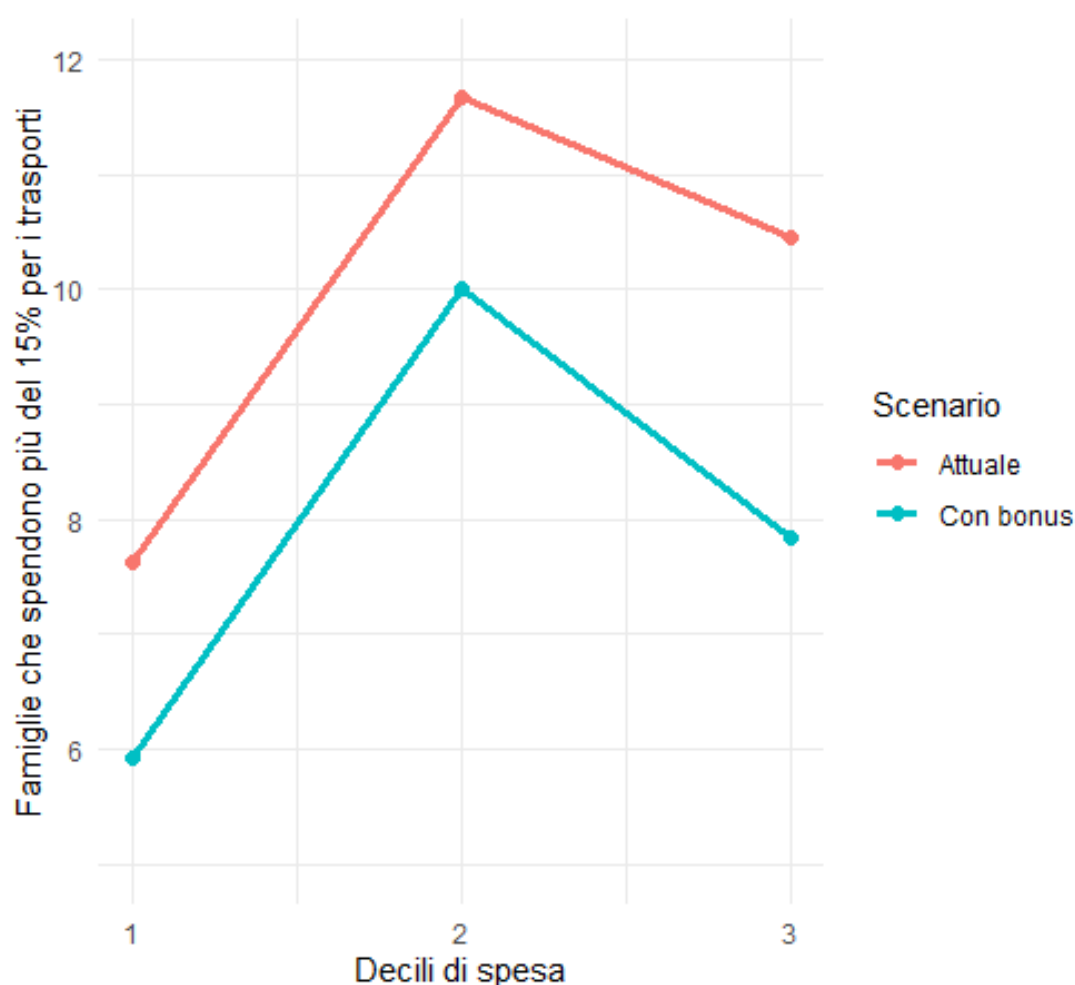


Figura 4.8: Effetto simulato del Bonus Trasporti sull'incidenza della povertà dei trasporti (2024).

TPL assente o insufficiente. L'effetto progressivo si manifesta quindi soltanto nel sottocampione dei beneficiari potenziali, ossia gli abbonati. A livello complessivo, la misura rimane parziale e può lasciare prive di sostegno le famiglie vulnerabili che dipendono dall'automobile per i propri spostamenti, di fatto la condizione ampiamente nota e già citata di "Forced Car Ownership". Tuttavia, l'intervento non va considerato insufficiente, bensì come un tassello che funziona positivamente se inserito in una logica di complementarità. Per garantire un sostegno equo a tutta la popolazione, il Bonus Trasporti deve quindi integrarsi all'interno di un portfolio di misure diversificate, capaci di coprire sia la mobilità pubblica sia le necessità di chi non può rinunciare al mezzo privato.

Nell'ambito degli incentivi alla transizione energetica, il Bonus Auto Elettriche PNRR ha inciso sul mercato automobilistico nella prima metà del 2026. La finestra per gli acquisti si è chiusa il 30 giugno 2026. L'agevolazione prevedeva un contributo a fondo perduto, differenziato in base all'ISEE del nucleo familiare e

subordinato alla contestuale rottamazione di un veicolo inquinante. Per l'acquisto di un'autovettura con prezzo di listino inferiore a 35.000 euro, il contributo era così articolato:

$$\text{Contributo} = \begin{cases} 11.000 \text{ euro} & \text{se } ISEE \leq 30.000 \text{ euro} \\ 9.000 \text{ euro} & \text{se } 30.000 \text{ euro} < ISEE \leq 40.000 \text{ euro} \end{cases}$$

L'approssimarsi della scadenza ha determinato un'accelerazione delle immatricolazioni. Nel giugno 2026, la quota mensile delle autovetture interamente elettriche (BEV) ha superato per la prima volta il 10,1%, con un incremento dell'84,7% rispetto allo stesso periodo dell'anno precedente. L'esaurimento della misura ha tuttavia interrotto il sostegno al mercato, alimentando le preoccupazioni delle associazioni di categoria circa una possibile contrazione delle vendite nella seconda parte dell'anno, in seguito al ritorno ai prezzi non sovvenzionati (Motus-E, quota di mercato delle auto elettriche, giugno 2026).

Implicazioni di policy per una transizione verde ed equa

Le evidenze presentate nel capitolo indicano che la diffusione della mobilità elettrica è strettamente associata al reddito, alla disponibilità di infrastrutture di ricarica e alle caratteristiche territoriali. Al tempo stesso, l'elevato tasso di motorizzazione e la persistente dipendenza dal mercato dell'usato mostrano che una strategia fondata esclusivamente sull'acquisto di veicoli nuovi rischierebbe di avvantaggiare soprattutto le famiglie con maggiore capacità di spesa. Ne deriva la necessità di un insieme coordinato di politiche che riduca le emissioni, migliori l'accessibilità e distribuisca in modo più equo i benefici della transizione.

In coerenza con gli obiettivi di neutralità climatica, il sostegno pubblico dovrebbe essere riservato a soluzioni prive di combustibili fossili. Ciò implica escludere dagli incentivi i veicoli alimentati, anche parzialmente, a benzina, gasolio o gas naturale e concentrare le risorse su veicoli elettrici a batteria, trasporto pubblico elettrificato, mobilità attiva e servizi di mobilità condivisa a zero emissioni. Le principali linee di intervento sono le seguenti:

- **Incentivi progressivi e selettivi per i veicoli elettrici.** I contributi all'acquisto dovrebbero essere modulati in funzione dell'ISEE, limitati a veicoli con un prezzo massimo prestabilito e subordinati, ove applicabile, alla rottamazione definitiva di un veicolo a combustione interna. Per evitare che le risorse si concentrino nei decili più elevati, l'intensità del sostegno dovrebbe diminuire al crescere del reddito e includere anche l'acquisto di veicoli elettrici usati.
- **Sviluppo di un mercato dell'usato elettrico accessibile.** Le flotte pubbliche, aziendali e del noleggio possono alimentare il mercato secondario

con veicoli elettrici relativamente recenti. Appalti verdi, obblighi gradualmente di elettrificazione delle flotte e programmi di ricondizionamento dovrebbero essere accompagnati da certificazioni sullo stato di salute della batteria, garanzie minime e strumenti di finanziamento agevolato per le famiglie a reddito medio-basso. Tali misure ridurrebbero l'asimmetria informativa e il rischio economico percepito dagli acquirenti.

- **Riequilibrio territoriale delle infrastrutture di ricarica.** Gli investimenti pubblici dovrebbero privilegiare il Mezzogiorno, le aree interne, i comuni rurali e i quartieri con minore dotazione privata. La programmazione dovrebbe includere punti di ricarica nei parcheggi di interscambio, presso l'edilizia residenziale pubblica e nei condomini privi di posti auto dedicati. L'infrastruttura dovrebbe essere alimentata da elettricità rinnovabile e integrata, ove tecnicamente possibile, con sistemi di accumulo e gestione intelligente della rete.
- **Elettrificazione e ampliamento del trasporto collettivo.** Nelle aree in cui il trasporto pubblico è insufficiente, gli incentivi alla domanda, come il Bonus Trasporti, devono essere accompagnati da investimenti nell'offerta. Le priorità comprendono autobus elettrici, potenziamento del trasporto ferroviario regionale, servizi elettrici a chiamata nelle aree a domanda debole e integrazione tariffaria tra modalità differenti. In questo modo, il sostegno raggiungerebbe anche le famiglie vulnerabili che attualmente non possono utilizzare un servizio pubblico adeguato.
- **Mobilità attiva e riduzione della necessità di possedere un'automobile.** La decarbonizzazione non può dipendere unicamente dalla sostituzione tecnologica dei veicoli. Reti ciclabili continue e sicure, percorsi pedonali accessibili, incentivi selettivi per biciclette elettriche e cargo bike e una pianificazione urbana orientata alla prossimità possono ridurre la domanda di spostamenti automobilistici. Nelle aree urbane, tali misure dovrebbero essere integrate con servizi di car sharing esclusivamente elettrico.
- **Riforma della fiscalità della mobilità.** Il graduale superamento dei sussidi e delle agevolazioni connesse ai combustibili fossili può liberare risorse da destinare alla mobilità a zero emissioni. Un sistema di tipo *feebate*, nel quale i prelievi sui veicoli più emissivi finanziano incentivi per soluzioni integralmente elettriche e servizi collettivi, consentirebbe di rafforzare il principio *chi inquina paga* e di contenere l'onere per la finanza pubblica.
- **Circularità, competenze e filiere industriali verdi.** La diffusione dei veicoli elettrici dovrebbe essere accompagnata da standard per la riparabilità, il riutilizzo e il riciclo delle batterie, nonché da programmi di formazione per lavoratori, officine e imprese della filiera automobilistica. Il sostegno alla produzione di energia rinnovabile, alle reti intelligenti e al recupero dei

materiali critici può inoltre accrescere i benefici ambientali e occupazionali della transizione.

- **Monitoraggio degli effetti distributivi.** Ogni misura dovrebbe essere valutata attraverso indicatori disaggregati per reddito, genere, età e territorio. Oltre al numero di veicoli incentivati, il monitoraggio dovrebbe considerare la riduzione delle emissioni, l'accessibilità ai servizi essenziali, il costo della mobilità per le famiglie e la copertura delle infrastrutture nelle aree svantaggiate. Meccanismi di revisione periodica consentirebbero di riallocare le risorse verso gli interventi con maggiore efficacia ambientale e redistributiva.

Nel complesso, una politica di mobilità coerente con la transizione verde dovrebbe combinare elettrificazione, riduzione della domanda di trasporto privato e ampliamento delle alternative collettive e attive. L'obiettivo non consiste soltanto nel sostituire i veicoli a combustione interna, ma nel garantire che l'accesso a una mobilità priva di combustibili fossili non dipenda dal reddito o dal luogo di residenza. Una strategia di questo tipo permetterebbe di affrontare simultaneamente la povertà dei trasporti, le disuguaglianze territoriali e la decarbonizzazione del settore.

Capitolo 5

Disponibilità dei trasporti

Highlights

- L'arco alpino e appenninico e le isole sono le aree in cui l'accessibilità ai servizi essenziali e la disponibilità di infrastrutture dei trasporti risultano più limitate.
- Le aree rurali presentano livelli di accessibilità inferiori rispetto alle aree urbane e peri-urbane, sia con riferimento alle opzioni di trasporto ad ampio raggio sia a quelle di mobilità locale.
- Le opzioni di trasporto ad ampio raggio e, in particolare, quelle locali mostrano una relazione negativa con i livelli medi di reddito.
- A livello comunale, la povertà di opzioni di trasporto ad ampio raggio risulta significativamente associata alle condizioni economiche, alla struttura per età e per nazionalità della popolazione, alla categoria SNAI e alla zona altimetrica.

Il presente capitolo approfondisce l'analisi della povertà dei trasporti relativamente alla dimensione della disponibilità (*availability* definita nel Capitolo 1). Tale analisi è strutturata su due livelli: (i) a livello individuale, utilizzando come fonte principale di dati l'indagine ISTAT sugli Aspetti della Vita Quotidiana (AVQ); (ii) a livello aggregato, utilizzando dati georeferenziati comunali.

Disponibilità dei trasporti: un'analisi statistica basata sugli aspetti della vita quotidiana

Domanda di ricerca

Quali opzioni di trasporto (trasporto pubblico, mobilità condivisa, veicoli privati, ciclismo, camminata) risultano disponibili per i diversi gruppi di popolazione?

Questa sezione analizza la disponibilità e l'utilizzo delle alternative alla mobilità privata nel contesto italiano attraverso tre dimensioni complementari: la difficoltà percepita di collegamento con il trasporto pubblico, la disponibilità di piste ciclabili nelle vicinanze e la scelta della modalità di trasporto utilizzata per gli spostamenti. L'obiettivo è verificare se la disponibilità e il ricorso alle diverse forme di mobilità presentino differenze sistematiche tra territori e gruppi sociali. L'analisi combina figure con statistiche descrittive e tre differenti modelli. Le figure con statistiche descrittive riguardano la difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico e la vicinanza alle piste ciclabili. La difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico viene analizzata mediante un modello di regressione logistica ordinata, che consente di individuare i fattori associati ai diversi livelli di difficoltà percepita. La disponibilità di piste ciclabili viene esaminata attraverso un modello di regressione logistica binaria, volto a identificare le caratteristiche individuali, familiari e territoriali associate alla presenza di una pista ciclabile nelle vicinanze. Infine, la scelta della modalità di trasporto per raggiungere il posto di lavoro viene esaminata mediante un modello di regressione logistica multinomiale, assumendo l'automobile come conducente quale categoria di riferimento e confrontandola con le principali alternative, tra cui treno, tram, metro, autobus, pullman, trasporto come passeggero, moto e bicicletta.

A partire da questo quadro, l'analisi passa alla disponibilità del trasporto pubblico, misurata mediante una variabile che rileva la percezione della difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico. Nella figura 5.2, la scala varia da 1, che corrisponde a una connessione molto scarsa, a 4, che indica una connessione molto buona. I valori in legenda rappresentano il livello medio regionale dell'indicatore. Le due rappresentazioni evidenziano un divario marcato tra il Nord Italia e il resto del Paese: le regioni settentrionali presentano livelli medi di accessibilità più elevati, mentre Centro, Sud e Isole mostrano condizioni meno favorevoli.

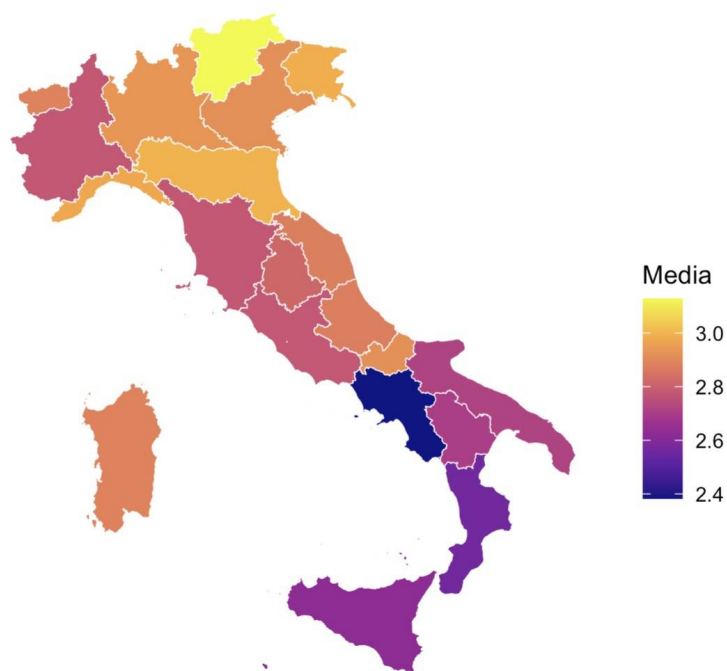


Figura 5.1: Percezione della difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico

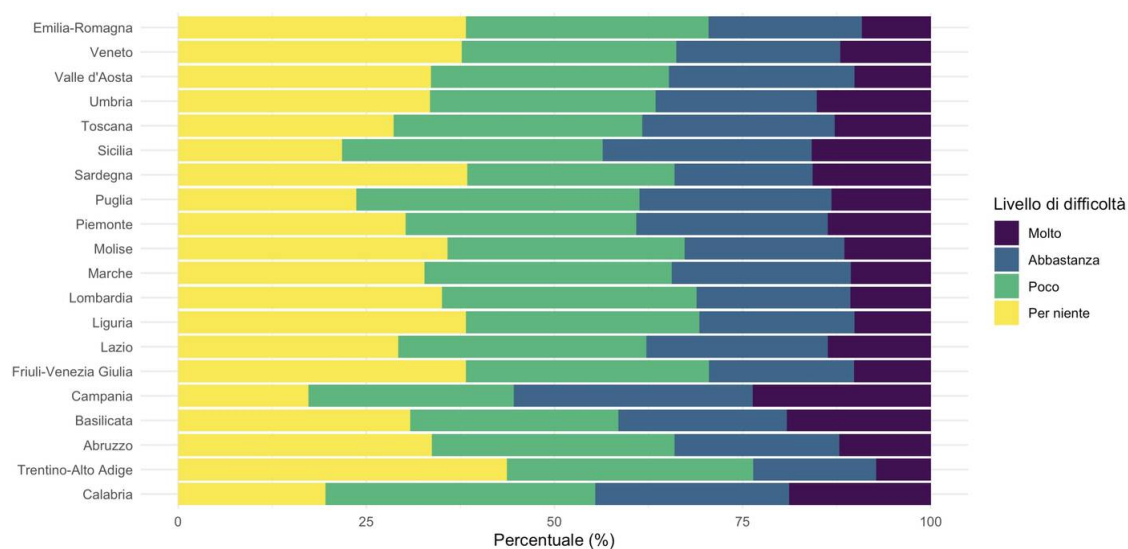


Figura 5.2: Percezione della difficoltà di collegamento con il trasporto pubblico

Le figure 5.3 e 5.4 si concentrano infine sulla vicinanza alle piste ciclabili, una variabile binaria che distingue i contesti in cui tali infrastrutture risultano prossime all'utenza da quelli in cui non lo sono. Anche in questo caso emerge un divario territoriale netto: la disponibilità di infrastrutture ciclabili risulta più elevata nel Nord-Est, mentre il resto del Paese presenta condizioni meno favorevoli. Questo risultato conferma che le alternative alla mobilità privata non sono distribuite in modo omogeneo sul territorio nazionale.

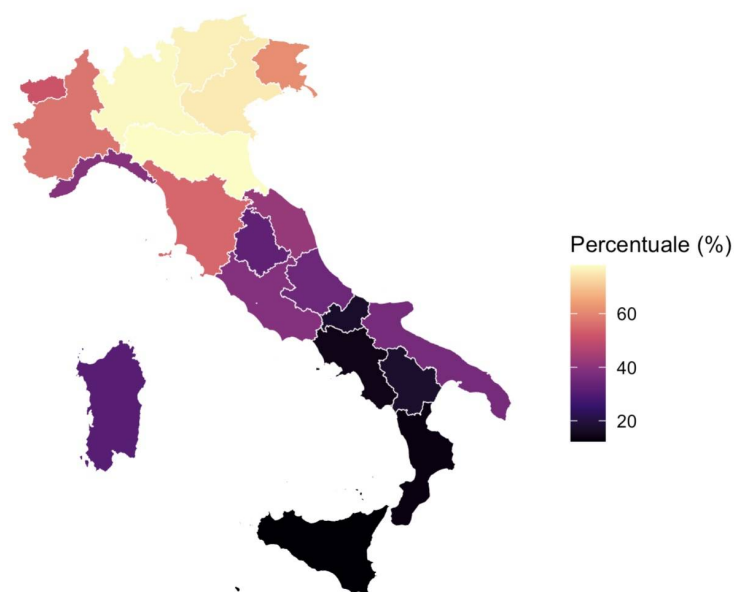


Figura 5.3: Vicinanza delle piste ciclabili

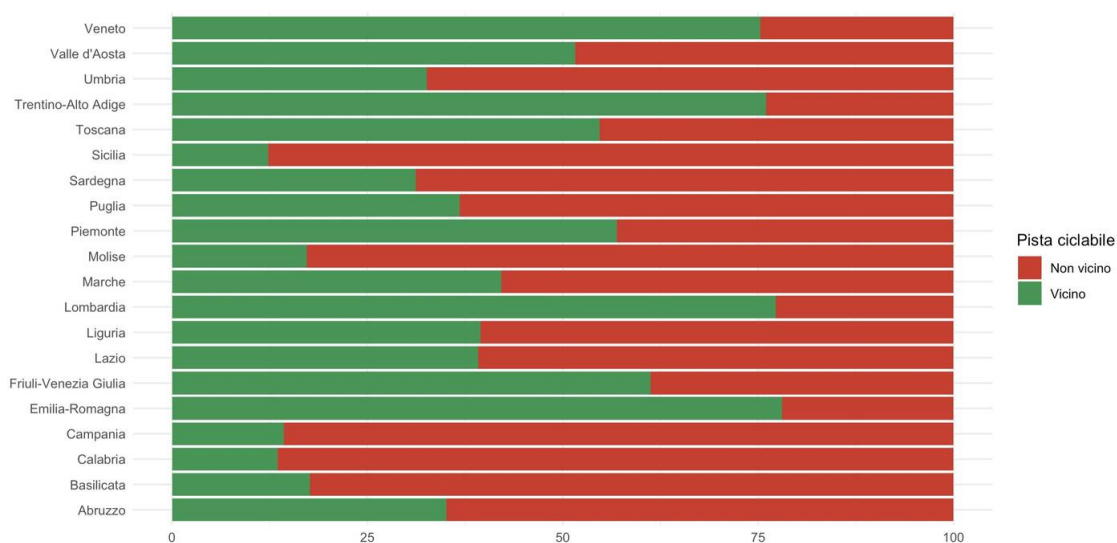


Figura 5.4: Vicinanza delle piste ciclabili

Prossimità al trasporto pubblico: modello di regressione logistica ordinata

Il modello di regressione logistica ordinata analizza i determinanti della difficoltà percepita di collegamento con il trasporto pubblico. La variabile dipendente è ordinale e le covariate includono caratteristiche socio-demografiche e territoriali. Per le variabili ordinali relative alle risorse economiche, all'età e al livello di istruzione sono stati utilizzati contrasti polinomiali ortogonali, che consentono di distinguere le

componenti lineare, quadratica e cubica della relazione. Per le risorse economiche, risultano significative sia la componente lineare sia quella quadratica, entrambe positive. Per l'età, nessuna delle componenti lineare, quadratica o cubica risulta statisticamente significativa, indicando che non emerge un andamento sistematico della difficoltà percepita al variare delle classi di età. Per l'istruzione, invece, risulta significativa la sola componente cubica. Il numero di componenti del nucleo familiare presenta un coefficiente negativo e statisticamente significativo, indicando che nuclei familiari più numerosi mostrano probabilità inferiori di riportare una superiore difficoltà percepita di collegamento. Il sesso non presenta differenze statisticamente significative. Dal punto di vista territoriale, rispetto al Nord-ovest, il Nord-est presenta un coefficiente positivo, associato a probabilità maggiori di appartenere a categorie caratterizzate da una minore difficoltà percepita. Al contrario, Centro, Sud e Isole presentano coefficienti negativi, indicando probabilità inferiori di appartenere a categorie caratterizzate da una minore difficoltà percepita e, quindi, una maggiore difficoltà percepita di collegamento al trasporto pubblico. Nel complesso, i risultati suggeriscono che la percezione dell'accessibilità al trasporto pubblico è influenzata soprattutto dalle condizioni economiche, dal livello di istruzione, dal numero dei componenti familiari e dal contesto territoriale, mentre non emerge un'associazione statisticamente significativa con l'età. I risultati completi sono riportati nella Tabella B.3 dell'appendice, mentre nelle tabelle B.1 e B.2 sono riportate la distribuzione di frequenza e le statistiche descrittive per la variabile numero di componenti familiari.

Prossimità alle piste ciclabili: modello di regressione logistica binaria

Il modello di regressione logistica binaria analizza i determinanti della vicinanza alle piste ciclabili, considerando caratteristiche sociali, economiche e territoriali. Per le variabili ordinali relative alle risorse economiche, all'età e al livello di istruzione sono stati utilizzati contrasti polinomiali ortogonali, che consentono di distinguere le componenti lineare, quadratica e cubica. Per le risorse economiche, risultano statisticamente significative la componente lineare e quella quadratica, entrambe positive. Questo risultato suggerisce che una condizione economica più favorevole è associata a probabilità maggiori di avere vicino una pista ciclabile e che tale relazione presenta anche un'associazione non perfettamente uniforme lungo i diversi livelli della condizione economica. La componente cubica risulta invece solo marginalmente significativa, suggerendo una possibile ulteriore variazione della relazione. L'età presenta una componente lineare negativa e statisticamente significativa, indicando una tendenza complessivamente decrescente delle probabilità di vicinanza alle piste ciclabili al crescere dell'età. La componente quadratica non risulta significativa, mentre la componente cubica è positiva e significativa. Nel complesso, questo risultato suggerisce che la relazione tra età e mobilità ciclabile non è riconducibile a un semplice andamento lineare. Se da un lato emerge una generale riduzione delle probabilità di vicinanza alle piste ciclabili nelle classi di

età più avanzate, dall'altro la componente cubica indica che tale andamento presenta variazioni tra le diverse fasce d'età. Anche il livello di istruzione mostra una relazione significativa con la vicinanza alle piste ciclabili. Risultano positive e statisticamente significative sia la componente lineare sia quella quadratica, mentre la componente cubica non è significativa. L'evidenza suggerisce quindi che livelli di istruzione più elevati sono associati a probabilità maggiori di vicinanza alle piste ciclabili. Il numero di componenti del nucleo familiare presenta un coefficiente negativo e statisticamente significativo, indicando che all'aumentare della dimensione del nucleo familiare si riducono le probabilità di vicinanza alle piste ciclabili. Il sesso, invece, non presenta un'associazione statisticamente significativa, suggerendo che, a parità delle altre caratteristiche considerate, non emergono differenze sistematiche tra uomini e donne nelle probabilità di vicinanza alle piste ciclabili.

