



# RAPPORTO DI RICERCA

Sustainable Alternative Mobility:  
Probing, Learning, Engaging (SAMPLE)



Scuola Superiore  
Sant'Anna



CAMERA DI COMMERCIO  
TOSCANA NORD-OVEST



### Acknowledgment

Il presente rapporto è il risultato di un lavoro promosso e commissionato dalla Camera di Commercio Toscana Nord-Ovest al quale hanno contribuito numerosi membri del gruppo di ricerca ERE (Energy and Resource Efficiency) della Scuola Superiore Sant'Anna.

Desideriamo esprimere un sincero ringraziamento alla Dott.ssa Patrizia Alma Pacini, membro di Giunta, alla Dott.ssa Cristina Martelli, Segretario Generale, e al Dott. Alberto Susini, Responsabile del Servizio Supporto Direzione, della Camera di Commercio Toscana Nord-Ovest, per la costante disponibilità e il qualificato supporto assicurato nelle fasi di definizione e kick-off del progetto. Un ringraziamento è inoltre rivolto all'Ing. Dario Masoni dell'Unione Industriale Pisana per il prezioso contributo tecnico e la collaborazione fornita.

Desideriamo inoltre ringraziare i colleghi e i collaboratori dell'Istituto di Management e del Centro Interdisciplinare per la Sostenibilità e il Clima della Scuola Superiore Sant'Anna per il costante supporto scientifico, la disponibilità al confronto e l'arricchimento metodologico che ha caratterizzato ogni fase della ricerca.

Infine, desideriamo ringraziare tutti i referenti degli enti e delle organizzazioni coinvolte nella fase di conduzione dell'indagine sul campo per la disponibilità concessa. Senza il loro impegno e la loro competenza l'indagine avrebbe perso una componente significativa del proprio valore.

Pisa, 2 dicembre 2025

### Autori (in ordine alfabetico):

Eleonora Annunziata, Giovanni Gesiot, Francesco Ghezzi, Francesco Rizzi



## INDICE

Executive Summary .....	5
Introduzione .....	9
Struttura del documento .....	10
Analisi del contesto.....	12
Caratteristiche e problematiche locali della SGC FI-PI-LI .....	12
I principali temi nel dibattito sulle prospettive della SGC FI-PI-LI .....	14
I principali stakeholder territoriali individuati .....	18
Sfide e macro-trend globali nel settore della mobilità .....	19
Digitalizzazione del settore trasporti .....	22
Tecnologie alternative per la riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti .....	24
Lo scouting degli interventi potenziali .....	29
Interventi di mobilità in letteratura: aspetti ambientali, infrastrutturali e comportamentali..	30
Il Life Cycle Assessment (LCA) di alternative di mobilità sostenibile.....	30
L'effetto del potenziamento della capacità stradale sulla domanda di traffico .....	35
Determinanti comportamentali degli utenti.....	37
Le ipotesi di intervento suggerite dagli stakeholder .....	38
Descrizione degli interventi infrastrutturali.....	45
Descrizione degli interventi gestionali.....	50
Definizione degli scenari di intervento.....	55
Scenari di intervento: le configurazioni emergenti.....	55
Considerazioni tecnico-funzionali.....	57
Considerazioni ambientali .....	58
Considerazioni economiche e sociali .....	59
Analisi di accettabilità degli scenari di mobilità .....	61
Introduzione.....	61
La metodologia adottata.....	62
Questionario per cittadini.....	62
Questionario per imprese.....	65
Sampling strategy .....	66
Analisi statistiche .....	66
Analisi del campione: questionario cittadini .....	67



Sociodemografiche .....	67
Comportamentali .....	75
Attitudinali.....	78
Variabili dipendenti .....	84
Analisi del campione: questionario imprese .....	91
Caratteristiche imprese .....	91
Analisi inferenziale: clustering, regressione multi-variata e propensity score matching.....	101
Clustering.....	101
Correlazione .....	103
Regressione multi-variata: analisi dei predittori di accettabilità ed utilità individuale degli scenari .....	104
Propensity-Score Matching: analisi delle caratteristiche attitudinali e comportamentali che influenzano l'accettabilità ed utilità individuale degli scenari .....	106
Linee guida per l'implementazione della mobilità sostenibile nella Regione Toscana .....	112
Implicazioni di policy .....	113
Due studi indipendenti, una stessa direzione per la mobilità toscana .....	115
Roadmap di implementazione dello Scenario Contestuale .....	116
Conclusioni .....	119
Bibliografia .....	121



## Executive Summary

I temi di **mobilità regionale** in Toscana sono al centro dell'odierno dibattito socio-politico. In questo contesto, la Strada di Grande Comunicazione Firenze–Pisa–Livorno (**SGC FI-PI-LI**) è un'infrastruttura strategica: connette tre capoluoghi, sostiene rilevanti flussi di merci dirette ai porti e agli snodi autostradali e influisce sui tempi di percorrenza, sui costi logistici e sulla qualità della vita nelle aree servite. Le ipotesi di potenziamento oggi discusse — dalla terza corsia al miglioramento degli accessi, dall'adozione di tecnologie intelligenti alla promozione dell'intermodalità — comportano trade-off sociali, ambientali ed economici rilevanti. Essi si pongono in contrasto con altri scenari di sviluppo del territorio, legati alla promozione di una mobilità alternativa e pubblica. Per questo motivo, valutare non solo gli impatti tecnici ma anche le percezioni e le preferenze degli utenti, delle imprese e degli stakeholder locali è essenziale per progettare interventi di mobilità sostenibili e socialmente accettabili.

Il **progetto SAMPLE**, sviluppato nell'ambito della Convenzione tra Scuola Superiore Sant'Anna – Istituto di Management e la Camera di Commercio della Toscana Nord-Ovest, si è proposto di: (i) mappare le criticità percepite ed i desiderata degli stakeholder rilevanti della mobilità regionale; (ii) identificare le proposte di intervento e costruire scenari di mobilità coerenti; (iii) analizzare alcune determinanti attitudinali, comportamentali e socio-demografiche dell'accettabilità dei possibili scenari di intervento tra i cittadini e le imprese toscane; (iv) tradurre i risultati in implicazioni di policy concrete per la programmazione regionale.

