



La transizione ecologica
delle auto della pubblica
amministrazione in Italia
Aprile 2026

01.

Report

Introduzione

Ridurre le emissioni dei trasporti rappresenta uno snodo centrale della transizione ecologica, perché il settore combina tre caratteristiche che lo rendono “difficile” da trasformare: elevata dipendenza da infrastrutture e capitale fisso, peso dell’eredità tecnologica e industriale, processi decisionali frammentati tra regolamentazione, imprese e consumatori. In Europa e in Italia, l’attenzione si concentra in particolare sul trasporto su strada, dove la riduzione delle emissioni richiede un cambiamento congiunto di tecnologie (propulsione, efficienza energetica, batterie), comportamenti (uso del veicolo) e sistemi (rete di ricarica, logistica, manutenzione). All’interno di questo quadro, la flotta in servizio della Pubblica amministrazione rappresenta un insieme piccolo (circa 30.000 auto), se confrontato con il parco auto circolante in Italia che supera i 41 milioni di unità, ma interessante da studiare: permette di capire quali sono gli effetti concreti delle politiche di transizione che la Pubblica amministrazione, a livello aggregato, mette in atto.

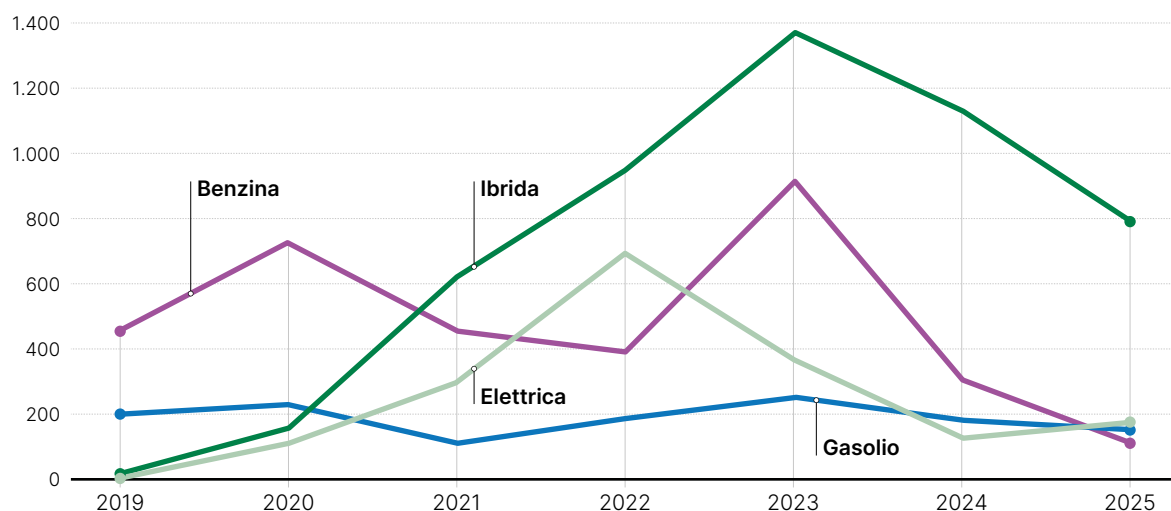
Focus dell'analisi

L'analisi di Paolo Maranzano, ricercatore del Dipartimento di Economia, Metodi Quantitativi e Strategie di Impresa dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca, e Gianluca Monturano, ricercatore del Dipartimento di Economia, Management e Diritto dell'Impresa dell'Università di Bari, dal titolo "La transizione ecologica nell'automotive e il ruolo della domanda pubblica: evidenze empiriche dalla pubblica amministrazione italiana (2019-2025)" indaga a livello statistico l'andamento delle immatricolazioni di auto da parte della Pubblica amministrazione e il livello medio di emissioni aggregate grazie ad un database costruito ad hoc unendo più fonti pubbliche. Il database ha informazioni di dettaglio delle 12.643 auto immatricolate tra il 2019 e il 31 dicembre 2025. Questo periodo è stato selezionato per verificare lo stato della transizione ecologica delle flotte pubbliche prima delle leggi entrate in vigore tra il 2020 e il 2022 (anni dal 2019 al 2022) e verificare,

quindi, la risposta alle nuove disposizioni (anni dal 2022 al 2025). Per avere chiaro il contesto, il parco auto complessivo delle auto in servizio è di circa 30.000 auto, stando al Censimento Auto Pa 2025 del Dipartimento della funzione pubblica.

La nostra analisi si è concentrata sulle emissioni per modello e sul tipo di motorizzazione dei veicoli immatricolati nel periodo 2019-2025. Anticipando qui alcuni risultati dell'indagine, le immatricolazioni di auto elettriche sono passate dallo 0,6% del totale nel 2019 al 29,7% del 2022 con 692 auto, la quota è poi scesa fino al 14,1% del 2024 (369). C'è stata invece una crescita molto più marcata di auto ibride, dal 10% delle auto immatricolate (157) nel 2020 al 64% nel 2025 (769). Una categoria, quest'ultima, che comprende però varie tipologie di motorizzazione - full hybrid, mild hybrid, plug-in hybrid - che hanno livelli di emissioni di CO₂ misurati in fase di omologazione molto diversi tra loro e in alcuni casi molto alti.

FIGURA 01
LA CRESCITA (FORTE) DELLE IBRIDE
Immatricolazioni per alimentazione in %, 2019-2025



Fonte: elaborazione su dati del Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Aci (dati aggiornati al 31/12/2025)

Il contesto normativo

La prima norma introdotta con l'obiettivo di ridurre le emissioni legate alle auto della Pubblica amministrazione è contenuta nella Legge di Bilancio 160/2019. Si prevede che dal 1° gennaio 2020 almeno il 50% dei veicoli immatricolati dalla pubblica amministrazione debba essere alimentato a elettrico puro, ibrido o idrogeno. Non ci sono limiti su CO₂ o altri inquinanti, ma solo sul tipo di trazione. Ma il decreto ministeriale del 17 giugno 2021, che adotta i Criteri Ambientali Minimi (CAM), cambia lo scenario. Dall'ottobre 2021 (noi per convenzione abbiamo considerato i veicoli immatricolati dal 1° gennaio 2022) almeno il 38,5% degli acquisti deve riguardare veicoli a zero e basse emissioni: le emissioni di CO₂ non devono essere uguali o superiori a 50 g/km. La stessa norma prevede che non vengano immatricolati veicoli con emissioni medie uguali o superiori a 160 g/km.

Si è creata così una sovrapposizione normativa tra la Legge di Bilancio 2019, che prevede il rispetto della soglia del 50% con auto elettriche, ibride ed idrogeno, e quella dei CAM che, invece, prescrive limiti sulle emissioni molto più stringenti. Nella nostra analisi assumiamo i vincoli derivanti dai CAM come prevalenti su quelli previsti con la normativa precedente. Inoltre, dal 1° gennaio 2026, in base ai CAM, un veicolo leggero viene considerato "pulito" solo se non produce emissioni di CO₂. Questo significa che, per rispettare la quota minima prevista di veicoli puliti (pari ad almeno il 38,5 %) tutti i veicoli inclusi in questa quota dovranno avere emissioni pari a 0 g di CO₂/km. Questa regola si applica specificamente al periodo 2026 - 2030.

La Legge di Bilancio 160/2019 impone alla Pa il 50% di auto elettriche, ibride o a idrogeno, ma i Criteri Ambientali Minimi introducono limiti più stringenti basati sulle emissioni

Le fonti dei dati

Per l'analisi delle 12.643 auto immatricolate tra il 2019 e il 2025 sono state utilizzate due fonti. In primis i dati del Censimento delle auto della pubblica amministrazione (aggiornato al 31 dicembre 2024), la rilevazione permanente delle auto di servizio delle pubbliche amministrazioni, realizzato ogni anno dal Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri. Questi dati sono stati ottenuti tramite FOIA, il diritto di accesso agli atti previsto in Italia.

A queste informazioni è stato affiancato un ulteriore archivio delle auto immatricolate dalla pubblica amministrazione proveniente dall'Automobile Club d'Italia (ACI), grazie al quale è stato possibile

estendere l'analisi fino al 31 dicembre 2025 e colmare alcune lacune informative, in particolare sull'alimentazione dei veicoli.

Entrambe le fonti contengono informazioni identificative del veicolo (targa, marca, modello, alimentazione, anno di immatricolazione) e denominazione dell'amministrazione intestataria. Ma c'era ancora un tassello mancante, forse il più importante: le emissioni di CO₂. Nessuno dei due archivi riportava questo dato in modo omogeneo e confrontabile. Per colmare la lacuna, ogni veicolo è stato arricchito con una stima delle emissioni secondo lo standard WLTP, disponibile sulla banca dati pubblica della European Environmental Agency (EEA).

L'analisi incrocia i dati del Censimento auto PA con i dati del PRA gestito da ACI per monitorare 12.643 immatricolazioni tra il 2019 e il 2025. L'obiettivo è verificare lo stato della transizione ecologica delle flotte pubbliche prima e dopo rispetto alle novità normative introdotte

I parametri di riferimento osservati – il WLTP

Per rendere confrontabili le auto immatricolate e capire se, a livello aggregato, la Pubblica amministrazione abbia rispettato le soglie di emissioni previste dalla legge, ciascun veicolo presente nel database è stato arricchito con una stima delle emissioni in ciclo WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), che misura le emissioni e i consumi in fase di omologazione, cioè secondo test standardizzati in laboratorio prima che il veicolo entri in commercio. Le emissioni WLTP sono misurate in grammi CO₂/km e sono fornite dalla European Environmental Agency (EEA) per singolo modello.

Incrociando i dati delle emissioni con quelli della tipologia di motorizzazione dei singoli veicoli è stato possibile analizzare l'andamento delle immatricolazioni di macro-categorie istituzionali omogenee (Comuni, Enti regionali/provinciali, strutture sanitarie, Università, Ministeri), così da consentire confronti sistematici tra tipologie di enti nel tempo.

I ricercatori hanno associato a ogni veicolo la stima delle emissioni in ciclo WLTP tramite i dati della European Environmental Agency. L'incrocio tra motorizzazione ed emissioni WLTP è stato lo strumento chiave per valutare il rispetto dei limiti di legge nel tempo.

Lo scenario generale del parco auto PA

L'analisi si focalizza sulle immatricolazioni del periodo 2019-2025, ma per capire quale sia la fotografia del parco auto della pubblica amministrazione (sono da escludere le auto utilizzate per soccorsi, ordine pubblico e difesa) è utile partire dai circa 30.000 veicoli del Censimento Auto Pa. Come detto, il 40% delle auto in servizio sono state immatricolate negli ultimi 6 anni (2019-2025) ma circa 1 su 5 è stata immatricolata almeno 20 anni fa. Le auto nelle classi ambientali 0-3, considerate anche dall'Istat ad alto potenziale inquinante e sicuramente immatricolate prima del 2006, sono circa 6.000.

Per quanto riguarda le amministrazioni, il parco delle cosiddette "auto blu" è detenuto per oltre la metà dai comuni (15.085 veicoli), seguiti dal settore della sanità (6.497) e dalla categoria degli "altri enti" (4.223). Regioni e province autonome hanno a disposizione complessivamente 1.505 mezzi, mentre province e città metropolitane sono a quota 1.330. Le amministrazioni dello Stato possono contare su 191 mezzi, gli enti pubblici nazionali 244, le agenzie fiscali 78, le università pubbliche 379, le camere di commercio 51 e le autorità amministrative indipendenti 13.

In generale, il parco auto della PA conta circa 30.000 veicoli, di cui circa 13.000 immatricolati negli ultimi 6 anni. Circa un'auto su cinque appartiene alle classi ambientali 0-3, con elevato livello emissivo

L'analisi dell'andamento delle immatricolazioni

La pubblica amministrazione ha ridotto la media di emissioni di CO₂ al g/km dal 2019 (134) fino al 2022 (89 g/km di CO₂), ma il trend si è invertito dal 2023 passando da 111 fino ai 124 g/km di CO₂ nel 2025. Dalla nostra analisi emerge anche che la Pubblica amministrazione ha aumentato il numero di immatricolazioni dalle 952 del 2019 alle 2.991 del 2023 per poi calare fino alle 1.227 del 2025.

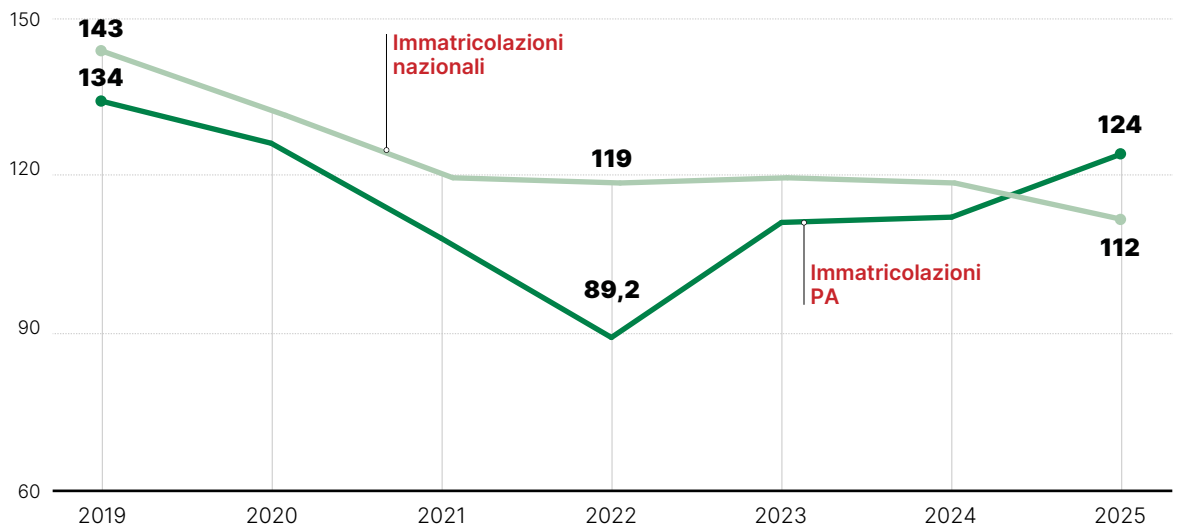
L'analisi ha cercato di capire se la pubblica amministrazione abbia rispettato le soglie citate nella normativa. La misura principale è quella dei CAM: almeno il 38,5% dei veicoli immatricolati

devono essere a zero e basse emissioni, quindi emettere meno di 50 g/km di CO₂. Questa soglia non è mai stata raggiunta a livello aggregato: dal 30% del 2022 (anno in cui la norma è entrata in vigore) c'è stato un calo dal 2023 fino ad arrivare al 14% del 2025.

C'era però anche un'altra soglia da verificare, quella del limite massimo di 160 g/km per le immatricolazioni successive al 1° gennaio 2022. Queste auto erano appena 85 (4%) nel 2022 ma hanno visto un'impennata nel 2025 arrivando a 417, circa il 34%.