Le differenze territoriali risultano particolarmente marcate. Rispetto al Nord-ovest, il Nord-est presenta un'associazione positiva con la vicinanza alle piste ciclabili, mentre Centro, Sud e Isole presentano coefficienti negativi e statisticamente significativi. I risultati indicano una maggiore vicinanza delle piste ciclabili nel Nord-est rispetto al Nord-ovest, mentre nelle altre ripartizioni geografiche le probabilità di vicinanza alle piste ciclabili risultano significativamente inferiori.

Nel complesso, il modello evidenzia un'associazione tra vicinanza alle piste ciclabili e condizioni economiche, età e istruzione, con relazioni che in alcuni casi assumono una forma non lineare. L'età mostra una tendenza complessivamente negativa, mentre condizioni economiche e livelli di istruzione più elevati risultano associati a probabilità maggiori di vicinanza. Emergono inoltre differenze territoriali molto pronunciate, soprattutto a sfavore di Centro, Sud e Isole rispetto al Nord-ovest. I risultati completi sono riportati nella Tabella B.6 dell'appendice, mentre nelle tabelle B.4 e B.5 sono riportate la distribuzione di frequenza e le statistiche descrittive per la variabile numero di componenti familiari.

Mezzi di trasporto: modello di regressione multinomiale

Il modello di regressione logistica multinomiale analizza l'associazione tra le caratteristiche individuali, familiari e territoriali e le probabilità di utilizzare le diverse modalità di trasporto per raggiungere il posto di lavoro, rispetto all'auto come conducente. I risultati mostrano che il genere è associato in maniera differenziata alla scelta modale. Le donne presentano probabilità maggiori di utilizzare il tram, l'autobus e la corriera rispetto all'auto come conducenti. Al contrario, per la moto l'associazione è negativa, indicando probabilità considerevolmente più basse tra le donne rispetto agli uomini. La dimensione del nucleo familiare presenta invece un'associazione negativa con l'utilizzo del treno, del tram e dell'autobus. L'associazione suggerisce che, all'aumentare della dimensione familiare, l'auto come conducente possa assumere un ruolo relativamente più importante negli spostamenti. Per le variabili ordinali, i contrasti polinomiali permettono di distinguere tra componenti lineari, quadratiche e cubiche dell'associazione. Le risorse eco-

nomiche non mostrano associazioni statisticamente significative con le principali modalità di trasporto considerate.

L'istruzione presenta invece associazioni più articolate. Per il treno e la metro il contrasto quadratico è positivo e statisticamente significativo. Per l'autobus e la corriera emerge invece un contrasto lineare negativo, compatibile con una diminuzione delle probabilità di ricorrere a tali modalità al crescere del livello di istruzione. Nel caso della corriera, inoltre, il contrasto cubico è negativo e significativo, suggerendo che l'associazione lineare non descriva completamente la relazione e che la variazione delle probabilità differisca tra le diverse fasce di istruzione.

L'età, invece, non presenta contrasti statisticamente significativi per nessuna delle modalità analizzate. Questo implica che non emerge un'associazione sufficientemente robusta tra particolare fascia d'età e la scelta relativa delle modalità di trasporto rispetto all'auto come conducente.

Le differenze territoriali costituiscono il risultato più sistematico del modello. Rispetto al Nord-ovest, nel Nord-est le probabilità di utilizzare il treno sono inferiori, mentre quelle di utilizzare la bicicletta sono oltre due volte maggiori. Il risultato suggerisce una diversa struttura della mobilità tra le due aree, con una maggiore rilevanza della bicicletta nel Nord-est e una minore propensione relativa al treno rispetto all'auto come conducente. Nel Centro, le probabilità di utilizzare il treno sono inferiori, mentre quelle di utilizzare la bicicletta sono anch'esse più basse. Nel Sud emergono riduzioni particolarmente marcate per le probabilità di utilizzo del treno, del tram, della metro e della bicicletta. Nelle Isole, le differenze risultano ancora più accentuate per le probabilità di utilizzo del treno, della metro e della bicicletta. Questi risultati indicano che, rispetto al Nord-ovest, nelle aree meridionali e insulari il ricorso a diverse modalità alternative all'auto come conducente è relativamente meno frequente.

Un risultato di segno opposto emerge per il trasporto come passeggero in automobile: rispetto al Nord-ovest, categoria di riferimento, le probabilità di utilizzo dell'automobile come passeggero sono circa doppie nel Sud e superiori di circa il 62

Nel complesso, le associazioni individuate delineano un sistema di mobilità fortemente differenziato territorialmente. Le caratteristiche individuali incidono selettivamente sulla scelta modale, mentre il territorio mostra associazioni più sistematiche. In particolare, la minore probabilità relativa di ricorrere a treno, trasporto pubblico locale e bicicletta osservata in diverse aree del Centro-Sud e nelle Isole, insieme al maggiore ricorso all'auto come passeggero, è compatibile con una maggiore dipendenza dalla mobilità automobilistica. I risultati relativi all'istruzione mostrano inoltre che le caratteristiche socio-economiche non agiscono necessariamente in modo lineare: la presenza di contrasti quadratici e cubici significativi evidenzia infatti che il rapporto tra profilo individuale e scelta della modalità di trasporto può cambiare lungo la distribuzione delle categorie. I risultati completi sono riportati dalla Tabella B.9 alla tabella B.18 dell'appendice, mentre nelle tabelle B.7 e B.8 sono riportate la distribuzione di frequenza e le

statistiche descrittive per la variabile numero di componenti familiari.

Disponibilità del trasporto pubblico a livello nazionale

I dati utilizzati per la realizzazione della figura derivano da OpenStreetMap (OSM). Il dataset iniziale è costituito dal file geografico dell'Italia in formato `osm.pbf`, dal quale sono stati estratti, tramite `osmium`, gli elementi relativi alle fermate del trasporto pubblico. Il filtro ha incluso diverse categorie di infrastrutture, tra cui le fermate degli autobus e le stazioni ferroviarie e tranviarie. Il risultato è un insieme di punti georeferenziati che rappresenta la localizzazione delle fermate dei diversi sistemi di trasporto pubblico presenti sul territorio italiano.

Il dataset è stato successivamente importato in ambiente R mediante il pacchetto `sf`, che consente la gestione e l'analisi dei dati spaziali. A partire dalla distribuzione puntuale delle fermate è stata elaborata una rappresentazione cartografica della densità del trasporto pubblico.

La figura è stata ottenuta suddividendo il territorio italiano in celle esagonali. Questa rappresentazione consente di analizzare la distribuzione territoriale del servizio, evidenziando le differenze tra aree urbane densamente servite e zone periferiche o meno popolate. La mappa mostra la concentrazione delle fermate nel Nord Italia, nei principali poli urbani e lungo le direttrici infrastrutturali più importanti, nonché la loro progressiva riduzione nelle aree montane e rurali.

L'approccio *hexbin* raggruppa le fermate all'interno di celle esagonali statistiche e, per ciascuna cella, calcola il numero di punti presenti. La colorazione rappresenta quindi la concentrazione locale delle fermate: valori più elevati indicano aree in cui un numero maggiore di infrastrutture di trasporto pubblico è concentrato in uno spazio geografico ristretto. Una rappresentazione disaggregata della disponibilità delle fermate nelle diverse città italiane è inoltre riportata in appendice.

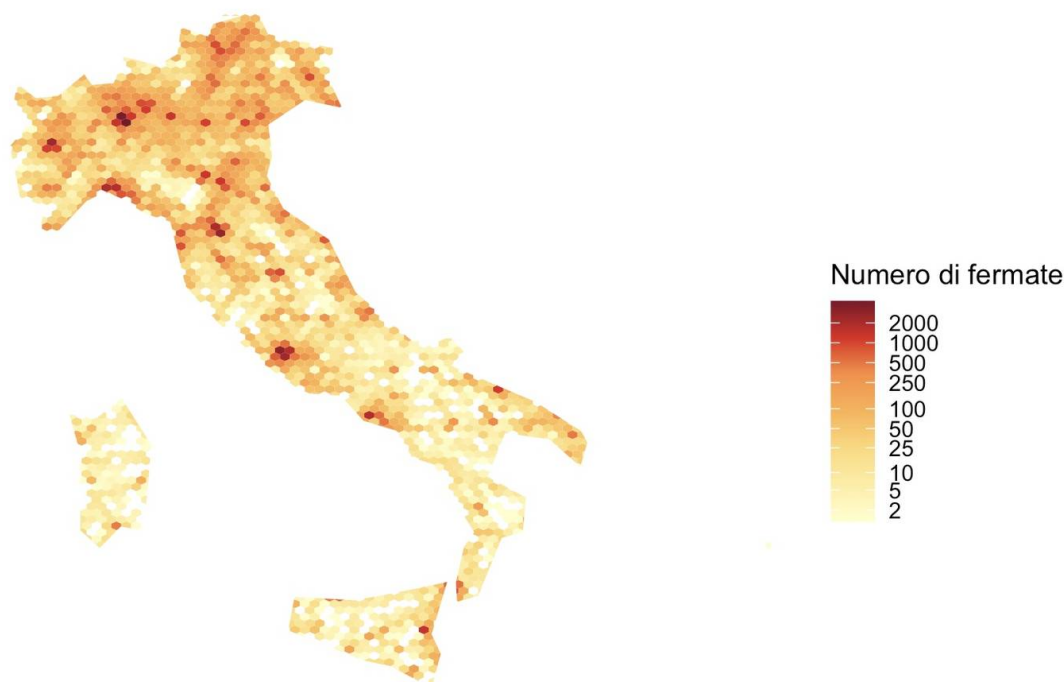


Figura 5.5: Disponibilità del trasporto pubblico in Italia

Pattern spaziali della disponibilità dei trasporti

Questa sezione analizza la povertà dei trasporti a livello comunale, con l'obiettivo di verificare in che misura la carenza di infrastrutture di mobilità vari in funzione del grado di urbanizzazione. L'attenzione è rivolta alla dimensione dell'*Availability Poverty* (AP), intesa come mancanza relativa di opzioni di trasporto e, quindi, come indicatore della disuguaglianza territoriale nell'accesso alle principali reti infrastrutturali. Le variabili utilizzate in questa parte dell'analisi riguardano: i tempi di percorrenza necessari per raggiungere le infrastrutture, la distanza in linea d'aria dalle stesse e il grado di urbanizzazione del comune, classificato secondo la metodologia Eurostat. Di seguito, vengono descritte le variabili chiave utilizzate nell'analisi.

- **Accessibilità delle infrastrutture:** tempi di percorrenza espressi in minuti.
- **Prossimità delle infrastrutture:** distanza in linea d'aria espressa in chilometri.
- **Grado di urbanizzazione:** classificazione comunale basata su popolazione e densità, secondo Eurostat.

Availability Poverty per trasporti a breve distanza

L'*Availability Poverty* viene misurata mediante un approccio fondato sulla teoria degli insiemi sfocati (Fuzzy Sets, Zadeh, 1965). Per ciascun comune italiano viene definita una funzione di appartenenza all'insieme dei territori caratterizzati da una carenza di opzioni di trasporto, sulla base di indicatori di accessibilità alle principali infrastrutture.

In primo luogo, l'attenzione viene posta su quelle dotazioni infrastrutturali effettivamente utilizzate negli spostamenti abituali, generalmente di breve percorrenza. Viene proposto, dunque, un indice di *Local Availability Poverty* (LAP), costruito a partire da tre dimensioni: i) prossimità della rete ferroviaria, incluse le stazioni che non permettono collegamenti a lunga percorrenza; ii) accessibilità e prossimità alle principali arterie stradali, includendo quelle che in OSM vengono classificate come "motorway" (autostrade), "trunk" (superstrade) o "primary" (le successive arterie principali nel sistema Paese, in larga parte coincidenti con le Strade Statali); iii) densità delle fermate del trasporto pubblico locale.

Per quanto riguarda le prime due componenti, l'informazione di base è quella relativa alla distanza in linea d'aria (espressa in km) dei centroidi comunali rispetto al nodo più prossimo. Tale informazione è stata ricavata dai dati forniti dal Centro di Coordinamento Informazioni sulla Sicurezza Stradale (CCISS) per le stazioni ferroviarie e dai dati estratti da OpenStreetMap (OSM) per i nodi di accesso alle reti stradali principali. Con riferimento alla terza dimensione, le fermate dei mezzi di trasporto pubblico locale (bus, tram, metro) sono state ricavate integrando le due fonti di dati precedenti¹ (CCISS e OSM); in questo caso, l'informazione rilevante era il numero di fermate presenti all'interno del territorio di ogni comune. La Tabella 5.1 riporta le principali statistiche descrittive delle corrispondenti variabili.

Infrastruttura	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.	Media
Ferrovie (distanza in km)	0,0	3,0	6,1	11,1	205,0	8,1
Arterie stradali (distanza in km)	0,0	1,3	2,7	5,0	203,1	3,7
Trasporto Pubblico Locale (numero di fermate)	0,0	3,0	9,0	21,0	8 120,0	25,5

Tabella 5.1: Statistiche descrittive delle variabili utilizzate per costruire l'indice di povertà nell'accessibilità di trasporti di breve distanza, a livello comunale.

Ciascuna delle variabili considerate esprime una specifica dimensione della povertà nella disponibilità dei trasporti. A parità di infrastruttura, una distanza più elevata dal nodo più vicino o un numero inferiore di fermate disponibili corrisponde a

¹L'integrazione si è resa necessaria, in quanto tre regioni (Umbria, Basilicata e Sicilia) non hanno fornito i propri dati al CCISS.

una minore disponibilità delle relative opzioni di trasporto per la popolazione residente. Sulla base di questo principio, a ogni comune italiano viene attribuito un valore compreso tra 0 (assenza di povertà) e 1 (povertà massima), rappresentativo della povertà dei trasporti associata all'infrastruttura di riferimento. I dettagli metodologici sono riportati nell'Appendice B.

Nello specifico, per ciascun comune i seguenti indici fuzzy, distinti per dimensione:

1. con riferimento alla rete ferroviaria, un indice fuzzy di *Local Availability Poverty* (LAP) costruito a partire dalla distanza in chilometri dalla stazione più vicina;
2. con riferimento alla rete stradale, un indice fuzzy di LAP costruito a partire dalla distanza in chilometri dal nodo di accesso più vicino a un'arteria stradale principale;
3. con riferimento al trasporto pubblico locale, un indice fuzzy di LAP ottenuto come media di due indici costruiti a partire dal rapporto tra il numero di fermate presenti sul territorio comunale e, rispettivamente, la superficie comunale espressa in km^2 e il numero di abitanti.

I tre indici così ottenuti sono stati successivamente aggregati in un unico indice composito di LAP mediante un sistema di ponderazione. Nell'Appendice B sono presentati tre possibili vettori di pesi; tuttavia, poiché i risultati risultano stabili rispetto alla scelta della ponderazione, nel testo viene riportato esclusivamente l'indice costruito a partire dai pesi derivati dall'analisi in componenti principali, la cui distribuzione spaziale è illustrata nella Figura 5.6.

Tale distribuzione sembra suggerire che molti dei comuni situati sulle due principali catene montuose del Paese siano caratterizzati da un elevato livello di povertà nell'accessibilità ai trasporti di breve percorrenza e che le aree del Mezzogiorno siano mediamente più svantaggiate rispetto a quelle del Nord. Tuttavia, i comuni che dominano la top-ten sono prevalentemente insulari, come Isole Tremiti (FG), Lampedusa e Linosa (AG), Capraia Isola (LI), Campo nell'Elba (LI) e altri comuni interni della Sicilia. Presente anche il comune montano di Elva (CN), in Piemonte. I valori più contenuti si osservano, invece, principalmente in comuni della Pianura Padana, in corrispondenza delle aree metropolitane di Genova, Milano, Bologna, Roma e Napoli.

L'analisi condizionata per grado di urbanizzazione, riportata nella Figura 5.9, mostra che i comuni rurali presentano livelli medi più elevati di *Local Availability Poverty*, mentre i comuni urbani evidenziano i valori più contenuti; le aree peri-urbane si collocano in una posizione intermedia.

La Figura 5.7 riporta la distribuzione dell'indice per grado di urbanizzazione. Coerentemente con i risultati precedenti, i comuni urbani presentano valori medi più bassi, mentre i comuni rurali mostrano livelli più elevati di *Local Availability Poverty*; i comuni peri-urbani assumono valori intermedi.

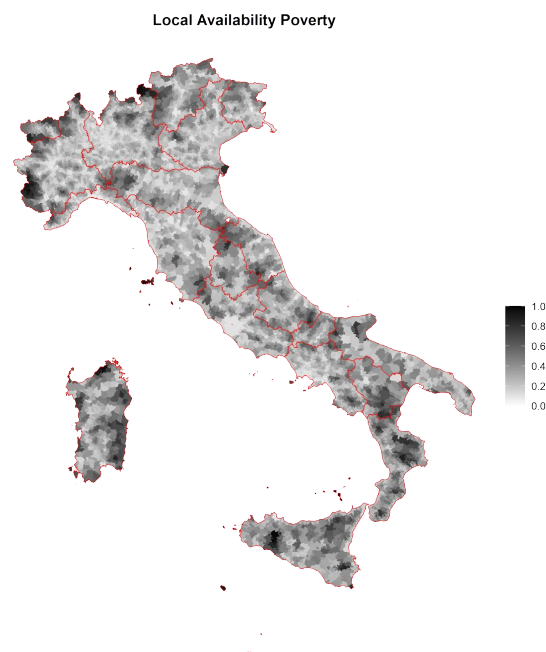


Figura 5.6: Distribuzione spaziale dell'indice composto di Local Availability Poverty.

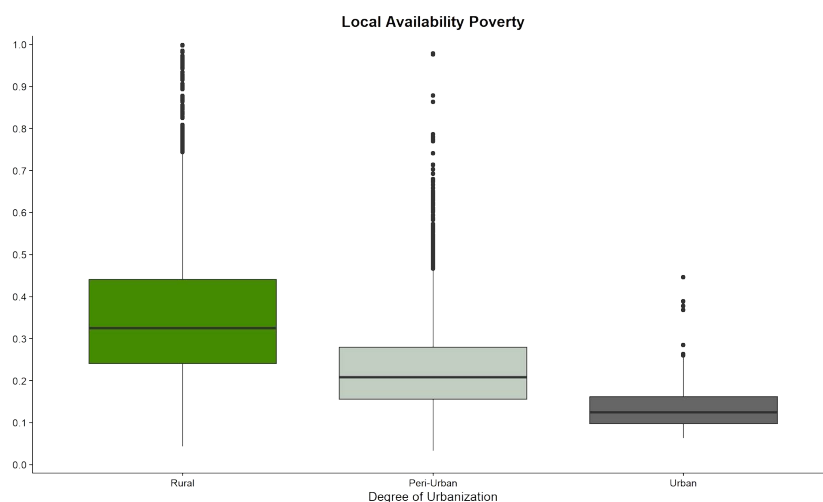


Figura 5.7: Distribuzione dell'indice composto di LAP per grado di urbanizzazione.

Availability Poverty per trasporti a lunga distanza

Sebbene il focus principale di questa sezione risieda nelle opportunità di trasporto a breve distanza per gli spostamenti quotidiani, un termine di confronto particolarmente utile risiede nei trasporti a lunga distanza. In questo contesto, la principale fonte dati è costituita dagli indicatori ISTAT relativi all'accessibilità ai nodi infrastrutturali (ISTAT, 2023). Per ogni comune vengono considerati i tempi di percorrenza verso quattro tipologie di reti: stradale, ferroviaria, aerea e maritti-

ma. La Tabella 5.2 riporta le principali statistiche descrittive delle corrispondenti variabili.

Infrastruttura	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.	Media
Ferrovie	0,8	18,8	28,7	42,3	400,7	32,9
Autostrade	0,9	10,7	19,2	34,3	354,4	25,4
Aeroporti	3,5	38,2	53,4	71,3	201,4	56,9
Porti	0,0	58,3	84,8	114,0	295,3	88,6

Tabella 5.2: Statistiche descrittive delle variabili che rappresentano il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere l'infrastruttura più vicina, a livello comunale.

Ciascuna delle variabili considerate esprime una specifica dimensione della povertà nella disponibilità dei trasporti. A parità di infrastruttura, un tempo di percorrenza più elevato verso il nodo più vicino corrisponde a una minore disponibilità delle relative opzioni di trasporto per la popolazione residente. Sulla base di questo principio, a ogni comune italiano viene attribuito un valore compreso tra 0 (assenza di povertà) e 1 (povertà massima), rappresentativo della povertà dei trasporti associata all'infrastruttura di riferimento (Appendice B).

Per ciascun comune è quindi disponibile un indice specifico di povertà della disponibilità dei trasporti per ognuna delle quattro infrastrutture considerate. Tuttavia, visto lo stringente vincolo geografico di affacciarsi sul mare per poter disporre di un porto, l'indice relativo a questa componente non viene considerato nelle analisi successive.

Al fine di sintetizzare le informazioni provenienti dai rimanenti tre indici di povertà dei trasporti a lunga distanza in un unico indicatore, sono stati considerati gli stessi sistemi di ponderazione descritti per LAP per ottenere un indice composito di *Long-Distance Availability Poverty* (LDAP). Come in precedenza, viene riportato esclusivamente l'indice costruito a partire dai pesi derivati dall'analisi in componenti principali, la cui distribuzione spaziale è illustrata nella Figura 5.8.

L'analisi condizionata per grado di urbanizzazione, riportata nella Figura 5.9, mostra che i comuni rurali presentano livelli medi più elevati di *Long-Distance Availability Poverty*, mentre i comuni urbani evidenziano i valori più contenuti; le aree peri-urbane si collocano in una posizione intermedia. Questo risultato non è sorprendente, visto che le grandi infrastrutture tendono a collegare i grandi centri urbani tra loro. Dunque, il fatto che emerga questo pattern va interpretato come una conferma della bontà della procedura svolta.

È importante sottolineare come le distribuzioni dei due indici compositi di *Availability Poverty*, seppur costruiti a partire da presupposti diversi, siano piuttosto concordi (coefficiente di correlazione di Pearson pari a 0,592). Tuttavia, è opportuno sottolineare le principali differenze: l'indice relativo ai trasporti per lunghe distanze assume valori massimi in corrispondenza di un gruppo specifico di comuni montani localizzati nella provincia di Sondrio, mentre l'indice calcolato sui

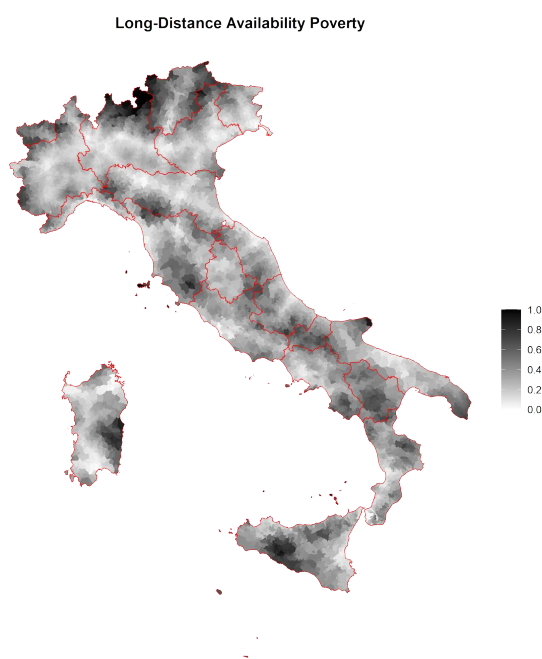


Figura 5.8: Distribuzione spaziale dell'indice composto di Long-Distance Availability Poverty.

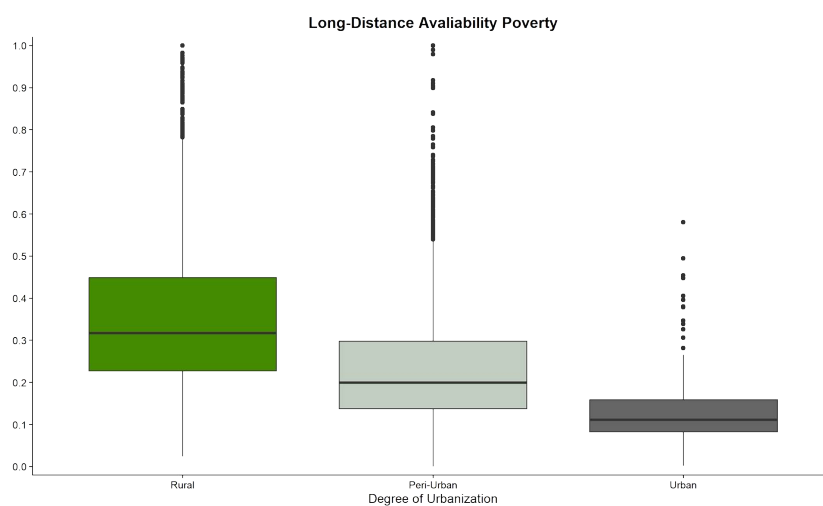


Figura 5.9: Distribuzione dell'indice composto di Long-Distance AP per grado di urbanizzazione.

trasporti per brevi distanze mostra i valori più elevati in comuni montani e isolani che non appartengono alla stessa area geografica.

Cluster di Availability Poverty in Italia

La presenza di cluster geografici e socio-economici di povertà dei trasporti può essere studiata a partire dagli indici introdotti nella sezione precedente, mantenendo il focus sulla dimensione dell'Availability. A tale scopo sono state adottate due tecniche complementari.

Per quanto riguarda i cluster geografici, è stata condotta un'analisi spaziale sull'indice di Local Availability Poverty costruito a partire dalle dimensioni ISTAT. La stessa procedura è stata applicata all'indice di Long-Distance Availability Poverty ma è riportata nell'Appendice B.

Per quanto riguarda i cluster socio-economici, è stata svolta un'analisi preliminare di associazione tra i due indici e alcune informazioni di contesto, quali statistiche fiscali (dati MEF 2024) e statistiche demografiche comunali.

Cluster geografici

Utilizzando l'indice composito di Local Availability Poverty con pesi basati sull'analisi in componenti principali, è stata costruita una matrice di contiguità Queen e calcolato l'indice di Moran globale. Il valore ottenuto ($I_W = 0,694$) suggerisce la presenza di autocorrelazione spaziale positiva. Per verificare se tale processo risulti particolarmente intenso in specifiche aree del territorio, sono stati calcolati anche gli indici di Moran locali, appartenenti alla famiglia dei Local Indicators of Spatial Association (LISA). La Figura 5.10 mostra gli indici risultati significativi. Emergono due principali cluster di comuni caratterizzati da indici di Moran locali positivi, nei quali il processo spaziale globale risulta particolarmente intenso:

- 766 comuni ad alta LAP, localizzati prevalentemente in aree quali Alpi, Sardegna orientale, Sicilia occidentale, la zona interna compresa tra il Grossetano e il Viterbese, Basilicata interna, Calabria ionica, Molise e confine Umbria-Marche;
- 190 comuni a bassa LAP, concentrati in particolare in Lombardia, e nelle aree limitrofe a Torino, Bologna e Napoli.