La ricerca ha adottato un disegno misto quali-quantitativo articolato in fasi sequenziali. Nella fase esplorativa è stata condotta un'analisi sistematica della letteratura scientifica sulla mobilità, approfondendo in particolare gli aspetti ambientali, infrastrutturali e comportamentali. L'attenzione si è concentrata sul contributo della metodologia LCA (Life Cycle Assessment) alla valutazione ambientale delle alternative, sugli effetti dell'ampliamento della capacità stradale sulla domanda di traffico e sulle determinanti dei comportamenti individuali degli utenti. In questa fase è stato esplorato anche il paradosso di Braess (1968) secondo cui l'aggiunta di un nuovo collegamento stradale in una rete di trasporto, invece di ridurre i tempi di viaggio, possa paradossalmente aumentarli per tutti gli utenti a causa di scelte individuali orientate al sovroutilizzo delle nuove infrastrutture. Gli obiettivi di questa prima esplorazione sono stati due: da un lato individuare domande di ricerca coerenti con le più recenti evidenze teoriche e contenutistiche, dall'altro analizzare le metodologie più adatte a comprendere e indagare gli aspetti di natura comportamentale.

Parallelamente, il gruppo di ricerca ha svolto **interviste semi-strutturate faccia a faccia** con gli stakeholder territoriali appartenenti alle amministrazioni regionali e dei comuni del territorio, aziende a partecipazione pubblica, imprese private e associazioni di categoria, selezionando i soggetti maggiormente coinvolti nelle dinamiche dell'asse FI-PI-LI. Sono state effettuate 14 interviste approfondate fino a raggiungere la condizione di saturazione informativa. L'obiettivo delle interviste è stata la ricostruzione delle principali caratteristiche e criticità locali della SGC FI-PI-LI, nonché comprendere e situare le evidenze della letteratura scientifica nel contesto di mobilità locale. I contenuti raccolti in questa fase hanno informato la costruzione di tre scenari



di intervento per la mobilità regionale: *BAU* (interventi minimi / status quo), *Potenziamento Stradale* (potenziamento dell'infrastruttura stradale) e *Potenziamento Contestuale* (rafforzamento del trasporto pubblico, su gomma e rotaia, e misure per la mobilità sostenibile e l'intermodalità).

- *BAU (Business as Usual)*: interventi di carattere manutentivo, logica di mantenimento dello status quo. Non avviene nessuna trasformazione strutturale dell'asse stradale, né di potenziamento del trasporto pubblico.
- *Potenziamento Stradale*: lo scenario prevede la realizzazione della terza corsia lungo il tracciato della FI-PI-LI, l'inserimento del pedaggio elettronico free-flow per mezzi pesanti, il potenziamento nodi e piazzole di sosta, con l'obiettivo ultimo di migliorare congestionamenti e sicurezza. Un simile intervento comporta tuttavia dei trade-off significativi legati a elevati costi di realizzazione, al consumo di suolo, agli impatti ambientali e alla lunga durata dei cantieri.
- *Potenziamento Contestuale*: in questo scenario si prevede un forte potenziamento delle principali alternative di trasporto pubblico, la realizzazione di hub intermodali, incentivi per l'intermodalità (i.e. integrazione bici e treno) e una piattaforma MaaS per mobilità regionale integrata e più sostenibile. Tuttavia, affinché tale evoluzione possa risultare pienamente efficace, è necessario un profondo ripensamento della mobilità regionale, capace di innescare cambiamenti comportamentali che potrebbero rivelarsi difficili da accettare.

Sulla base degli scenari sono stati somministrate 2 web-survey, a cittadini e a imprese. Sul fronte cittadini sono state raccolte **1995 risposte valide**, mentre lato imprese sono state collezionate **134** risposte valide. L'analisi quantitativa dei dataset ha combinato statistiche descrittive, **clustering** per identificare profili omogenei, **regressioni multivariate** per stimare gli effetti parziali delle attitudini e delle caratteristiche socio-demografiche, e **Propensity Score Matching (PSM)** per stimare l'effetto di trattamento di singole variabili attitudinali/comportamentali sull'accettabilità degli scenari, al fine di isolare effetti di causazione.

I risultati del progetto hanno portato ad identificare dei profili distinti nella popolazione che propendono verso scenari differenti (*Figura 1*). I **giovani con un grado di istruzione elevato** (C1 e C4) favoriscono nettamente lo scenario *Potenziamento Contestuale* ed in special maniera le sue implicazioni per la collettività (accettabilità collettiva 72% C1-69% C4; utilità individuale 69 C1-68% C4) gli **adulti di mezza età** e di grado di istruzione più basso (C3) privilegiano il *Potenziamento Stradale*, particolarmente in termini di utilità individuale (accettabilità collettiva 65%; utilità individuale 68%); gli **ultrasessantenni** rimangono complessivamente meno favorevoli a tutti gli scenari, pur mostrando differenze di accettabilità meno marcate rispetto agli altri gruppi (*Figura 1*).

Per quanto riguarda l'analisi regressiva dei predittori attitudinali e comportamentali dell'accettabilità degli scenari, nel *BAU* hanno effetto positivo la fiducia nelle istituzioni (41%), la dipendenza dall'auto (8%), e l'attitudine ai trasporti pubblici (6%), ma risulta fortemente negativo l'effetto della **preoccupazione per la sicurezza stradale** (-14%), segnalando che molti percepiscono lo status quo come poco sicuro e richiedono interventi. L'accettazione dello



scenario *Stradale* aumenta significativamente tra chi ha elevata **dipendenza dall'utilizzo dell'auto** (14%) e usa abitualmente la FI-PI-LI (8%), e si configura principalmente come utilità individuale percepita. L'accettabilità dello scenario *Contestuale* è trainata dalla propensione all'uso della bici (6%) e del trasporto pubblico (6%) e apertura al cambiamento (10%), mostrando forti effetti positivi anche su percezione di sicurezza (22%). Nel complesso, pertanto, non si evidenzia uno scenario che raccoglie consenso generalizzato: il *BAU* è generalmente meno preferito ed è vulnerabile alla critica sulla sicurezza stradale, mentre gli scenari *Potenziamento Stradale* e *Contestuale* rispondono a logiche specifiche, coerenti con pratiche e attitudini individuali differenti. L'impiego della tecnica di PSM, impiegata per isolare l'effetto medio singolo di ogni variabile attitudinale/comportamentale sugli outcome, ha permesso di confermare e rafforzare le suddette evidenze, dando maggiore rilevanza statistica alle relazioni individuate.

Lato imprese, si conferma l'assenza di una polarizzazione generalizzata, bensì si evidenziano in questo caso tendenze settoriali e dimensionali: lo scenario *Stradale* è preferito dal comparto industriale/manifatturiero (43,9%) e il suo gradimento aumenta all'aumentare della dimensione dell'impresa (nessun dipendente 33,33%; 250 o più 62,5%); lo scenario *Contestuale* è invece preferito nei settori del commercio (46,15%), dei servizi (38%), istruzione e sanità (45,5%), riscontrando successo in particolar modo nella piccola impresa (44,4%).