FIGURA 02
IL RIMBALZO DELLE EMISSIONI MEDIE DELLA PA

Media di CO₂ per grammo/km, 2019-2025



Fonte: elaborazione su dati del Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Aci (dati aggiornati al 31/12/2025), Unrae

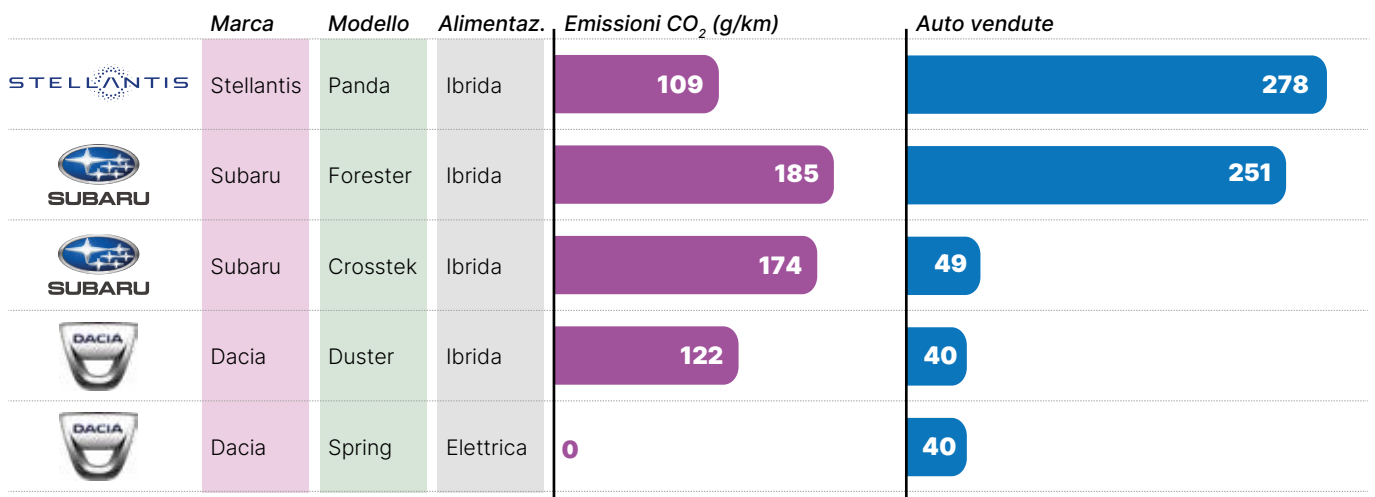
Andando più nel dettaglio, per capire quali sono e quale livello di emissioni abbiano, siamo andati a vedere i 5 modelli di auto più immatricolati dalla Pa nel 2025. La Panda domina con 278 unità. La sua versione ibrida è stata l'auto più immatricolata nel 2025. Al secondo posto

troviamo la Subaru Forester con 251 unità, seguita a distanza dalla Crosstrek (49 unità). La top five è quasi interamente composta da modelli ibridi (4 su 5). L'unico modello puramente elettrico e, quindi, ad emissioni zero è la Dacia Spring con 40 unità.

FIGURA 05

PANDA E FORESTER LE PIÙ IMMATRICOLATE

Modello, marca ed emissioni delle auto più acquistate dalla pubblica amministrazione nel 2025



Fonte: elaborazione su dati del Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Aci (dati aggiornati al 31/12/2025)

L'analisi per categoria

A livello generale le immatricolazioni della Pa non hanno mai raggiunto la soglia del 38,5% di auto a zero e basse emissioni (uguali o superiori a 50 g/km). Questa soglia, invece, è stata superata da due categorie di enti nel 2022. I Comuni e le Università italiane hanno rispettato la normativa sui veicoli a zero e basse emissioni con percentuali di immatricolazioni oltre la soglia prevista: il 45% (oltre, quindi, la soglia del 38,5%) per i Comuni e il 43% per le università. Poi, però, in entrambi i casi, dal 2023 le quote sono tornate sotto la soglia prevista. Parliamo, in ogni caso, di quantità molto diverse: nel 2022 i Comuni hanno immatricolato 544 veicoli a zero e basse emissioni su 1.202 totali della categoria. Per le università, invece, parliamo di numeri molto più bassi: solo 10 veicoli su 23 complessivi nell'anno.

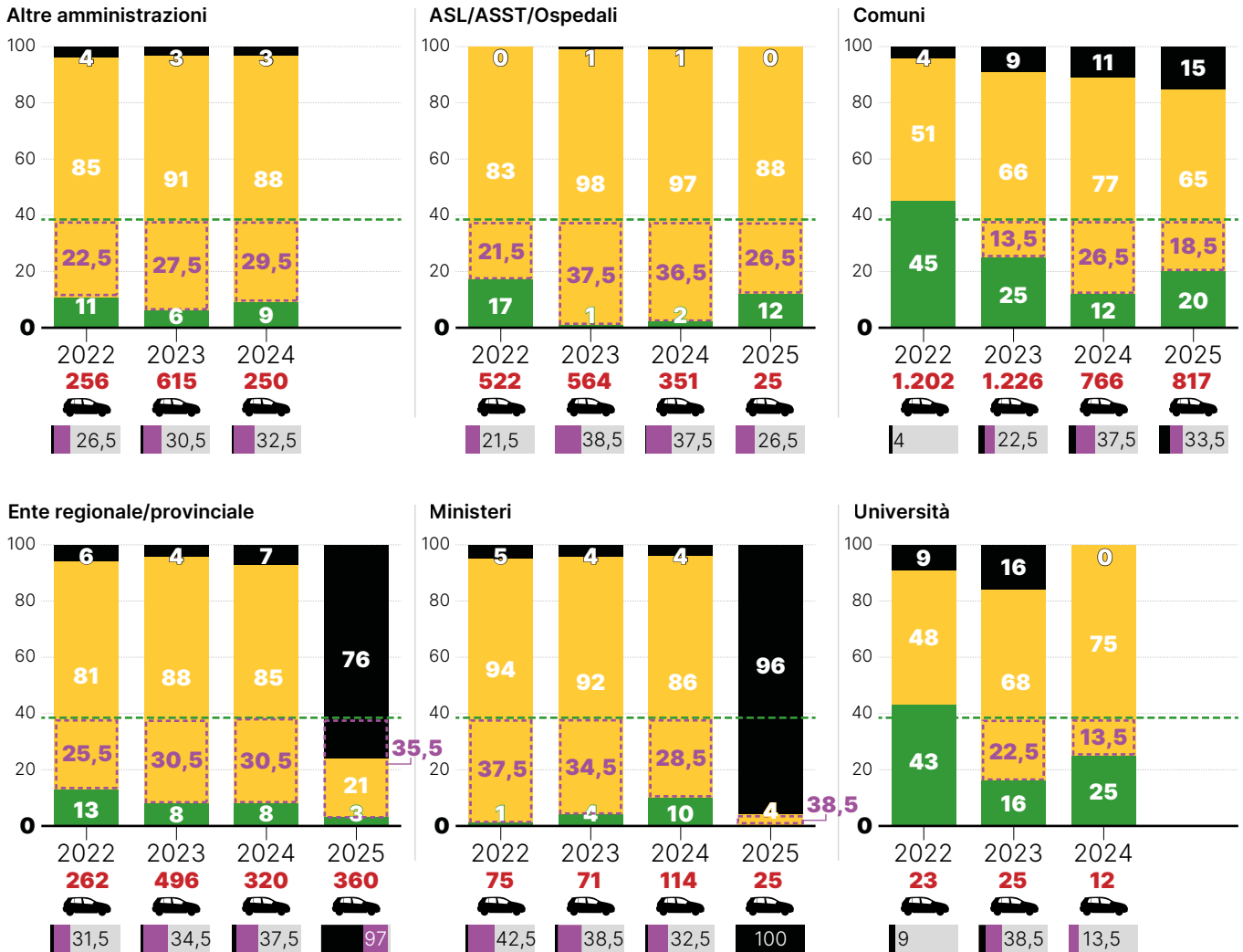
Per quanto riguarda invece il limite di emissioni di CO₂ uguali o superiori a 160 g/km ci sono due categorie di enti che nel 2025 hanno immatricolato percentuali consistenti di auto che vanno oltre questa soglia. Sono gli enti regionali e provinciali con il 76% delle immatricolazioni (271 auto) e i ministeri con il 96% (24 auto). Da segnalare anche gli enti in controtendenza. Le Asl e gli ospedali, ad esempio: nel 2025 non hanno immatricolato auto con emissioni di CO₂ uguali o superiori a 160 g/km. La stessa cosa è successa nelle università nel 2024 (ultimo anno disponibile) e anche nella categoria Altre amministrazioni la quota è stata molto bassa (3%).

Solo Comuni e Università hanno temporaneamente superato la soglia di legge del 38,5% di auto “pulite” nel 2022. L'eterogeneità dei risultati riflette disparità strutturali e finanziarie tra gli enti, indicando che la transizione ecologica della PA non sta seguendo un percorso lineare

FIGURA 06
COMPOSIZIONE DEI VEICOLI IMMATRICOLATI PER CLASSE CAM

Quota % e valori assoluti sul totale immatricolazioni anno, per amministrazione

■ 0-50 gCO₂/km (compliant) ■ Oltre 160 gCO₂/km (non compliant) □ Non compliance
■ 51-160 gCO₂/km --- Target normativo 38,5% auto zero o basse emissioni ■ Numero veicoli immatricolati



Fonte: elaborazione su dati del Dipartimento della funzione pubblica della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Aci (dati aggiornati al 31/12/2025)

In generale, una situazione così eterogenea segnala l'esistenza di disparità strutturali nella capacità di orientare il rinnovo verso tecnologie a zero e basse emissioni. Non si tratta soltanto di differenze di livello, ma anche di differenze nella dinamica temporale: alcune amministrazioni mostrano una traiettoria di accelerazione seguita

da stabilizzazione o parziale arretramento, mentre altre presentano un percorso più graduale o intermittente. La presenza di tali pattern conferma che la transizione non segue un processo lineare e uniforme, ma risente di vincoli operativi, organizzativi e finanziari specifici delle diverse categorie di enti.

Conclusioni

Le conseguenze del mancato rispetto delle soglie ambientali non sono generali, ma riguardano le singole gare d'acquisto da parte degli enti. La recente giurisprudenza del Consiglio di Stato ha infatti stabilito con la sentenza n. 7898 dell'8 ottobre 2025 che la mancata inclusione dei Criteri ambientali minimi negli atti di gara non è un vizio formale, ma un difetto sostanziale: la conseguenza più grave, nel caso non vengano rispettati i CAM, è l'annullamento dell'intera procedura di gara. L'Autorità Nazionale Anticorruzione, inoltre, esercita un potere di vigilanza collaborativa e ispettiva sulla corretta applicazione dei contratti pubblici, inclusa l'osservanza delle clausole ambientali.

Si deve anche sottolineare la sovrapposizione normativa tra la legge di bilancio 2019 che prevede il rispetto della soglia del 50% con auto elettriche, ibride ed idrogeno e quella dei CAM che, invece, prescrive limiti sulle emissioni molto più stringenti. Nella nostra analisi assumiamo i vincoli derivanti dai CAM come prevalenti su quelli previsti con la normativa precedente.

Dalla nostra analisi, in ogni caso, emergono tre evidenze. In primo luogo, la flotta pubblica mostra in termini generali una riduzione significativa delle emissioni tra il 2019 e il 2022. La CO₂ media passa da 134 g/km a 89,2 g/km, segnalando una fase di accelerazione della transizione trainata dall'espansione della categoria delle elettriche. Non a caso il 2022 è stato l'anno con la percentuale maggiore di auto elettriche (29,7%), a differenza del 2024 e del 2025: le elettriche non sono andate oltre il 7,2% e il 14,1%. Infatti, c'è stato un rimbalzo che ha portato le emissioni a 124 g/km di CO₂ nel 2025.

In secondo luogo, la convergenza verso la soglia più stringente di 50 g/km non risulta stabile. La quota di veicoli ≤50 g/km immatricolati cresce fino al 30,5% nel 2022, ma si riduce negli anni successivi, attestandosi su livelli inferiori al 15%. Questo andamento non lineare suggerisce che la diffusione delle tecnologie a zero e basse emissioni non sia ancora consolidata nei piani strategici delle pubbliche amministrazioni, sia centrali che periferiche.

In terzo luogo, emerge una marcata eterogeneità tra amministrazioni. Comuni e Università mostrano dinamiche di decarbonizzazione più pronunciate, mentre Ministeri ed Enti regionali/provinciali presentano scelte di acquisto meno favorevoli alla decarbonizzazione o addirittura che aumentano il grado di carbonizzazione.

Che cosa serve per invertire davvero la rotta? I risultati di questo studio indicano almeno due direzioni prioritarie. La prima è un rafforzamento deciso della componente full electric negli acquisti. La seconda è un sistema di monitoraggio più robusto e trasparente: i dati esistono, ma sono frammentati e difficili da ottenere. Renderli accessibili in modo sistematico e trasparente è il presupposto per valutare in modo verificabile se gli enti pubblici rispettino davvero gli impegni presi. La posta in gioco non è solo ambientale, ma riguarda anche l'affidabilità e la credibilità della pubblica amministrazione.

02.

La transizione ecologica nell'automotive e il ruolo della domanda pubblica: evidenze empiriche dalla pubblica amministrazione italiana (2019–2025)

Paolo Maranzano¹ and Gianluca Monturano^{2,3}

¹Department of Economics, Management and Statistics (DEMS), University of Milano-Bicocca, Italy; paolo.maranzano@unimib.it

²Department of Economics, Management and Business Law, University of Bari; gianluca.monturano@uniba.it

³Laboratory of Applied Economics, University of Bari

SINTESI DI PRINCIPALI RISULTATI

Analizziamo la dinamica delle immatricolazioni di veicoli da parte della Pubblica Amministrazione italiana nel periodo 2019-2025 sotto il profilo delle emissioni di CO₂ e della transizione ecologica del parco veicolare; La CO₂ media delle nuove immatricolazioni si riduce significativamente tra il 2019 e il 2022, passando da 134 g/km a 89 g/km, per poi stabilizzarsi negli anni successivi; La quota di nuovi veicoli registrati con emissioni ≤50 g/km aumenta fino al 30% nel 2022, ma torna a diminuire negli anni successivi; La transizione è trainata principalmente dalla riallocazione verso tecnologie elettriche e ibride, più che da miglioramenti intra-tecnologici; Emergono forti disparità tra amministrazioni: Comuni e Università mostrano maggiore penetrazione della fascia a bassissime emissioni rispetto a Ministeri ed Enti regionali; Un modello empirico evidenzia che la composizione tecnologica (alimentazione) del parco veicolare spiega gran parte della dinamica nei trend emissivi della PA.

Introduzione

La decarbonizzazione dei trasporti rappresenta uno snodo centrale della transizione ecologica, perché il settore combina tre caratteristiche che lo rendono “difficile” da trasformare: (I) elevata dipendenza da infrastrutture e capitale fisso, (II) forte path dependence tecnologica e industriale, (III) processi decisionali frammentati tra regolamentazione, imprese e consumatori. In Europa e in Italia, l'attenzione si concentra in particolare sul trasporto su strada, dove la riduzione delle emissioni richiede un cambiamento congiunto di tecnologie (propulsione, efficienza energetica, batterie), comportamenti (uso del veicolo) e sistemi (rete di ricarica, logistica, manutenzione). L'industria automotive è quindi un laboratorio paradigmatico della transizione: un settore maturo, ad alta intensità di capitale e innovazione, sottoposto a vincoli regolatori crescenti e a dinamiche di concorrenza globale.