Sono presenti inoltre cinque comuni con indice di Moran locale negativo, che si discostano dal processo globale. Si tratta di cinque comuni in cui i valori dell'indice di Local Availability Poverty risultano più bassi rispetto a quelli dei comuni circostanti: si tratta di Lucera (FG), Matera, Corigliano-Rossano (CS), Cosoleto (RC) e Castiglione di Sicilia (CT).

Nell'Appendice B.5 si riportano i risultati dell'analisi esplorativa spaziale ottenuti per l'indice fuzzy di Long-Distance Availability Poverty. È possibile notare come le indicazioni che se ne ricavano sono sostanzialmente simili per quanto riguarda

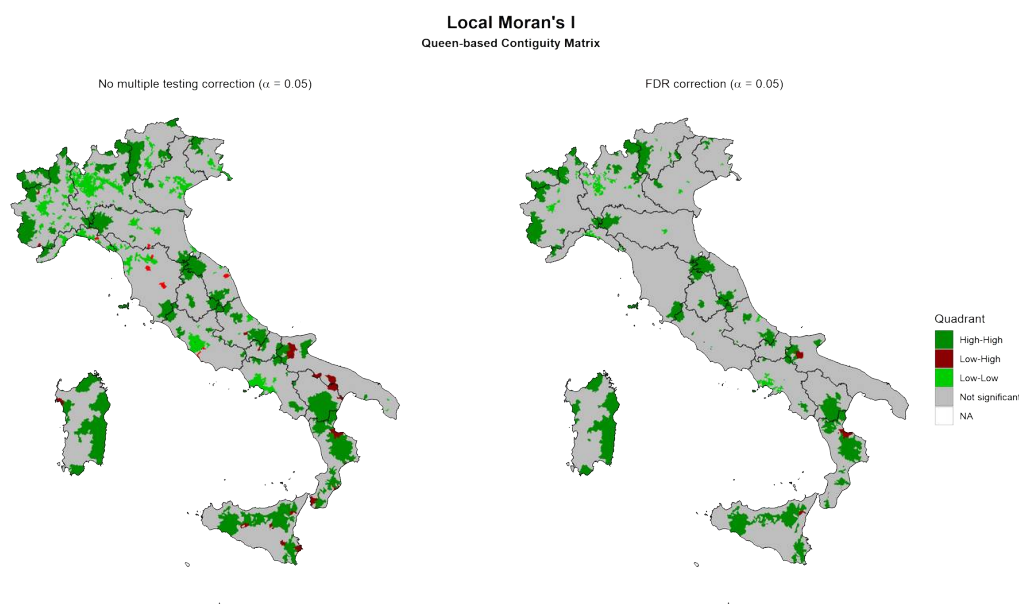


Figura 5.10: Indici di Moran locali significativi relativi all'indice composito di Local Availability Poverty.

l'autocorrelazione globale (indice di Moran pari a 0,890), mentre emergono alcune differenze in relazione ai cluster spaziali. In generale, aumentano i comuni per cui il coefficiente Local Moran stimato è significativo e positivo (1,077 ad alta LDAP e 730 a bassa LAP), mentre quelli con coefficiente negativo e positivo sono comunque residuali (7) ma, contrariamente a quanto visto per LAP, sono comuni caratterizzati da indici più alti rispetto a quelli circostanti (Figura B.9).

Cluster socio-economici

Dal punto di vista socio-economico, è utile analizzare la relazione tra reddito medio comunale e i due indici compositi di TP e LTP. Per entrambe le misure si riportano i risultati ottenuti con i vettori di pesi basati sull'analisi in componenti principali. Un'analisi di correlazione, basata sui coefficienti di Pearson e di Spearman, evidenzia una relazione inversa moderata tra il reddito medio comunale e i valori degli indici. La Tabella 5.3 mostra i coefficienti calcolati e suggerisce che la relazione tra reddito e indice di Local Availability Poverty sia leggermente più intensa rispetto a quella con l'indice di Long-Distance Availability Poverty.

Successivamente, i valori medi del reddito comunale sono stati suddivisi in decili e le distribuzioni condizionate degli indici Long-Distance Availability Poverty e Local Availability Poverty sono riportate nella Figura 5.11. Al netto di alcuni valori anomali, emerge una relazione decrescente tra reddito e povertà dei trasporti: all'aumentare del livello di ricchezza, entrambi gli indici tendono a ridursi. Coerentemente con quanto osservato nell'analisi di correlazione, questa tendenza risulta più accentuata per l'indice di Local Availability Poverty. Le principali ecce-

Availability Poverty	ρ	
	Pearson	Spearman
Local	−0,408	−0,447
Long-Distance	−0,340	−0,417

Tabella 5.3: Coefficienti di correlazione con il reddito medio a livello comunale.

zioni sono rappresentate da Livigno (SO) e Bormio (SO), che presentano livelli di reddito elevati ma valori di Long-Distance e Local Availability Poverty altrettanto alti, in ragione della loro collocazione alpina.

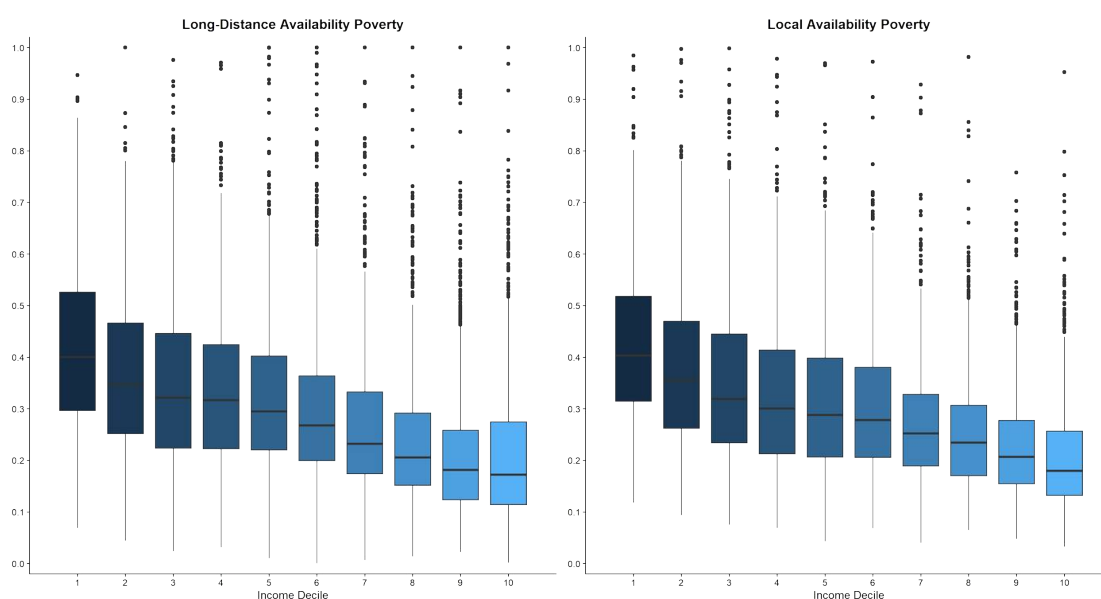


Figura 5.11: Distribuzione dell'indice di Long-Distance Availability Poverty (a sinistra) e dell'indice di Local Availability Poverty (a destra) per decile di reddito medio.

Effetti dei fattori intersecanti sulle sfide di accessibilità

In questa sezione il ruolo dei fattori intersecanti con l'accessibilità alle infrastrutture legate ai trasporti viene affrontato a livello comunale, con l'obiettivo di individuare possibili determinanti dei diversi livelli di Local Availability Poverty attraverso la stima di modelli econometrici spaziali. Di pari passo, la stessa procedura viene applicata anche all'indice di Long-Distance Availability Poverty; i risultati ottenuti per quest'ultimo vengono riportati nell'Appendice B.

È possibile estendere l'analisi descritta in questo capitolo mediante modelli di regressione. A questo scopo, è utile mantenere distinti i due indici introdotti in

precedenza: l'indice fuzzy di Local Availability Poverty e l'indice fuzzy di Long-Distance Availability Poverty. Per entrambi gli indici sono state considerate come possibili determinanti: i) la struttura per età della popolazione, misurata dalla quota di residenti con età superiore ai 64 anni; ii) la composizione per nazionalità della popolazione, misurata dalla percentuale di cittadini stranieri; iii) il grado di urbanizzazione, secondo la classificazione Eurostat; iv) la classificazione della Strategia Nazionale per le Aree Interne (SNAI) in sei categorie; v) la zona altimetrica in cinque categorie; vi) il reddito medio comunale.

Prima di presentare i risultati, è utile precisare la classificazione SNAI. Il Dipartimento per le politiche di coesione della Presidenza del Consiglio dei Ministri distingue due macro-categorie: le aree interne, caratterizzate da una significativa distanza dai principali centri di offerta dei servizi, e i centri. I centri si articolano a loro volta in tre sotto-categorie: i Poli, ossia i comuni che dispongono al proprio interno di tutti i servizi essenziali; i Poli intercomunali, ossia insiemi di comuni contigui che, considerati congiuntamente, garantiscono la presenza di tutti i servizi; e le Cinture, il cui tempo di percorrenza verso il polo più vicino è inferiore ai 20 minuti. Le aree interne si distinguono invece in comuni Intermedi, distanti tra 20 e 40 minuti dal polo più vicino; comuni Periferici, distanti tra 40 e 75 minuti; e comuni Ultra-periferici, distanti oltre 75 minuti².

Per quanto riguarda le zone altimetriche, ISTAT suddivide i comuni italiani in cinque categorie: Montagna interna, cioè comuni con altitudine media superiore a 600 metri e non affacciati sul mare; Montagna litoranea, cioè comuni con altitudine media superiore a 600 metri e affacciati sul mare; Collina interna, cioè comuni con altitudine media compresa tra 300 e 600 metri e non affacciati sul mare; Collina litoranea, cioè comuni con altitudine media compresa tra 300 e 600 metri e affacciati sul mare; Pianura, cioè comuni con altitudine media inferiore a 300 metri.

Partendo da questi presupposti, essendo l'oggetto dell'analisi un data set georeferenziato, è stato possibile condurre una vera e propria analisi di regressione spaziale per entrambi gli indici fuzzy di Availability Poverty. Di seguito, vengono presentati i risultati relativi all'indice fuzzy di Local Availability Poverty.

Dopo aver standardizzato tutte le variabili numeriche considerate, il punto di partenza è la stima di un modello di regressione lineare multipla, all'interno del quale sono state inserite tutte le variabili precedentemente descritte. Tuttavia, le comuni diagnostiche sulla bontà della specificazione del modello hanno evidenziato un problema di collinearità: tutte le categorie della variabile SNAI ad eccezione dei poli intercomunali e delle aree ultra-periferiche presentano un Variance Inflation Factor (VIF) superiore alla soglia di attenzione pari a 5 e superano, o sono molto vicine, alla soglia di inaccettabilità pari a 10. Ulteriori approfondimenti hanno evidenziato come questo fosse dovuto alla sovrapposibilità di alcune informazioni con la zona altimetrica e il grado di urbanizzazione. Dunque, la variabile SNAI è stata ricodificata in accordo con le macro-categorie "aree interne" e "centri"; que-

²Le definizioni considerate sono quelle antecedenti al 2022.

sto aggiustamento ha consentito di eliminare il problema. Per ulteriori dettagli, si rimanda all'Appendice B.6 e, in particolare, alla Figura B.10.

A partire dalla regressione lineare multipla non affetta da problemi di multicollinearità, sono stati stimati diversi modelli in grado di tenere esplicitamente conto della dimensione spaziale sottostante la distribuzione dell'indice. Sebbene il modello di regressione di partenza potesse essere ulteriormente rifinito eliminando le variabili che danno scarso contributo alla spiegazione della variabilità dell'indice, tale opzione è stata scartata, in quanto le stesse variabili potrebbero risultare significative in modelli che tengono conto anche della struttura spaziale.

Dopo aver confrontato diverse possibili specificazioni, il modello che meglio spiega la relazione tra le variabili esplicative e il livello di Availability Poverty è lo Spatial Durbin Model (SDM). Quest'ultimo si differenzia dalla regressione lineare multipla per la presenza di un parametro ρ che cattura l'autocorrelazione nella distribuzione della variabile dipendente e per la presenza di una serie di parametri $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_m)$ che rappresentano l'influenza dei valori assunti dalle m variabili esplicative nel vicinato dell'unità i sul valore della variabile dipendente osservato nella stessa unità i .

La Tabella 5.4 riporta le stime dello Spatial Error Model (SEM). Il parametro di dipendenza spaziale risulta positivo ($\lambda = 0.993$) e altamente significativo, indicando una forte autocorrelazione spaziale nella componente di errore. Questo suggerisce che l'adozione del modello SEM sia appropriata, poiché una quota rilevante della variabilità non spiegata presenta una struttura spazialmente organizzata. In questo specifico caso, non appare preoccupante il fatto di aver ottenuto un valore di λ così vicino a 1, perché la distribuzione dei residui (Figura B.11) mostra come, a parte in alcune specifiche località, la maggior parte di essi si collochi vicina a 0.

Il modello di regressione spaziale SDM evidenzia una forte dipendenza spaziale tra i comuni italiani, come mostra il coefficiente di autocorrelazione $\theta = 0,847$, altamente significativo. Tale valore conferma che il livello del LAP di ciascun comune è influenzato non solo dalle proprie caratteristiche socio-demografiche, ma anche da quelle dei comuni limitrofi.

I coefficienti diretti β indicano che il LAP tende a diminuire al crescere del reddito medio, del grado di urbanizzazione e della percentuale di popolazione straniera, mentre risulta più elevato nelle aree interne e nei contesti in cui la popolazione è più anziana.

Gli effetti spaziali γ mostrano invece la presenza di spillover positivi provenienti dai comuni urbani e di pianura, e negativi dalle aree interne e montane, suggerendo che la struttura territoriale e socio-economica dei comuni vicini contribuisce in modo significativo alla distribuzione spaziale del LAP. Inoltre, la presenza nel vicinato di comuni con livelli di reddito e con quota di popolazione straniera più elevati è significativamente associata a maggiori livelli di povertà dei trasporti.

Complessivamente, il modello conferma la rilevanza delle interdipendenze spaziali e la necessità di considerare la dimensione territoriale nei processi di analisi della povertà nei trasporti a livello locale. Infine, nonostante la presenza di alcuni valori estremi geograficamente plausibili – massimo registrato nel comune isolano

Tabella 5.4: Coefficienti stimati del modello di regressione spaziale SDM, stimato con variabili standardizzate.

Variabile	Coefficiente	
	β	γ
Intercetta	0,084***	NA
Popolazione over 64 (%)	0,031***	-0,133
Popolazione straniera (%)	-0,067***	0,013***
Reddito medio	-0,140***	0,097***
<i>Grado di urbanizzazione</i>		
Rurale	NA	NA
Peri-urbano	-0,214***	0,049
Urbano	-0,529***	0,353***
<i>SNAI</i>		
Centri	NA	NA
Aree interne	0,243***	-0,212***
<i>Zona altimetrica</i>		
Montagna interna	NA	NA
Montagna litoranea	0,133	-0,339***
Collina interna	-0,071**	0,010
Collina litoranea	-0,063	-0,024
Pianura	-0,237***	0,200***
θ	0,847***	

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

di Isole Tremiti e minimo nel comune montano di Limone Piemonte (CN), i residui del modello si distribuiscono con valori molto vicini a zero e senza seguire alcun pattern spaziale (Fig. B.11).

È utile porre l'attenzione sul fatto che l'analisi econometrica spaziale con l'indice di Long-Distance Availability Poverty come variabile dipendente conduca a risultati leggermente diversi. Il modello spaziale più adeguato a rappresentare questo fenomeno è lo Spatial Error Model (SEM), che si discosta dalla regressione lineare multipla per la presenza di un parametro λ che rappresenta l'autocorrelazione tra i termini di errore. Le stime dei coefficienti del modello SEM sono riportate nella Tabella B.21.

Implicazioni di policy

Le evidenze raccolte in questo capitolo mostrano che la povertà di disponibilità dei trasporti per brevi distanze in Italia non è un fenomeno distribuito casualmente, ma segue pattern spaziali estremamente marcati: l'indice di Moran globale pa-

ri a 0,694 conferma che i comuni ad alta criticità (766) e quelli a bassa criticità (190) tendono a formare cluster contigui, concentrati rispettivamente lungo l'arco alpino e appenninico, nelle isole e nelle aree interne del Mezzogiorno da un lato, e in Pianura Padana e lungo le principali direttrici costiere dall'altro. Il modello di regressione spaziale conferma inoltre che la marginalità territoriale, misurata attraverso la classificazione SNAI, è il determinante più forte della povertà di disponibilità, seguita dall'invecchiamento della popolazione, mentre il reddito medio comunale e il grado di urbanizzazione esercitano un effetto protettivo. Le analisi individuali basate sui dati AVQ aggiungono un ulteriore livello di lettura, mostrando che tale svantaggio si traduce anche in percezioni soggettive: le famiglie con minori risorse economiche riportano sistematicamente una peggiore accessibilità stradale, una minore prossimità al trasporto pubblico e alle piste ciclabili, con un gradiente territoriale che penalizza in modo particolare il Centro, il Sud e le Isole. Da questo quadro discendono alcune priorità di intervento, complementari a quelle già delineate nei capitoli precedenti sui costi della mobilità e sulla transizione elettrica.

- **Utilizzare gli indicatori per individuare i territori prioritari, non per prescrivere automaticamente nuove infrastrutture.** L'indice di Long-Distance Availability Poverty misura principalmente la distanza dai nodi delle reti di trasporto a lunga percorrenza e consente quindi di individuare i comuni maggiormente isolati, in particolare nelle Aree Interne Periferiche e Ultra-periferiche. Non permette tuttavia di determinare direttamente quale intervento sia più appropriato. La programmazione dovrebbe integrare questo indicatore con informazioni sulla mobilità quotidiana, sull'accesso ai servizi essenziali e sulla domanda locale, valutando per ciascun territorio l'efficacia, i costi e gli impatti ambientali delle diverse soluzioni.
- **Ridurre l'isolamento delle aree montane e insulari attraverso interventi proporzionati alle esigenze locali.** La concentrazione di valori elevati di Local Availability Poverty nei comuni alpini, appenninici e insulari segnala la necessità di rafforzarne l'accessibilità, ma non implica necessariamente la costruzione di nuove infrastrutture a lunga percorrenza. La priorità dovrebbe essere migliorare i collegamenti con le reti e i nodi esistenti, l'integrazione tra trasporto locale e servizi ferroviari o marittimi, la frequenza e l'affidabilità dei servizi e, nei territori a bassa densità, le soluzioni flessibili o a chiamata. Eventuali nuove infrastrutture dovrebbero essere considerate soltanto sulla base di specifiche valutazioni della domanda e della sostenibilità economica e ambientale. Un'alternativa alla realizzazione di nuove linee ferroviarie consiste nel recupero dei tracciati non più utilizzati, soprattutto nelle aree rurali e montane.
- **Servizi a domanda per le aree a bassa densità:** nei comuni rurali e nelle aree interne, dove il potenziamento delle linee di trasporto pubblico tradizionali risulta spesso antieconomico, sviluppare servizi di trasporto fles-

sibile o a chiamata, in coerenza con quanto già indicato nel Capitolo 2 a proposito della dipendenza strutturale dall'auto privata in questi contesti.

- **Attenzione alla popolazione anziana:** prevedere misure specifiche per le fasce di popolazione over 64, che il modello SEM individua come particolarmente esposte alla povertà di disponibilità, ad esempio attraverso servizi di trasporto assistito o l'adeguamento della rete di prossimità nelle aree a maggiore invecchiamento demografico.
- **Riduzione del divario territoriale nella mobilità ciclabile:** colmare il divario Nord-Sud nella prossimità alle piste ciclabili, particolarmente marcato nelle Isole secondo le analisi condotte sui dati AVQ, attraverso investimenti mirati in infrastrutture ciclabili nel Centro-Sud, complementari alla promozione della mobilità attiva già indicata come priorità nel Capitolo 4.
- **Monitorare l'accessibilità attraverso un insieme articolato di indicatori.** Gli indici di Long-Distance Availability Poverty e Local Availability Poverty possono essere utilizzati come strumenti diagnostici complementari per individuare condizioni di isolamento territoriale, ma non come criteri autonomi per l'allocazione o la valutazione degli investimenti. In particolare, l'indice di Long-Distance Availability Poverty riflette soprattutto la distanza dai nodi delle reti a lunga percorrenza e una sua riduzione non deve costituire, di per sé, un obiettivo di policy. Il monitoraggio dovrebbe concentrarsi principalmente sui risultati effettivi per la popolazione, quali i tempi di accesso ai servizi essenziali e ai luoghi di lavoro, la copertura, la frequenza e l'affidabilità del trasporto pubblico, l'accessibilità economica e la disponibilità di collegamenti con le reti esistenti. Ciò consente di valutare l'efficacia delle politiche senza creare incentivi impliciti alla costruzione di autostrade, aeroporti o altre grandi infrastrutture nei territori rurali e montani.

Capitolo 6

L'accessibilità ai beni e servizi

Capitolo 6 – Highlights

- L'accessibilità percepita ai beni e servizi è sistematicamente più elevata nel Nord Italia e più debole nel Mezzogiorno e nelle Isole.
- L'accessibilità ai servizi sanitari presenta criticità marcate lungo l'arco alpino, la dorsale appenninica e in diverse aree insulari.
- Le differenze territoriali nell'accessibilità ai servizi scolastici risultano presenti ma meno accentuate rispetto ad altre dimensioni analizzate.
- I tempi di percorrenza verso il luogo di lavoro variano in modo sistematico in funzione della posizione occupazionale, della classe di età e della fonte principale di reddito.
- Le evidenze empiriche confermano che l'accessibilità ai servizi essenziali costituisce una componente rilevante delle disuguaglianze territoriali italiane.

L'accessibilità rappresenta una dimensione centrale della povertà dei trasporti e, più in generale, della disuguaglianza territoriale. Essa riguarda la possibilità effettiva per gli individui di raggiungere opportunità e destinazioni essenziali, quali il lavoro, l'istruzione, l'assistenza sanitaria e i principali servizi di base, in tempi e con costi compatibili con le esigenze della vita quotidiana (Lucas, Mattioli et al., 2016; Social Exclusion Unit, 2003). L'accesso ai servizi essenziali è inoltre riconosciuto dal Pilastro europeo dei diritti sociali come un elemento fondamentale per la partecipazione sociale e l'inclusione territoriale (European Commission, 2025b). Nonostante la crescente attenzione programmatica verso questo tema, le evidenze empiriche continuano a mostrare marcate differenze territoriali nell'accesso ai beni e ai servizi fondamentali.

L'accessibilità: un'analisi statistica basata sugli aspetti della vita quotidiana

In questa sezione vengono presentati i risultati ottenuti dall'analisi dei microdati provenienti dall'edizione 2024 dell'Indagine Multiscopo sulle Famiglie "Aspetti della Vita Quotidiana" (AVQ) condotta annualmente da Istat. Nello specifico, l'attenzione è rivolta a quelle variabili che misurano, in modo soggettivo, la percezione dell'accessibilità da parte dei cittadini.

La percezione dell'accessibilità: approccio basato sulla destinazione

Domanda di ricerca

Qual è la percezione del livello di accessibilità ai beni e servizi essenziali?

L'accessibilità percepita può essere misurata con diversi indicatori e relativi approcci. A seguire sono mostrati i risultati dell'analisi sull'accessibilità percepita con un approccio basato sulla destinazione, che indica la facilità o percezione nell'accedere a località o servizi (Vitman-Schorr et al., 2019; Jamei et al., 2022). L'analisi della percezione sull'accessibilità ai servizi essenziali evidenzia un chiaro gradiente territoriale a sfavore del Mezzogiorno e delle Isole. I cartogrammi riportati nella Figura 6.1 mostrano infatti una distribuzione più favorevole nelle regioni settentrionali, dove la prossimità a servizi come farmacie, forze dell'ordine, uffici postali, uffici comunali, mercati e supermercati è generalmente percepita come più elevata. In regioni quali Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna si osservano livelli di accessibilità percepita più alti, coerenti con una maggiore densità dei servizi e con una più forte integrazione delle reti di mobilità.

Procedendo verso il Centro Italia, il quadro diventa più eterogeneo. Alcune regioni, come la Toscana, mantengono livelli di accessibilità comparabili a quelli del Nord, mentre in altre, come Lazio e Abruzzo, si osserva una riduzione della qualità percepita dell'accesso. Il divario si amplia in modo significativo nel Mezzogiorno e nelle Isole, dove la distanza dai servizi essenziali è percepita come più elevata e la distribuzione territoriale delle opportunità appare meno capillare. Le condizioni più critiche emergono in Calabria, Campania, Basilicata, Sardegna e Sicilia. Nel complesso, l'evidenza suggerisce che l'accessibilità ai beni e servizi non sia distribuita in modo omogeneo sul territorio nazionale, ma rifletta una struttura spaziale fortemente asimmetrica, nella quale il Sud e le Isole risultano sistematicamente svantaggiati.