*Figura 1: Panoramica dei principali risultati del progetto SAMPLE. Nota: i livelli medi di accettabilità ed utilità degli scenari sono stati convertiti in percentuali per facilità di lettura da un'originale scala Likert 1-7*

Cluster C1	Cluster C2	Cluster C3	Cluster C4
<b>Cluster C1</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>26% campione</li> <li>F (prevalente)</li> <li>Età: 18-40</li> <li>Pisa-Livorno</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>	<b>Cluster C2</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>28% campione</li> <li>M-F</li> <li>Età: 46-60+</li> <li>Firenze-Pisa</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>	<b>Cluster C3</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>19% campione</li> <li>M (prevalente)</li> <li>Età: 18-60</li> <li>Pisa-Livorno</li> <li>Istruzione medio-bassa</li> </ul>	<b>Cluster C4</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>27% campione</li> <li>M-F</li> <li>Età: 18-40</li> <li>Firenze</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>
Scenario BAU	Scenario Stradale	Scenario Contestuale	
<b>Rilevazione cittadini:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>57%</b></li> <li>Utilità individuale <b>53%</b></li> </ul> <b>Rilevazione imprese:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>30,6%</b> campione</li> </ul> <b>Accettabilità nei cluster:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → medio-bassa</li> <li>C2 → bassa</li> <li>C3 → medio-bassa</li> <li>C4 → medio-bassa</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: nessuna	<b>Rilevazione cittadini:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>64%</b></li> <li>Utilità individuale <b>67%</b></li> </ul> <b>Rilevazione imprese:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>35,8%</b> campione</li> </ul> <b>Accettabilità nei cluster:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → medio-alta</li> <li>C2 → medio-bassa</li> <li>C3 → medio-alta</li> <li>C4 → medio-alta</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: <b>industria</b>	<b>Rilevazione cittadini:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>69%</b></li> <li>Utilità individuale <b>66%</b></li> </ul> <b>Rilevazione imprese:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>33,6%</b> campione</li> </ul> <b>Accettabilità nei cluster:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → molto alta</li> <li>C2 → media</li> <li>C3 → media</li> <li>C4 → alta</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: <b>servizi/commercio/istruzione/sanità</b>	

Dall'analisi emerge chiaramente come l'attuale assetto infrastrutturale non raccolga ampi consensi, soprattutto a causa delle preoccupazioni legate alla sicurezza stradale che rendono lo scenario *BAU* scarsamente accettato, facendo diventare quindi urgente l'intervento con misure concrete e sostanziali di potenziamento. Allo stesso tempo si assiste una dinamica



generazionale significativa: i giovani mostrano una forte preferenza per il potenziamento Contestuale, mentre l'eventuale scelta di realizzare una terza corsia nella FI-PI-LI, pur sostenuta da parte significativa della popolazione più matura, comporterebbe tempi di realizzazione tali da non garantire benefici agli odierni promotori. Considerando che i giovani rappresentano gli elettori e gli utenti della mobilità di domani, risulta opportuno che le politiche pubbliche a lungo termine tengano conto in maniera prioritaria delle loro esigenze.

Inoltre, i risultati mostrano come lo scenario di potenziamento Stradale non riscontri un consenso generalizzato: se da un lato esso garantisce una chiara utilità individuale, dall'altro risulta divisivo sul piano collettivo e molto più rischioso rispetto al potenziamento Contestuale, a causa degli elevati costi sommersi e dell'impossibilità di riconvertire in futuro le infrastrutture realizzate. Il Contestuale, al contrario, si caratterizza per una maggiore modularità e flessibilità, consentendo margini di manovra superiori grazie a misure incentivanti quali: sconti tariffari, promozione dell'intermodalità tra bici e treno, hub di interscambio e sperimentazioni MaaS, che favoriscono atteggiamenti più propensi alla mobilità alternativa e sostenibile.

Infine, la scelta fra i due scenari appare strettamente intrecciata con il modello di sviluppo economico che la Regione Toscana intende perseguire. La riconversione verso un'economia della conoscenza, infatti, passa anche dalla capacità di offrire soluzioni di mobilità sostenibili: i cittadini con livelli più alti di istruzione mostrano una netta preferenza per il Contestuale e la disponibilità di un sistema di trasporti pubblici efficiente può contribuire a trattenere capitale umano qualificato, generando un circolo virtuoso di attrattività. Non a caso, lato imprese, i settori che sostengono lo scenario Contestuale sono quelli a maggior valore aggiunto — servizi, istruzione e sanità — mentre il comparto industriale, pur orientato allo scenario Stradale, non beneficerebbe necessariamente di un suo potenziamento, anche alla luce delle implicazioni del paradosso di Braess. Lo stesso settore, invece, potrebbe trarre vantaggi dal Contestuale attraverso la riduzione degli spostamenti privati, che favorirebbero il trasporto merci su gomma, e un migliore coordinamento tra le diverse modalità di trasporto.

Il presente studio si caratterizza per un approccio metodologico rigoroso, che combina strumenti qualitativi e quantitativi al fine di restituire un quadro articolato e robusto delle dinamiche in esame. L'integrazione di più prospettive ha permesso di cogliere tendenze significative e di fornire indicazioni utili a supporto della programmazione regionale. Al tempo stesso, è importante evidenziare alcune limitazioni che invitano a una lettura prudente dei risultati: il campione quantitativo, pur numeroso, non è stratificato né pienamente rappresentativo della popolazione toscana; l'analisi si basa su dati cross-sectional e su tecniche osservazionali che, sebbene rafforzino l'affidabilità delle inferenze, non eliminano del tutto il rischio di confondimento non osservato; inoltre, alcune evidenze settoriali devono essere considerate con cautela a causa della dimensione ridotta del campione imprese.



## Introduzione

Il potenziamento della Strada di Grande Comunicazione (SGC) Firenze-Pisa-Livorno, comunemente nota come FI-PI-LI, rappresenta un intervento da molti attori considerato strategico per migliorare la mobilità e l'efficienza del trasporto nella regione Toscana. Questa arteria stradale è fondamentale per il collegamento tra tre delle principali città toscane, facilitando non solo il traffico locale ma anche quello turistico e commerciale. Da questa direttrice passano infatti anche importanti flussi di merci che, giungendo nel sistema portuale livornese e in quello aereo pisano, sono destinate al resto del Paese attraverso rotte autostradali interregionali che la intersecano sul nodo fiorentino.