Dal punto di vista economico, la transizione ecologica è inseparabile dal tema del cambiamento tecnologico “direzionato”. La letteratura ha mostrato che l'innovazione non è neutrale: può essere indirizzata verso traiettorie “pulite” o “sporche”, e la direzione dipende dai prezzi relativi, dagli incentivi e dalla storia delle competenze tecnologiche accumulate (*path dependence*). In un famoso contributo su cambiamento tecnologico direzionato e ambiente, Acemoglu e coautori formalizzano un modello in cui ricerca e sviluppo possono essere destinati a tecnologie clean o dirty e in cui la politica pubblica (prezzi del carbonio, sussidi, standard) influenza la traiettoria dell'innovazione e la velocità di sostituzione delle tecnologie emmissive (Acemoglu et al., 2012). In questa prospettiva, la transizione è tanto più rapida quanto più la struttura degli incentivi rende profittevole l'innovazione pulita e quanto più si riducono i rendimenti attesi dell'innovazione legata ai combustibili fossili. La stessa logica è stata applicata in modo empirico proprio al settore auto, mostrando come prezzi energetici e fiscalità (interpretati come proxy di carbon pricing) influenzino la riallocazione dell'innovazione dalle tecnologie “dirty” a quelle “clean”, con effetti fortemente dipendenti dalla storia innovativa delle imprese (Aghion et al., 2016). Contributi più recenti hanno inoltre sottolineato come la transizione richieda politiche industriali verdi credibili e coordinate nel lungo periodo, capaci di orientare in modo sistemico l'accumulazione di competenze e investimenti verso traiettorie low-carbon (Acemoglu et al., 2023).

Queste evidenze collegano due piani: (I) il piano macro e industriale della transizione, guidato da innovazione, standard e investimenti; (II) il piano micro delle scelte di acquisto e sostituzione della flotta, dove le tecnologie effettivamente adottate determinano le emissioni reali e la credibilità delle politiche climatiche. In altri termini, la transizione non è solo “invenzione” o “sviluppo” tecnologico: è soprattutto diffusione e adozione. La letteratura economica sull'interazione tra tecnologia e ambiente sottolinea da tempo il ruolo delle politiche nel generare innovazione ambientale e nel superare fallimenti di mercato (esternalità, lock-in, incertezza), evidenziando che gli strumenti di policy incidono sia sul ritmo sia sulla direzione del cambiamento tecnologico (Jaffe et al., 2003). Evidenze empiriche più recenti mostrano inoltre che le politiche climatiche e ambientali favoriscono effettivamente l'innovazione low-carbon, sebbene con effetti eterogenei tra settori e Paesi in funzione delle capacità tecnologiche pregresse e dell'esposizione alla concorrenza internazionale (Dechezleprêtre et al., 2020). Nell'automotive, questo si traduce in un insieme di leve: standard emissivi e di efficienza, incentivi fiscali alla domanda, investimenti in infrastrutture di ricarica, e, in modo spesso sottovalutato, politiche di acquisto e procurement. Sul lato industriale, l'automotive affronta trade-off tecnologici e di prodotto: storicamente, migliorare l'efficienza (consumi/emissioni) ha spesso comportato scelte su peso, potenza, performance e caratteristiche del veicolo. Analisi empiriche sulle scelte dei produttori mostrano come, in assenza di vincoli stringenti, parte del progresso tecnologico venga “assorbita” in miglioramenti di performance (ad esempio potenza) più che in efficienza; mentre standard e regolazione possono spingere il progresso verso l'efficienza (Knittel, 2011). Ne deriva che la transizione non è automatica: senza un quadro di incentivi adeguato, la tecnologia non necessariamente si traduce in minori emissioni medie del parco circolante. Questo punto è cruciale per leggere i dati di immatricolazione e composizione delle flotte: i miglioramenti osservati possono derivare da (i) cambiamento di mix (più elettrico/ibrido), (ii) miglioramento “intratecnologia” (motori endotermici più efficienti), oppure (iii) riallocazione tra segmenti e categorie di veicoli.

Il tema dell'adozione dei veicoli elettrici (EV) è un altro pilastro della transizione. Le evidenze suggeriscono che costi iniziali, infrastrutture e incentivi fiscali giocano un ruolo determinante nel superare le barriere all'adozione; inoltre gli effetti degli incentivi possono non essere uniformi tra segmenti di mercato, talvolta favorendo veicoli più costosi o specifiche categorie, a seconda della struttura dei sussidi e delle imposte (Lévy et al., 2017). Studi recenti basati su evidenza microeconomica mostrano che la diffusione dei veicoli elettrici risponde in modo significativo sia agli incentivi lato domanda sia alle condizioni locali di offerta, come la disponibilità di infrastrutture di ricarica e la struttura del mercato (Barwick et al., 2022). Inoltre, le decisioni dei consumatori risultano influenzate da elementi di salienza, aspettative e possibili frizioni comportamentali, che possono attenuare o amplificare l'efficacia delle politiche climatiche (Gillingham and Houde, 2022). A livello di scenario e monitoraggio, report internazionali mostrano un'accelerazione globale della mobilità elettrica, con forte eterogeneità tra Paesi e un ruolo crescente della catena del valore delle batterie e della rete di ricarica (International Energy Agency, 2024). Questa eterogeneità rende particolarmente rilevante l'analisi disaggregata: non basta sapere che "gli EV crescono", occorre capire dove, per chi, e con quale impatto sulla composizione emissiva delle flotte.

All'interno di questo quadro, le flotte della Pubblica Amministrazione (PA) rappresentano un oggetto di studio con duplice rilevanza: (I) diretta, perché la PA acquista e gestisce una quota non trascurabile di veicoli, spesso ad alta percorrenza e alta visibilità, e quindi può ridurre emissioni in modo immediato; (II) indiretta, perché la domanda pubblica può influenzare il mercato, generando economie di scala, riducendo incertezza per i fornitori, e contribuendo alla standardizzazione delle tecnologie. Studi recenti sull'economia politica della politica industriale verde evidenziano come il procurement pubblico possa svolgere un ruolo di coordinamento degli investimenti privati, riducendo l'incertezza e favorendo la scalabilità delle nuove tecnologie (Allan and Meckling, 2021). La letteratura e la reportistica su procurement e flotte pubbliche sottolineano come l'elettrificazione delle flotte possa funzionare da leva per accelerare la diffusione degli EV, anche grazie alla prevedibilità delle missioni e alla possibilità di pianificare infrastrutture dedicate (Sperling and Gordon, 2009). Più in generale, le politiche di acquisto pubblico possono essere viste come uno strumento di politica industriale "verde": oltre a ridurre emissioni, aiutano a creare un mercato per nuove tecnologie, con effetti potenziali sulla filiera e sulla capacità produttiva.

L'Italia, come altri Paesi europei, si muove in un contesto in cui la transizione automotive è guidata da vincoli regolatori e obiettivi climatici, ma è condizionata da elementi strutturali: composizione del parco, infrastrutture di ricarica, vincoli di bilancio, e differenze istituzionali tra tipologie di amministrazioni. In questo senso, un'analisi descrittiva delle immatricolazioni e delle emissioni di CO₂ associate ai veicoli acquisiti dalla PA consente di rispondere a domande concrete di policy: la PA sta decarbonizzando i propri acquisti? La transizione è omogenea tra amministrazioni o esistono ritardi sistematici? Le variazioni nel tempo dipendono dal mix tecnologico (quota elettrico/ibrido) o da scelte intratecnologia (ad esempio endotermiche più o meno efficienti)? E soprattutto: la dinamica è in accelerazione o in rallentamento? Questo studio si colloca all'intersezione tra transizione ecologica, industria automotive e politiche pubbliche. L'attenzione non è rivolta soltanto al livello medio delle emissioni, ma soprattutto alla direzione e alla velocità del cambiamento nel tempo (Acemoglu et al., 2012; Aghion et al., 2016). In questa prospettiva, le immatricolazioni pubbliche rappresentano un indicatore particolarmente informativo: riflettono decisioni di acquisto concrete, vincoli di bilancio, incentivi regolatori e strategie organizzative che possono differire tra amministrazioni.

Coerentemente con la letteratura sull'innovazione ambientale e sul ruolo delle politiche nel guidare il cambiamento tecnologico (Jaffe et al., 2003; Dechezleprêtre et al., 2020), i risultati descrittivi vengono interpretati come segnali osservabili della capacità della domanda pubblica di orientarsi verso tecnologie a minore intensità emissiva. Il focus sulle nuove immatricolazioni consente infatti di osservare il flusso di rinnovo della flotta, ossia il meccanismo attraverso cui si forma lo stock futuro: le scelte effettuate oggi influenzeranno per molti anni emissioni e costi operativi.

Un elemento centrale dell'analisi è la soglia di 50 g/km di CO₂, utilizzata come criterio operativo per identificare i veicoli a bassissime emissioni. Tale soglia non rappresenta semplicemente un valore tecnico, ma una frontiera qualitativa tra una riduzione marginale dell'intensità emissiva e una trasformazione strutturale del mix tecnologico. La distinzione tra miglioramento medio e incremento della quota di veicoli ≤50 g/km costituisce quindi il fulcro interpretativo del lavoro.

Nelle sezioni che seguono presentiamo un quadro organico delle evidenze empiriche: l'evoluzione delle immatricolazioni e del mix tecnologico, la distribuzione delle emissioni e delle classi emissive, gli indicatori sintetici di decarbonizzazione, con particolare attenzione alla dinamica della quota ≤50 g/km, e le differenze tra tipologie di amministrazione. L'obiettivo è fornire una base quantitativa solida per valutare la traiettoria della domanda pubblica nel settore automotive, individuare eventuali ritardi o divergenze e discutere le implicazioni per le politiche di decarbonizzazione, in linea con le principali evidenze internazionali sul mercato dei veicoli a basse emissioni (International Energy Agency, 2024; Lévy et al., 2017; Knittel, 2011; Barwick et al., 2022).

Dati e costruzione del dataset

La presente analisi si basa sull'integrazione di due fonti amministrative relative ai veicoli riconducibili alla Pubblica Amministrazione (PA) in Italia:

- Una base dati fornita da FOIA, che copre il periodo 2019–2024
- Una base dati fornita da ACI utilizzata per estendere la copertura nel periodo 2022–2025.

Entrambe le fonti contengono informazioni identificative del veicolo (targa, marca, modello, alimentazione, anno di immatricolazione) e denominazione dell'amministrazione intestataria. Tuttavia, nessuna delle due fonti include una misura direttamente utilizzabile e omogenea delle emissioni di CO₂. Per rendere comparabili le osservazioni e costruire un indicatore coerente di performance ambientale, ciascun veicolo è stato arricchito con una stima delle emissioni in ciclo WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), che rappresenta lo standard attuale, più realistico e rappresentativo dell'uso reale dei veicoli in Europa. Le emissioni WLTP sono misurate in g/km e sono fornite dalla European Environmental Agency (EEA) tramite la dashboard *CO2 emissions from new passenger cars registered in EU27, Iceland (from 2018) and Norway (from 2019), Regulation (EU) 2019/631*, disponibile al pubblico al seguente link: <https://co2cars.apps.eea.europa.eu> (accesso eseguito il 27/02/2026).

L'assegnazione della CO₂ WLTP è avvenuta tramite un processo di matching basato su marca, modello, alimentazione e anno di immatricolazione, privilegiando, ove disponibili, valori di emissione riferiti a periodi temporali coerenti con l'anno del veicolo. L'algoritmo di matching è composto dalle seguenti fasi:

1. Normalizzazione e riclassificazione dei campi marca, modello e alimentazione al fine di renderli compatibili tra dataset (es. rimozione di punteggiatura e compressione spazi);
2. Filtraggio deterministico per selezionare solamente le combinazioni di chiavi esistenti nei dataset da unire;
3. Fuzzy matching sul modello dei veicoli: il modello FOIA/ACI normalizzato viene confrontato con il modello WLTP normalizzato attraverso una metrica di similarità su stringhe (algoritmo Gestalt pattern matching di Ratcliff et al., 1988) e infine si sceglie il candidato WLTP con score massimo all'interno delle combinazioni filtrate.

Nei casi ambigui, il matching è stato integrato da verifiche qualitative e correzioni manuali mirate, al fine di ridurre errori dovuti a denominazioni non standard o incomplete.

Per ogni abbinamento viene inoltre conservata un'indicazione sintetica della qualità del match (score e classe di affidabilità), che consente di valutare la robustezza delle stime e, se necessario, di replicare l'analisi su sotto-campioni a maggiore affidabilità. Nelle elaborazioni principali vengono considerate esclusivamente le osservazioni con stima WLTP disponibile, in modo da garantire coerenza metrica lungo l'intero periodo analizzato.

Le due fonti presentano una sovrapposizione temporale nel triennio 2022–2024 e condividono un sottoinsieme di targhe. Per evitare duplicazioni, nella fase di integrazione si è proceduto a una deduplicazione basata sulla targa, privilegiando l'osservazione proveniente dalla fonte FOIA nei casi comuni, data la maggiore ricchezza informativa disponibile. Il dataset finale è quindi ottenuto combinando FOIA (2019–2024) e ACI (2022–2025) al netto dei duplicati.

Un'ulteriore fase di armonizzazione riguarda la classificazione delle amministrazioni. Le denominazioni originarie sono state ricondotte a macro-categorie istituzionali omogenee (Comuni, Enti regionali/provinciali, strutture sanitarie, Università, Ministeri), così da consentire confronti sistematici tra tipologie di enti nel tempo. Analogamente, le alimentazioni sono state ricondotte a un insieme coerente di classi tecnologiche (benzina, gasolio, ibrida, elettrica, ecc.).

Il dataset risultante consente di osservare il flusso annuale di rinnovo della flotta pubblica e la sua intensità emissiva associata.

Nel complesso, il dataset finale include 12.643 immatricolazioni nel periodo 2019–2025. La CO₂ WLTP media risulta pari a 112 g/km, con una mediana di 120 g/km e una deviazione standard di 51,5 g/km (Tabella 1). La distanza tra media e mediana, insieme al 10° percentile (P10) pari a 0 g/km, segnala una distribuzione asimmetrica verso il basso, coerente con la presenza di un numero crescente di veicoli elettrici negli anni centrali del periodo. Al tempo stesso, il 90° percentile (P90) pari a 156 g/km e un valore massimo di 411 g/km indicano la persistenza di osservazioni ad alta intensità emissiva.

Table 1: Statistiche descrittive aggregate delle emissioni di CO₂ WLTP (2019–2025)

N. Veicoli	Media CO ₂	Mediana CO ₂	Dev. Std CO ₂	Min CO ₂	P10 CO ₂	P90 CO ₂	Max CO ₂
12643	112	120	51.5	0	0	156	411

È importante sottolineare che le emissioni WLTP rappresentano valori standardizzati di omologazione e non riflettono necessariamente l'uso reale del veicolo; l'analisi va quindi interpretata come una misura della qualità ambientale delle nuove immatricolazioni e della traiettoria futura dello stock, piuttosto che come una stima delle emissioni effettive generate in esercizio.

Dinamica delle immatricolazioni, composizione tecnologica e struttura delle disparità

La valutazione della decarbonizzazione della flotta pubblica richiede un'analisi che vada oltre la semplice osservazione dei livelli medi di emissione. Il punto cruciale non è soltanto se le emissioni medie diminuiscano, ma attraverso quali scelte tecnologiche, con quale intensità e con quale distribuzione tra amministrazioni questo processo avvenga. Poiché le nuove immatricolazioni determinano lo stock emissivo futuro per un orizzonte pluriennale, il flusso annuale di acquisti rappresenta l'indicatore più informativo della traiettoria strutturale della transizione.

Le differenze strutturali tra amministrazioni emergono già a livello descrittivo. I Comuni presentano una CO₂ media pari a 98 g/km, significativamente inferiore rispetto a Enti regionali/provinciali (127 g/km), Ministeri (123 g/km) e ASL/ASST (123 g/km) (Tabella 2). Inoltre, la deviazione standard più elevata nei Comuni (62,7 g/km) rispetto alle ASL/ASST (30,6 g/km) segnala una maggiore eterogeneità interna nel mix adottato.