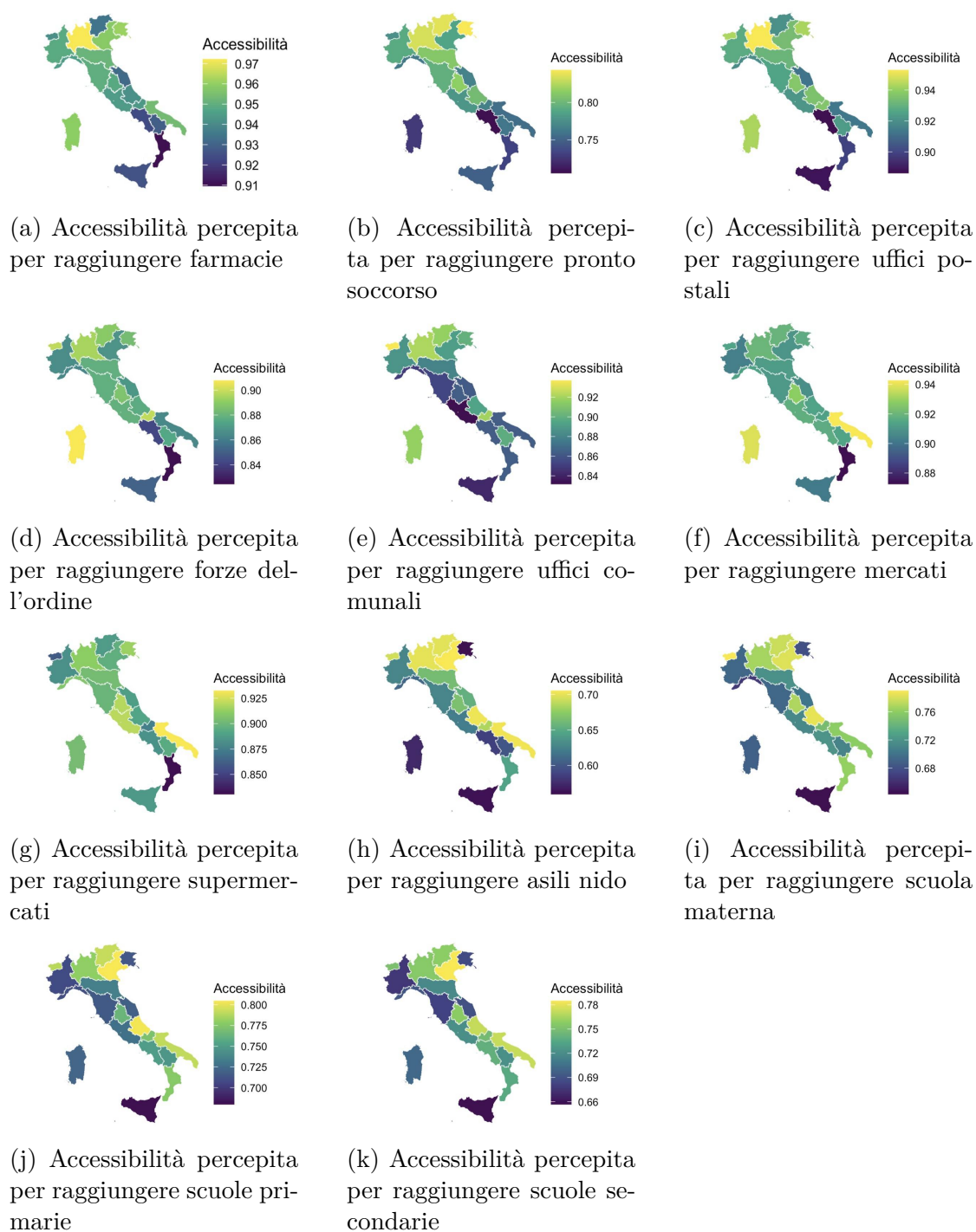


Figura 6.1: Accessibilità percepita ai principali servizi.

La percezione dell'accessibilità: approccio basato sul viaggio

Domanda di ricerca

Qual è la percezione della qualità del trasporto pubblico?

A seguire sono mostrati i risultati dell'analisi sull'accessibilità percepita con un approccio basato sul viaggio, che indica la percezione di tutte le componenti dell'esperienza di viaggio o della qualità del servizio (Cheng and Chen, 2015; Jamei et al., 2022). L'analisi si compone di tre sezioni. In particolare, viene mostrata la percezione per autobus, tram e filobus, a seguire la percezione dei pullman e la percezione del trasporto passeggeri su ferro. L'analisi sulla percezione di autobus, tram e filobus evidenzia una maggiore insoddisfazione nel Mezzogiorno e delle Isole. I cartogrammi riportati nella Figura 6.2 mostrano infatti un andamento del servizio più favorevole nelle regioni settentrionali, dove frequenza, puntualità, posto a sedere, velocità, pulizia, attesa, collegamenti e orari sono generalmente percepiti positivamente rispetto alle regioni meridionali e centrali. In regioni quali Trentino Alto-Adige, Friuli Venezia Giulia, Valle d'Aosta e Umbria si osservano livelli di accessibilità percepita più alti. In relazione alla percezione del costo, le regioni settentrionali percepiscono come elevati i costi di queste tipologie di trasporto pubblico, nonostante non ci sia una differenza pronunciata rispetto alle restanti regioni.

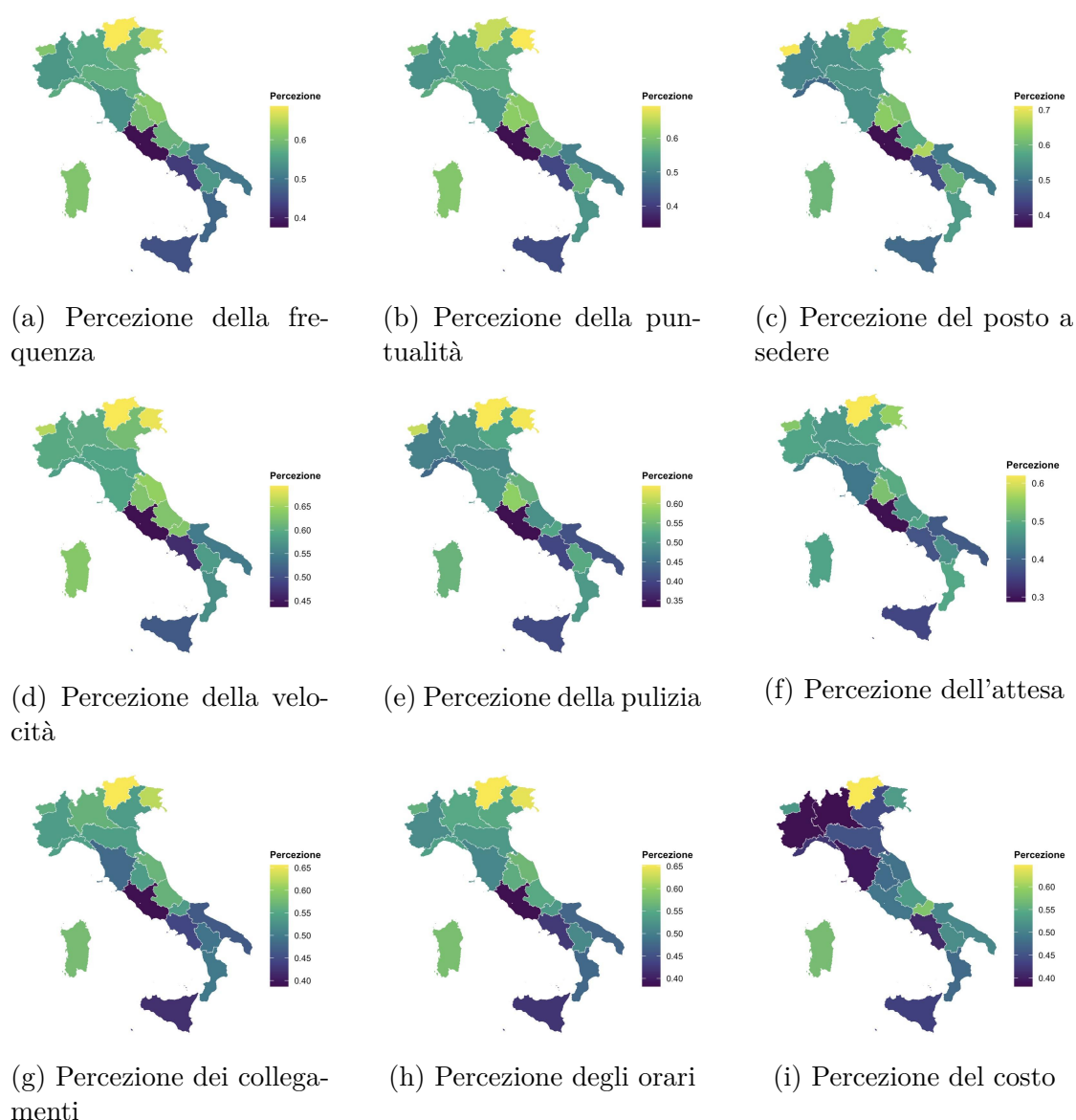


Figura 6.2: Accessibilità percepita di autobus, filobus e tram.

L'analisi sulla percezione dei pullman evidenzia uno squilibrio territoriale a sfavore del Mezzogiorno e delle Isole. I cartogrammi riportati nella Figura 6.3 mostrano che il servizio è maggiormente apprezzato nelle regioni settentrionali, dove frequenza, puntualità, posto a sedere, velocità, pulizia, attesa, collegamenti e orari sono percepiti positivamente rispetto alle regioni meridionali. In regioni quali Trentino Alto-Adige, Friuli Venezia Giulia, Valle d'aosta, Umbria e Marche si osservano livelli di accessibilità percepita più alti. In relazione alla percezione del costo, le regioni settentrionali hanno una maggiore propensione a considerare onerosi i costi del servizio. Tuttavia, tale differenza non appare consistente rispetto alle restanti regioni.

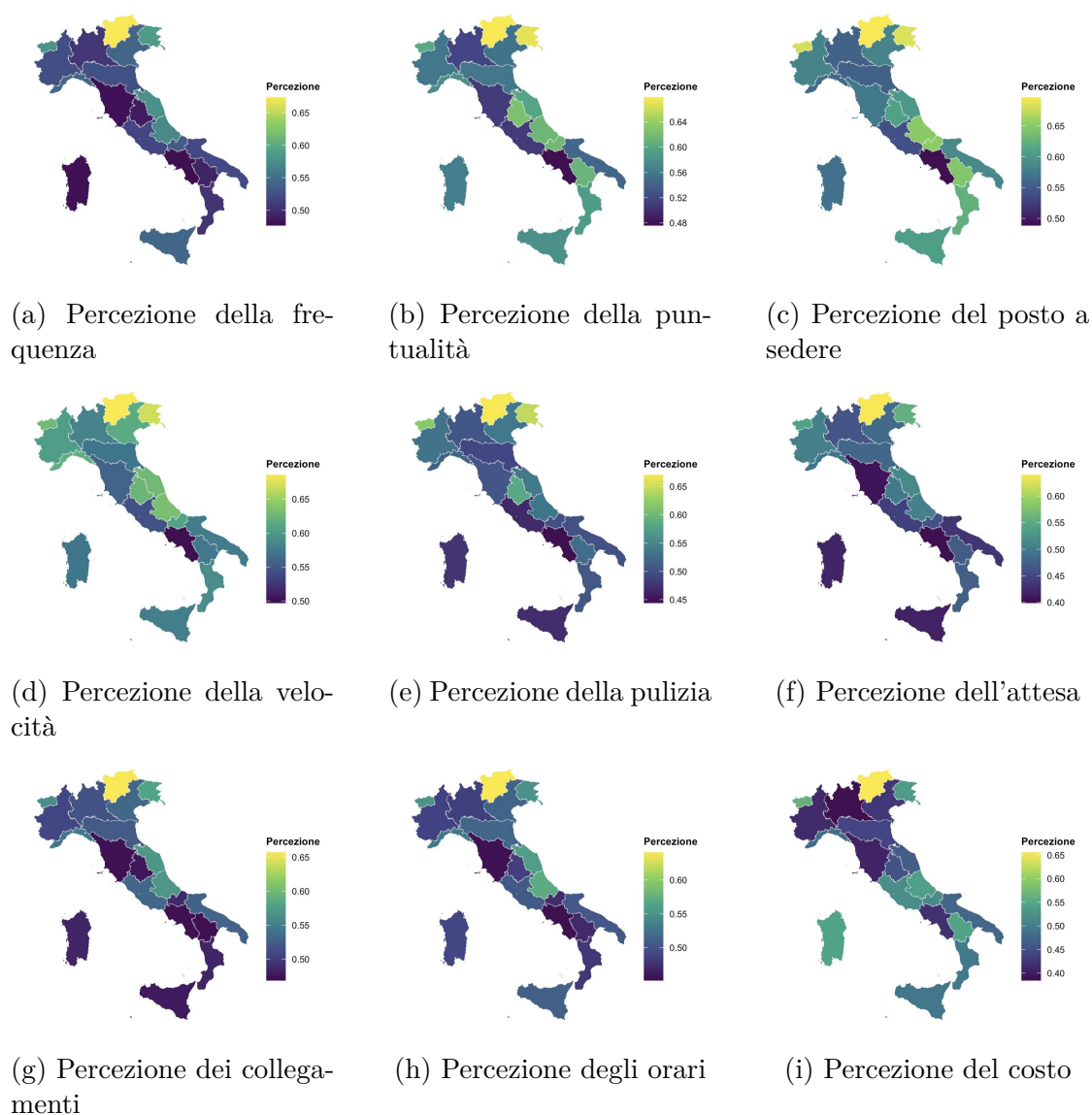


Figura 6.3: Accessibilità percepita dei pullman

L'analisi sulla percezione dei treni evidenzia un marcato divario territoriale a sfavore del Mezzogiorno e delle Isole. Come riportato nei cartogrammi della Figura 6.4 le regioni centrali e settentrionali presentano una soddisfazione maggiore. In Trentino Alto-Adige, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna e Lazio si osservano i livelli di accessibilità percepita più elevati. In relazione alla percezione del costo, le regioni Lazio, Sardegna e Trentino Alto-Adige percepiscono i costi come meno onerosi. Tuttavia, le differenze tra le regioni risultano contenute.

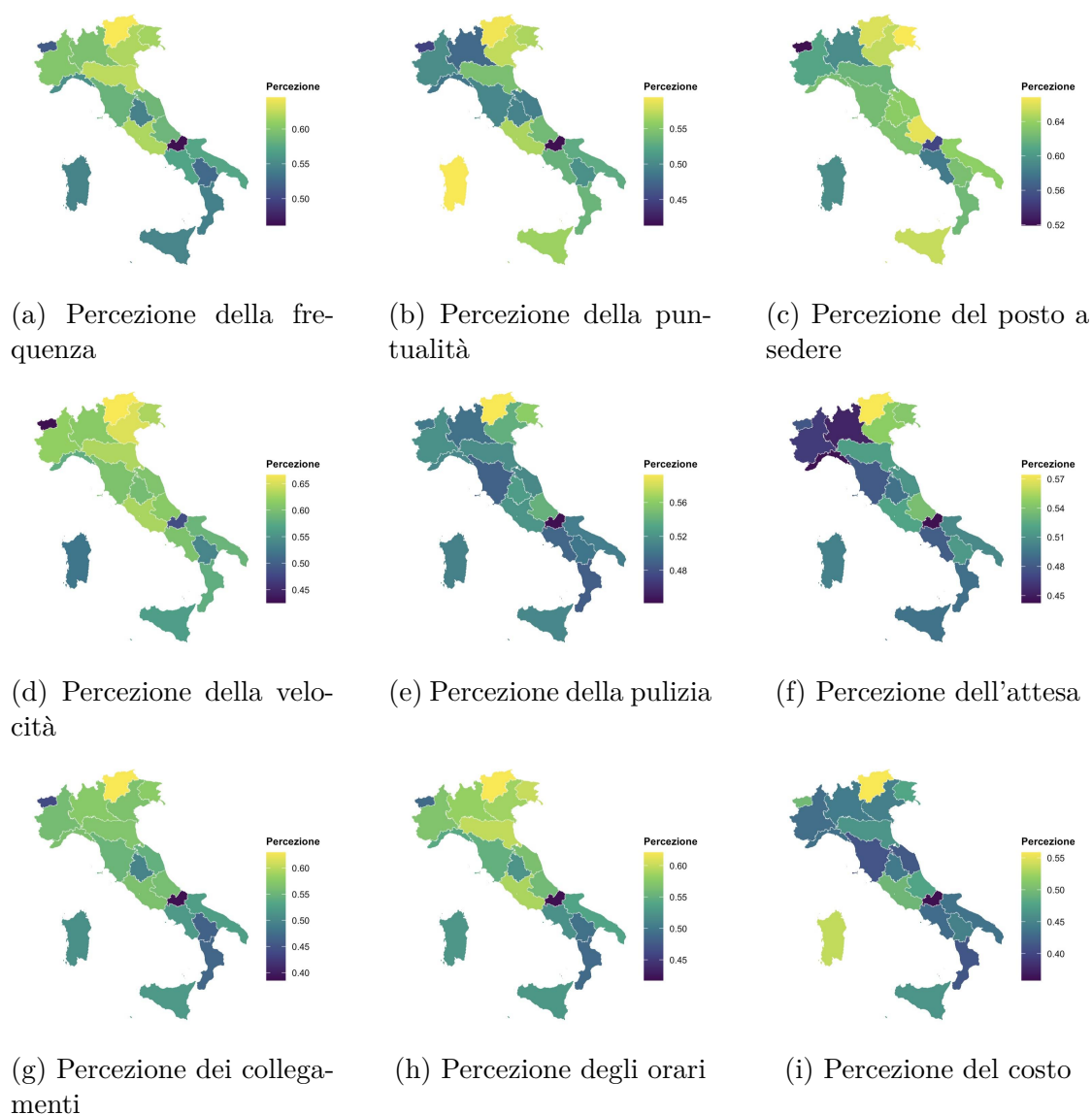


Figura 6.4: Accessibilità percepita dei treni.

Analisi dell'accessibilità basata sui tempi di percorrenza

Un modo alternativo per analizzare le criticità di accessibilità consiste nel considerare i tempi di percorrenza necessari per raggiungere i servizi essenziali e i luoghi in cui si svolgono le principali attività quotidiane. A differenza di quanto visto nella sezione precedente, si tratta di un approccio oggettivo.

In questa prospettiva, l'attenzione è stata rivolta, da un lato, all'accessibilità dei servizi sanitari, sulla base degli indicatori elaborati dal Transport Poverty Hub (TPH) del Joint Research Centre della Commissione europea; dall'altro, agli spostamenti verso la scuola e verso il luogo di lavoro, indipendentemente dal mezzo

utilizzato, sulla base dei dati provenienti dall'edizione 2024 dell'Indagine AVQ. Nel primo caso, gli indicatori provengono da fonti di dati georeferenziati che non lasciano spazio a soggettività; nel secondo, invece, le informazioni analizzate provengono dalle risposte fornite dagli individui, lasciando spazio se non a soggettività, quantomeno a possibili approssimazioni.

Accessibilità dei servizi sanitari

Domanda di ricerca

Qual è il livello di accessibilità ai servizi sanitari?

L'analisi dell'accessibilità ai servizi sanitari si basa sugli indicatori elaborati dal Transport Poverty Hub (TPH) del Joint Research Centre della Commissione europea, che mette a disposizione misure armonizzate per la valutazione della povertà dei trasporti nei Paesi europei. In particolare, sono stati utilizzati i tempi minimi di percorrenza verso l'ospedale più vicino, distinti tra trasporto pubblico e mezzo privato, con riferimento all'anno 2023. Gli ospedali sono stati georeferenziati mediante il database GISCO di Eurostat. L'accessibilità tramite trasporto pubblico è stata stimata sulla base degli orari programmati dei servizi, mentre quella tramite mezzo privato è stata calcolata utilizzando la rete stradale TomTom MultiNet 2023. Gli indicatori sono stati costruiti a partire dai centroidi delle celle di 1 km² della griglia GISCO 2021, assunte come proxy delle aree residenziali, e misurano il tempo minimo di viaggio necessario per raggiungere l'ospedale più vicino.

I risultati evidenziano una distribuzione territoriale disomogenea delle aree a minore accessibilità. Con riferimento al trasporto pubblico, le criticità più marcate si concentrano lungo la dorsale appenninica e l'arco alpino, interessando ampie porzioni del Lazio, ad eccezione della provincia di Roma, la Sardegna e le province di Foggia, Brindisi, Grosseto, Ancona e Ferrara. A tali aree si aggiungono ulteriori zone di svantaggio, più frammentate, localizzate nella Pianura Padana.

Considerando invece l'accessibilità tramite mezzo privato, le difficoltà risultano concentrate soprattutto nei territori montani dell'Appennino, dalla Calabria alla Liguria, nelle Alpi occidentali e orientali, in numerose aree della Sardegna e in alcune province del Centro-Sud, tra cui Messina, Palermo, Siracusa, Grosseto, Lucca, Pesaro e Urbino e Foggia. Nel complesso, l'evidenza empirica suggerisce che la minore accessibilità ai servizi sanitari riguardi principalmente aree interne, montane e insulari, dove la combinazione di distanza, morfologia del territorio e minore densità infrastrutturale continua a penalizzare in modo significativo l'accesso alla cura.

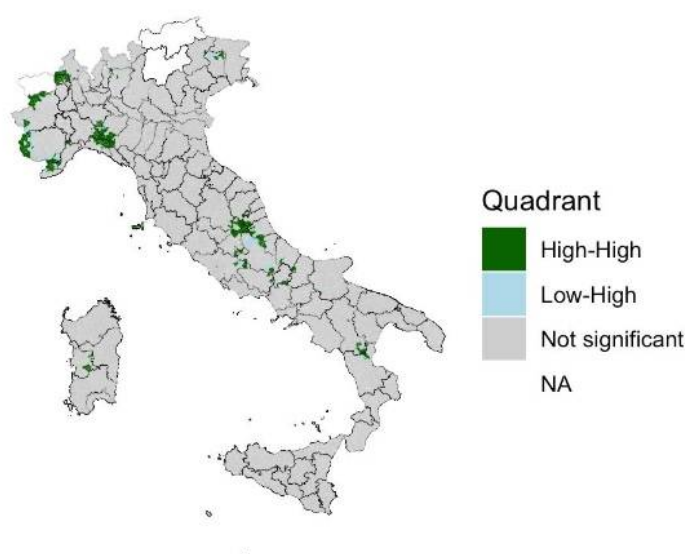


Figura 6.5: Minuti impiegati con il trasporto pubblico per raggiungere strutture sanitarie

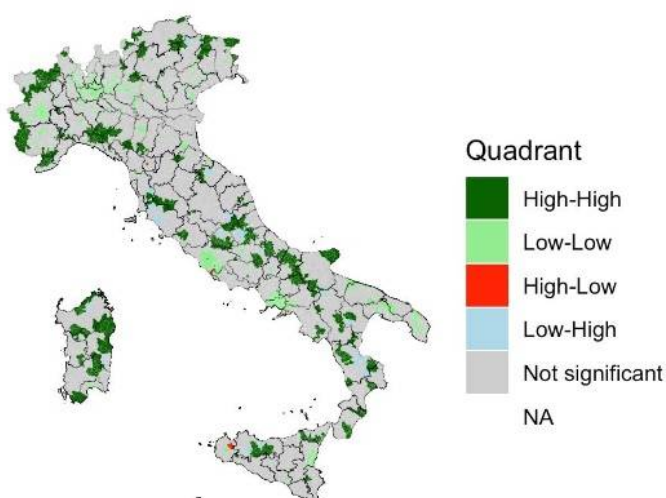


Figura 6.6: Minuti impiegati con veicoli privati per raggiungere strutture sanitarie

Accessibilità dei servizi scolastici

In primo luogo, l'attenzione è stata rivolta alla popolazione che, al momento della rilevazione, frequentava un istituto scolastico di qualsiasi tipo. Questa informazione non è direttamente ricavabile dall'indagine. Dunque, i risultati presentati di seguito si basano su un sotto-campione di 7.425 individui che rappresentano una proxy della popolazione scolastica non universitaria, ottenuto restringendo l'insie-

me ai minori di 15 anni e ai soggetti di età compresa tra i 15 e i 19 anni che hanno dichiarato uno stato occupazionale inattivo. La Tabella 6.1 riporta le principali statistiche descrittive della variabile relativa al tempo, espresso in minuti, necessario per raggiungere la scuola. Una quota dei dati mancanti è dovuta alla presenza di rispondenti che hanno fornito una risposta in forma variabile o non direttamente codificabile. Le statistiche presentate sono state calcolate utilizzando i coefficienti di riporto all’universo sulle 5.802 risposte valide.

	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.	Media	Mancanti
Minuti	0,0	5,0	10,0	20,0	59,0	14,3	1.623

Tabella 6.1: Statistiche descrittive della variabile che rappresenta il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere la scuola (fonte: AVQ 2024).

Per identificare le fasce della popolazione più esposte a problemi di accessibilità scolastica è stata svolta un’analisi condizionata rispetto alle seguenti variabili: (i) regione amministrativa; (ii) grado di adeguatezza delle risorse economiche; (iii) cittadinanza; (iv) tipo di nucleo familiare; (v) grado dell’istituto scolastico frequentato¹.

Tra le variabili considerate, le uniche che mostrano un’associazione evidente con i tempi di percorrenza sono la regione di appartenenza e il grado scolastico frequentato. Con riferimento alla prima, la Figura 6.7 mostra i box-plot delle distribuzioni dei minuti condizionati all’appartenenza territoriale. Pur non emergendo differenze particolarmente ampie, soprattutto nei valori mediani, la distribuzione dei tempi appare relativamente più contenuta nelle regioni meridionali e insulari, ad eccezione della Campania. Al contrario, il Nord-Est mostra una distribuzione più spostata verso valori elevati; il Friuli-Venezia Giulia, in particolare, è l’unica regione con una mediana pari a 15 minuti e un terzo quartile pari a 25 minuti. Con riferimento al grado scolastico, la Figura 6.8 evidenzia un risultato atteso: i tempi di percorrenza tendono ad aumentare per il raggiungimento delle scuole secondarie di secondo grado. Ciò riflette sia la maggiore specializzazione dell’offerta scolastica, sia il fatto che gli studenti delle scuole superiori selezionano l’istituto in funzione di preferenze e indirizzi formativi specifici, non esclusivamente in base alla vicinanza geografica. Va inoltre osservato che, a parità di mediana, la variabilità è più elevata per le scuole medie e per gli asili nido rispetto alle scuole materne ed elementari, segnalando una minore capillarità di queste tipologie di istituti.

Accessibilità del luogo di lavoro

In secondo luogo, l’analisi è stata estesa al sottoinsieme di 17.108 individui del campione che, al momento della rilevazione, risultavano occupati.

¹Questa informazione è stata ricavata a partire dall’età, poiché non era disponibile una variabile che la identificasse in modo univoco.

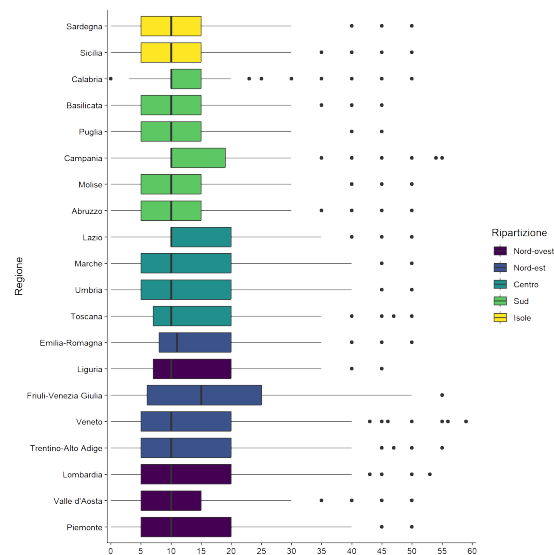


Figura 6.7: Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere l’istituto scolastico condizionate all’appartenenza regionale (fonte: AVQ 2024).