Alcune ipotesi di intervento oggi al centro del dibattito sugli ammodernamenti da apportare a questa infrastruttura, a partire dalla realizzazione della terza corsia, prevedono impatti diretti invasivi in termini, in primis, di occupazione del suolo e utilizzo delle risorse, ai quali si sommano quelli indiretti in fase di utilizzo relativamente, ad esempio, all'incremento del traffico indotto per effetto della incrementata disponibilità di servizio. Con ciò, appare evidente che ogni opzione progettuale non possa che connotarsi di una pluralità di trade-off nelle dimensioni ambientale, sociale ed economica che rendono la ricerca della soluzione "ottimale" subordinata a valutazioni anche significativamente differenti sulla base delle priorità caratterizzanti ciascun portatore di interesse. Per questo, il presente studio si pone l'obiettivo di articolare una identificazione e analisi per quanto possibile esaustiva e neutrale delle possibili determinanti degli impatti, positivi e negativi, associati alle ipotesi di intervento più plausibili, così da facilitare le valutazioni sopra esposte. Con ciò, particolare attenzione sarà posta nel rilevare i vantaggi e gli svantaggi delle principali alternative di intervento incrociando più fonti informative, ossia un ventaglio per quanto possibile ampio ed eterogeneo di portatori di interesse e le principali pubblicazioni scientifiche in materia.

Nel procedere in questa direzione, una importante premessa deve essere fatta per quanto riguarda l'estensione geografica che l'indagine deve avere per poter rispondere efficacemente alla richiesta informativa dei committenti. Il territorio attraversato dalla SGC FI-PI-LI è, infatti, eterogeneo e interconnesso. In particolare, se ne possono riconoscere, da un lato, peculiarità che ne consentono una distinzione tra le dinamiche che interessano l'area metropolitana fiorentina dalla bassa Valdarno e, dall'altro, una stretta interdipendenza con le infrastrutture e le manifestazioni dell'urbanizzazione che caratterizzano il più complessivo sistema dei trasporti locali. Da questo punto di vista, è ad esempio utile ricordare che il buon funzionamento di questo asse stradale è strettamente correlato con i livelli di congestimento delle arterie stradali secondarie e con le esigenze e abitudini di trasporto dei cittadini, imponendo l'esigenza di estendere ogni valutazione in merito oltre ai confini amministrativi di un singolo territorio, guardando a livello quantomeno intercomunale e intermodale. È infatti questa la dimensione minima che appare essere utile per porre in essere soluzioni volte a garantire adeguati standard di sicurezza per il traffico di merci e persone.

Assunta la rilevanza per gli utenti locali che più sistematicamente utilizzano questa infrastruttura quale criterio per stabilire i confini geografici d'indagine, va poi notato come le alternative di



potenziamento possano essere rappresentate da una moltitudine di combinazioni di azioni dirette e indirette sulla SGC FI-PI-LI che spaziano, solo per citarne alcune, dall'ampliamento delle corsie, al miglioramento degli accessi, all'introduzione di tecnologie intelligenti per il monitoraggio e la gestione del traffico, alla gestione delle emergenze e all'informazione in tempo reale agli utenti, alla manutenzione straordinaria del manto, alla sostituzione delle barriere di sicurezza e il miglioramento dell'illuminazione, nonché un amplissimo spettro di iniziative volte a promuovere gli spostamenti intermodali e, grazie ad una migliore integrazione del trasporto privato e pubblico, a normalizzare il rapporto tra livello di servizio offerto e domanda di spostamento. In un simile contesto, comprendere quale set di interventi componga la configurazione progettuale più efficace nel caso in questione risulta essere un task complesso che richiede un difficile lavoro di mediazione non solo tra variabili tecnico economiche rilevanti per le imprese e le amministrazioni coinvolte, ma anche tra interessi divergenti espressi dalle diverse comunità locali servite dall'opera e dalle sue differenti classi di utenti. Una eterogeneità ancor maggiore può per altro ragionevolmente emergere in termini di entità delle risorse necessarie per la realizzazione di ciascun intervento, nonché di possibilità di retrocessione dallo stesso. Di conseguenza, per operare tale mediazione, è necessario acquisire una fitta rete di informazioni, dalle considerazioni emergenti dagli studi esistenti riguardanti la modellistica sui livelli di servizio, agli studi sulla sicurezza stradale, dalle simulazioni economiche alle valutazioni social e ambientali, così da alimentare mediante analisi quali-quantitative la valutazione dei possibili scenari realizzativi.

Tutto ciò premesso, il presente studio – che si colloca nell'alveo della Convenzione tra Scuola Superiore Sant'Anna – Istituto di Management (IDM) e Camera di Comercio della Toscana Nord-Ovest (CCIAA TNO) – intende offrire alcuni approfondimenti relativi alle dimensioni ambientali e sociali, specie con riferimento alle dinamiche comportamentali degli utenti privati a fronte delle principali opzioni di intervento, con particolare attenzione a quelle integrate con il rafforzamento dei servizi di trasporto pubblico su gomma e rotaia. In tal senso, lo studio potrà utilmente affiancarsi e completare gli approfondimenti tecnico-economici più comunemente condotti nell'ambito della pianificazione viaria e della progettazione stradale.

## Struttura del documento

I risultati dello studio possono essere divisi in due distinti rapporti. Il presente, che si concentra sull'indagine preliminare sugli interventi che compongono il panorama delle alternative alla realizzazione della terza corsia della SGC FI-PI-LI, e un secondo, logicamente successivo al primo, volto a comprendere i driver attitudinali che potranno determinare il livello di consenso dei cittadini verso i diversi scenari di intervento.

In particolare, questo primo rapporto si pone l'obiettivo di restituire in forma strutturata i risultati di un'attività di ricerca e analisi condotta in merito alle prospettive evolutive dell'arteria stradale SGC FI-PI-LI, alla luce delle trasformazioni in atto nel settore della mobilità e delle esigenze espresse dai principali stakeholder territoriali. Il rapporto si articola in sei sezioni principali, ciascuna delle quali affronta uno specifico aspetto dell'indagine.



Chiariti gli obiettivi del lavoro e fornita una panoramica della struttura del documento, segue l’analisi del contesto, che rappresenta la base conoscitiva su cui si innesta l’intero percorso di ricerca. In questa parte vengono ricostruite le principali caratteristiche e criticità locali della SGC FI-PI-LI, con particolare attenzione ai temi emersi nel dibattito pubblico e ai soggetti portatori di interesse attivamente coinvolti sul territorio. La seconda parte della sezione si concentra invece sulle tendenze globali che influenzano il settore della mobilità, con uno sguardo particolare ai principali trend riportati nella letteratura scientifica di settore, tra cui la digitalizzazione dei trasporti e le tecnologie emergenti per la riduzione dell’impatto ambientale.