Table 2: Statistiche descrittive per le emissioni di CO₂ WLTP (2019-2025) per tipologia di amministrazione

Amministrazione	N	Media	Dev. Std
Comuni	5523	98	62.7
ASL/ASST	2855	123	30.6
Ministeri	309	123	36.3
Enti regionali/provinciali	1980	127	41.2

Le Figure 1-3 consentono di analizzare questa dinamica su tre piani complementari. In primo luogo, permettono di osservare il cambiamento nel mix tecnologico nel tempo. In secondo luogo, evidenziano le differenze tra tipologie di alimentazione, che non contribuiscono in modo uniforme alla riduzione delle emissioni. In terzo luogo, mettono in luce le divergenze tra categorie di amministrazione, suggerendo l'esistenza di disparità sistematiche nella capacità di orientare il rinnovo verso tecnologie a minore intensità emissiva.

Questa lettura è particolarmente rilevante alla luce dell'obiettivo centrale dell'analisi: la verifica del progresso verso la soglia di 50 g/km. Tale soglia non rappresenta semplicemente un valore tecnico, ma una frontiera qualitativa che distingue tra una decarbonizzazione intermedia e un avanzamento verso la fascia emissiva più bassa. Ne consegue che l'analisi del mix tecnologico deve essere interpretata non solo in termini di riduzione media delle emissioni, ma in termini di capacità effettiva di generare una quota significativa di veicoli collocati al di sotto di tale soglia.

La Figura 1 mostra una trasformazione marcata nel periodo 2019–2025. La fase iniziale è caratterizzata da una netta predominanza di alimentazioni endotermiche tradizionali, mentre elettrico e ibrido rivestono un ruolo marginale. A partire dal 2021 si osserva una discontinuità: le immatricolazioni ibride crescono rapidamente e diventano la componente dominante del flusso annuale, raggiungendo un picco nel 2023. L'elettrico registra un'espansione significativa nel biennio 2021–2022, ma successivamente non consolida una crescita tale da alterare in modo strutturale l'equilibrio complessivo del mix. Le alimentazioni endotermiche pure si riducono in termini relativi, ma non scompaiono.

La Figura 2 conferma che la trasformazione è reale ma intermedia. Il ribilanciamento verso l'ibrido rappresenta il principale motore della riduzione dell'intensità emissiva media delle nuove immatricolazioni. Tuttavia, se l'attenzione si concentra sulla soglia dei 50 g/km, emerge una distinzione fondamentale tra tecnologie. I veicoli elettrici rientrano integralmente nella fascia ≤ 50 g/km e contribuiscono direttamente alla compliance rispetto allo standard più stringente. Le motorizzazioni ibride, invece, presentano una distribuzione più ampia di valori WLTP e solo una parte di esse si colloca effettivamente sotto la soglia. Pertanto, l'espansione dell'ibrido migliora la media ma non garantisce automaticamente un incremento proporzionale della quota di veicoli allineati alla recente normativa.

La Figura 3 introduce la dimensione delle disparità tra amministrazioni. La transizione non è uniforme. Alcune categorie mostrano una maggiore propensione all'adozione di veicoli a zero emission, mentre altre mantengono una quota significativa di alimentazioni endotermiche o concentrano la strategia di rinnovo prevalentemente sull'ibrido. Questa eterogeneità indica che la decarbonizzazione della flotta pubblica non segue una traiettoria omogenea né sincronizzata. Esistono differenze marcate tra le amministrazioni, ossia divergenze strutturali tra categorie di enti, ma anche differenze all'interno delle singole amministrazioni osservabili nelle variazioni nel tempo della composizione tecnologica all'interno della stessa categoria. Nel complesso, le Figure 1–3 documentano l'avvio di un processo di trasformazione significativo ma non lineare. La riduzione dell'endotermico puro e la crescita dell'ibrido rappresentano un adattamento tecnologico rilevante. Tuttavia, rispetto all'obiettivo più stringente della soglia di 50 g/km, la variabile decisiva rimane l'intensità e la continuità dell'adozione di veicoli elettrici. La semplice evoluzione del mix verso soluzioni ibride, pur riducendo l'intensità media, non equivale automaticamente a un avanzamento sostanziale nella fascia emissiva più bassa.

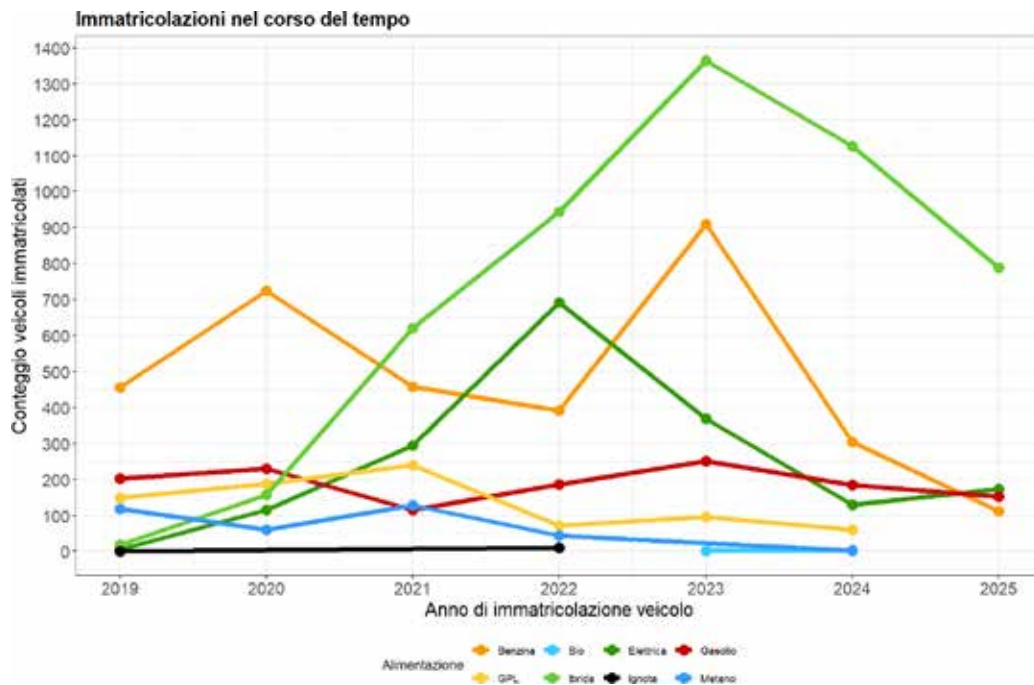


Figure 1: Immatricolazioni per alimentazione, 2019–2025

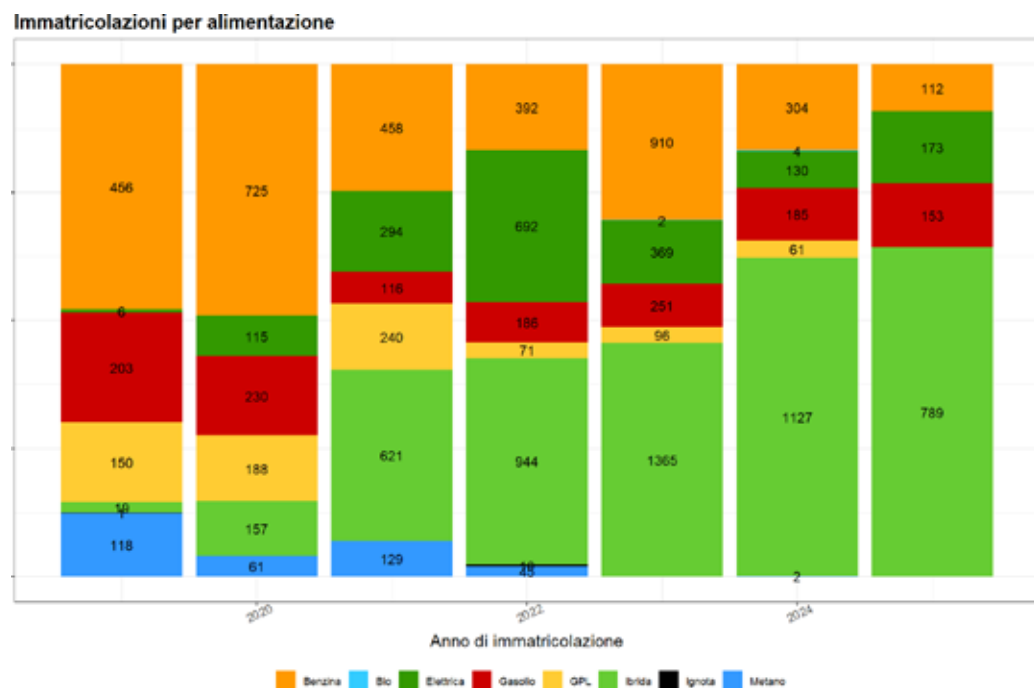


Figure 2: Composizione percentuale delle immatricolazioni per alimentazione



Figure 3: Composizione tecnologica per tipologia di amministrazione

Alla luce di queste evidenze preliminari, diventa necessario verificare in modo diretto se il cambiamento osservato nel mix tecnologico si traduca effettivamente in un aumento della quota di veicoli sotto i 50 g/km, e se tale aumento sia distribuito in modo omogeneo o presenti divergenze sistematiche tra amministrazioni. La sezione successiva affronta questa questione analizzando esplicitamente la dinamica della compliance alla soglia, distinguendo tra variazioni aggregate e differenze strutturali tra categorie di enti.

In questa prospettiva, la questione centrale non è soltanto se la flotta pubblica stia riducendo le proprie emissioni medie, ma se stia convergendo verso una struttura coerente con gli obiettivi più stringenti di decarbonizzazione. La soglia dei 50 g/km funge quindi da criterio operativo di valutazione della performance ambientale delle amministrazioni. L'analisi che segue mira a distinguere tra miglioramento marginale e cambiamento strutturale, identificando quali categorie di enti mostrino una traiettoria di convergenza verso la fascia a bassissime emissioni e quali, invece, mantengano una distanza persistente dall'obiettivo.

Compliance alla soglia di 50 g/km e distribuzione delle emissioni

L'analisi del mix tecnologico fornisce un primo segnale della traiettoria della transizione, ma non è sufficiente per valutare in modo rigoroso il progresso verso l'obiettivo emissivo più stringente. Per questo motivo è necessario considerare direttamente la quota di veicoli immatricolati al di sotto della soglia di 50 g/km, che rappresenta la frontiera operativa della decarbonizzazione avanzata nel presente lavoro. La dinamica aggregata per anno conferma che il 2022 rappresenta il punto di massima riduzione dell'intensità emissiva media, con 89.2 g/km rispetto ai 134 g/km del 2019 (Tabella 3). Negli anni successivi si osserva un parziale rimbalzo, con valori nuovamente superiori a 110 g/km.

Table 3: Emissioni di CO₂ WLTP media per anno di immatricolazione

Anno	Numero veicoli	Media	Dev. Std
2019	952	134	21.3
2020	1476	126	42.0
2021	1858	108	49.3
2022	2330	89.2	61.2
2023	2991	111	48.8
2024	1809	112	41.9
2025	1227	124	62.0

La Figura 4 mostra l'evoluzione della percentuale di veicoli con emissioni ≤ 50 g/km per tipologia di amministrazione nel periodo 2019–2025. Emergono immediatamente forti differenze tra categorie di enti. I Comuni e le Università presentano una dinamica di crescita particolarmente marcata tra il 2020 e il 2022, con picchi che superano il 40% delle nuove immatricolazioni in alcuni anni. Al contrario, Ministeri, Enti regionali/provinciali e ASL/ASST mostrano livelli sistematicamente più contenuti, con valori spesso inferiori al 15%.

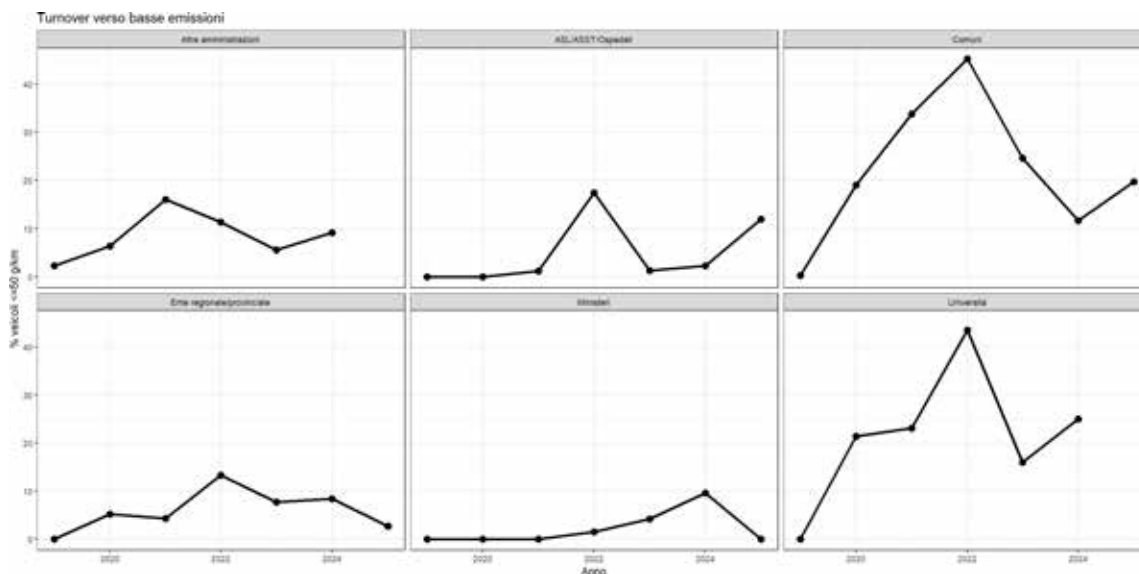


Figure 4: Quota percentuale di veicoli immatricolati con emissioni ≤50 g/km per tipologia di amministrazione (2019–2025).

Questa eterogeneità segnala l'esistenza di disparità strutturali nella capacità di orientare il rinnovo verso tecnologie a bassissime emissioni. Non si tratta soltanto di differenze di livello, ma anche di differenze nella dinamica temporale: alcune amministrazioni mostrano una traiettoria di accelerazione seguita da stabilizzazione o parziale arretramento, mentre altre presentano un percorso più graduale o intermittente. La presenza di tali pattern conferma che la transizione non segue un processo lineare e uniforme, ma risente di vincoli operativi, organizzativi e finanziari specifici delle diverse categorie di enti.

La Figura 5 consente di collocare la soglia dei 50 g/km all'interno di un quadro comparativo più ampio, mostrando la quota di veicoli sotto diverse soglie emissive (100, 125, 150, 175, 200 g/km). L'elemento centrale è che la quota sotto i 50 g/km rimane strutturalmente molto inferiore rispetto alle soglie meno stringenti. Mentre oltre il 90% delle immatricolazioni rientra stabilmente sotto i 150–175 g/km lungo l'intero periodo, la fascia ≤50 g/km oscilla tra valori prossimi allo zero nella fase iniziale e un massimo intorno al 30% nel 2022, per poi ridursi negli anni successivi.