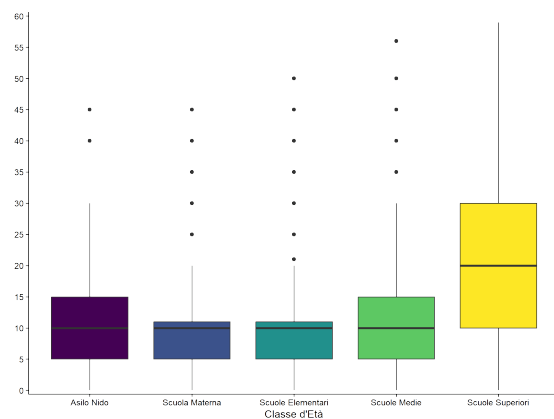


Figura 6.8: Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere l’istituto scolastico condizionate al grado scolastico (fonte: AVQ 2024).

La Tabella 6.2 riporta le principali statistiche descrittive della variabile relativa al tempo, espresso in minuti, necessario per raggiungere il luogo di lavoro. Anche in questo caso, una quota di valori mancanti è riconducibile a risposte formulate in modo non direttamente codificabile e le statistiche presentate sono state calcolate utilizzando i coefficienti di riporto all'universo sulle 12.444 risposte valide.

	Min.	Q1	Mediana	Q3	Max.	Media	Mancanti
Minuti	0,0	10,0	15,0	30,0	59,0	18,2	4.664

Tabella 6.2: Statistiche descrittive della variabile che rappresenta il tempo di percorrenza, espresso in minuti, per raggiungere il posto di lavoro (fonte: AVQ 2024).

Per identificare le fasce della popolazione maggiormente esposte a problemi di accessibilità al luogo di lavoro è stata svolta un'analisi condizionata che, oltre alle variabili già considerate per la scuola, include anche: (i) fonte principale di reddito; (ii) posizione lavorativa; (iii) classe di età. Le variabili che mostrano un'associazione più chiara con i tempi di percorrenza sono proprio queste ultime. La Figura 6.9 riporta i box-plot delle distribuzioni dei tempi condizionati alla tipologia di reddito. Poiché i rispondenti che hanno dichiarato come fonte principale di reddito provvigioni varie o redditi di natura patrimoniale sono numericamente esigui (rispettivamente 12 e 19), l'analisi è stata concentrata sui soggetti che percepiscono reddito da lavoro dipendente e da lavoro autonomo. Dalla figura emerge che i lavoratori dipendenti sperimentano, in media, tempi di percorrenza più lunghi rispetto ai lavoratori autonomi.

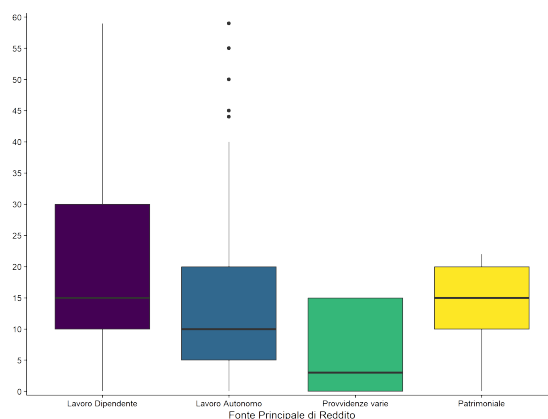


Figura 6.9: Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla fonte principale di reddito (fonte: AVQ 2024).

Con riferimento alla posizione lavorativa, la Figura 6.10 mostra una distribuzione differenziata dei tempi di spostamento tra le diverse categorie occupazionali. La categoria dei direttivi, quadri e impiegati è quella che presenta i tempi mediani più elevati, pari a 20 minuti. Tempi mediani pari a 15 minuti si osservano sia per dirigenti, imprenditori e liberi professionisti, sia per operai, apprendisti e lavoranti

a domicilio; tuttavia, il secondo gruppo presenta una distribuzione maggiormente spostata verso valori elevati. La categoria dei lavoratori in proprio, soci di cooperativa, coadiuvanti, collaboratori e prestatori d'opera occasionale mostra invece tempi di spostamento tendenzialmente più contenuti.

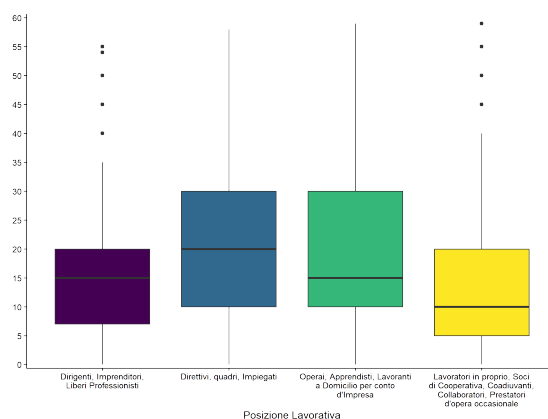


Figura 6.10: Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla posizione (fonte: AVQ 2024).

Infine, con riferimento alla classe di età, la Figura 6.11 mostra una sostanziale sovrapposizione delle distribuzioni nelle fasce comprese tra i 25 e i 54 anni, che condividono un valore mediano pari a 15 minuti con tutte le altre classi, ad eccezione della più anziana. Gli individui più giovani presentano una variabilità relativamente contenuta, con tempi concentrati soprattutto tra 10 e 20 minuti. Le fasce comprese tra i 55 e i 74 anni mostrano una minore dispersione rispetto ai gruppi adulti centrali. I lavoratori con età superiore ai 74 anni risultano infine caratterizzati dai tempi di percorrenza più brevi.

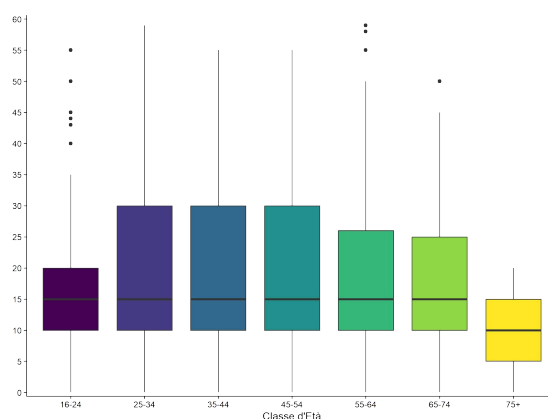


Figura 6.11: Box-and-whiskers plot delle distribuzioni dei minuti per raggiungere il posto di lavoro condizionate alla fascia d'età (fonte: AVQ 2024).

Implicazioni di policy

Le evidenze raccolte in questo capitolo confermano, da una prospettiva più vicina all'esperienza quotidiana delle famiglie, quanto emerso nei capitoli precedenti sulla distribuzione spaziale della povertà dei trasporti: l'accesso effettivo ai beni e ai servizi essenziali resta sistematicamente più difficile nel Mezzogiorno e nelle Isole, sia nella percezione soggettiva dei cittadini sia nei tempi di percorrenza oggettivamente misurati. L'accessibilità ai servizi sanitari risulta particolarmente critica nei territori montani dell'Appennino e delle Alpi, in Sardegna e in diverse province del Centro-Sud, tanto per chi si sposta con il trasporto pubblico quanto per chi utilizza un mezzo privato, a conferma che in queste aree il problema non è solo di offerta di trasporto collettivo ma di distanza fisica dai presidi stessi. Anche l'accesso a scuola e al lavoro, pur meno polarizzato territorialmente, mostra pattern rilevanti: i tempi di percorrenza per raggiungere il posto di lavoro (mediana di 15 minuti, media di 18,2) sono sistematicamente più lunghi per i lavoratori dipendenti rispetto agli autonomi e per le posizioni impiegate rispetto alle altre categorie occupazionali, segnalando che l'onere della mobilità quotidiana non si distribuisce in modo uniforme nemmeno all'interno della popolazione attiva.

Da questo quadro discendono alcune priorità di intervento, complementari a quelle indicate nei capitoli precedenti a proposito dei costi della mobilità e della disponibilità territoriale dei trasporti.

- **Garantire l'accesso ai servizi sanitari nelle aree montane e insulari.** La concentrazione delle prestazioni ospedaliere e specialistiche può rispondere a esigenze di qualità, disponibilità del personale ed efficienza organizzativa. Le maggiori criticità rilevate nell'Appennino, nelle Alpi e in Sardegna non implicano quindi il mantenimento o la creazione generalizzata di strutture sanitarie. Occorre piuttosto combinare collegamenti affidabili verso i presidi di riferimento con una presenza selettiva dei servizi di base, ricorrendo, in funzione dei bisogni locali, ad ambulatori territoriali, servizi mobili, assistenza domiciliare e telemedicina. L'obiettivo dovrebbe essere garantire tempi e condizioni di accesso adeguati, non la prossimità fisica di ogni tipologia di servizio.
- **Collegamenti dedicati verso gli ospedali nelle aree periferiche:** nelle province del Mezzogiorno individuate come maggiormente svantaggiate per l'accesso alle strutture sanitarie tramite trasporto pubblico, sviluppare servizi di collegamento dedicati (anche a chiamata) tra i comuni periferici e i principali presidi ospedalieri, in coerenza con le misure di trasporto a domanda già indicate nei Capitoli 2 e 5 per le aree a bassa densità. Infine, coerentemente con la programmazione sanitaria si potrebbe proporre attivazione della telemedicina e una maggiore dispersione della continuità assistenziale in tutte le sue varianti (Ambulatori territoriali, guardia medica, medicina generale).

- **Attenzione alla mobilità sistematica dei lavoratori dipendenti:** poiché i tempi di percorrenza casa-lavoro risultano più lunghi per i lavoratori dipendenti e per le posizioni impiegatizie, promuovere strumenti di mobilità sistematica sostenibile (mobility management aziendale, incentivi al trasporto pubblico per i pendolari, flessibilità oraria e lavoro da remoto ove possibile) per alleggerire l'onere quotidiano di questi segmenti della forza lavoro.
- **Riduzione del divario territoriale nell'accessibilità percepita:** destinare investimenti prioritari ai servizi di prossimità (farmacie, uffici postali, uffici comunali, mercati) nelle regioni del Mezzogiorno e delle Isole, dove la percezione di accessibilità risulta sistematicamente più bassa, anche attraverso presidi multiservizio nei piccoli comuni privi di massa critica per singoli esercizi.
- **Garantire l'accessibilità ai servizi educativi nelle aree periferiche.** La maggiore variabilità dei tempi di percorrenza osservata per asili nido e scuole medie segnala la necessità di approfondire le condizioni di accesso, ma non consente di concludere che sia necessario aumentare in modo generalizzato il numero degli istituti. La programmazione dovrebbe tenere conto della domanda, delle dinamiche demografiche, della qualità dell'offerta e della sostenibilità delle strutture, valutando soluzioni quali il trasporto scolastico, il coordinamento tra comuni e l'adeguamento degli orari. Il mantenimento o l'apertura di presidi locali dovrebbe essere considerato nei territori in cui tali soluzioni non garantiscano tempi di accesso adeguati. Eventualmente si potrebbero aggregare alcuni plessi scolastici, ma con una maggiore dispersione delle sedi disponibili.
- **Integrazione dei dati di accessibilità nella programmazione dei servizi:** utilizzare sistematicamente indicatori armonizzati come quelli del Transport Poverty Hub del Joint Research Centre, già impiegati in questo capitolo per l'accessibilità sanitaria, per monitorare nel tempo l'evoluzione e orientare la programmazione territoriale, in coerenza con gli indici sviluppati nei capitoli precedenti. Infine, estendere la tipologia dei dati disponibili nel Transport poverty hub, per mostrare l'accessibilità a tutti servizi essenziali, oltre ai servizi già presenti nel database.

Conclusioni

Il presente rapporto ha ricostruito, attraverso sei aree tematiche progressive, un quadro empirico articolato della povertà dei trasporti in Italia, intesa come condizione multidimensionale che intreccia *affordability*, *accessibility* e *availability* dei trasporti con la più ampia vulnerabilità socio-economica delle famiglie. L'analisi si è basata sui microdati ISTAT dell'Indagine sui consumi delle famiglie (HBS) e dell'Indagine sugli aspetti della vita quotidiana (AVQ), integrati con il parco veicolare ACI, i dati sulle emissioni ISPRA, il reddito fiscale del MEF e gli indicatori di accessibilità comunale, attraverso metodi che spaziano dagli indici compositi ai modelli di regressione spaziale, dal clustering geografico ai modelli di mistura gaussiana. Nel loro insieme, le evidenze raccolte convergono su un risultato di fondo: la mobilità in Italia non è un terreno neutro, ma un moltiplicatore delle disuguaglianze economiche e territoriali già esistenti, che si manifesta con intensità diverse a seconda del reddito delle famiglie, della loro collocazione geografica e della disponibilità locale di alternative all'automobile privata.

Una dipendenza strutturale dall'automobile

Il Capitolo 1 ha inquadrato il fenomeno a partire dai suoi tratti strutturali, mostrando come l'Italia presenti il tasso di motorizzazione più elevato dell'Unione Europea: 701 auto ogni 1.000 abitanti nel 2024, ben al di sopra della media comunitaria di 578 e delle altre grandi economie europee (590 in Germania, 579 in Francia, 544 in Spagna). Si tratta, inoltre, di un divario in ampliamento: dal 2018 il tasso di motorizzazione italiano cresce dell'1,3% annuo, più del doppio rispetto alla Germania (0,7%) e a un ritmo nettamente superiore a quello di Spagna (0,4%) e Francia (0,3%). Questa dipendenza è sostenuta da un parco veicolare ancora composto per il 99,3% da motorizzazioni alimentate a benzina, gasolio e gas, che espone in modo diffuso le famiglie italiane alle oscillazioni dei prezzi dell'energia. La dipendenza dall'auto, tuttavia, non è distribuita uniformemente sul territorio: la capacità del trasporto pubblico locale varia da 6.695 posti-chilometro per abitante l'anno nelle città metropolitane a soli 2.318 nei capoluoghi di provincia e a 2.120 nei comuni del Sud, una differenza che spiega perché, nelle aree meno servite, possedere un'automobile non sia una scelta, ma una necessità strutturale. Questa configurazione è definita dipendenza dall'auto (*car dependence*). Poiché l'automobile è necessaria per accedere ai servizi e alle opportunità, anche le famiglie a basso

reddito tendono a procurarsi e mantenere un veicolo, nonostante l'incidenza dei relativi costi: il possesso dell'automobile costituisce quindi una conseguenza economica della dipendenza dall'auto. Il rapporto ha inoltre mostrato come la quota di famiglie sopra la soglia critica di spesa per i trasporti (10% dei consumi totali) vari enormemente da provincia a provincia, dal 17,9% di Crotone al 70,35% di Vercelli, con ben 30 province sopra il 48%; un quadro che si conferma, seppur con geografia in parte diversa, anche utilizzando la soglia più stringente del 15%. A ciò si aggiunge un persistente divario Nord-Sud nella capacità di spesa delle famiglie (3.032 euro mensili nel Nord-Est contro 2.199 euro nel Sud, un divario del 37,9%) e una sovrapposizione preoccupante tra povertà energetica e povertà dei trasporti: l'indicatore LEHC mostra che, nei comuni con meno di 50.000 abitanti, la quota di famiglie colpite da entrambe le forme di deprivazione (1,72%) è più di cinque volte superiore a quella osservata nelle città metropolitane (0,32%), a conferma che le due vulnerabilità tendono a colpire le stesse famiglie negli stessi territori, in particolare in province come Vercelli, Taranto e Rieti.

Il peso della mobilità sui bilanci familiari

Il Capitolo 2 ha quantificato l'onere economico della mobilità lungo l'intera distribuzione della spesa familiare, mostrando come l'incidenza dei costi di trasporto cresca dal 9% del primo decile al 16,4% del decimo tra le famiglie che possiedono almeno un'auto, con i costi di acquisto dei veicoli (CAPEX) che arrivano a pesare per quasi il 50% della spesa complessiva per la mobilità nel decimo decile. L'analisi per tipologia di comune ha evidenziato come l'incidenza dei costi operativi, più che di quelli iniziali, gravi in modo sproporzionato sulle famiglie dei primi tre decili di reddito residenti al Sud e nei comuni con meno di 50.000 abitanti. Un contributo originale del capitolo riguarda la simulazione degli effetti di possibili shock del prezzo del carburante. Nello scenario storico picco-minimo, corrispondente a un aumento dei prezzi del 96,1%, la spesa media per carburante crescerebbe di 98,30 euro al mese e la sua incidenza sulla spesa familiare raggiungerebbe il 18,37%. Applicando i coefficienti di riporto all'universo, si stima che 4.901.828 famiglie appartenenti ai primi tre decili di reddito supererebbero la soglia di vulnerabilità. L'intervallo di confidenza al 95% è compreso tra 4.754.183 e 5.054.770 famiglie. Questa fragilità è marcatamente concentrata al Sud e nelle Isole: la Calabria registra il tasso di *fuel vulnerability* regionale più elevato (7,64%), seguita da Basilicata, Sicilia, Puglia e Valle d'Aosta, mentre in valore assoluto Sicilia, Puglia, Campania, Lombardia e Calabria contano il maggior numero di famiglie esposte. Il clustering basato su modelli di mistura gaussiana conferma che tale vulnerabilità è guidata più da fattori sociali e territoriali che dal livello assoluto di spesa per carburante, individuando un cluster a bassa vulnerabilità concentrato al Nord e al Centro e uno ad alta vulnerabilità (4,43%) concentrato al Sud e nelle Isole. Il capitolo si chiude con indicazioni di policy piuttosto puntuali: nel breve periodo, trasferimenti monetari temporanei e selettivi, calibrati su reddito, territorio e disponibilità di trasporto pubblico, sono preferibili a sussidi generalizzati

sul carburante o a riduzioni indiscriminate delle accise; nel medio-lungo periodo, l'ampliamento dell'offerta di trasporto pubblico, le tariffe agevolate, i servizi a domanda e il social leasing dei veicoli a zero emissioni dovrebbero affiancarsi a misure dedicate ai costi operativi della mobilità privata, in particolare quelli di manutenzione e assicurazione, purché siano svincolate dalla quantità di carburante acquistata e coerenti con il superamento dei combustibili fossili.

Emissioni e disuguaglianza ambientale

Il Capitolo 3 ha spostato l'attenzione sulla dimensione ambientale, mostrando come le emissioni di CO₂ da trasporto stradale non si distribuiscano casualmente sul territorio, ma riflettano la composizione socioeconomica e la struttura del parco veicolare locale. Le regioni a maggiore intensità emissiva (Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna, Piemonte, con Toscana e Lazio a livelli intermedi) si contrappongono a un Mezzogiorno più eterogeneo, in cui Campania e Sicilia mostrano comunque valori superiori alla media meridionale. L'analisi delle correlazioni ha evidenziato una netta distinzione tra le classi di omologazione antinquinamento: la quota di veicoli appartenenti alle classi Euro più recenti è positivamente correlata al reddito medio comunale (Euro 6: coefficiente di Pearson pari a 0,773), mentre le classi più datate mostrano correlazioni negative (Euro 2: -0,722), segnalando che il ricambio del parco circolante procede a velocità diverse a seconda della capacità economica dei territori, e che le comunità più povere restano ancorate più a lungo a veicoli meno efficienti e più inquinanti. Il parco veicolare nazionale resta dominato da benzina (42,7%) e gasolio (39,8%), con quote minori di alimentazioni ibride e a GPL, mentre l'elettrico si ferma appena allo 0,7%: un dato che ridimensiona ogni lettura ottimistica della velocità della transizione tecnologica in atto. Anche la relazione tra cilindrata, anno di immatricolazione, classi di reddito ed emissioni provinciali conferma che le correlazioni osservate vanno lette principalmente come proxy della struttura socioeconomica territoriale, più che come nesso causale diretto tra caratteristiche del singolo veicolo ed emissioni complessive; un avvertimento metodologico che invita a interpretare con cautela le politiche di rinnovo del parco circolante se non accompagnate da interventi sulle cause strutturali della disuguaglianza territoriale.

Una transizione elettrica ancora diseguale

Il Capitolo 4 ha evidenziato una forte polarizzazione economica e territoriale nella diffusione dei veicoli elettrici. Nei comuni appartenenti alle fasce di reddito più basse la presenza di veicoli elettrici è ancora marginale, mentre cresce rapidamente all'aumentare del reddito medio. Nei decili più elevati si registrano 7,76 veicoli elettrici ogni 1 000 abitanti, un valore oltre cinque volte superiore a quello osservato nei gruppi economicamente più fragili.

Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige presentano valori eccezionalmente elevati, superiori a 33 veicoli elettrici ogni 1 000 abitanti, che devono essere interpretati alla luce delle loro caratteristiche dimensionali e dei particolari regimi fiscali locali. Escludendo questi casi, le incidenze più elevate si osservano in Toscana, con 7,48 veicoli ogni 1 000 abitanti, nel Lazio, con 6,20, e in Lombardia, con 5,70. Calabria, Puglia e Campania restano invece al di sotto dei due veicoli elettrici ogni 1 000 abitanti.

Anche le infrastrutture di ricarica risultano concentrate territorialmente: soltanto 16 province superano i 1 000 punti di ricarica e 13 di queste si trovano nel Nord Italia. Le disparità nella transizione elettrica non dipendono quindi da una minore domanda strutturale di mobilità privata nel Mezzogiorno, ma da vincoli economici e infrastrutturali che limitano in modo asimmetrico le possibilità di adottare nuove tecnologie.

Per le famiglie con minore capacità di spesa, l'accesso al mercato automobilistico avviene prevalentemente attraverso il segmento dell'usato. Un'effettiva democratizzazione della mobilità elettrica richiede pertanto lo sviluppo di un mercato dell'usato elettrico accessibile e certificato, oltre a incentivi progressivi, modulati sull'ISEE e accompagnati da una distribuzione territoriale più equilibrata delle infrastrutture di ricarica.

Il Bonus Trasporti ha ridotto l'incidenza della povertà dei trasporti tra i potenziali beneficiari appartenenti ai decili più bassi, ma ha raggiunto soprattutto persone già abbonate al trasporto pubblico, prevalentemente residenti nelle aree urbane. Gli incentivi all'acquisto di automobili, d'altra parte, non raggiungono le persone che non possono o non intendono guidare. Nessuna singola misura può quindi rispondere a tutte le forme di vulnerabilità: è necessario un portafoglio di strumenti complementari che comprenda trasporto pubblico, mobilità attiva, servizi flessibili, sostegno alle famiglie dipendenti dall'automobile e accesso equo ai veicoli a zero emissioni.

Disponibilità dei trasporti e marginalità territoriale

Disponibilità dei trasporti e marginalità territoriale

Il Capitolo 5 distingue due diverse scale dell'accessibilità. L'indice di *Local Availability Poverty* (LAP), riferito alla disponibilità dei trasporti per la mobilità quotidiana, costituisce la misura principale per individuare i territori nei quali risulta più difficile raggiungere servizi essenziali, luoghi di lavoro e attività ordinarie. L'analisi evidenzia un'autocorrelazione spaziale positiva (indice di Moran globale pari a 0,694) e identifica 766 comuni appartenenti a cluster ad alta LAP e 190 comuni appartenenti a cluster a bassa LAP. Le condizioni più critiche interessano prevalentemente aree montane, insulari e interne, mentre i valori più bassi si concentrano soprattutto nella Pianura Padana e in prossimità dei princi-

pali poli urbani. Le analisi socioeconomiche confermano inoltre che la marginalità territoriale, il carattere rurale e l'invecchiamento della popolazione contribuiscono allo svantaggio, mentre un reddito medio più elevato e un maggiore grado di urbanizzazione esercitano un effetto protettivo.

L'indice di *Long-Distance Availability Poverty* svolge invece una funzione complementare e diagnostica, poiché misura principalmente la distanza dai nodi delle reti di trasporto a lunga percorrenza. Un valore elevato dell'indice segnala una condizione di isolamento rispetto a tali reti, ma non misura direttamente la qualità della mobilità quotidiana e non costituisce, da solo, una giustificazione per la costruzione di nuove autostrade, aeroporti o altre grandi infrastrutture. La scelta degli interventi deve essere fondata anche sulla domanda effettiva, sull'accesso ai servizi essenziali, sui collegamenti già disponibili e sulla valutazione dei costi e degli impatti ambientali.

Le priorità riguardano pertanto il miglioramento della frequenza e dell'affidabilità del trasporto pubblico locale, l'integrazione con le reti ferroviarie e marittime esistenti, i collegamenti di adduzione ai nodi principali e lo sviluppo di servizi flessibili o a chiamata nelle aree a bassa densità. Eventuali nuove infrastrutture a lunga percorrenza devono essere valutate caso per caso e non possono essere desunte automaticamente dai valori degli indicatori di disponibilità.

Accessibilità ai servizi essenziali

Il Capitolo 6, pur con un impianto empirico più circoscritto, ha completato il quadro spostando l'attenzione dalla disponibilità infrastrutturale all'accessibilità concreta ai beni e servizi essenziali: farmacie, pronto soccorso, uffici postali, servizi comunali, esercizi commerciali e istituti scolastici. I dati sui tempi di percorrenza verso la scuola, riferiti a un campione di oltre 7.400 individui, mostrano una mediana di 10 minuti e una media di 14,3 minuti, con una coda di situazioni che si protraggono fino a quasi un'ora, a segnalare come, per una parte non trascurabile della popolazione, anche l'accesso a un servizio di prossimità come la scuola dell'obbligo comporti tempi di spostamento significativi. Le analisi sui tempi di accesso alle strutture sanitarie, differenziate per mezzo di trasporto utilizzato, confermano come la disponibilità di un veicolo privato rispetto al solo trasporto pubblico incida in modo sostanziale sui tempi di accesso ai servizi sanitari, in linea con quanto previsto dal Principio 20 del Pilastro europeo dei diritti sociali e dall'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile 11.2, entrambi richiamati nel rapporto come cornice normativa di riferimento per l'accesso ai servizi essenziali.

Implicazioni di policy

Nel loro complesso, le evidenze presentate in questo rapporto indicano che la *transport poverty* in Italia non è riconducibile a un singolo fattore, ma all'intersezione tra reddito, territorio, età del parco veicolare e disponibilità di alternative alla

mobilità privata. Le famiglie più esposte sono tipicamente quelle a basso reddito residenti in comuni piccoli, periferici o classificati come aree interne, dove la dipendenza dall'automobile è strutturale e non riducibile nel breve periodo, e dove le politiche pensate per i contesti urbani rischiano di produrre benefici modesti o nulli. Ne consegue che le politiche più efficaci sono quelle capaci di agire simultaneamente su più leve, differenziando gli strumenti in base al contesto territoriale piuttosto che adottando misure uniformi su scala nazionale.