La terza sezione è dedicata allo scouting degli interventi potenziali, e si compone di due parti. Nella prima si analizzano più puntualmente le principali evidenze presenti nella letteratura scientifica, con riferimento agli aspetti ambientali, infrastrutturali e comportamentali. Vengono trattati, tra gli altri, il contributo della metodologia LCA (Life Cycle Assessment) nella valutazione delle alternative sostenibili, l’effetto dell’ampliamento della capacità stradale sulla domanda di traffico e il ruolo dei comportamenti individuali degli utenti. Nella seconda parte vengono sintetizzate le ipotesi di intervento proposte dagli stakeholder locali, suddivise in misure infrastrutturali e gestionali.

La quarta sezione si concentra sulla definizione degli scenari di intervento, che rappresentano l’elaborazione progettuale delle ipotesi emerse. Vengono individuate e descritte alcune configurazioni emergenti, delineate attraverso una serie di considerazioni tecnico-funzionali, ambientali, economiche e sociali, al fine di garantire una lettura multidimensionale delle implicazioni associate ai diversi scenari.

Il documento si chiude con una sezione di conclusioni, in cui vengono sintetizzati i principali risultati del lavoro e una bibliografia che raccolge le fonti scientifiche e tecniche utilizzate nel corso dell’indagine. È questa la sezione che mira a mettere in relazione il quadro analitico con le visioni e i fabbisogni espressi dagli attori locali, al fine di offrire un contributo utile alla costruzione di soluzioni sostenibili e condivise per il futuro della mobilità lungo la SGC FI-PI-LI da sottoporre alla valutazione dei cittadini in termini di scenari oggetto dell’indagine empirica nella seconda parte dello studio.

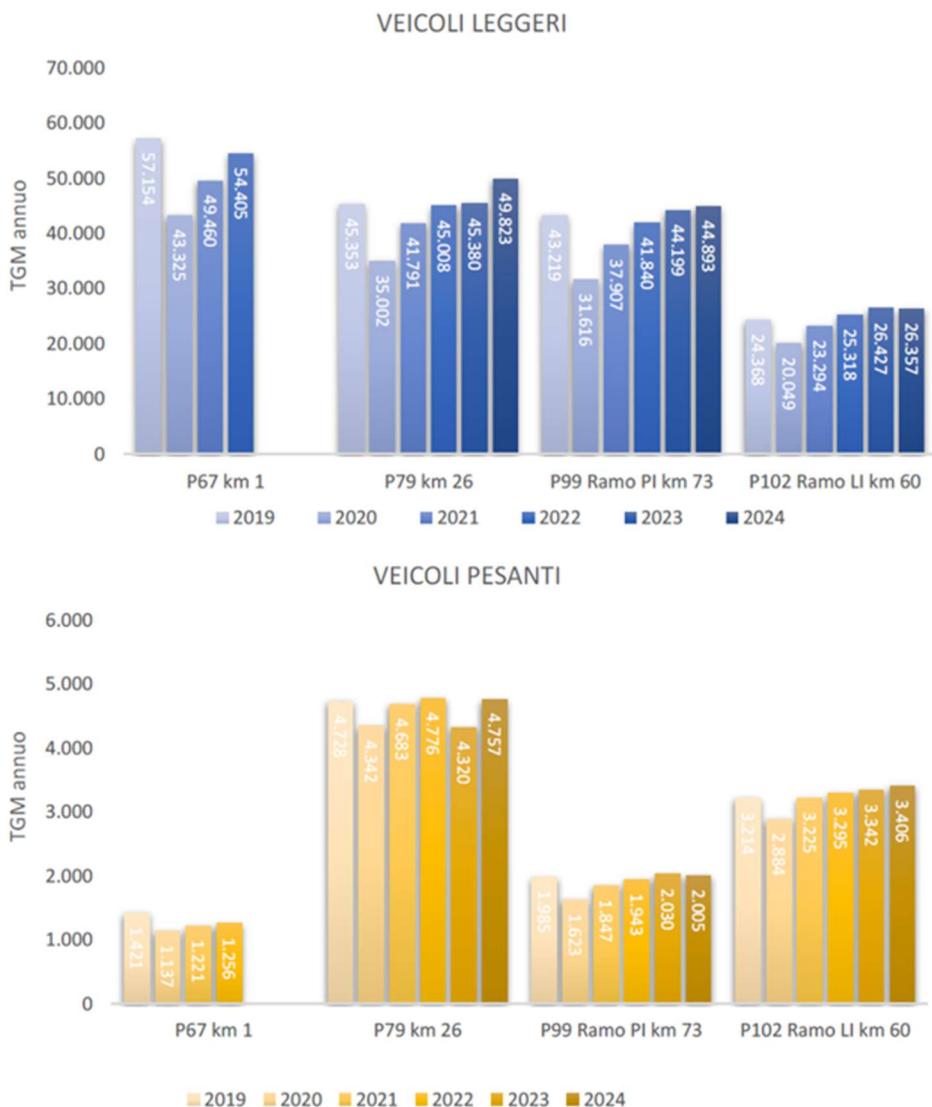


## Analisi del contesto

### Caratteristiche e problematiche locali della SGC FI-PI-LI

La Strada di Grande Comunicazione FI-PI-LI si sviluppa lungo la Valdarno e collega, come indicato dal proprio nome, tre capoluoghi strategici della Toscana: Firenze, Pisa e Livorno. Questa infrastruttura riveste un ruolo centrale per la mobilità regionale, non solo perché completa il reticolo viario locale unendo numerosi centri in una delle aree più densamente popolate della regione, ma anche perché mette in connessione il porto di Livorno con Firenze e, da lì, con l'Autostrada A1 e, in particolare, con il nodo autostradale di Bologna, uno dei più importanti in Italia. Proprio in virtù di questa posizione strategica, la SGC FI-PI-LI è quotidianamente percorsa da un'elevata quantità di veicoli, sia leggeri che pesanti.