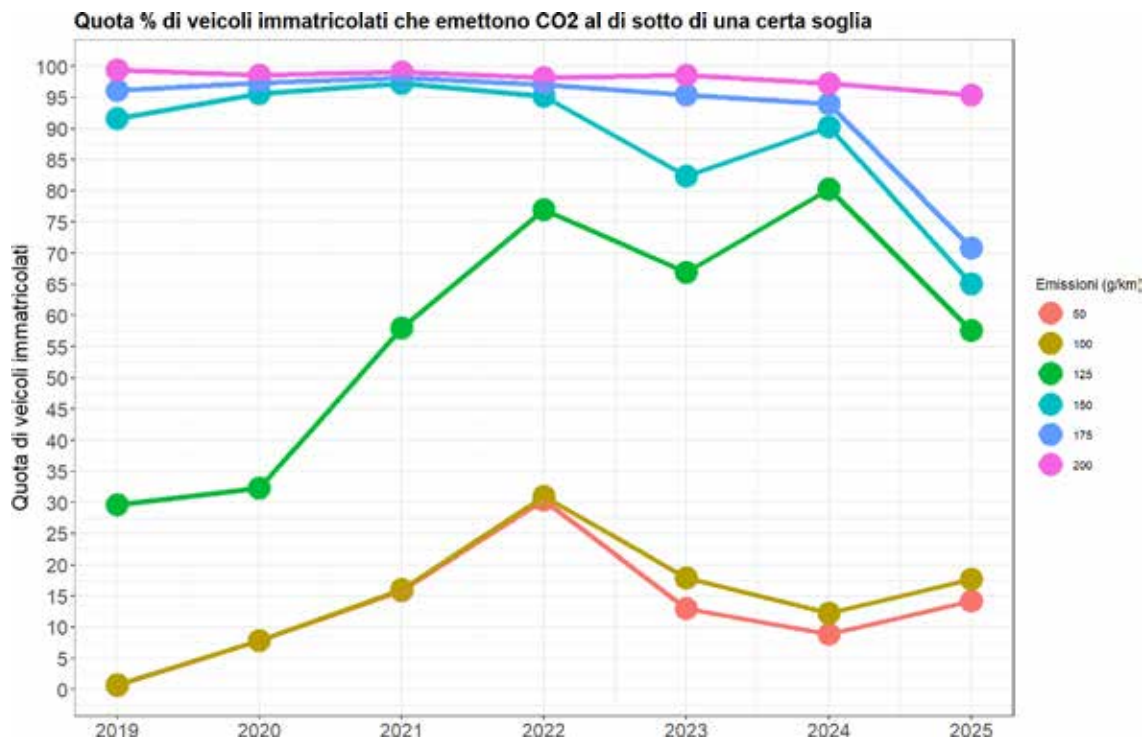


Figure 5: Quota percentuale di veicoli immatricolati al di sotto di diverse soglie di emissione (50, 100, 125, 150, 175, 200 g/km).

Questo scarto evidenzia una distinzione fondamentale tra miglioramento medio e trasformazione strutturale. Il sistema converge rapidamente verso soglie intermedie (ad esempio 125 o 150 g/km), segnalando una riduzione significativa delle emissioni rispetto al passato. Tuttavia, il salto verso la fascia più bassa rimane parziale e non consolidato. L'incremento osservato nel 2021–2022 suggerisce una fase di accelerazione nell'adozione di tecnologie a bassissime emissioni, ma il successivo ridimensionamento indica che tale dinamica non si è ancora stabilizzata in modo strutturale.

La quota di veicoli con emissioni ≤ 50 g/km passa dallo 0,6% nel 2019 al 30,5% nel 2022, per poi ridursi sotto il 15% negli anni successivi (Tabella 4). La traiettoria non è quindi monotona e suggerisce un'accelerazione temporanea seguita da un ridimensionamento.

Table 4: Indicatori sintetici di decarbonizzazione

Anno	Quota % veicoli elettrici	Quota % veicoli [0-50] g/km	Quota % veicoli [0-100] g/km
2019	0.6	0.6	0.7
2020	7.8	7.8	7.8
2021	15.8	15.8	16.0
2022	29.7	30.5	31.1
2023	12.3	13.0	17.9
2024	7.2	8.9	12.3
2025	14.1	14.2	17.7

Un'ulteriore chiave interpretativa emerge dalla distribuzione per classi emissive. La Figura 6 riporta la composizione percentuale delle immatricolazioni per classi di emissione aggregate. Si osserva una riduzione progressiva del peso della classe [100 – 150]g/km e un aumento della quota nella classe [0 – 50]g/km nel biennio 2021–2022. Tuttavia, la classe intermedia continua a rappresentare la componente dominante lungo tutto il periodo. In altri termini, la transizione appare guidata principalmente da uno spostamento verso classi medio-basse, più che da un'espansione stabile della fascia a zero o bassissime emissioni.

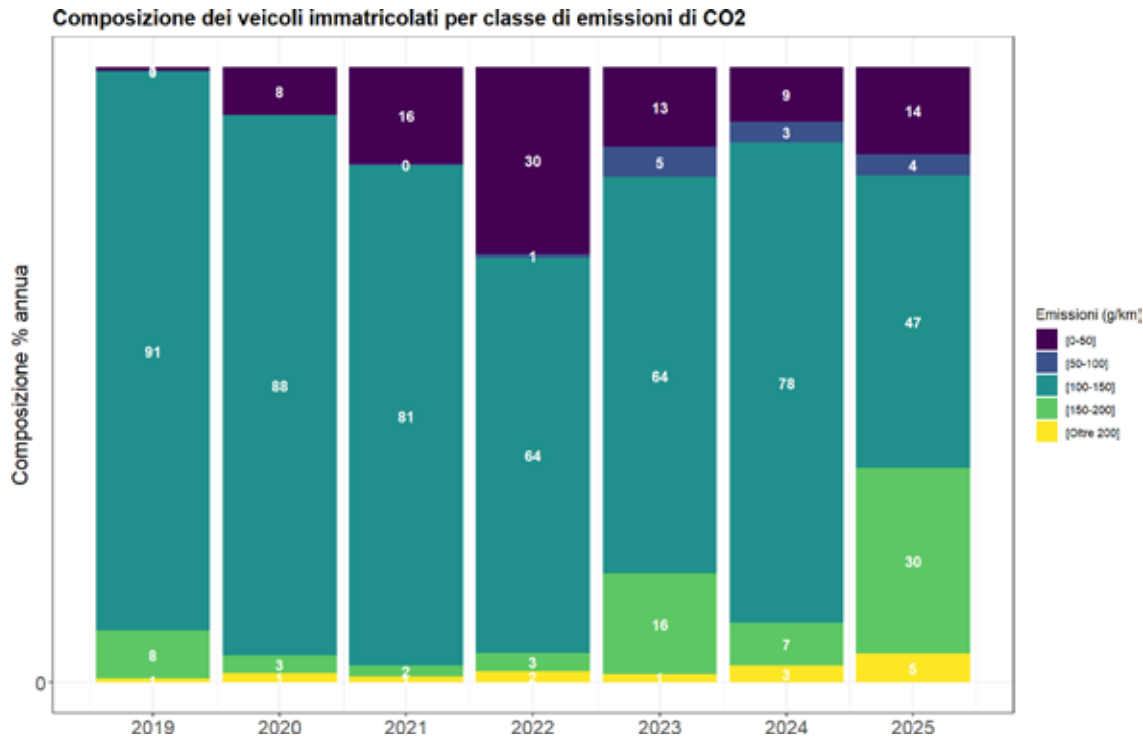


Figure 6: Composizione percentuale delle immatricolazioni per classe di emissione di CO₂ (valori aggregati).

La Figura 7 approfondisce questa dinamica distinguendo per tipologia di amministrazione. Anche in questo caso le differenze sono marcate. Alcune categorie, in particolare Comuni e Università, mostrano una presenza relativamente più consistente della classe [0 – 50]g/km in determinati anni, mentre altre mantengono una concentrazione prevalente nella classe [100 – 150]g/km. Inoltre, in alcuni casi si osserva una crescita temporanea della fascia [150 – 200]g/km o addirittura oltre i 200g/km, segnalando che il rinnovo non avviene esclusivamente in direzione di minori emissioni.

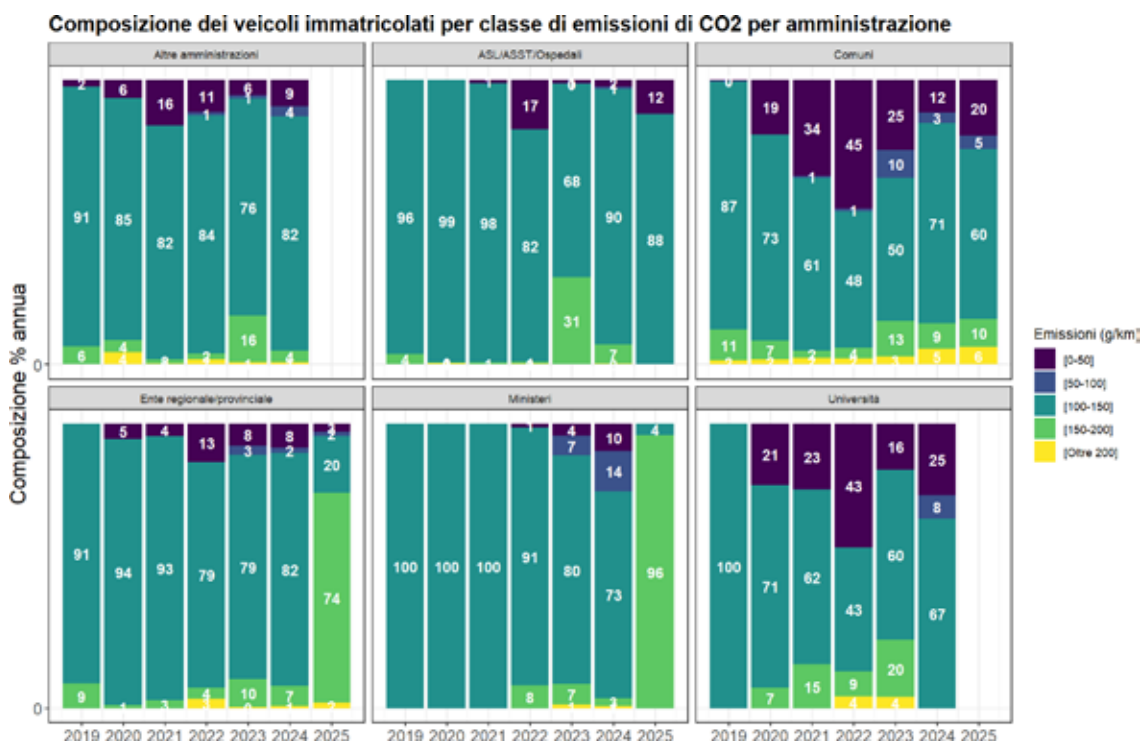


Figure 7: Composizione percentuale delle immatricolazioni per classe di emissione di CO₂, distinta per tipologia di amministrazione.

L'insieme delle evidenze suggerisce l'esistenza di tre livelli di disparità. In primo luogo, una disparità between fuel: le diverse tecnologie contribuiscono in modo eterogeneo alla compliance rispetto alla soglia di 50 g/km. In secondo luogo, una disparità tra amministrazioni: le categorie di enti differiscono significativamente nella quota di veicoli sotto soglia e nella velocità di convergenza. In terzo luogo, una forte variabilità all'interno delle amministrazioni nel tempo: la stessa categoria può mostrare fasi di accelerazione e successivo rallentamento, indicando che la transizione non è ancora consolidata. Nel complesso, i risultati mostrano che la flotta pubblica italiana ha intrapreso un percorso di riduzione delle emissioni medie e di spostamento verso classi meno emissive. Tuttavia, se l'obiettivo di policy è la convergenza stabile verso la soglia di 50 g/km, il quadro appare più articolato. La quota di veicoli compliant rispetto allo standard più stringente cresce in alcuni anni, ma non evidenzia ancora una traiettoria monotona e strutturalmente crescente. Le differenze tra amministrazioni risultano ampie e persistenti, suggerendo che la capacità di implementare la transizione verso tecnologie a bassissime emissioni non sia distribuita in modo omogeneo nel sistema pubblico.

Intensità emissiva media, dinamica della transizione e indicatore di decarbonizzazione

L'analisi della compliance rispetto alla soglia di 50 g/km identifica in modo diretto la penetrazione delle tecnologie a bassissime emissioni, ma non esaurisce la valutazione della traiettoria emissiva complessiva del rinnovo. In particolare, una flotta può mostrare una quota limitata di veicoli ≤ 50 g/km e, al contempo, ridurre in modo significativo l'intensità emissiva media attraverso miglioramenti nelle tecnologie endotermiche e un progressivo spostamento verso classi intermedie meno emissive. Per questo motivo, è utile affiancare agli indicatori di soglia una lettura basata su (i) livello medio di CO₂, (ii) dinamica anno-su-anno, e (iii) un indice sintetico di decarbonizzazione rispetto a una baseline iniziale.

La Figura 8 riporta l'evoluzione della CO₂ media delle nuove immatricolazioni per tipologia di amministrazione. Il quadro evidenzia una fase di miglioramento diffuso fino al 2022, con una riduzione particolarmente marcata per i Comuni e le Università, coerente con quanto osservato nella crescita temporanea della fascia ≤ 50 g/km. Tuttavia, il profilo temporale non è monotono: tra il 2023 e il 2024 alcune categorie mostrano un rallentamento o un parziale rimbalzo della CO₂ media, segnalando che il processo di decarbonizzazione del flusso di acquisti risente di discontinuità e non si consolida ancora come tendenza stabilmente decrescente per tutte le amministrazioni.

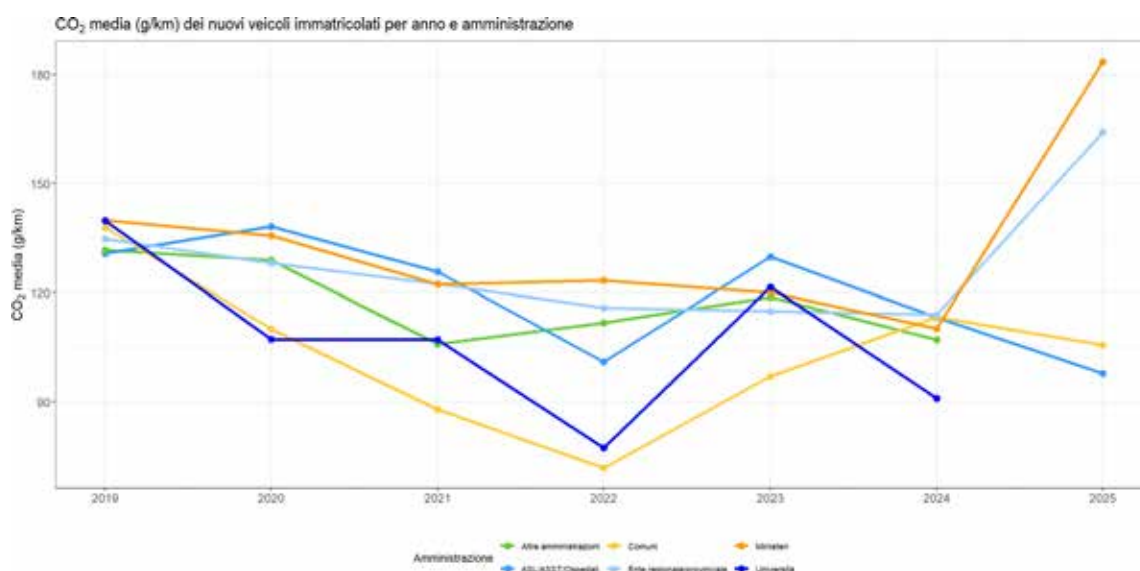


Figure 8: Evoluzione della CO₂ media delle nuove immatricolazioni per tipologia di amministrazione (2019–2025).

Una lettura più informativa della dinamica è fornita dalla Figura 9, che mostra la variazione anno su anno della CO₂ media. I valori negativi indicano un'accelerazione della decarbonizzazione (riduzione della CO₂ media rispetto all'anno precedente), mentre valori positivi indicano un peggioramento o un rallentamento del processo. L'evidenza principale è l'eterogeneità temporale: la transizione procede per "salti" (anni di forte miglioramento seguiti da anni di stagnazione o rimbalzo) e tali salti non sono sincronizzati tra categorie di enti. Questo pattern è coerente con l'interpretazione che vincoli di bilancio, cicli di rinnovo e modalità di procurement possano generare dinamiche intermittenti, producendo variabilità interannuale anche in presenza di un trend di lungo periodo favorevole.