- **Sostegno mirato nel breve periodo:** preferire trasferimenti monetari temporanei e selettivi, calibrati su reddito, localizzazione geografica e disponibilità di trasporto pubblico, rispetto a sussidi generalizzati sul carburante o a riduzioni indiscriminate delle accise, che il Capitolo 2 mostra essere strumenti poco efficienti perché dispersi anche verso famiglie non vulnerabili e privi di incentivo al risparmio energetico.
- **Incentivi progressivi alla mobilità elettrica:** modulare gli incentivi all'acquisto di veicoli a zero emissioni in base all'ISEE, estenderli in modo esplicito all'usato elettrico certificato e vincolarli alla rottamazione dei veicoli più inquinanti, così da evitare che il sostegno pubblico si concentri, come osservato nel Capitolo 4 a proposito degli incentivi PNRR, sulle famiglie e sui territori già più avvantaggiati.
- **Riequilibrio territoriale delle infrastrutture:** indirizzare in via prioritaria gli investimenti in infrastrutture di ricarica elettrica e in servizi di trasporto pubblico verso il Mezzogiorno, le aree interne e i comuni classificati come periferici o ultra-periferici secondo la Strategia Nazionale Aree Interne, che il Capitolo 5 individua come le aree a maggiore povertà di disponibilità e che il Capitolo 4 conferma essere sistematicamente meno servite dalla rete di ricarica.
- **Rafforzamento e integrazione del trasporto pubblico:** ampliare l'offerta di trasporto collettivo, anche attraverso servizi a chiamata, elettrificazione delle flotte e integrazione tariffaria, ed estendere strumenti come il Bonus Trasporti oltre l'attuale platea di abbonati, in modo da raggiungere anche le famiglie vulnerabili prive di un'offerta di trasporto pubblico locale adeguata, come emerso dal limite strutturale della misura discusso nel Capitolo 4.
- **Sostegno ai costi operativi della mobilità privata:** nelle aree in cui la dipendenza dall'automobile non può essere ridotta nel breve periodo, occorre affiancare agli interventi sul prezzo dei carburanti misure dedicate ai costi di manutenzione e assicurazione e al miglioramento dell'efficienza dei veicoli, che il Capitolo 2 individua tra le voci di spesa più gravose per le famiglie a basso reddito. Tali misure dovrebbero essere svincolate dalla quantità di carburante acquistata e risultare coerenti con il progressivo superamento dei combustibili fossili.

- **Promozione della mobilità attiva:** sviluppare reti ciclabili, e-bike e cargo bike, integrate in una pianificazione urbana di prossimità, come complemento alle politiche di elettrificazione, colmando in particolare il divario di accessibilità ciclabile rilevato dal Capitolo 5 nel Centro-Sud e nelle Isole.
- **Riforma della fiscalità della mobilità:** eliminare secondo un percorso programmato i sussidi, le agevolazioni e i crediti d'imposta direttamente legati all'acquisto o al consumo di combustibili fossili. Le risorse liberate dovrebbero finanziare il trasporto pubblico, i servizi di mobilità sostenibile e compensazioni distributive selettive, determinate in base al reddito e alle condizioni territoriali e non alla quantità di carburante consumata. Meccanismi di tipo *feebate*, nei quali i veicoli più emissivi finanziano gli incentivi alle soluzioni a basse o zero emissioni, possono contribuire a distribuire più equamente i costi della transizione.
- **Monitoraggio degli effetti distributivi:** accompagnare l'attuazione di queste misure con indicatori disaggregati per reddito, età, genere e territorio, sul modello degli indici sviluppati in questo rapporto, in modo da poter valutare nel tempo se le politiche adottate riducano effettivamente, e non solo nominalmente, la povertà dei trasporti.

In definitiva, affrontare la povertà dei trasporti in Italia richiede di superare un approccio alla mobilità sostenibile pensato prevalentemente per i contesti urbani, per costruire un pacchetto di policy differenziato che tenga conto della persistente dipendenza dall'automobile nelle aree rurali e periferiche del Paese. Solo integrando incentivi alla transizione tecnologica, rafforzamento del trasporto pubblico e misure di sostegno diretto alle famiglie più vulnerabili sarà possibile conciliare gli obiettivi di decarbonizzazione della mobilità con quelli di equità sociale e territoriale, evitando che la transizione verde finisca per riprodurre, anziché correggere, le disuguaglianze che questo rapporto ha documentato.

Appendici

A Mobilità, costi operativi vs costi iniziali anni 2021–2023

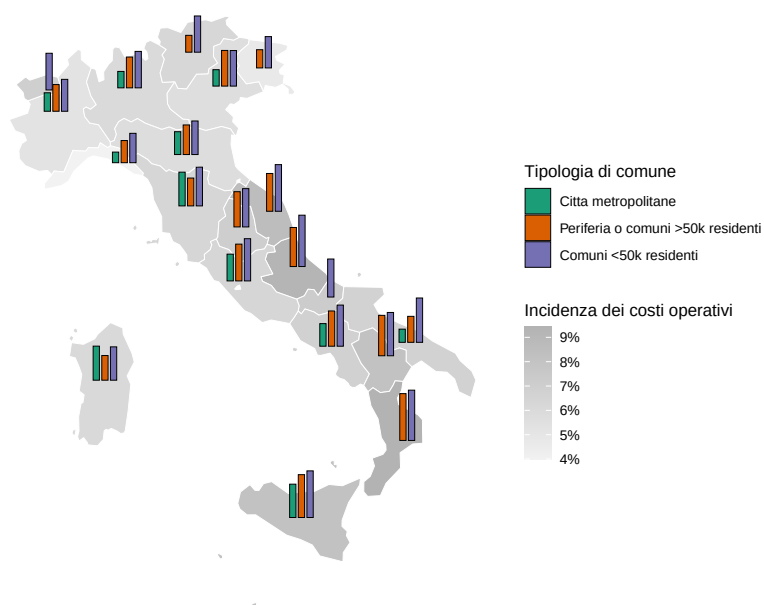


Figura A.1: Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2021.

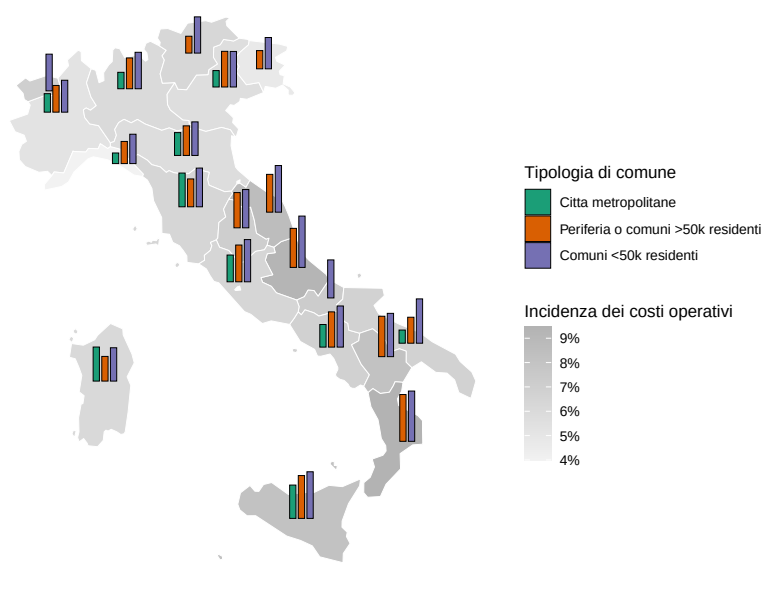


Figura A.2: Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2022.

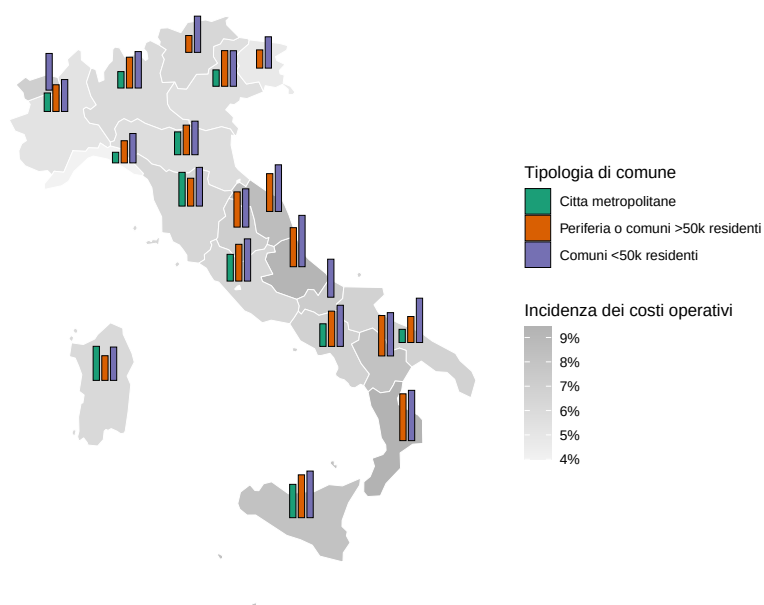


Figura A.3: Incidenza dei costi operativi sulla spesa totale per la mobilità nel 2023.

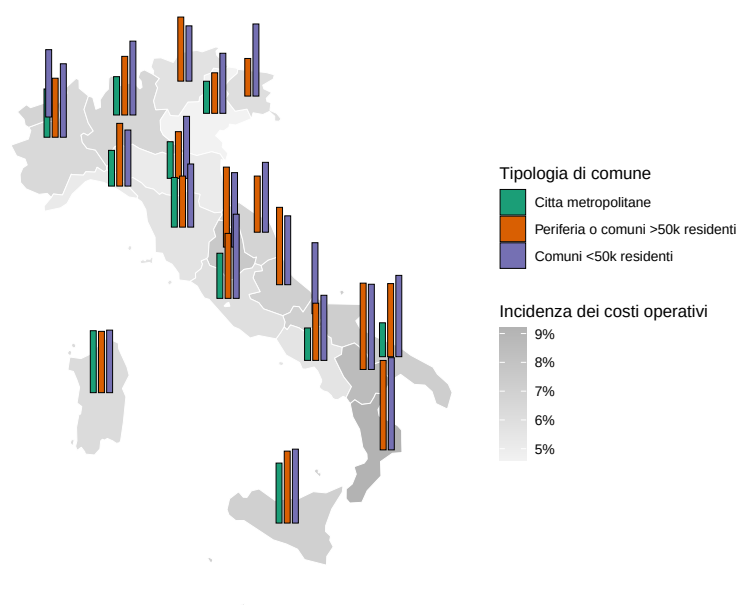


Figura A.4: Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2021.

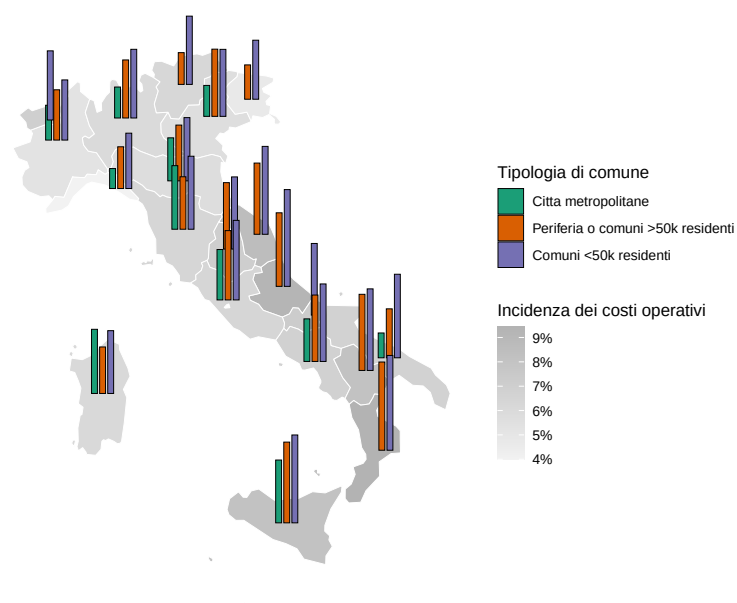


Figura A.5: Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2022.

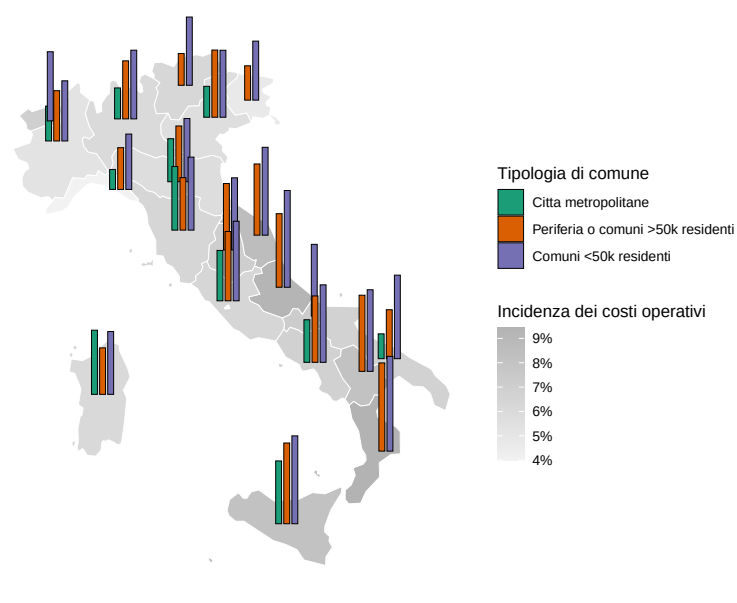


Figura A.6: Incidenza dei costi iniziali sulla spesa totale per la mobilità nel 2023.

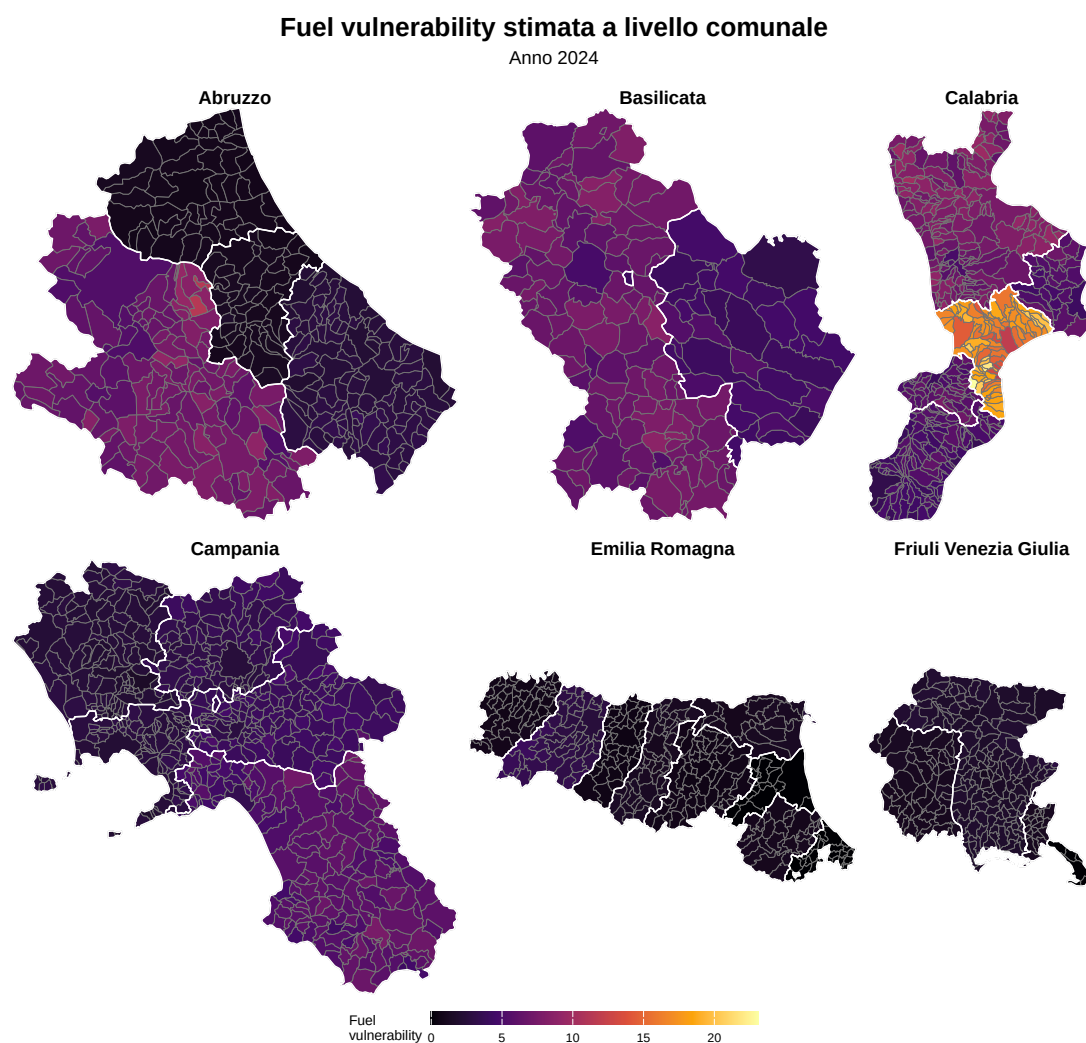


Figura A.7: Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio regionale per Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia. Anno di riferimento 2024.

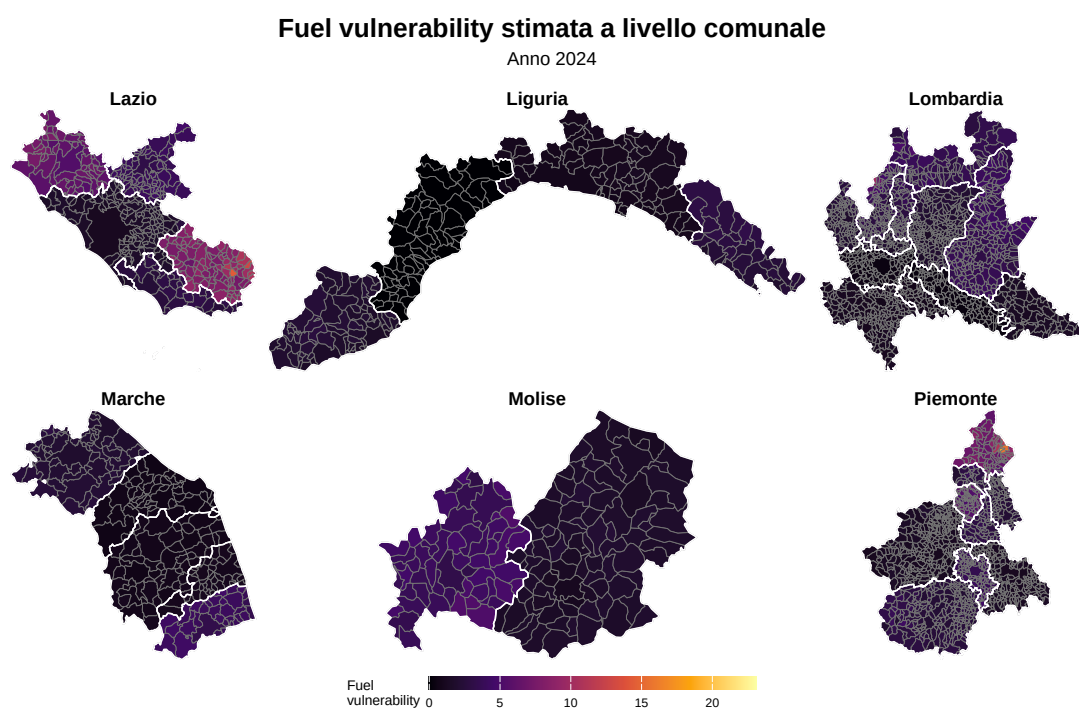


Figura A.8: Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio regionale per Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise e Piemonte. Anno di riferimento 2024.

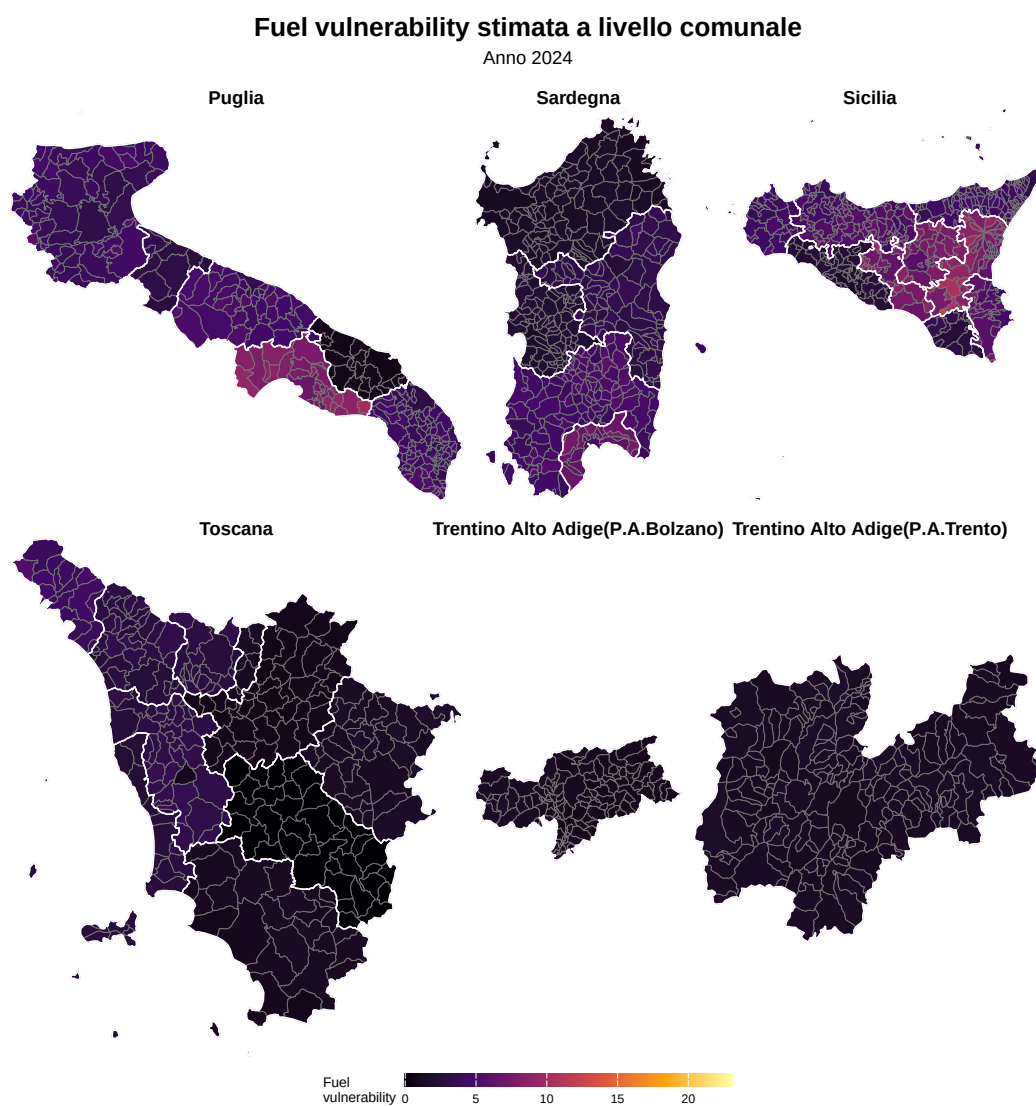


Figura A.9: Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio per Puglia, Sardegna, Sicilia, Toscana e Trentino Alto Adige. Anno di riferimento 2024.

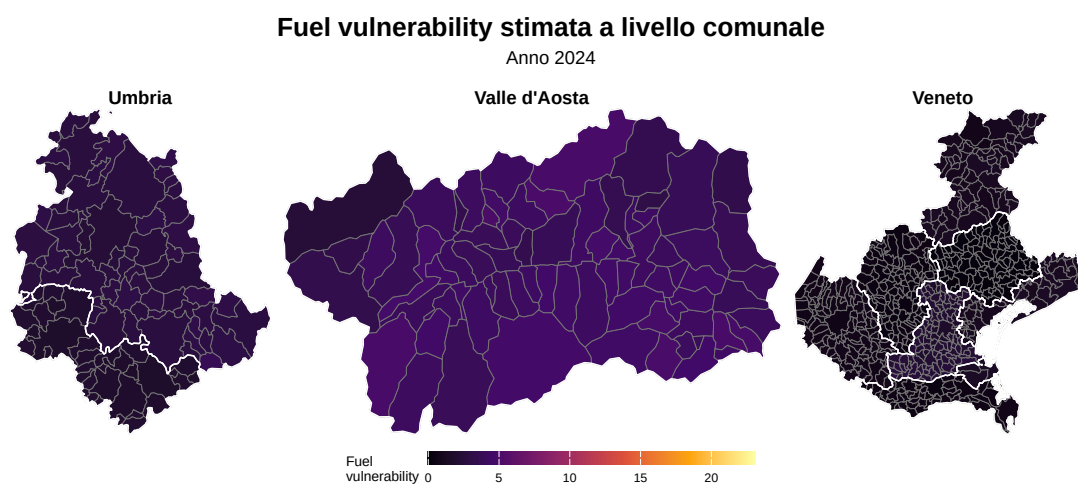


Figura A.10: Fuel vulnerability stimata a livello comunale. Dettaglio per Umbria, Valle d'Aosta e Veneto. Anno di riferimento 2024.