Figura 2: Flussi di traffico leggero e pesante nel corso della SGC FI-PI-LI. Fonte Regione Toscana (2025)





Nei grafici in Figura 2 sono illustrati i flussi di traffico – suddivisi tra veicoli leggeri e pesanti – nel periodo 2019-2024. I dati sono ripartiti in quattro aree principali: due nel contesto fiorentino, una nel pisano e una nel livornese. Si osserva una significativa riduzione del traffico nel 2020, specialmente nel traffico privato leggero, a causa delle restrizioni imposte dalla pandemia. Tuttavia, i dati più recenti, relativi al 2024, dimostrano che l’inflessione è pienamente rientrata e, anzi, c’è un aumento dei flussi. In particolare, nella zona pisana il traffico leggero è aumentato del 4% e quello pesante dell’1% rispetto al 2019.

Ancor più evidente è la distinzione del ramo pisano della SGC FI-PI-LI rispetto a quello livornese, con il primo in grado di svolgere un servizio a supporto della mobilità su mezzi leggeri comparabile a quello dell’area fiorentina e significativamente superiore al secondo, che si caratterizza invece per una maggiore concentrazione di veicoli pesanti.

A fronte di queste peculiarità territoriali, il governo dell’infrastruttura riflette una evidente esigenza di coordinamento e centralizzazione nella pianificazione degli interventi e nella gestione delle risorse. La gestione della SGC FI-PI-LI è infatti attualmente affidata alla Città Metropolitana di Firenze, sulla base di una convenzione sottoscritta e rinnovata nel 2023 con la Regione Toscana, la Provincia di Pisa e la Provincia di Livorno (Regione Toscana, 2024, p. 84). Tale accordo prevede tre principali disposizioni finanziarie:

1. Le Province coinvolte e la Città Metropolitana di Firenze devono destinare alla SGC FI-PI-LI una quota prestabilita del 50% dei proventi derivanti dalle sanzioni per infrazioni al Codice della Strada, riconoscendo il valore strategico dell’infrastruttura anche per la viabilità provinciale;
2. Contributo regionale per la manutenzione: la Regione Toscana investe annualmente 3 milioni di euro per la manutenzione ordinaria della SGC FI-PI-LI e, se necessario, di altre strade regionali. Questo importo viene successivamente reintegrato utilizzando i proventi delle sanzioni incassate dalla Città Metropolitana di Firenze e dalle Province di Pisa e Livorno;
3. Finanziamenti per investimenti straordinari: sempre attingendo dai proventi delle sanzioni, la Regione destina fino a 2,5 milioni di euro l’anno alla progettazione e realizzazione di interventi infrastrutturali straordinari sulla SGC FI-PI-LI.

È importante sottolineare, tuttavia, che i comuni situati lungo la SGC FI-PI-LI non partecipano finanziariamente né alla manutenzione ordinaria né a quella straordinaria dell’infrastruttura. Tali oneri sono sostenuti unicamente dalle province interessate e dalla Regione Toscana, secondo le modalità precedentemente descritte.

Per migliorare la governance della rete stradale regionale, la Giunta Regionale Toscana ha adottato, nel settembre 2023, una proposta di legge che prevede l’istituzione di una nuova società pubblica in-house: Toscana Strade. La proposta di legge è attualmente in fase di esame presso il Consiglio (Regione Toscana, 2024, p. 85), ma rappresenta un passaggio chiave nel processo di riorganizzazione della gestione viaria. La società in-house sarà dedicata, in un primo



momento, esclusivamente alla FI-PI-LI, con competenze su manutenzione ordinaria, straordinaria, opere di adeguamento strutturale e pianificazione degli investimenti, favorendo maggiore efficacia operativa e coerenza programmatica.

La riforma risponde a un'esigenza concreta: l'attuale assetto di gestione e i relativi flussi economici non sono più adeguati a sostenere, nel medio-lungo termine, il crescente fabbisogno manutentivo della FI-PI-LI, soprattutto in vista dell'aumento previsto dei volumi di traffico. Di conseguenza, la Regione ha individuato nella creazione di un soggetto autonomo e specializzato la soluzione più idonea per garantire livelli di servizio adeguati, sostenibilità finanziaria e una gestione più efficiente delle risorse (Regione Toscana, 2024, p. 85). Oltre a migliorare l'efficacia tecnica ed economica, la nuova governance mira a superare la frammentazione istituzionale attualmente esistente, accentrandone le funzioni operative, di programmazione e monitoraggio in un unico soggetto. Questa centralizzazione è particolarmente rilevante poiché favorisce una maggiore coerenza strategica e una più agevole attuazione di politiche complesse e intersettoriali.

Toscana Strade sarà finanziata attraverso diverse fonti: proventi da concessioni e canoni relativi alla FI-PI-LI (inclusi impianti pubblicitari), trasferimenti regionali stabiliti nel contratto di servizio, eventuali introiti da pedaggio, e i proventi da sanzioni versati da Province e Città Metropolitana di Firenze. La società opererà secondo indirizzi annuali e pluriennali forniti dalla Giunta Regionale, inserendosi a pieno titolo nel quadro della programmazione nazionale ed europea in ambito infrastrutturale e di mobilità (Regione Toscana, 2024, p. 86). Toscana Strade si configura dunque come uno strumento strategico che abilita concretamente l'attuazione di scenari complessi e ambiziosi, rendendo più fattibile la realizzazione di interventi strutturali, garantendo continuità e qualità nella manutenzione e promuovendo un uso più razionale delle risorse pubbliche.

### *I principali temi nel dibattito sulle prospettive della SGC FI-PI-LI*

La SGC FI-PI-LI risulta spesso essere al centro del dibattito mediatico i cui toni, spesso accesi, riflettono le differenti prospettive e attese dei principali portatori di interesse. Per inquadrare il contesto nel quale si colloca la progettualità che interesserà questa infrastruttura e informare lo sviluppo delle successive parti dello studio, in questo paragrafo verranno discussi i principali temi divisivi così come rilevabili nella stampa di locale. A tal fine, di seguito sono riportati, con un ordine che non intende rifletterne la rilevanza, le questioni che più frequentemente si incontrano quando i media riportano notizie circa il futuro della SGC FI-PI-LI. Tali notizie, necessariamente, tendono ad inquadrare questa infrastruttura nella cornice del più ampio sistema dei trasporti locali. Per tale ragione, sono stati intercettati e classificati anche temi caldi che coinvolgono sia direttamente che indirettamente la SGC FI-PI-LI.

Per la conduzione di questa analisi, la cui finalità si limita alla intercettazione degli hot-spot del dibattito, non si è fatto riferimento ad approcci di quantificazione sistematica, bensì ad una rassegna qualitativa delle evidenze basate su una ricerca empirica, condotta indipendentemente dagli autori del presente rapporto, di articoli e post sul tema di interesse.