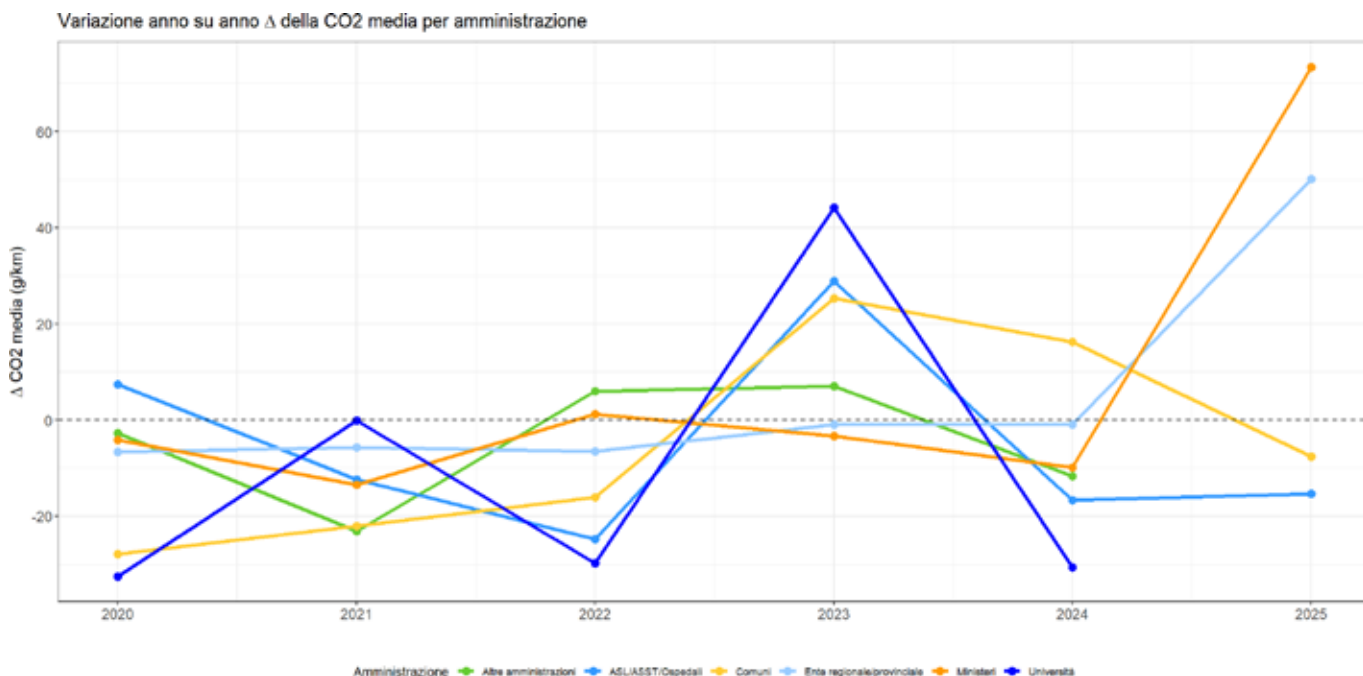


Figure 9: Variazione anno su anno della CO₂ media per tipologia di amministrazione. Valori negativi indicano riduzione dell'intensità emissiva media rispetto all'anno precedente.

Per sintetizzare la traiettoria complessiva e renderla comparabile tra amministrazioni, la Figura 10 introduce un indice di decarbonizzazione costruito rispetto al 2019 come anno base. L'indice, definito come $1 - \frac{CO2t}{CO2_{2019}}$, misura la riduzione percentuale dell'intensità emissiva media rispetto alla baseline: valori maggiori indicano un progresso cumulato più elevato. In linea generale, l'indice conferma che alcune categorie mostrano una decarbonizzazione cumulata significativa nel periodo (es. Comuni e Università), mentre altre si collocano su profili più contenuti o più instabili (es. Enti regionali/provinciali e Ministeri). Inoltre, la presenza di discese improvvise dell'indice negli anni finali per alcune amministrazioni segnala che i miglioramenti precedenti non sono necessariamente irreversibili: l'indicatore è sensibile alla composizione del flusso annuale di immatricolazioni e può peggiorare se, in un dato anno, prevalgono acquisti concentrati in classi più emmissive.

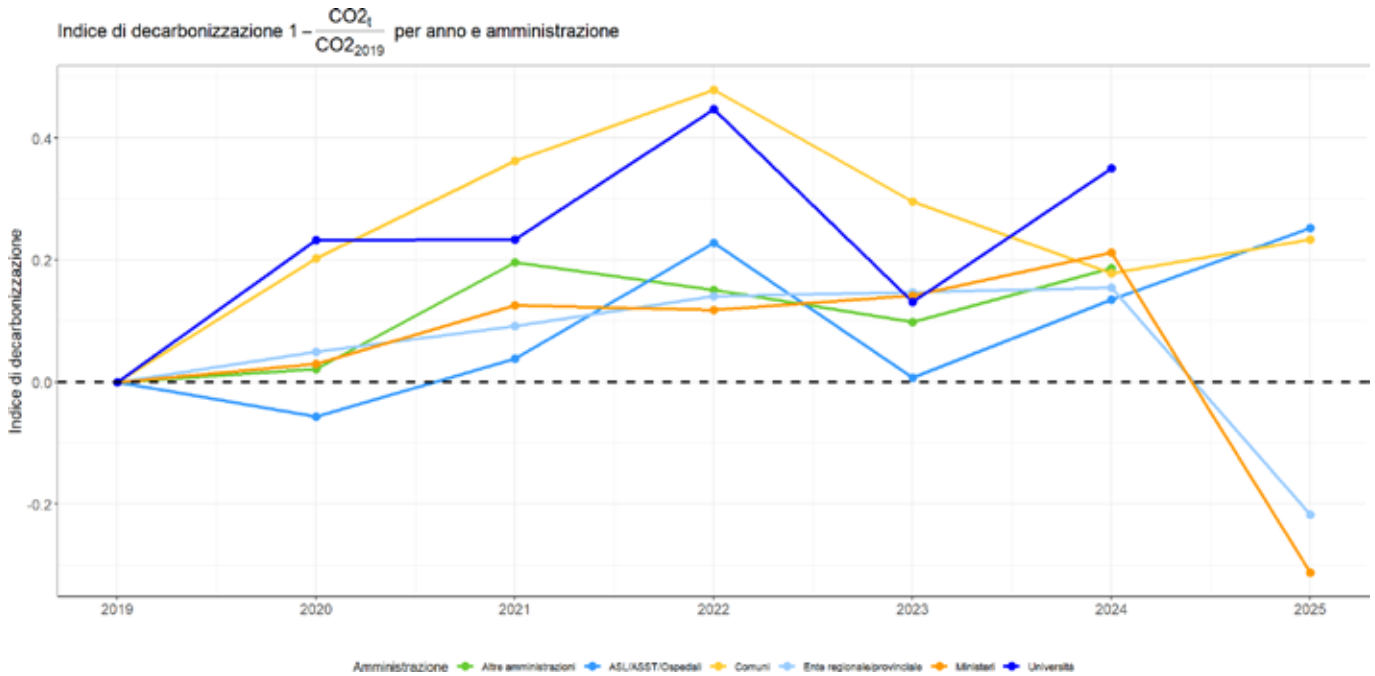


Figure 10: Indice di decarbonizzazione cumulato per tipologia di amministrazione (baseline 2019): $1 - \frac{CO2_t}{CO2_{2019}}$

Nel complesso, le Figure 8–10 rafforzano due conclusioni già emerse dall’analisi di compliance. Primo, la transizione è eterogenea tra amministrazioni sia in termini di livelli sia di dinamica. Secondo, la decarbonizzazione del flusso di rinnovo non segue ancora una traiettoria lineare e monotona: la riduzione della CO_2 media procede con fasi di accelerazione e fasi di rallentamento, suggerendo che la convergenza verso obiettivi più stringenti richiede stabilità e continuità nelle scelte di acquisto, oltre che un incremento strutturale della componente a bassissime emissioni.

Struttura congiunta di volumi, tecnologie ed emissioni: evidenze integrate

L'analisi precedente ha mostrato come la trasformazione del mix tecnologico e la dinamica della compliance alla soglia dei 50 g/km non siano omogenee tra amministrazioni. Le Figure 11, 13 consentono ora di integrare le diverse dimensioni del fenomeno, volumi di acquisto, classi di emissione, intensità media e dispersione interna, fornendo una lettura strutturale della transizione.

La Figura 11 rappresenta la matrice completa delle immatricolazioni per anno, amministrazione, alimentazione e classe di emissione. Questo grafico permette di osservare simultaneamente tre elementi fondamentali: (i) il livello assoluto dei volumi, (ii) la distribuzione tra alimentazioni, (iii) la collocazione nelle diverse classi emissive. Nei primi anni del periodo (2019–2020) prevale in quasi tutte le amministrazioni la classe 100–150 g/km, associata principalmente a motorizzazioni endotermiche tradizionali. A partire dal 2021 si osserva una progressiva espansione della classe 0–50 g/km, soprattutto nei Comuni e nelle Università, coerentemente con quanto emerso nell'analisi della compliance. Tuttavia, l'intensità di questa espansione è diseguale: nei Ministeri e in parte nelle ASL/ASST la quota di veicoli a bassissime emissioni rimane contenuta o episodica.



Figure 11: Matrice completa delle immatricolazioni per anno, amministrazione, alimentazione e classe di emissione.

Un aspetto particolarmente rilevante è che l'aumento dei volumi complessivi in alcuni anni non coincide automaticamente con un miglioramento della composizione emissiva. In alcune amministrazioni, l'espansione quantitativa del turnover si accompagna a un rafforzamento della classe 0–50 g/km; in altre, invece, l'aumento dei volumi si concentra in classi intermedie (100–150 g/km), segnalando una transizione più prudente o graduale. Questo elemento introduce una prima distinzione tra crescita “quantitativa” e crescita “qualitativa” del rinnovo.

La relazione tra dimensione degli acquisti e intensità media è resa esplicita nella Figura 12. In ciascun pannello, il numero di veicoli immatricolati nell'anno è posto in relazione con la CO₂ media associata. Non emerge una relazione monotona o uniforme tra volume e performance ambientale. Nei Comuni, ad esempio, l'aumento dei volumi nel 2022–2023 si associa a una significativa riduzione dell'intensità media, suggerendo un processo di scaling della transizione verso tecnologie meno emmissive. Diversamente, nei Ministeri e in alcune annualità delle ASL/ASST, anni di espansione degli acquisti si accompagnano a un peggioramento o a una stabilizzazione dell'intensità media.

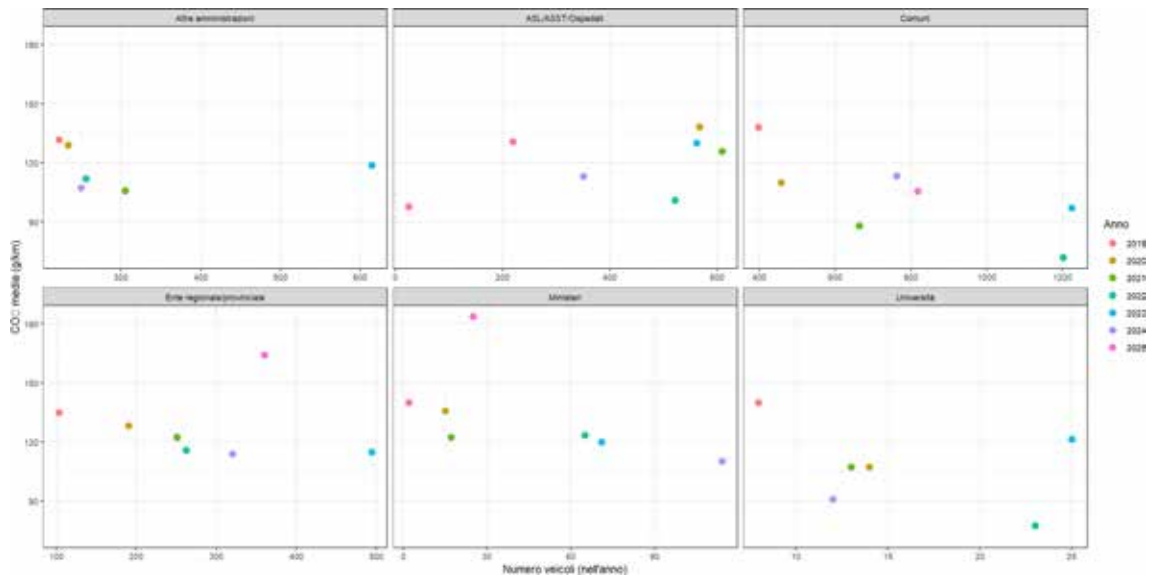


Figure 12: Relazione tra numero di veicoli immatricolati nell'anno e CO₂ media per tipologia di amministrazione.

Questo risultato è cruciale dal punto di vista economico: non esiste una regola generale secondo cui acquistare di più significa automaticamente decarbonizzare di più. La capacità di coniugare volume e qualità ambientale dipende dalla struttura del mix adottato e dalle scelte strategiche dell'amministrazione. La transizione, quindi, non è semplicemente funzione della dimensione della domanda pubblica, ma della sua direzione tecnologica.

Infine, la Figura 13 consente di superare la lettura basata sulle sole medie, mostrando la distribuzione micro delle emissioni per anno e amministrazione. Qui emergono tre elementi distintivi. In primo luogo, la dispersione interna varia significativamente tra categorie: i Comuni e gli Enti regionali/provinciali presentano una variabilità più ampia, con coesistenza di veicoli a zero emissioni e veicoli ad alta intensità emissiva nello stesso anno. In secondo luogo, si osserva una progressiva concentrazione dei punti nella fascia inferiore della distribuzione in alcune amministrazioni, coerente con l'aumento della quota ≤ 50 g/km. In terzo luogo, la presenza di outlier ad alta emissione persiste in quasi tutte le categorie, indicando che la transizione non è completa né uniforme all'interno delle stesse amministrazioni.

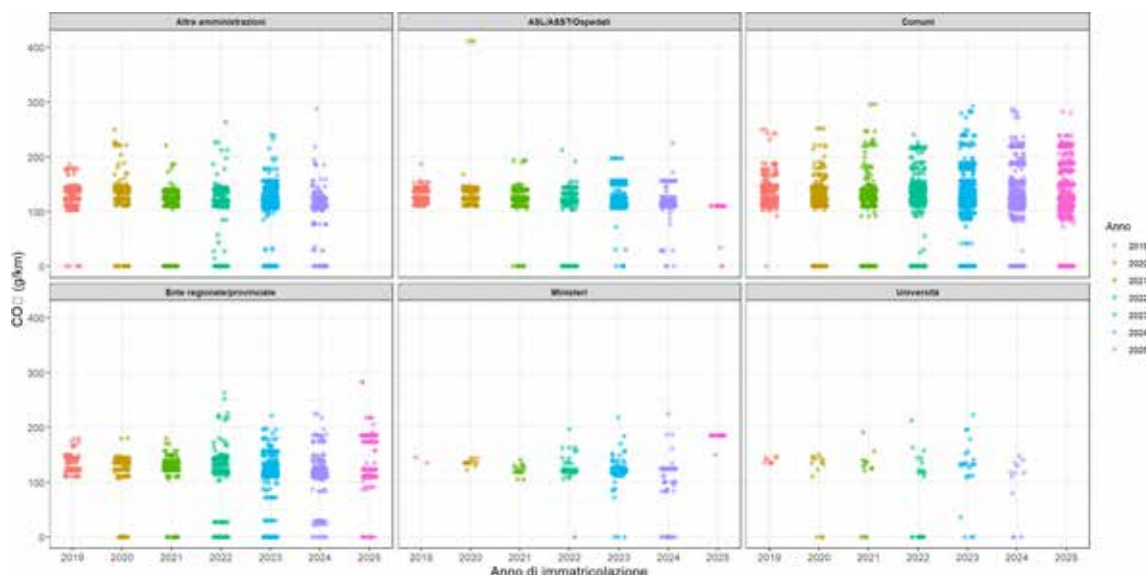


Figure 13: Distribuzione delle emissioni di CO₂ (g/km) per anno di immatricolazione e amministrazione.