B Disponibilità dei trasporti

B.1 Disponibilità dei trasporti: un'analisi statistica basata sugli aspetti della vita quotidiana

Tabella B.1: Distribuzione di frequenza

Variabile	Categoria	n	Percentuale (%)	Missing
Difficoltà Collegamenti	Molto	5 813	13,61	0
	Abbastanza	10 118	23,69	
	Poco	13 598	31,84	
	Per niente	13 177	30,86	
Sesso	M	20 664	48,39	0
	F	22 042	51,61	
Risorse economiche	Insufficienti	1 413	3,31	9
	Scarse	12 774	29,92	
	Buone	27 681	64,83	
	Ottime	829	1,94	
Età	0–34	13 449	31,49	0
	35–54	11 397	26,69	
	55–74	12 381	28,99	
	75+	5 479	12,83	
Istruzione	Elementare / nessun titolo	7 506	18,70	2 570
	Scuola media	11 265	28,07	
	Diploma	14 838	36,97	
	Laurea e post-laurea	6 527	16,26	
Area geografica	Nord-ovest	9 664	22,67	84
	Nord-est	9 168	21,51	
	Centro	8 175	19,18	
	Sud	11 523	27,04	
	Isole	4 092	9,60	

Tabella B.2: Statistiche descrittive

Variabile	Min	Q1 (25%)	Media	Mediana	Q3 (75%)	Max	Missing
Numero Componenti	1	2	2,95	3	4	9	0

Tabella B.3: Risultati della regressione logistica ordinale per il trasporto pubblico

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
Sesso (F)	-0,0094	0,0182	0,991	0,956–1,027	0,606
Risorse economiche.L	0,5981	0,0575	1,819	1,625–2,036	< 0, 01
Risorse economiche.Q	0,2586	0,0437	1,295	1,189–1,411	< 0, 01
Risorse economiche.C	-0,0187	0,0232	0,981	0,938–1,027	0,422
Numero componenti	-0,0443	0,0080	0,957	0,942–0,972	< 0, 01
Età.L	-0,0097	0,0243	0,990	0,944–1,039	0,689
Età.Q	0,0214	0,0209	1,022	0,981–1,064	0,307
Età.C	-0,0003	0,0174	1,000	0,966–1,034	0,987
Istruzione.L	-0,0001	0,0230	1,000	0,956–1,046	0,998
Istruzione.Q	-0,0228	0,0196	0,977	0,941–1,016	0,245
Istruzione.C	0,0574	0,0167	1,059	1,025–1,094	< 0, 01
Area geografica (Nord-est)	0,1640	0,0270	1,178	1,118–1,242	< 0, 01
Area geografica (Centro)	-0,2011	0,0266	0,818	0,776–0,862	< 0, 01
Area geografica (Sud)	-0,5523	0,0258	0,576	0,547–0,605	< 0, 01
Area geografica (Isole)	-0,3433	0,0329	0,709	0,665–0,757	< 0, 01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 40\,127$. Le categorie di riferimento sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.4: Distribuzione di frequenza

Variabile	Categoria	n	Percentuale (%)	Missing
Prossimità piste ciclabili	Non vicine	24 455	54,34	0
	Vicine	20 546	45,66	
Sesso	M	21 758	48,35	0
	F	23 243	51,65	
Risorse economiche	Insufficienti	1 498	3,33	8
	Scarse	13 421	29,83	
	Buone	29 185	64,87	
	Ottime	889	1,98	
Età	0–34	14 005	31,12	0
	35–54	11 931	26,51	
	55–74	13 157	29,24	
	75+	5 908	13,13	
Istruzione	Elementare / nessun titolo	8 038	18,99	2 663
	Scuola media	11 932	28,18	
	Diploma	15 573	36,78	
	Laurea e post-laurea	6 795	16,05	
Area geografica	Nord-ovest	10 070	22,42	84
	Nord-est	9 563	21,29	
	Centro	8 641	19,24	
	Sud	12 148	27,05	
	Isole	4 495	10,01	

Tabella B.5: Statistiche descrittive

Variabile	Min	Q1 (25%)	Media	Mediana	Q3 (75%)	Max	Missing
Numero Componenti	1	2	2,93	3	4	9	0

Tabella B.6: Risultati della regressione logistica binaria per la mobilità ciclabile

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	0,8809	0,0417	2,413	2,224–2,619	< 0, 01
Sesso (F)	-0,0299	0,0220	0,971	0,930–1,013	0,173
Risorse economiche.L	0,3824	0,0680	1,466	1,283–1,675	< 0, 01
Risorse economiche.Q	0,1397	0,0518	1,150	1,039–1,273	< 0, 01
Risorse economiche.C	0,0515	0,0277	1,053	0,997–1,112	< 0, 1
NCOMP	-0,0220	0,0097	0,978	0,960–0,997	< 0, 05
Età.L	-0,1455	0,0291	0,865	0,817–0,915	< 0, 01
Età.Q	-0,0342	0,0251	0,966	0,920–1,015	0,174
Età.C	0,0444	0,0211	1,045	1,003–1,089	< 0, 05
Istruzione.L	0,2937	0,0279	1,341	1,270–1,417	< 0, 01
Istruzione.Q	0,1309	0,0237	1,140	1,088–1,194	< 0, 01
Istruzione.C	-0,0094	0,0202	0,991	0,952–1,031	0,641
Area geografica (Nord-est)	0,3553	0,0324	1,427	1,339–1,520	< 0, 01
Area geografica (Centro)	-1,0193	0,0299	0,361	0,340–0,383	< 0, 01
Area geografica (Sud)	-1,9551	0,0317	0,142	0,133–0,151	< 0, 01
Area geografica (Isole)	-2,3350	0,0444	0,097	0,089–0,106	< 0, 01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 42\,330$ per il modello relativo alla mobilità ciclabile. Le categorie di riferimento sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.7: Distribuzione di frequenza

Variabile	Categoria	n	Percentuale (%)	Missing
Mezzo di trasporto	Treno	343	2,19	2 397
	Tram	45	0,29	
	Metro	202	1,29	
	Bus	295	1,89	
	Corriera	203	1,30	
	Bus scolastico	28	0,18	
	Auto conducente	10 634	68,04	
	Auto passeggero	627	4,01	
	Moto	323	2,07	
	Bici	309	1,98	
	Altro	224	1,43	
Sesso	M	8 809	56,36	0
	F	6 821	43,64	
Risorse economiche	Insufficienti	348	2,23	0
	Scarse	4 047	25,89	
	Buone	10 908	69,79	
	Ottime	327	2,09	
Età	0–34	3 154	20,18	0
	35–54	8 242	52,73	
	55–74	4 222	27,01	
	75+	12	0,08	
Istruzione	Elementare / nessun titolo	222	1,42	197
	Scuola media	3 396	21,73	
	Diploma	7 532	48,19	
	Laurea e post-laurea	4 283	27,40	
Area geografica	Nord-ovest	3 985	25,50	0
	Nord-est	3 637	23,27	
	Centro	3 103	19,85	
	Sud	3 652	23,37	
	Isole	1 253	8,02	

Tabella B.8: Statistiche descrittive

Variabile	Min	Q1 (25%)	Media	Mediana	Q3 (75%)	Max	Missing
Numero Componenti	1	2	2,92	3	4	9	0

Tabella B.9: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in treno

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-2,9870	1,6847	0,050	0,002–1,370	< 0,05
Sesso (F)	-0,0334	0,1079	0,967	0,783–1,195	0,757
Risorse economiche.L	-0,3019	0,3077	0,739	0,405–1,352	0,327
Risorse economiche.Q	0,1032	0,2353	1,109	0,699–1,758	0,661
Risorse economiche.C	-0,0129	0,1304	0,987	0,765–1,275	0,921
Numero componenti	-0,1583	0,0441	0,854	0,783–0,931	< 0,01
Età.L	-2,3865	4,5013	0,092	0–623,897	0,596
Età.Q	-1,4776	3,3553	0,228	0–163,832	0,660
Età.C	-0,7300	1,5030	0,482	0,025–9,169	0,627
Istruzione.L	-0,1368	0,2394	0,872	0,546–1,394	0,568
Istruzione.Q	1,2227	0,1923	3,396	2,330–4,951	< 0,01
Istruzione.C	-0,1507	0,1374	0,860	0,657–1,126	0,273
Area geografica (Nord-est)	-0,8385	0,1534	0,432	0,320–0,584	< 0,01
Area geografica (Centro)	-0,4564	0,1381	0,634	0,483–0,831	< 0,01
Area geografica (Sud)	-0,7422	0,1604	0,476	0,348–0,652	< 0,01
Area geografica (Isole)	-1,1314	0,2617	0,323	0,193–0,539	< 0,01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.10: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in tram

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-5,9413	2,7980	0,003	0-0,633	< 0, 05
Sesso (F)	0,6345	0,2727	1,886	1,105-3,219	< 0, 01
Risorse economiche.L	0,0012	4,2081	1,001	0-3823,673	1,000
Risorse economiche.Q	-3,3391	3,1393	0,035	0-16,676	0,288
Risorse economiche.C	-0,1291	1,4175	0,879	0,055-14,143	0,927
Numero componenti	-0,4614	0,1187	0,630	0,500-0,796	< 0, 01
Età.L	-0,5766	5,0467	0,562	0-11103,110	0,909
Età.Q	0,8340	3,7673	2,302	0,001-3706,908	0,825
Età.C	0,0094	1,7032	1,009	0,036-28,435	0,996
Istruzione.L	1,6877	3,9432	5,407	0,002-12288,686	0,669
Istruzione.Q	-1,0864	2,9422	0,337	0,001-107,804	0,712
Istruzione.C	1,2538	1,3338	3,504	0,257-47,851	0,347
Area geografica (Nord-est)	-2,7299	0,7960	0,065	0,014-0,310	< 0, 01
Area geografica (Centro)	-0,1769	0,2908	0,838	0,474-1,481	0,543
Area geografica (Sud)	-1,5159	0,5382	0,220	0,076-0,631	< 0, 01
Area geografica (Isole)	-1,0651	0,6155	0,345	0,103-1,152	< 0, 1

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0-34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.11: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in metro

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-3,5596	1,6558	0,028	0,001–0,730	< 0,05
Sesso (F)	0,2050	0,1252	1,228	0,961–1,569	0,101
Risorse economiche.L	-0,4382	0,3417	0,645	0,330–1,261	0,200
Risorse economiche.Q	0,3556	0,2626	1,427	0,853–2,388	0,176
Risorse economiche.C	-0,1472	0,1504	0,863	0,643–1,159	0,328
Numero componenti	-0,0106	0,0518	0,989	0,894–1,095	0,838
Età.L	-1,4471	4,4022	0,235	0–1314,573	0,742
Età.Q	-0,8896	3,2819	0,411	0,001–255,409	0,786
Età.C	-0,6697	1,4709	0,512	0,029–9,145	0,649
Istruzione.L	0,6970	0,4650	2,008	0,807–4,994	0,134
Istruzione.Q	0,8020	0,3601	2,230	1,101–4,517	< 0,05
Istruzione.C	-0,2257	0,2149	0,798	0,524–1,216	0,294
Area geografica (Nord-est)	-3,3323	0,4978	0,036	0,013–0,095	< 0,01
Area geografica (Centro)	-0,1408	0,1364	0,869	0,665–1,135	0,302
Area geografica (Sud)	-1,0300	0,1944	0,357	0,244–0,523	< 0,01
Area geografica (Isole)	-3,2035	0,7668	0,041	0,009–0,183	< 0,01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.12: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in autobus

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-3,7218	1,6494	0,024	0,001–0,613	< 0,05
Sesso (F)	0,7773	0,1258	2,176	1,700–2,784	< 0,01
Risorse economiche.L	-0,4036	0,3408	0,668	0,343–1,303	0,236
Risorse economiche.Q	0,3049	0,2598	1,356	0,815–2,257	0,241
Risorse economiche.C	0,0526	0,1435	1,054	0,796–1,396	0,714
Numero componenti	-0,1783	0,0516	0,837	0,756–0,926	< 0,01
Età.L	-1,5881	4,3979	0,204	0–1132,170	0,718
Età.Q	-0,9482	3,2782	0,387	0,001–239,160	0,772
Età.C	-0,7744	1,4688	0,461	0,026–8,203	0,598
Istruzione.L	-0,6415	0,3033	0,526	0,291–0,954	< 0,05
Istruzione.Q	0,2820	0,2328	1,326	0,840–2,092	0,226
Istruzione.C	0,0860	0,1407	1,090	0,827–1,436	0,541
Area geografica (Nord-est)	0,1580	0,1703	1,171	0,839–1,635	0,354
Area geografica (Centro)	0,3673	0,1661	1,444	1,043–2,000	< 0,05
Area geografica (Sud)	-0,0740	0,1997	0,929	0,628–1,374	0,711
Area geografica (Isole)	0,1029	0,2401	1,108	0,692–1,775	0,668

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.13: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in corriera

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-4,1018	1,6719	0,017	0,001–0,438	< 0, 05
Sesso (F)	0,6575	0,1505	1,930	1,437–2,592	< 0, 01
Risorse economiche.L	-0,2452	0,4467	0,783	0,326–1,878	0,583
Risorse economiche.Q	0,1352	0,3402	1,145	0,588–2,230	0,691
Risorse economiche.C	0,0447	0,1830	1,046	0,731–1,497	0,807
Numero componenti	-0,0590	0,0612	0,943	0,836–1,063	0,335
Età.L	-1,5808	4,4447	0,206	0–1249,817	0,722
Età.Q	-0,6834	3,3130	0,505	0,001–333,642	0,837
Età.C	-0,6372	1,4859	0,529	0,029–9,730	0,668
Istruzione.L	-1,1020	0,3090	0,332	0,181–0,609	< 0, 01
Istruzione.Q	0,2355	0,2401	1,266	0,790–2,026	0,327
Istruzione.C	-0,3555	0,1580	0,701	0,514–0,955	< 0, 05
Area geografica (Nord-est)	-0,3552	0,2068	0,701	0,467–1,051	< 0, 1
Area geografica (Centro)	-0,6029	0,2350	0,547	0,345–0,867	< 0, 05
Area geografica (Sud)	0,2477	0,1912	1,281	0,881–1,863	0,195
Area geografica (Isole)	-0,4463	0,3132	0,640	0,346–1,182	0,154

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.14: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto con bus aziendale

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-6,8341	1,9361	0,001	0-0,048	< 0, 01
Sesso (F)	-0,3042	0,4544	0,738	0,303-1,797	0,503
Risorse economiche.L	0,0975	2,5078	1,102	0,008-150,325	0,969
Risorse economiche.Q	-1,4561	1,8786	0,233	0,006-9,263	0,438
Risorse economiche.C	0,2304	0,8811	1,259	0,224-7,081	0,794
Numero componenti	0,0784	0,1607	1,082	0,789-1,482	0,626
Età.L	-0,2751	4,3799	0,760	0-4062,512	0,950
Età.Q	-0,3391	3,2660	0,712	0,001-429,317	0,917
Età.C	0,3855	1,4992	1,470	0,078-27,769	0,797
Istruzione.L	-2,0721	0,8047	0,126	0,026-0,610	< 0, 05
Istruzione.Q	-0,1113	0,6209	0,895	0,265-3,022	0,858
Istruzione.C	-0,2471	0,3892	0,781	0,364-1,675	0,525
Area geografica (Nord-est)	0,0242	0,5551	1,025	0,345-3,041	0,965
Area geografica (Centro)	0,1093	0,5580	1,116	0,374-3,330	0,845
Area geografica (Sud)	-0,2463	0,6297	0,782	0,228-2,686	0,696
Area geografica (Isole)	-0,2454	0,8085	0,782	0,160-3,817	0,762

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0-34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.15: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto come passeggero in automobile

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-2,7372	0,2963	0,065	0,036–0,116	< 0,01
Sesso (F)	0,5749	0,0872	1,777	1,498–2,108	< 0,01
Risorse economiche.L	0,3079	0,2315	1,361	0,864–2,142	0,184
Risorse economiche.Q	0,2607	0,1773	1,298	0,917–1,837	0,142
Risorse economiche.C	0,1258	0,0990	1,134	0,934–1,377	0,204
Numero componenti	0,0585	0,0341	1,060	0,992–1,134	< 0,1
Età.L	0,1570	0,7098	1,170	0,291–4,703	0,825
Età.Q	1,0905	0,5293	2,976	1,055–8,397	< 0,05
Età.C	0,0195	0,2464	1,020	0,629–1,653	0,937
Istruzione.L	-1,8258	0,1687	0,161	0,116–0,224	< 0,01
Istruzione.Q	0,1367	0,1292	1,147	0,890–1,477	0,290
Istruzione.C	-0,0101	0,0824	0,990	0,842–1,164	0,903
Area geografica (Nord-est)	-0,0756	0,1305	0,927	0,718–1,197	0,562
Area geografica (Centro)	0,1339	0,1288	1,143	0,888–1,471	0,298
Area geografica (Sud)	0,7043	0,1169	2,022	1,608–2,543	< 0,01
Area geografica (Isole)	0,4797	0,1506	1,616	1,203–2,170	< 0,01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.16: Risultati della regressione multinomiale per il trasporto in moto

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-3,5297	1,6984	0,029	0,001–0,818	< 0, 05
Sesso (F)	-0,9123	0,1330	0,402	0,309–0,521	< 0, 01
Risorse economiche.L	-0,8761	0,4507	0,416	0,172–1,007	< 0, 1
Risorse economiche.Q	-0,4433	0,3409	0,642	0,329–1,252	0,193
Risorse economiche.C	-0,1981	0,1727	0,820	0,585–1,151	0,251
Numero componenti	-0,0614	0,0464	0,940	0,859–1,030	0,186
Età.L	-1,8216	4,5218	0,162	0–1142,665	0,687
Età.Q	-1,5229	3,3706	0,218	0–161,344	0,651
Età.C	-0,7906	1,5096	0,454	0,024–8,743	0,601
Istruzione.L	0,1520	0,2810	1,164	0,671–2,019	0,589
Istruzione.Q	0,7701	0,2202	2,160	1,403–3,326	< 0, 01
Istruzione.C	-0,0719	0,1412	0,931	0,706–1,227	0,611
Area geografica (Nord-est)	-0,8441	0,1838	0,430	0,300–0,616	< 0, 01
Area geografica (Centro)	-0,1032	0,1466	0,902	0,677–1,202	0,482
Area geografica (Sud)	-0,7413	0,1842	0,476	0,332–0,684	< 0, 01
Area geografica (Isole)	0,1770	0,1792	1,194	0,840–1,696	0,323

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.17: Risultati della regressione multinomiale per la mobilità ciclabile

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-4,3686	1,7166	0,013	0-0,366	< 0, 05
Sesso (F)	0,1001	0,1236	1,105	0,868-1,408	0,418
Risorse economiche.L	0,3685	0,4624	1,446	0,584-3,578	0,426
Risorse economiche.Q	-0,4809	0,3488	0,618	0,312-1,225	0,168
Risorse economiche.C	0,3277	0,1764	1,388	0,982-1,961	< 0, 1
Numero componenti	-0,0446	0,0493	0,956	0,868-1,053	0,366
Età.L	-1,6512	4,5663	0,192	0-1478,479	0,718
Età.Q	-1,7987	3,4038	0,166	0-130,678	0,597
Età.C	-0,6304	1,5248	0,532	0,027-10,571	0,679
Istruzione.L	-0,3829	0,3204	0,682	0,364-1,278	0,232
Istruzione.Q	0,2772	0,2461	1,319	0,815-2,137	0,260
Istruzione.C	0,2826	0,1441	1,327	1,000-1,759	< 0, 1
Area geografica (Nord-est)	0,9521	0,1426	2,591	1,959-3,427	< 0, 01
Area geografica (Centro)	-0,4407	0,2028	0,644	0,433-0,958	< 0, 05
Area geografica (Sud)	-1,0494	0,2664	0,350	0,208-0,590	< 0, 01
Area geografica (Isole)	-2,8712	0,8649	0,057	0,010-0,309	< 0, 01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0-34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

Tabella B.18: Risultati della regressione multinomiale per altri mezzi di trasporto

Variabile	Coefficiente	Errore std.	OR	IC 95%	p-value
(Intercetta)	-4,7449	1,7317	0,009	0–0,259	< 0, 01
Sesso (F)	-1,7372	0,2220	0,176	0,114–0,272	< 0, 01
Risorse economiche.L	0,7806	0,6074	2,183	0,664–7,179	0,199
Risorse economiche.Q	-0,7053	0,4579	0,494	0,201–1,212	0,124
Risorse economiche.C	0,2235	0,2259	1,250	0,803–1,947	0,323
Numero componenti	0,1240	0,0525	1,132	1,021–1,255	< 0, 05
Età.L	-1,0176	4,5663	0,361	0–2785,994	0,824
Età.Q	-1,1942	3,4041	0,303	0–239,332	0,726
Età.C	-0,3293	1,5256	0,719	0,036–14,309	0,829
Istruzione.L	0,0331	0,6354	1,034	0,298–3,591	0,959
Istruzione.Q	-1,0053	0,4772	0,366	0,144–0,932	< 0, 1
Istruzione.C	0,4426	0,2318	1,557	0,988–2,452	< 0, 1
Area geografica (Nord-est)	0,3414	0,1617	1,407	1,025–1,931	< 0, 05
Area geografica (Centro)	-0,3751	0,1981	0,687	0,466–1,013	< 0, 1
Area geografica (Sud)	-0,8922	0,2370	0,410	0,257–0,652	< 0, 01
Area geografica (Isole)	-1,2503	0,3747	0,286	0,137–0,597	< 0, 01

Note: La numerosità campionaria è pari a $N = 13,080$. Il campione è costituito dai lavoratori, ottenuto applicando il filtro relativo alla condizione lavorativa. La categoria di riferimento della variabile dipendente è *Auto conducente*. Le categorie di riferimento delle variabili esplicative sono: Sesso = M; Risorse economiche = Insufficienti; Età = 0–34 anni; Istruzione = Elementare / nessun titolo; Area geografica = Nord-ovest. Per le variabili ordinali Risorse economiche, Età e Istruzione sono utilizzati contrasti polinomiali ortogonali (.L, .Q, .C). L'anno di riferimento dei dati è 2024. Fonte: Indagine Istat Aspetti della vita quotidiana degli italiani.