A seguito di una riclassificazione delle evidenze emerse, i temi sui quali si è registrata una completa convergenza sono risultati essere i seguenti:

- **Congestionamento ricorrente e limiti strutturali dell'infrastruttura**

Uno degli elementi di maggiore criticità della SGC FI-PI-LI riguarda la presenza di congestimenti sistematici che si verificano in modo regolare. Le rilevazioni di traffico evidenziano volumi giornalieri prossimi a quelli autostradali, in particolare nei tratti prossimi alle aree metropolitane di Firenze e Pisa (Regione Toscana, 2024). Tuttavia, l'infrastruttura attuale – ideata e progettata negli anni '60-70 per standard di traffico molto inferiori – non è in grado di assorbire tali flussi in modo efficiente, generando rallentamenti estesi soprattutto nelle ore di punta e nei giorni feriali (Firenze Today, 2025). Questa congestione strutturale comporta non solo disagi per la mobilità ordinaria, ma anche un rallentamento complessivo dell'economia locale, incidendo negativamente su tempi di percorrenza, costi logistici e attrattività territoriale. La ripetitività e la prevedibilità del fenomeno indicano un disequilibrio strutturale tra capacità dell'infrastruttura e domanda di mobilità, che l'attuale configurazione non è in grado di assorbire, nemmeno in condizioni ottimali di viabilità.

- **Ridotta sicurezza dell'infrastruttura e relativo congestionamento in caso di incidenti**

L'infrastruttura viaria presenta, in diversi tratti, livelli di sicurezza ritenuti inadeguati. Questo è dovuto, in particolare, all'assenza di corsie di emergenza e alla presenza di livelli di traffico simili a quelli autostradali. Queste condizioni rendono il sistema estremamente vulnerabile: basta un singolo incidente per causare il blocco dell'intero flusso veicolare, con effetti a catena che si traducono in congestimenti significativi in grado di tradursi non solo in disagi per i viaggiatori, ma anche in ritardi per i soccorsi e per i mezzi di ripristino, con evidenti conseguenze sul piano allargato della sicurezza stradale. La frequenza con la quale si generano i congestimenti a seguito di emergenze puntuali, nonché i tempi per la loro risoluzione, fa sì che spesso il traffico si riversi sul reticolo stradale secondario, come la Tosco-Romagnola nel tratto pisano, che non sono progettate per sostenere volumi così elevati di veicoli, aggravando ulteriormente la situazione (Turchi, 2023). Per affrontare queste problematiche, nel dibattito pubblico sono emerse diverse proposte. Tra le soluzioni più discusse vi sono: la realizzazione di una terza corsia volta ad aumentare la capacità della rete principale; l'introduzione di un sistema tariffario volto sia a ridurre i flussi di traffico sia a finanziare interventi infrastrutturali futuri; la realizzazione di una corsia di sicurezza, così rendere più sicura l'infrastruttura; l'adozione di limitazioni orarie al traffico pesante, attraverso blocchi in specifiche fasce orarie per alleggerire la pressione nei momenti di punta. In tutti i casi, si tratta di interventi molto impattanti sotto il profilo dell'entità dell'intervento e delle conseguenze potenziali per specifiche classi di utenti e, quindi, come evidenziato dal tono del dibattito iniziale, potenzialmente altamente divisivi.

- **Ridotto utilizzo mezzi di trasporto pubblico**



Nonostante il cambio di gestione con l'arrivo di Autolinee Toscane e l'impegno delle amministrazioni locali a incentivare l'uso del trasporto pubblico, il settore continua a risentire degli effetti della pandemia, periodo durante il quale la domanda è stata fortemente limitata dalle restrizioni sanitarie (Regione Toscana, 2024).

Come evidenziato nella Tabella 1, la domanda di trasporto pubblico è rimasta significativamente inferiore rispetto ai livelli del 2019 anche negli anni successivi, rilevando una certa rigidità comportamentale a favore dell'utilizzo dei mezzi privati a valle di un evento nel quale i viaggiatori sono stati indotti ad adottarli. Il calo è particolarmente marcato nel trasporto su gomma, che nel 2023 registra una diminuzione del -24,8% rispetto al 2019. Anche il trasporto su rotaia mostra una contrazione, sebbene più contenuta, pari al -9,2%.

Una interessante controtendenza riguarda, invece, il dato –positivo- relativo alla tramvia fiorentina, che segna un incremento della domanda pari a +1,5%, a testimonianza di una crescente fidelizzazione degli utenti verso questo tipo di mobilità.

*Tabella 1: Trend di domanda di trasporto pubblico nella Regione Toscana. Fonte: Regione Toscana (2024)*

Anno	GOMMA		TRAMVIA		FERRO		MARE	
	passeggeri	var. % anno precedente	passeggeri	var. % anno precedente	passeggeri	var. % anno precedente	passeggeri	var. % anno precedente
2019	212.409.966		34.529.012		71.256.398		1.588.731	
2020	110.791.935	-47,8%	20.069.911	-41,9%	31.113.008	-56,3%	1.288.909	-18,9%
2021	105.355.860	-4,9%	23.471.445	16,9%	37.164.890	19,5%	1.473.752	14,3%
2022	134.022.704	27,2%	30.406.823	29,5%	54.299.369	46,1%	1.528.637	3,7%
2023	159.679.126	19,1%	35.041.611	15,2%	64.705.844	19,2%	1.608.884	5,2%
Variazione % 2019-2023	-24,8%		1,5%		-9,2%		1,3%	

#### • Inquinamento

La tematica del degrado ambientale lungo la SGC FI-PI-LI include sia l'abbandono di rifiuti che l'elevato inquinamento acustico e atmosferico.

Nel dibattito pubblico locale, cittadini e comitati segnalano spesso la presenza di rifiuti abbandonati nei margini della strada, soprattutto nelle piazze di sosta. Si tratta di una pratica illegale in costante ascesa che trae origine nell'evoluzione del sistema di gestione dei rifiuti urbani e speciali e, in particolare, nei crescenti oneri e responsabilità in capo al produttore dei rifiuti. Per contrastare il degrado connesso a questi comportamenti scorretti, le richieste più ricorrenti che coinvolgono interventi sulla SGC FI-PI-LI riguardano l'installazione di telecamere di sorveglianza nelle aree di sosta al fine di applicare sanzioni ai responsabili dell'abbandono dei rifiuti.