Questa eterogeneità interna (within) si somma alle differenze strutturali tra amministrazioni (between), rafforzando l'idea che la decarbonizzazione della flotta pubblica non sia un processo lineare né sincronizzato. Alcune categorie mostrano segnali di convergenza verso una struttura emissiva più bassa e meno dispersa; altre mantengono una distribuzione ampia e talvolta bimodale, con coesistenza di tecnologie molto diverse.

Nel complesso, le Figure 11–13 confermano che la transizione della flotta pubblica è caratterizzata da tre dimensioni intrecciate: volume, composizione e dispersione. La riduzione dell'intensità media osservata in alcuni segmenti non implica automaticamente una trasformazione strutturale, se non accompagnata da una progressiva concentrazione della distribuzione nella fascia a bassissime emissioni. L'analisi congiunta suggerisce quindi che la valutazione della performance ambientale debba considerare simultaneamente la quota di veicoli compliant, la dinamica della media e la struttura della distribuzione, al fine di distinguere tra miglioramento marginale e reale convergenza verso uno standard coerente con gli obiettivi di decarbonizzazione.

Differenze nei trend emissivi tra amministrazioni

Per valutare in modo sistematico le differenze nei livelli e nei trend emissivi tra tipologie di amministrazione sono stati stimati due modelli lineari progressivi.

In *Modello 1* la CO₂ WLTP del veicolo *i* nell'anno *t* è spiegata esclusivamente dall'anno centrato rispetto al 2019 e dalle interazioni tra tempo e categoria istituzionale:

$$CO2_i = \alpha + \beta Anno_c + \sum_{j=1}^6 \gamma_j Ammin_j + \sum_{j=1}^6 \delta_j (Anno_c \times Ammin_j) + \varepsilon_i$$

Questo modello consente di identificare differenze nei livelli iniziali di emissioni (anno di riferimento 2019) e nelle pendenze temporali tra le amministrazioni, senza però controllare per il mix tecnologico.

Modello 2 estende *Modello 1* introducendo i controlli per la tipologia di alimentazione:

dove *Alim_k* indica le diverse categorie di alimentazione (benzina, gasolio, ibrida, elettrica, GPL e metano).

Il confronto tra i due modelli consente di distinguere tra:

$$CO2_i = \alpha + \beta Anno_c + \sum_{j=1}^6 \gamma_j Ammin_j + \sum_{j=1}^6 \delta_j (Anno_c \times Ammin_j) + \sum_{k=1}^6 \theta_k Alim_k + \varepsilon_i$$

1. differenze nei trend dovute al diverso mix tecnologico;
2. differenze persistenti anche a parità di alimentazione.

La Tabella 5 riporta i risultati del *Modello 2*, che include i controlli per alimentazione. Per l'amministrazione di riferimento, la CO₂ media nel 2019 (a parità di alimentazione) è pari a 140,3 g/km, con una riduzione stimata di 1,27 g/km all'anno.

Le differenze nei trend risultano significativamente attenuate rispetto al modello privo di controlli. In particolare:

- ASL/ASST/Ospedali: livello 2019 pari a 140,7 g/km e riduzione molto contenuta (-0,38 g/km annui).
- Comuni: 141,8 g/km nel 2019 e riduzione pari a -0,31 g/km annui.
- Enti regionali/provinciali: 119,4 g/km nel 2019 e incremento stimato di +7,15 g/km annui.
- Ministeri: 112,2 g/km nel 2019 e incremento di +5,87 g/km annui.
- Università: 134 g/km nel 2019 e incremento di +1,48 g/km annui.

L'inclusione dei controlli per alimentazione aumenta l'indice di determinazione R^2 (interpretabile come la quota % di variabilità delle emissioni di CO₂ spiegata/modellata dalle variabili esplicative utilizzate nel modello) dal 6,7% del *Modello 1* all'84,4% del *Modello 2*, indicando che la quota predominante della variabilità delle emissioni è spiegata dal tipo di tecnologia adottata.

Il confronto tra i due modelli suggerisce che una parte rilevante della decarbonizzazione osservata nelle analisi descrittive è attribuibile al cambiamento nel mix tecnologico (in particolare alla diffusione di veicoli elettrici e ibridi). Una volta controllato per alimentazione, le differenze nei trend tra amministrazioni si attenuano in modo sostanziale e, in alcuni casi, si invertono. In altri termini, le divergenze osservate tra amministrazioni sembrano dipendere principalmente dalla composizione tecnologica delle immatricolazioni piuttosto che da differenze sistematiche nella scelta di veicoli più o meno efficienti all'interno della stessa tecnologia.

Table 5: Determinanti della CO₂ WLTP (g/km) – Modello con interazioni e controllo per alimentazione

	Coefficiente	Errore Std.
Intercept (2019, base)	140.29***	(1.01)
Anno (trend base)	-1.27***	(0.30)
<i>Differenze livello 2019</i>		
ASL/ASST/Ospedali	0.44	(1.23)
Comuni	1.50	(1.14)
Enti regionali/provinciali	-20.93***	(1.43)
Ministeri	-28.06***	(3.94)
Università	-6.33	(4.59)
<i>Differenze nei trend</i>		
Anno × ASL/ASST	0.89*	(0.39)
Anno × Comuni	0.96**	(0.34)
Anno × Enti regionali	8.42***	(0.39)
Anno × Ministeri	7.14***	(0.95)
Anno × Università	2.76*	(1.43)
Controlli alimentazione	Sì	
Osservazioni	12.643	

R^2 0.844

Note: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Sintesi dei risultati e implicazioni di policy

L'evidenza empirica consente di distinguere tre livelli di risultato.

In primo luogo, la flotta pubblica mostra una riduzione significativa dell'intensità emissiva media tra il 2019 e il 2022. La CO₂ media passa da 134 g/km a 89,2 g/km, segnalando una fase di accelerazione della transizione, trainata dall'espansione delle motorizzazioni ibride e, in misura minore, elettriche.

In secondo luogo, la convergenza verso la soglia più stringente di 50 g/km non risulta stabile. La quota di veicoli ≤ 50 g/km immatricolati in un dato anno cresce fino al 30.5% nel 2022, ma si riduce negli anni successivi, attestandosi su livelli inferiori al 15%. Questo andamento non monotono suggerisce che la penetrazione delle tecnologie a bassissime emissioni non sia ancora consolidata nei piani strategici delle pubbliche amministrazioni, sia centrali che periferiche.

In terzo luogo, emerge una marcata eterogeneità tra amministrazioni. Comuni e Università mostrano dinamiche di decarbonizzazione più pronunciate, mentre Ministeri ed Enti regionali/provinciali presentano scelte di acquisto meno favorevoli alla decarbonizzazione o addirittura che aumentano il grado di carbonizzazione, secondo il modello lineare stimato. La transizione appare quindi disomogenea sia tra categorie di enti pubblici sia all'interno delle stesse categorie nel tempo.

Dal punto di vista delle politiche pubbliche, i risultati suggeriscono che la semplice riduzione media delle emissioni non sia sufficiente a garantire una convergenza strutturale verso la fascia a bassissime emissioni. La dinamica osservata indica che la transizione è stata finora guidata prevalentemente dall'ibrido, tecnologia che riduce l'intensità media ma non assicura automaticamente il raggiungimento della soglia ≤ 50 g/km. Un rafforzamento stabile della componente elettrica appare quindi cruciale per consolidare i progressi ottenuti.

Conclusioni

La Pubblica Amministrazione italiana ha intrapreso un percorso di riduzione dell'intensità emissiva delle nuove immatricolazioni, con una fase di accelerazione significativa tra il 2020 e il 2022. Tuttavia, l'evidenza complessiva suggerisce che la transizione non sia ancora consolidata.

La convergenza verso la fascia ≤ 50 g/km risulta intermittente e non strutturalmente crescente. Il miglioramento medio osservato nel periodo centrale è stato in parte riassorbito negli anni successivi, segnalando una dinamica non lineare e sensibile alla composizione annuale del rinnovo.

L'eterogeneità tra amministrazioni rappresenta la principale criticità strutturale: la capacità di orientare il turnover verso tecnologie a bassissime emissioni non è distribuita in modo uniforme nel sistema pubblico.

La transizione appare quindi reale ma disomogenea, e ancora dipendente da scelte tecnologiche che privilegiano l'ibrido rispetto all'elettrico puro.

Nel complesso, la decarbonizzazione della flotta pubblica può essere definita in fase avanzata di transizione intermedia, ma non ancora in convergenza stabile verso lo standard più stringente. Il consolidamento della traiettoria richiede continuità nelle scelte di acquisto, coordinamento tra livelli istituzionali e un rafforzamento strutturale dell'adozione di tecnologie a zero emissioni.

References

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., and Hemous, D. (2012). The environment and directed technical change. *American Economic Review*, 102(1):131–166.
- Acemoglu, D., Aghion, P., et al. (2023). Powering up: Green industrial policy and directed technical change. *American Economic Review*.
- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R., and Van Reenen, J. (2016). Carbon taxes, path dependency, and directed technical change: Evidence from the auto industry. *Journal of Political Economy*, 124(1):1–51.
- Allan, B. and Meckling, J. (2021). The political economy of green industrial policy. *Energy Research & Social Science*, 77:102063.
- Barwick, P. J., Li, S., Rao, D., and Zahur, N. (2022). The effects of electric vehicle policies on consumer demand and innovation: Evidence from china. *American Economic Journal: Economic Policy*.
- Dechezleprêtre, A., Nachtigall, D., and Venmans, F. (2020). Do environmental and climate policies promote low-carbon innovation? *Journal of Environmental Economics and Management*, 100:102285.
- Gillingham, K. and Houde, S. (2022). Consumer myopia in vehicle purchases: Evidence and implications. *Review of Economic Studies*.
- International Energy Agency (2024). Global ev outlook 2024. Technical report, IEA, Paris.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G., and Stavins, R. N. (2003). Technological change and the environment. *Handbook of Environmental Economics*, 1:461–516.
- Knittel, C. R. (2011). Automobiles on steroids: Product attribute trade-offs and technological progress in the automobile sector. *American Economic Review*, 101(7):3368–3399.
- Lévay, P. Z., Drossinos, Y., and Thiel, C. (2017). The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*, 105:524–533.
- Ratcliff, J. W., Metzener, D. E., et al. (1988). Pattern matching: The gestalt approach. *Dr. Dobb's Journal*, 13(7):46.
- Sperling, D. and Gordon, D. (2009). *Two Billion Cars: Driving Toward Sustainability*. Oxford University Press.

Appendice – Analisi supplementari e approfondimenti

Immatricolazioni per amministrazione e alimentazione

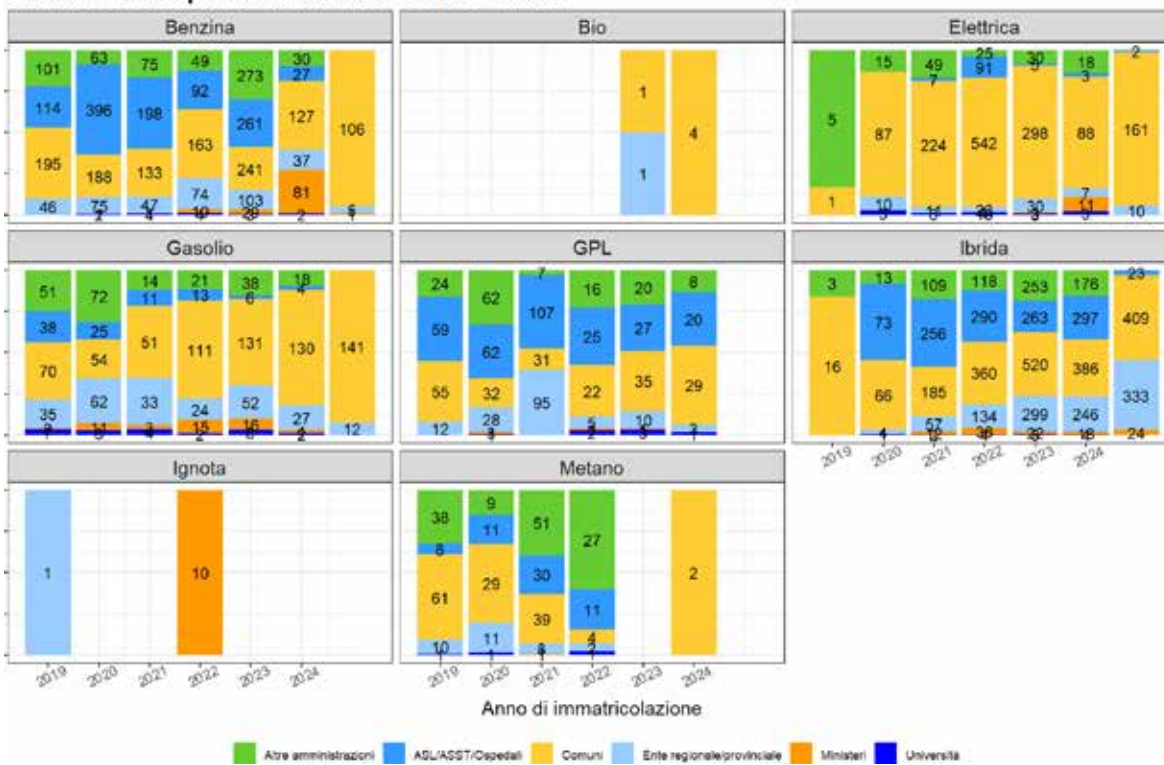


Figure 14: Immatricolazioni per amministrazione e alimentazione (ripartizione percentuale).

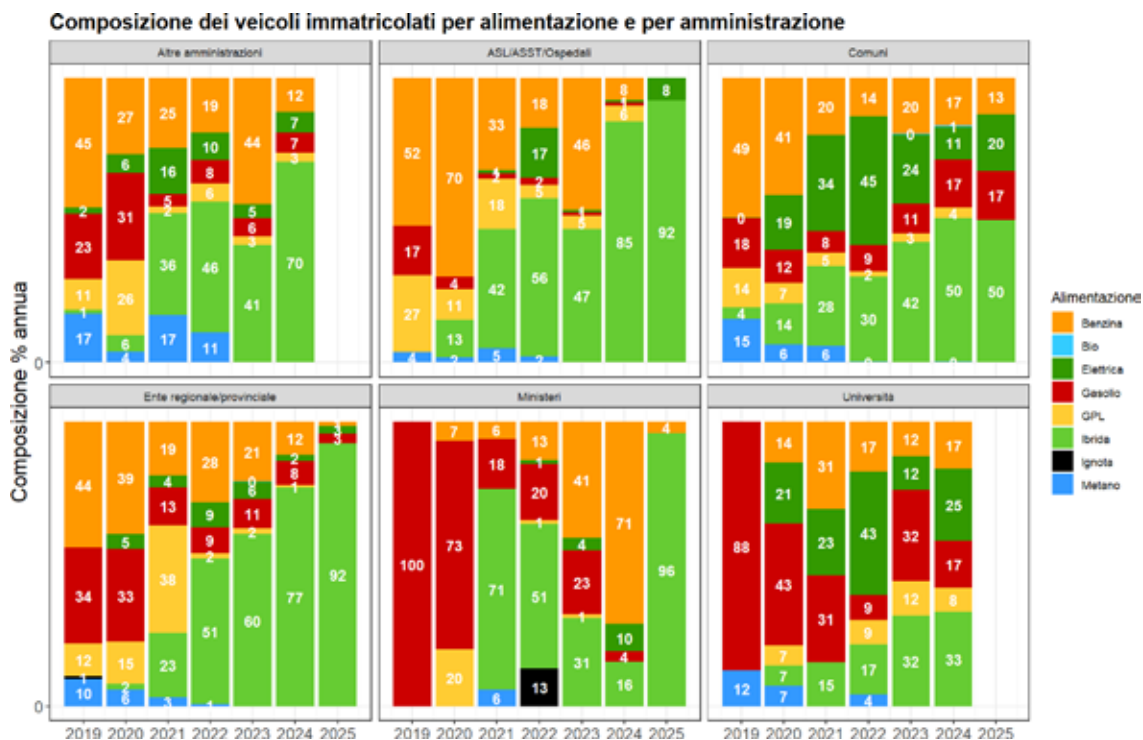


Figure 15: Composizione percentuale delle immatricolazioni per alimentazione e amministrazione.