B.2 Disponibilità di trasporti pubblici nelle principali città italiane

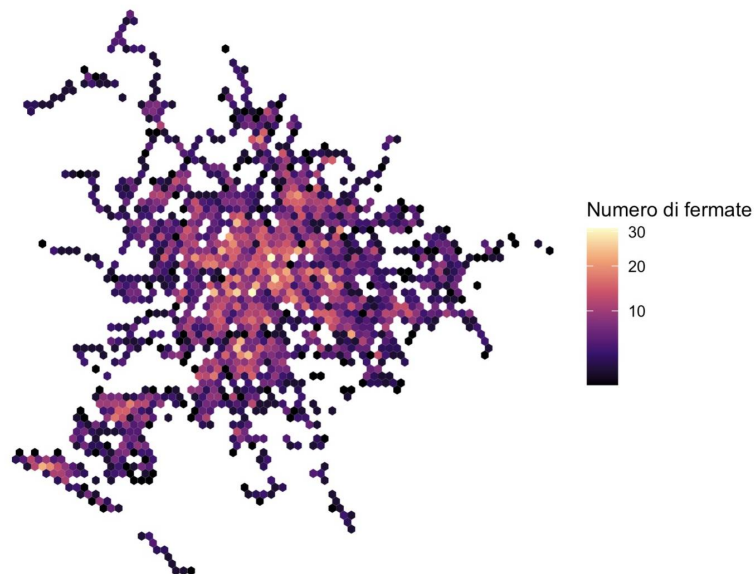


Figura B.1: Disponibilità del trasporto pubblico di Roma

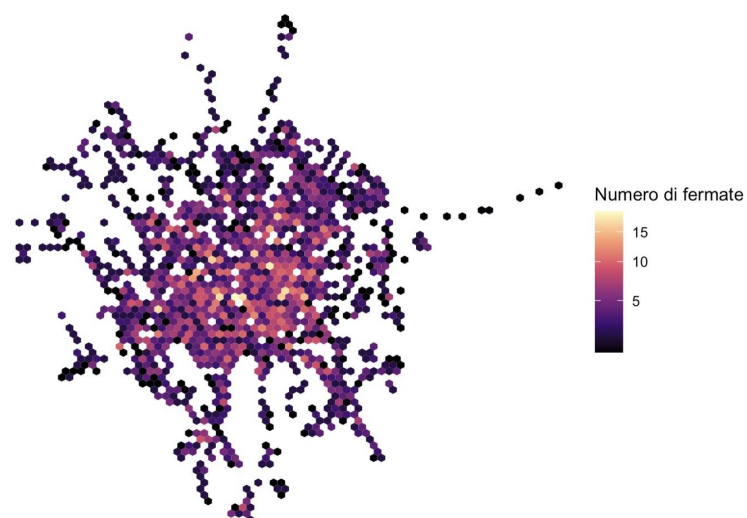


Figura B.2: disponibilità del trasporto pubblico di Milano

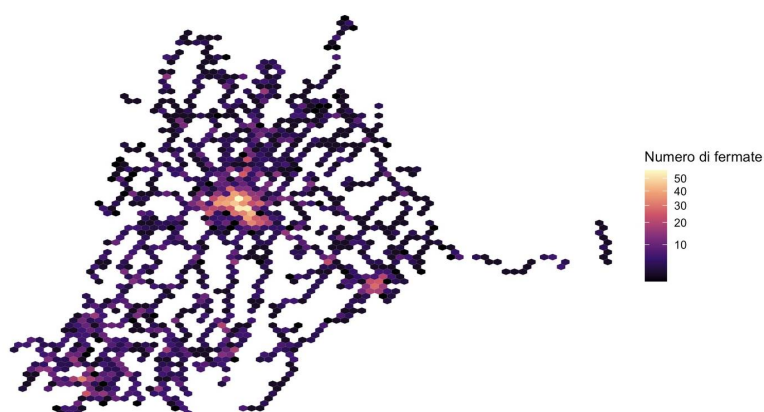


Figura B.3: Disponibilità del trasporto pubblico di Bologna

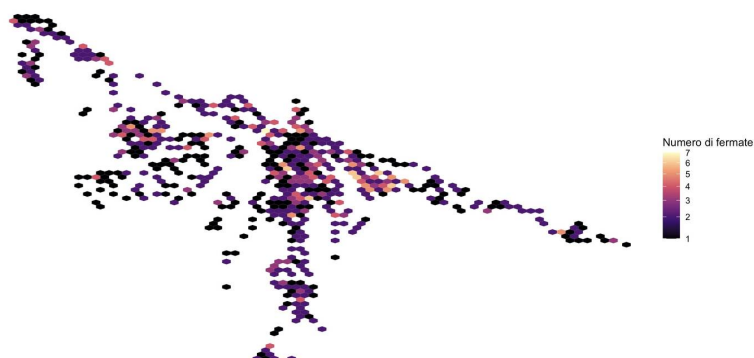


Figura B.4: Disponibilità del trasporto pubblico di Bari

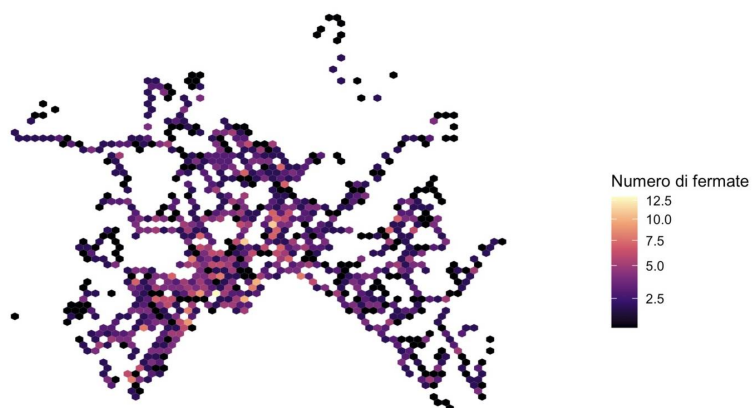


Figura B.5: Disponibilità del trasporto pubblico di Napoli

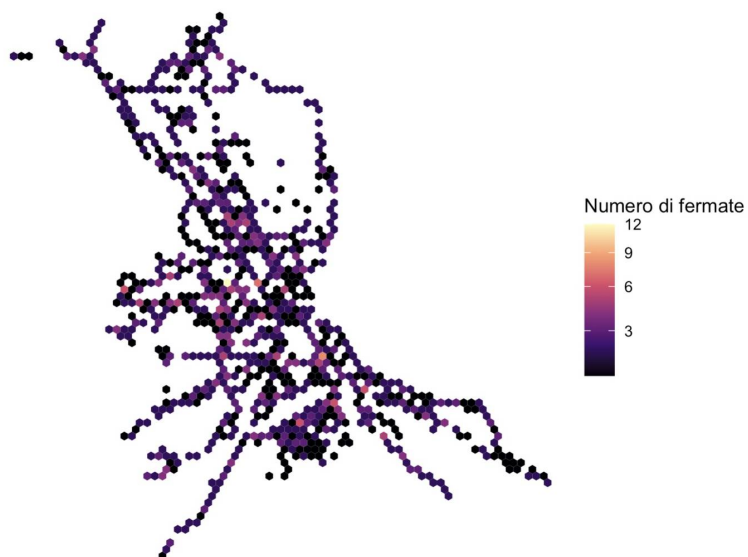


Figura B.6: Disponibilità del trasporto pubblico di Palermo

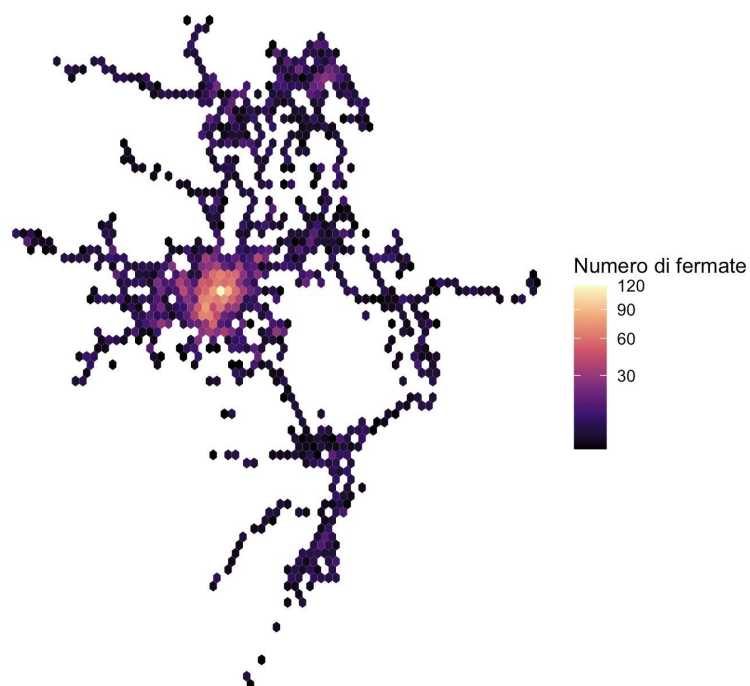


Figura B.7: Disponibilità del trasporto pubblico di Torino

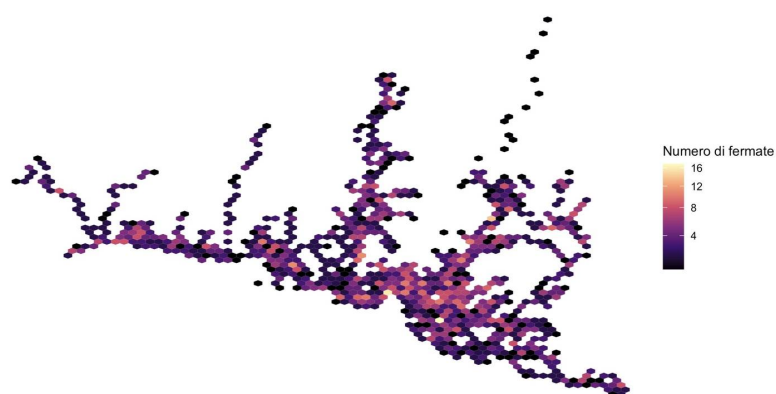


Figura B.8: Disponibilità del trasporto pubblico di Genova

B.3 Availability Poverty per trasporti a breve distanza

Sono stati definiti tre indici fuzzy di Local Availability Poverty (LAP), riferiti alle tre dimensioni descritte nel testo principale:

1. con riferimento alla rete ferroviaria, a partire dalla distanza in chilometri dalla stazione più vicina;
2. con riferimento alla rete stradale, a partire dalla distanza in chilometri dal nodo di ingresso più prossimo a un'arteria stradale maggiore;

3. con riferimento al trasporto pubblico, a partire dalla media tra il rapporto tra numero di fermate sul territorio comunale e, rispettivamente, la superficie (in km²) e il numero di abitanti.

La funzione di appartenenza è:

$$LAP_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se } x_{jk} \geq q_{k,\beta}; \\ \frac{q_{k,\beta} - x_{jk}}{q_{k,\beta} - q_{k,\alpha}}, & \text{se } q_{k,\beta} > x_{jk} > q_{k,\alpha}; \\ 0, & \text{se } x_{jk} \leq q_{k,\alpha}; \end{cases}$$

dove x_{jk} è la distanza in chilometri del centroide del comune j dal nodo più prossimo dell'infrastruttura k (rete ferroviaria o arteria stradale), $q_{k,\alpha}, q_{k,\beta}$ sono i quantili di ordine α e β ($\alpha, \beta \in [0; 1]$, $\alpha < \beta$) della distribuzione della variabile X_k che rappresenta la distanza dall'infrastruttura k . Per quanto riguarda il trasporto pubblico, la logica è inversa, poiché tanto minore è il rapporto considerato tanto maggiore sarà la povertà del comune j ; dunque si ha:

$$LAP_{jk} = \begin{cases} 0, & \text{se } y_{jk} \geq q_{k,\beta}; \\ \frac{q_{k,\beta} - y_{jk}}{q_{k,\beta} - q_{k,\alpha}}, & \text{se } q_{k,\beta} > y_{jk} > q_{k,\alpha}; \\ 1, & \text{se } y_{jk} \leq q_{k,\alpha}; \end{cases}$$

dove y_{jk} è il rapporto k basato sul numero di fermate di trasporto pubblico locale presenti nel comune j . Dunque, considerando che dai due rapporti relativi alle fermate di trasporto pubblico locale viene presa la media dei derivanti indici fuzzy, l'indice composito è definito come:

$$CLAP_{jk} = \sum_{k=1}^3 w_k LAP_{jk},$$

dove w_k sono gli elementi di un vettore di pesi specifici per dimensione.

Sono state considerate tre strategie di ponderazione:

1. pesi uguali: $\mathbf{w}_{eq} = \{0,333; 0,333; 0,333\}$;
2. pesi da Analisi in Componenti Principali: $\mathbf{w}_{PCA} = \{0,439; 0,419; 0,142\}$;
3. pesi basati sui flussi di passeggeri registrati nel 2022: $\mathbf{w}_{flow} = \{0,035; 0,866; 0,099\}$.

I risultati derivanti dalle tre strategie di ponderazione sono risultati fortemente concordi, come si può vedere dalla matrice di correlazione (coefficiente di Pearson) presentata nella Tabella B.19.

	$\mathbf{w}_{eq}$	$\mathbf{w}_{PCA}$	$\mathbf{w}_{flow}$
$\mathbf{w}_{eq}$	1		
$\mathbf{w}_{PCA}$	0,950	1	
$\mathbf{w}_{flow}$	0,795	0,843	1

Tabella B.19: Matrice di correlazione per gli indici di Local Availability Poverty a livello comunale, costruiti con tre diversi sistemi di ponderazione.

B.4 Availability Poverty per trasporti a lunga distanza

Sono stati definiti quattro indici fuzzy di Long-Distance Availability Poverty (LDAP), riferiti alle quattro dimensioni individuate da ISTAT:

1. tempo di percorrenza in minuti verso il casello autostradale più vicino;
2. tempo di percorrenza in minuti verso la stazione ferroviaria più vicina;
3. tempo di percorrenza in minuti verso l'aeroporto più vicino;
4. tempo di percorrenza in minuti verso il porto più vicino.

In maniera analoga a quanto visto nell'Appendice B.3, la funzione di appartenenza è:

$$LDAP_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se } x_{jk} \geq q_{k,\beta}; \\ \frac{q_{k,\beta} - x_{jk}}{q_{k,\beta} - q_{k,\alpha}}, & \text{se } q_{k,\beta} > x_{jk} > q_{k,\alpha}; \\ 0, & \text{se } x_{jk} \leq q_{k,\alpha}; \end{cases}$$

dove x_{jk} , $q_{k,\alpha}$, $q_{k,\beta}$ sono definiti allo stesso modo. L'indice composito, tenendo conto dell'esclusione della dimensione relativa ai porti, è definito come:

$$CLDAP_{jk} = \sum_{k=1}^3 w_k LDAP_{jk},$$

dove w_k sono gli elementi di un vettore di pesi specifici per dimensione.

Sono state considerate le stesse tre strategie di ponderazione:

1. pesi uguali: $\mathbf{w}_{eq} = \{0,333; 0,333; 0,333\}$;
2. pesi da Analisi in Componenti Principali: $\mathbf{w}_{PCA} = \{0,320; 0,330; 0,350\}$;
3. pesi basati sui flussi di passeggeri registrati nel 2022: $\mathbf{w}_{flow} = \{0,057; 0,852; 0,090\}$.

Anche in questo caso, i risultati derivanti dalle tre strategie di ponderazione sono risultati fortemente concordi, come si può vedere dalla matrice di correlazione (coefficiente di Pearson) presentata nella Tabella B.20.

	$\mathbf{w}_{eq}$	$\mathbf{w}_{PCA}$	$\mathbf{w}_{flow}$
$\mathbf{w}_{eq}$	1		
$\mathbf{w}_{PCA}$	1,000	1	
$\mathbf{w}_{flow}$	0,899	0,897	1

Tabella B.20: Matrice di correlazione per gli indici di Long-Distance Availability Poverty a livello comunale, costruiti con tre diversi sistemi di ponderazione.

B.5 Cluster di Availability Poverty in Italia

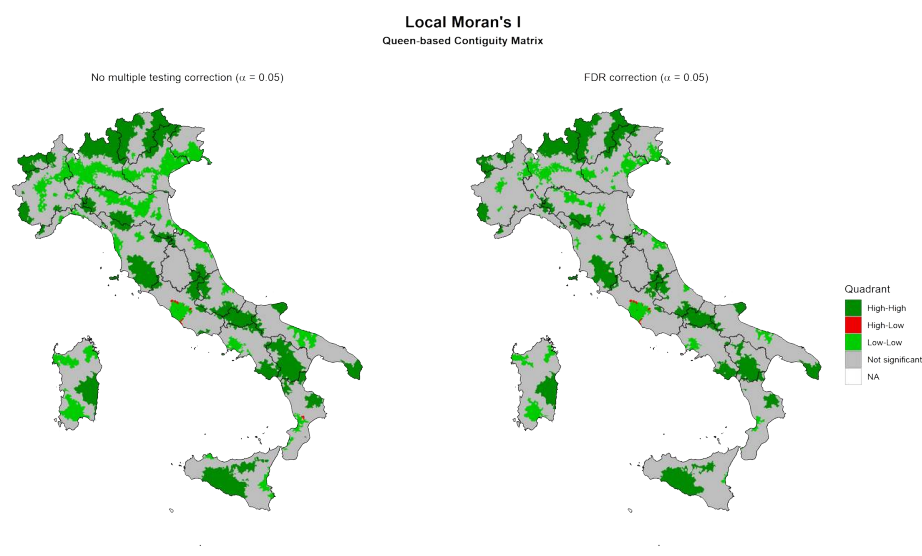


Figura B.9: Indici di Moran locali significativi relativi all'indice composito di Long-Distance Availability Poverty.

B.6 Effetti dei fattori intersecanti sulle sfide di accessibilità

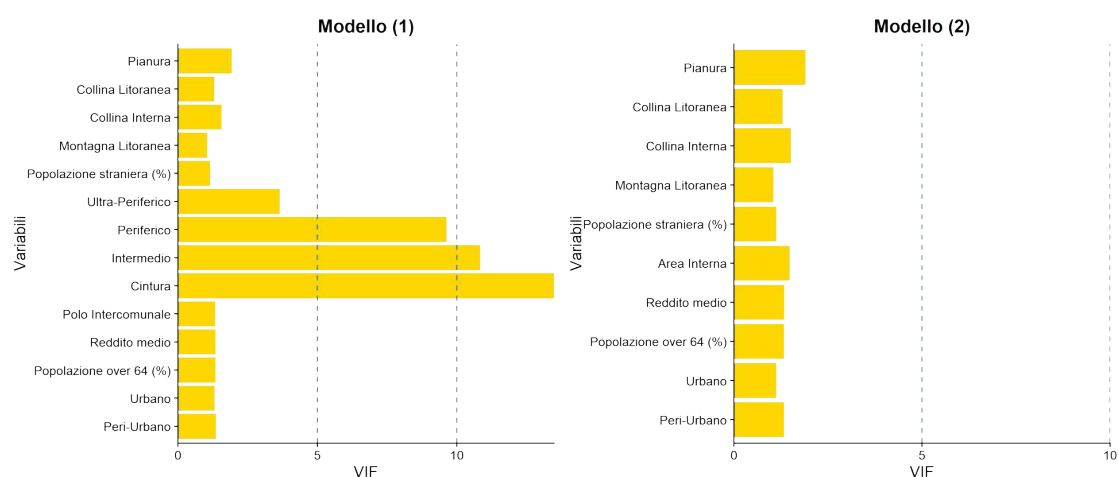


Figura B.10: Variance Inflation Factors delle variabili considerate nella prima (sinistra) e nella seconda (destra) formulazione del modello di regressione lineare multipla.

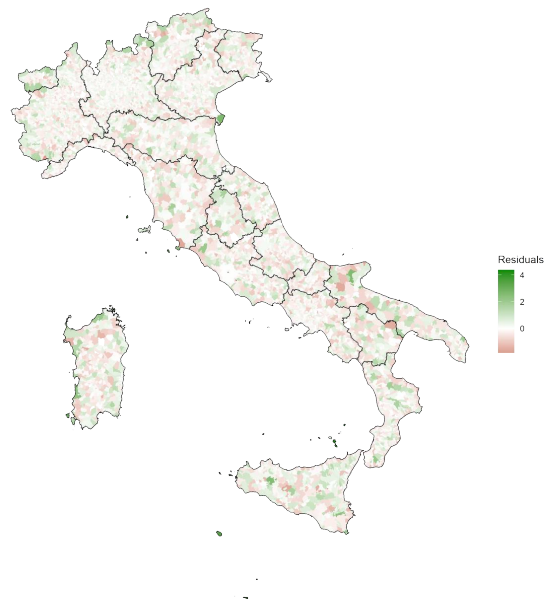


Figura B.11: Distribuzione spaziale dei residui stimati attraverso il modello SDM.

Tabella B.21: Coefficienti stimati del modello di regressione spaziale SEM per l'indice di Long-Distance Availability Poverty, stimato con variabili standardizzate.

Variabile	Coefficiente
Intercetta	2,198***
Popolazione over 64 (%)	0,071***
Popolazione straniera (%)	-0,156***
Reddito medio	-0,060***
<i>Grado di urbanizzazione</i>	
Rurale	NA
Peri-urbano	-0,086***
Urbano	-0,239***
<i>SNAI</i>	
Centri	NA
Aree interne	0,257***
<i>Zona altimetrica</i>	
Montagna interna	NA
Montagna litoranea	-0,090**
Collina interna	-0,139***
Collina litoranea	-0,164***
Pianura	-0,224***
λ	0,991***

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

Bibliografia

- Ambientenonsolo. (2026). *Le emissioni di ossidi di azoto, i dati dell'Inventario Nazionale delle Emissioni in Atmosfera*. Recuperato luglio 29, 2026, da <https://ambientenonsolo.com/le-emissioni-di-ossidi-di-azoto-i-dati-dellinventario-nazionale-delle-emissioni-in-atmosfera/>
- Batista e Silva, F., Gallego, J., & Lavalle, C. (2013). A High-Resolution Population Grid Map for Europe. *Journal of Maps*, 9(1), 16–28. <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.764830>
- Bertolini, M., Dutillo, P., & Lisi, F. (2025). Accounting Carbon Emissions from Electricity Generation: A Review and Comparison of Emission Factor-Based Methods. *Applied Energy*, 392, **jourarticle** 125992. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.125992>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Brand, C., & Preston, J. M. (2010). 60-20 emission: The unequal distribution of greenhouse gas emissions from personal, non-business travel in the UK. *Transport Policy*, 17(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2009.09.001>
- Cerioni, A., & Zani, S. (1990). A Fuzzy Approach to the Measurement of Poverty. *Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty: Proceedings of the Second International Conference on Income Distribution by Size: Generation, Distribution, Measurement and Applications*, 272–284.
- Cheng, Y.-H., & Chen, S. (2015). Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 386–403. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.003>
- Cludius, J., Noka, V., Unger, N., Delfosse, L., Dolinga, T., Schumacher, K., Suta, C.-M., Lechtenfeld, R., Vornicu, A., Sinea, A., García, M., Giardina, F., Lucas, K., Sharani Mohd Radzuan, H., Bouzarovski, S., Krawiec, K., Chrzanowski, P., Ruciński, K., & Serarols, A. (2024). *Transport poverty – Definitions, indicators, determinants, and mitigation strategies – Final report*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2767/0662480>
- Department for Energy Security and Net Zero. (2025). *Greenhouse Gas Reporting: Conversion Factors 2025*. UK Government. Recuperato luglio 7, 2026, da

- <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2025>
- European Commission. (2025a). *Energy Poverty*. Directorate-General for Energy, European Commission. Recuperato maggio 1, 2026, da https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers/energy-poverty_en
- European Commission. (2025b). *European Pillar of Social Rights*. Recuperato maggio 1, 2026, da https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/policies-and-activities/european-pillar-social-rights-building-fairer-and-more-inclusive-european-union/european-pillar-social-rights-20-principles_en
- European Environment Agency. (2024). *Air pollution: Sustainability of Europe's mobility systems 2024*. Recuperato luglio 29, 2026, da <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/sustainability-of-europes-mobility-systems/air-pollution>
- European Environment Agency. (2025). *Emissions of air pollutants from transport in Europe*. Recuperato luglio 29, 2026, da <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-of-air-pollutants-from>
- Directive (EU) 2023/959 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and Decision (EU) 2015/1814 (2023, maggio 10). Recuperato luglio 29, 2026, da <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/959/oj>
- Regulation (EU) 2023/955 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a Social Climate Fund and amending Regulation (EU) 2021/1060 (2023, maggio 10). Recuperato luglio 29, 2026, da <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/955/oj>
- Eurostat. (2024, ottobre). *Overlaps in Energy Poverty Indicators*. Publications Office of the European Union. Recuperato maggio 1, 2026, da https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Overlaps_in_energy_poverty_indicators
- Eurostat. (2026a). *European Alternative Fuels Observatory (EAFO)*. Recuperato agosto 28, 2026, da https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_zev/default/table?lang=en
- Eurostat. (2026b, gennaio). *Key Figures on European Transport – 2025 Edition* (rapp. tecn. N. KS-01-25-057). Publications Office of the European Union. Luxembourg. Recuperato maggio 1, 2026, da <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-key-figures/w/ks-01-25-057>
- Gusev, M., & Gilroy, S. (2025). The Effectiveness of Autonomous Public Transport Systems in Densely Populated Urban Areas. *Transport Economics and Management*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.11.004>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2026). *Emission Factor Database (EFDB)*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Recuperato luglio 7, 2026, da <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

- ISPRA. (2026). *La disaggregazione a livello provinciale delle emissioni*. <https://doi.org/10.83023/it-local-emissions>
- ISTAT. (2019). *A misura di comune*. Istituto Nazionale di Statistica. <https://www.istat.it/statistica-sperimentale/aggiornamento-degli-indicatori-del-sistema-informativo-a-misura-di-comune/>
- ISTAT. (2023). *Accessibility of municipalities to major transport infrastructures*. https://www.istat.it/wp-content/uploads/2023/12/Stat_Focus_Accessibilit%C3%A0.pdf
- ISTAT. (2024, dicembre). *Indicatori del Parco Veicolare – Anno 2023*. Istituto Nazionale di Statistica. Recuperato maggio 1, 2026, da <https://www.istat.it/comunicato-stampa/indicatori-del-parco-veicolare-anno-2023/>
- ISTAT. (2025a). *Bilancio demografico e popolazione residente per sesso al 31 dicembre 2024*. Istituto Nazionale di Statistica. Recuperato settembre 1, 2026, da <https://demo.istat.it/app/?l=it&a=2024&i=P02>
- ISTAT. (2025b, marzo). *La Redistribuzione del Reddito in Italia – Anno 2024* (rapp. tecn.). Istituto Nazionale di Statistica. Recuperato maggio 12, 2026, da <https://www.istat.it/wp-content/uploads/2025/03/REDISTRIBUZIONE-REDDITO-IN-ITALIA-2024.pdf>
- ISTAT. (2025c, ottobre). *Spese per Consumi delle Famiglie – Anno 2024*. Istituto Nazionale di Statistica. Recuperato maggio 1, 2026, da <https://www.istat.it/comunicato-stampa/spese-per-consumi-delle-famiglie-anno-2024/>
- ISTAT. (2026, febbraio). *Indicatori del Parco Veicolare – Anno 2024*. Istituto Nazionale di Statistica. Recuperato maggio 1, 2026, da <https://www.istat.it/comunicato-stampa/indicatori-del-parco-veicolare-anno-2024/>
- Jamei, E., Chan, M., Chau, H. W., Gaisie, E., & Lättman, K. (2022). Perceived accessibility and key influencing factors in transportation. *Sustainability*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/su141710806>
- Jili, F., Gumede, S., Goebel, J., & Wilson, J. (2026). Assessing Transport Affordability and Spatial Inequality: Evidence from a Hierarchical Bayesian Regression Framework of South Africa's Provinces. *Urban Science*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/urbansci10020117>
- Lucas, K. (2012). Transport and Social Exclusion: Where Are We Now? *Transport Policy*, 20, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Lucas, K., Bates, J., Moore, J., & Carrasco, J. A. (2016). Modelling the Relationship between Travel Behaviours and Social Disadvantage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, 157–173. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.008>
- Lucas, K., Mattioli, G., Verlinghieri, E., & Guzman, A. (2016). Transport Poverty and Its Adverse Social Consequences. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport*, 169(6), 353–365. <https://doi.org/10.1680/jtran.15.00073>
- Maroko, A., Maantay, J., Pérez Machado, R. P., & Barrozo, L. V. (2019). Improving Population Mapping and Exposure Assessment: Three-Dimensional Dasy-metric Disaggregation in New York City and São Paulo, Brazil. *Papers in*

- Applied Geography*, 5 (1–2), 45–57. <https://doi.org/10.1080/23754931.2019.1619092>
- Mattioli, G., Dugato, M., & Philips, I. (2023). Vulnerability to Motor Fuel Price Increases: Socio-Spatial Patterns in Italy. In *Vulnerable Households in the Energy Transition: Energy Poverty, Demographics and Policies* (pp. 89–115). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35684-1_5
- Mattioli, G., Lucas, K., & Marsden, G. (2017). Transport Poverty and Fuel Poverty in the UK: From Analogy to Comparison. *Transport Policy*, 59, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.007>
- Mattioli, G., Wadud, Z., & Lucas, K. (2018). Vulnerability to Fuel Price Increases in the UK: A Household Level Analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 227–242. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.012>
- Mejía Dorantes, L., & Murauskaite-Bull, I. (2022). *Transport poverty: A systematic literature review in Europe* (Scientific analysis or review N. KJ-NA-31-267-EN-N). European Commission. Luxembourg, Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/793538>
- Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica. (2024). *Prezzi medi annuali dei carburanti e combustibili*. Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica. Recuperato luglio 7, 2026, da <https://sisen.mase.gov.it/dgsaie/prezzi-annuali-carburanti?pid=2>
- Ministero dell’Economia e delle Finanze, Dipartimento delle Finanze. (2026, aprile 23). *Open Data Dichiarazioni: Redditi e principali variabili IRPEF su base comunale* [Anno di dichiarazione 2025, anno d’imposta 2024]. Recuperato luglio 7, 2026, da https://www1.finanze.gov.it/finanze/analisi_stat/public/index.php?opendata=yes&search_class%5B0%5D=cCOMUNE
- Moore, J., Lucas, K., & Bates, J. (2013). *Social Disadvantage and Transport in the UK: A Trip-Based Approach* (TSU Working Paper Series N. 1063). School of Geography e the Environment, University of Oxford. Oxford, UK.
- OECD. (2023). *Distributional effects of urban transport policies to discourage car use* (OECD Environment Working Papers N. ENV/WKP(2023)3). OECD Publishing. Paris. Recuperato luglio 29, 2026, da [https://one.oecd.org/document/ENV/WKP\(2023\)3/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/WKP(2023)3/en/pdf)
- OECD. (2024). *Household transport choices: New empirical evidence and policy implications* (OECD Environment Working Papers N. ENV/WKP(2024)16). OECD Publishing. Paris. Recuperato luglio 29, 2026, da [https://one.oecd.org/document/ENV/WKP\(2024\)16/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/WKP(2024)16/en/pdf)
- Osservatorio Italiano sulla Povertà Energetica (OIPE). (2024, dicembre). *La Povertà Energetica in Italia nel 2023* (rapp. tecn.) (Elaborazioni su dati ISTAT, Indagine sulle Spese delle Famiglie). Centro Levi-Cases, Università di Padova. Padova. Recuperato maggio 1, 2026, da https://oipeosservatorio.it/wp-content/uploads/2024/12/2024_PE_ITA_2023.pdf

- Patil, S., Pflugradt, N., Weinand, J. M., Stolten, D., & Kropp, J. (2024). A Systematic Review of Spatial Disaggregation Methods for Climate Action Planning. *Energy and AI*, 17, 100386. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100386>
- Roca Reina, J. C., Volt, J., Toleikyte, A., & Carlsson, J. (2024). *Impact of the new EU emissions trading system on households* (rapp. tecn. N. JRC137897). European Commission, Joint Research Centre. Luxembourg, Publications Office of the European Union. Recuperato luglio 29, 2026, da <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC137897>
- Social Exclusion Unit. (2003). *Making the Connections: Final Report on Transport and Social Exclusion* (rapp. tecn.). Office of the Deputy Prime Minister. London, UK.
- United Nations. (2015). *A progress report on SDG 11.2: How the world is making public transport more accessible*.
- Vitman-Schorr, A., Ayalon, L., & Khalaila, R. (2019). Perceived accessibility to services and sites among Israeli older adults. *Journal of Applied Gerontology*, 38(1), 112–136. <https://doi.org/10.1177/0733464817721112>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)