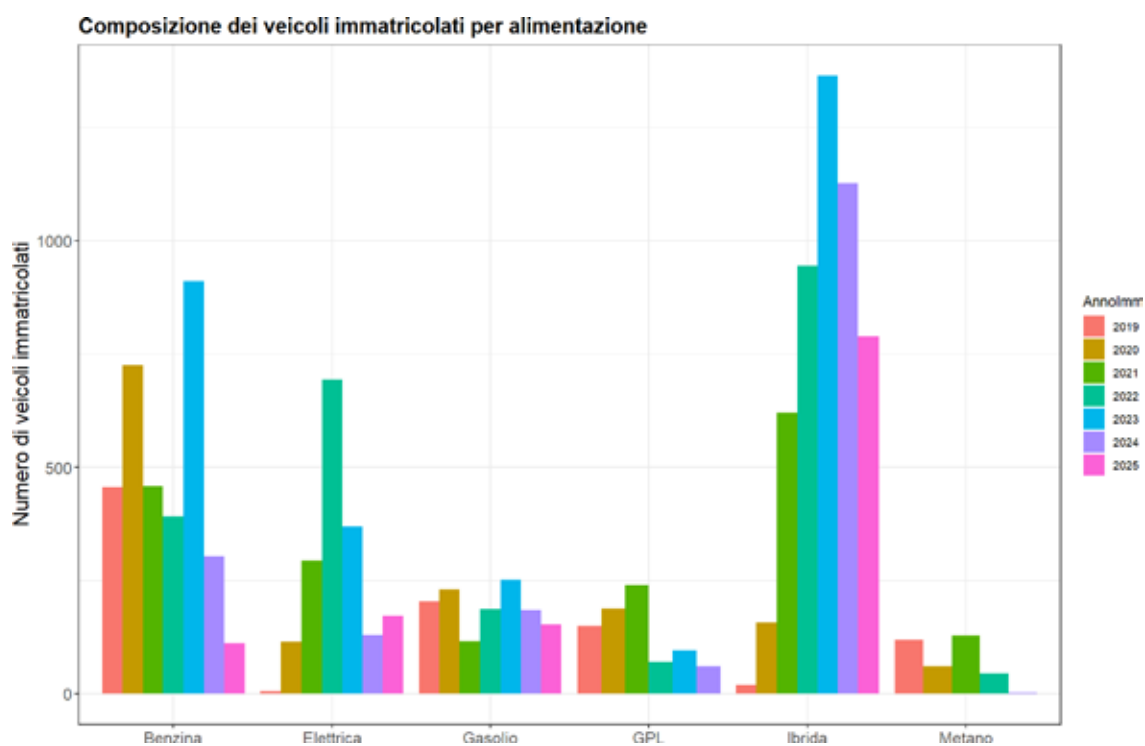


Figure 17: Numero di veicoli immatricolati per alimentazione e anno.

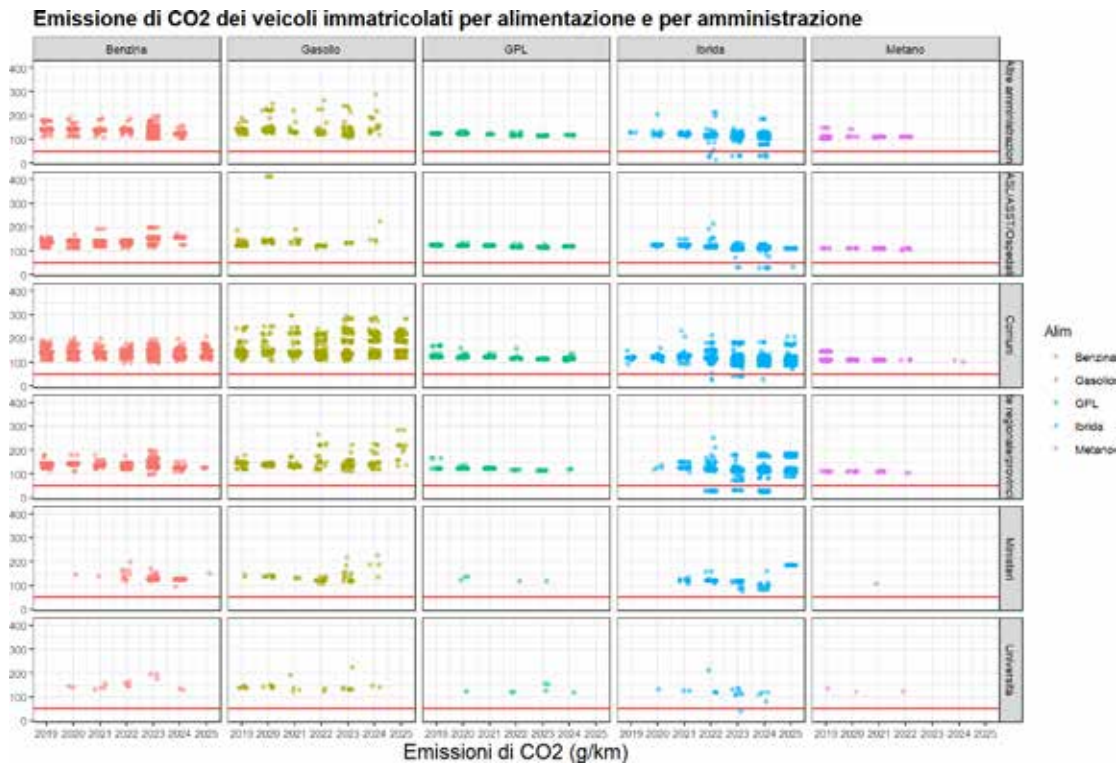


Figure 18: Distribuzione micro delle emissioni per amministrazione e alimentazione.

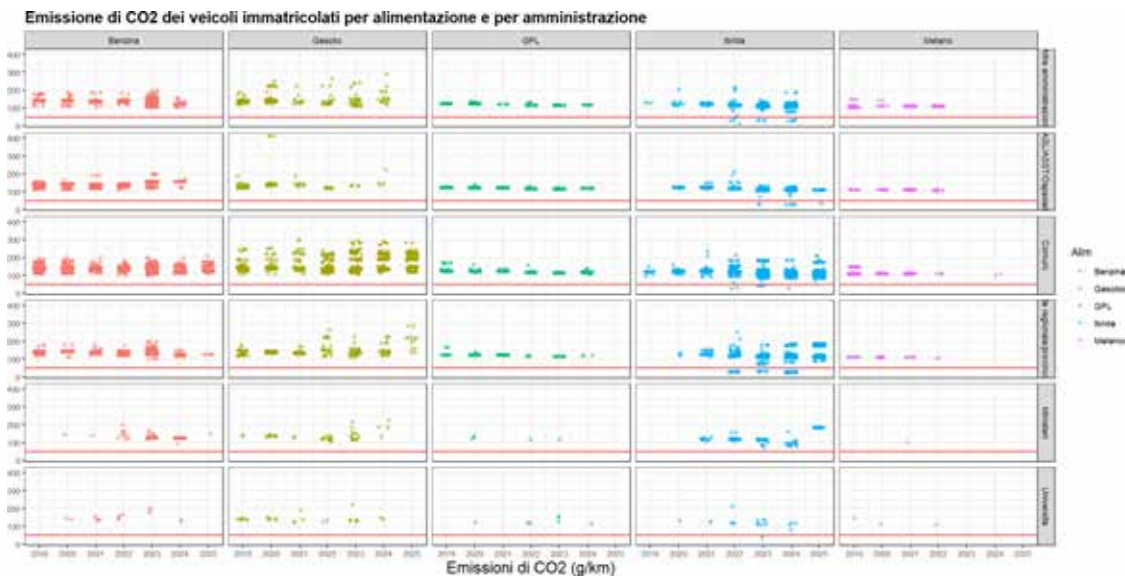


Figure 19: Evoluzione delle quote di immatricolazioni per alimentazione nel tempo.

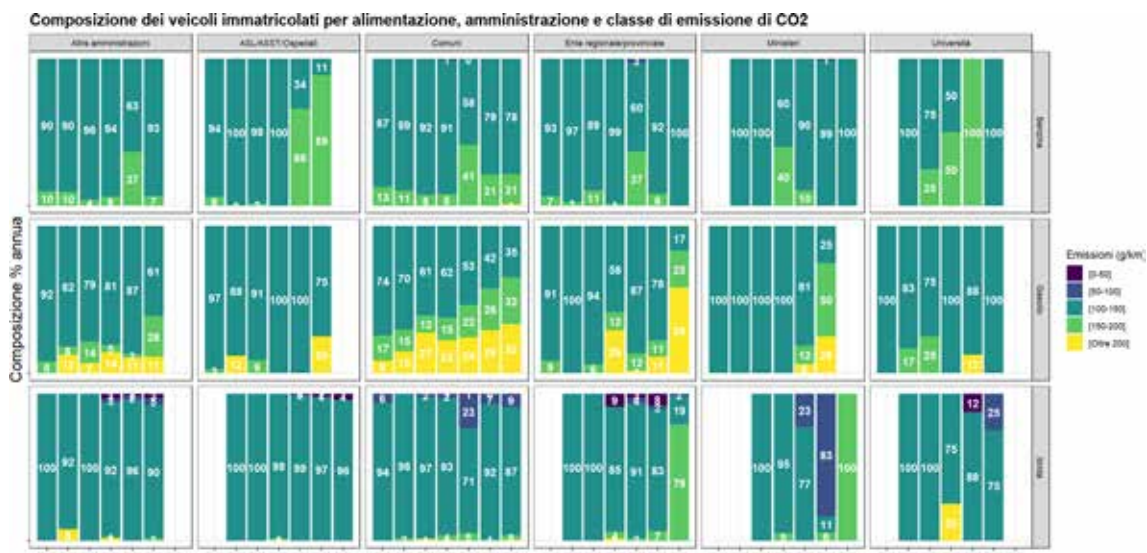


Figure 20: Composizione percentuale per amministrazione, alimentazione e classe di emissione.

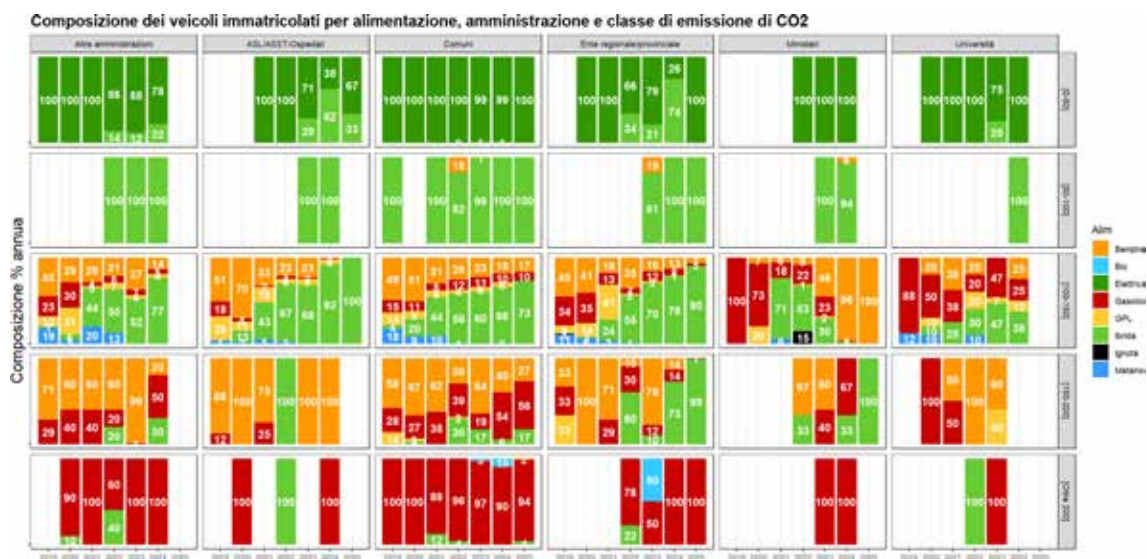


Figure 21: Composizione per classe di emissione e amministrazione, distinta per alimentazione.

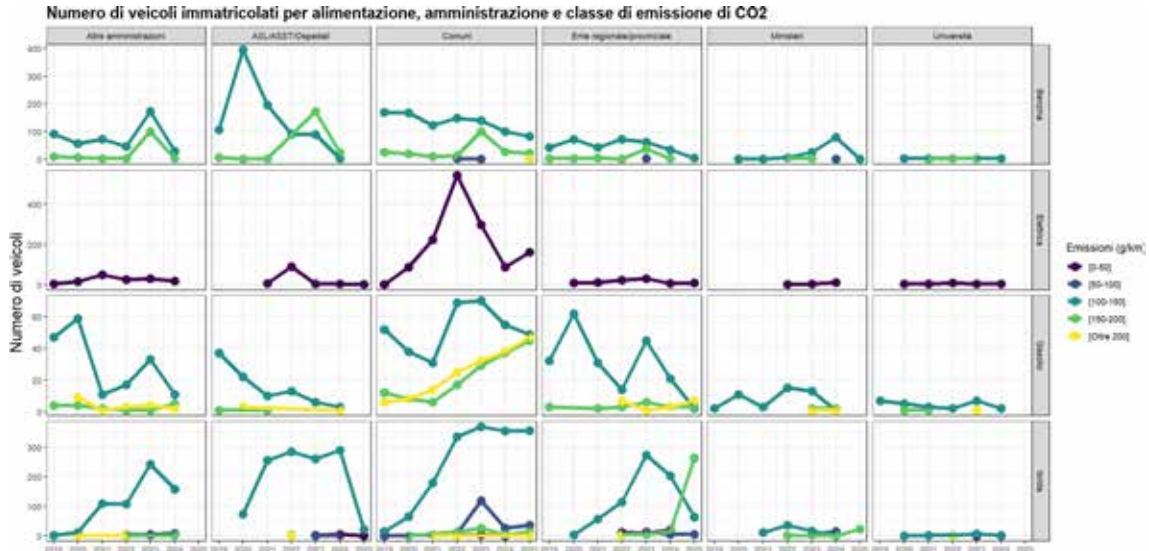


Figure 22: Numero di veicoli per amministrazione, alimentazione e classe di emissione.

Il report è stato realizzato da Withub per T&E

Coordinamento editoriale: Cosimo Firenzani

Project manager: Virginia Fabris

Autori della ricerca: Paolo Maranzano e Gianluca Monturano

Progetto grafico di Withub