Fra le categorie professionali maggiormente colpite da questa situazione ci sono quelle che lavorano a stretto contatto con i turisti, dai tour operator ai gestori dei servizi di noleggio veicoli con conducente, che rivelano gli effetti negativi sui turisti derivanti dalla percezione di degrado osservato durante il traporto tra poli turistici di rilevanza internazionale come quelli presenti nel territorio pisano e fiorentino. Un'altra tematica ricorrente nelle segnalazioni dei cittadini riguarda



l'elevato inquinamento acustico prodotto dai flussi di traffico, aspetto generalmente considerato più critico delle altre forme di inquinamento indotto dal transito dei veicoli, in primis di quello sulla qualità dell'aria. Considerata anche la natura puntuale delle aree a maggiore criticità, determinate dalla dislocazione dei soggetti ricettori dell'inquinamento acustico, la Regione Toscana ha già provveduto ad avviare numerosi interventi infrastrutturali per affrontare questo problema, installando barriere antirumore lungo i tratti più prossimi a target sensibili, con l'obiettivo di ridurre il disturbo per il più ampio numero di residenti nelle aree limitrofe (Regione Toscana, 2024).

### **SISTEMA TRANVIARIO DI AREA VASTA LIVORNO-PISA-LUCCA E AREE METROPOLITANE: lo studio di MM S.p.A. (2024) per il Comune di Livorno**

Negli ultimi anni, la direttrice che unisce Livorno, Pisa e Lucca è diventata uno dei simboli delle sfide e delle opportunità della Toscana: una regione che cresce, che accoglie milioni di visitatori e che ogni giorno vede muoversi migliaia di persone per studio, lavoro, turismo. In questo contesto, il Comune di Livorno ha scelto di affidare a Metropolitana Milano S.p.A. la realizzazione dello studio di fattibilità di un sistema tranviario di area vasta capace di ripensare in profondità la mobilità tra le tre città.

La domanda che ha guidato il lavoro è la seguente: come costruire un sistema di trasporto pubblico che colleghi davvero, e non solo idealmente, tre città con vocazioni diverse ma profondamente interdipendenti? Lo studio prova a rispondere mettendo al centro non solo la tecnologia, ma le persone e i luoghi. Il Porto di Livorno, porta commerciale internazionale; l'aeroporto di Pisa, uno dei principali scali turistici italiani; la Piazza dei Miracoli, il centro storico di Lucca, le Fortezze e il Quartiere La Venezia di Livorno, gemme turistiche: tutti punti nevralgici che oggi vivono in relazione fra loro, ma non ancora attraverso un sistema di mobilità continuo, riconoscibile e affidabile. Lo studio ha quindi valutato la potenziale introduzione di una metropolitana di superficie, confrontandone costi e benefici rispetto al potenziamento dell'attuale infrastruttura ferroviaria.

Da qui nasce una visione chiara: favorire un cambio di paradigma, spostando progressivamente la mobilità dell'area vasta verso un sistema di trasporti pubblici più forte, frequente e attrattivo, capace di ridurre l'uso e il numero delle auto private, con benefici ambientali, energetici e di qualità della vita. Un obiettivo perfettamente allineato con le strategie regionali: proteggere il territorio, limitare il consumo di suolo e mantenere intatta la capacità attrattiva dei suoi paesaggi e delle sue città.

#### **• Gestione emergenze**

La gestione delle situazioni di emergenza lungo la rete viaria rappresenta un altro ambito di criticità sul quale è rilevata una diffusa percezione di una gestione non sempre sufficientemente puntuale ed efficiente.

Un esempio rappresentativo può essere identificato nella gestione delle alluvioni che hanno colpito la Toscana a metà marzo 2025. In quell'occasione, nonostante la pronta attivazione di alcuni mezzi di soccorso, alcuni veicoli sono rimasti bloccati in zone allagate, evidenziando



margini di miglioramento nella tempestività della comunicazione dell'inagibilità dell'infrastruttura. Al fianco di ciò, è necessario sottolineare come questo evento abbia evidenziato anche lacune in termini di adattamento dell'infrastruttura agli eventi atmosferici estremi. L'allagamento (Figura 3), infatti, ha determinato la chiusura della circolazione in entrambi i sensi di marcia per tre giorni consecutivi, con gravi disagi per la mobilità regionale.

*Figura 3: Allagamento SGC FI-PI-LI marzo 2025*



### *I principali stakeholder territoriali individuati*

Al fine di caratterizzare i principali soggetti della domanda di interventi sull'arteria stradale, sono stati individuati gli stakeholder di riferimento per la gestione della mobilità nel più ampio contesto del territorio interessato dalla SGC FI-PI-LI, ossia quello relativo all'infrastruttura stessa ma anche ai principali centri che essa serve. I criteri per l'identificazione dei soggetti di interesse sono stati la capacità di operare interventi e/o promuovere politiche sul territorio che impattano in maniera diretta o indiretta sulla mobilità lungo la SGC FI-PI-LI, e la contribuzione alla domanda generale di trasporto del territorio. Gli stakeholder individuati sono i seguenti:

- Pubbliche amministrazioni:
  - Regione Toscana;
  - Sindaci e rappresentanti dei comuni interessati dalla viabilità SGC FI-PI-LI nell'area del Valdarno pisano: Pisa, Pontedera, San Miniato, Cascina, Montopoli;
  - Università del territorio: Università di Pisa e Scuola Superiore Sant'Anna;
- Aziende a partecipazione pubblica:
  - Rete Ferroviaria Italiana per la gestione del trasporto pubblico su rotaia toscano;
  - Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana quale polo di generazione di domanda di mobilità, dato l'elevato numero di dipendenti;
- Aziende private:
  - Autolinee Toscane per la gestione del trasporto pubblico su gomma toscano;



- Unicoop Firenze quale polo di generazione di domanda di mobilità, dato l'elevato numero di dipendenti nelle diverse sedi territoriali;
- Piaggio & C. quale polo di generazione di domanda di mobilità, dato l'elevato numero di dipendenti;
- Associazioni di categoria:
  - Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa (CNA) quale rappresentante degli autotrasportatori;
  - Consorzio Conciatori quale rappresentante del distretto conciario toscano;
  - Unione Industriale Pisana quale rappresentante della piccola-media impresa sul territorio.

Per ciascuno di questi stakeholder si è cercato di identificare un key informant, ossia un referente interno che conosca gli orientamenti della propria organizzazione e che, quindi, sia ragionevolmente in grado di rappresentarne le istanze e posizioni tenute sui temi caldi del dibattito. L'inclusione o meno di un portatore di interesse è quindi inevitabilmente dipeso anche dalla effettiva possibilità di identificare e incontrare la disponibilità di tale soggetto.

### Sfide e macro-trend globali nel settore della mobilità

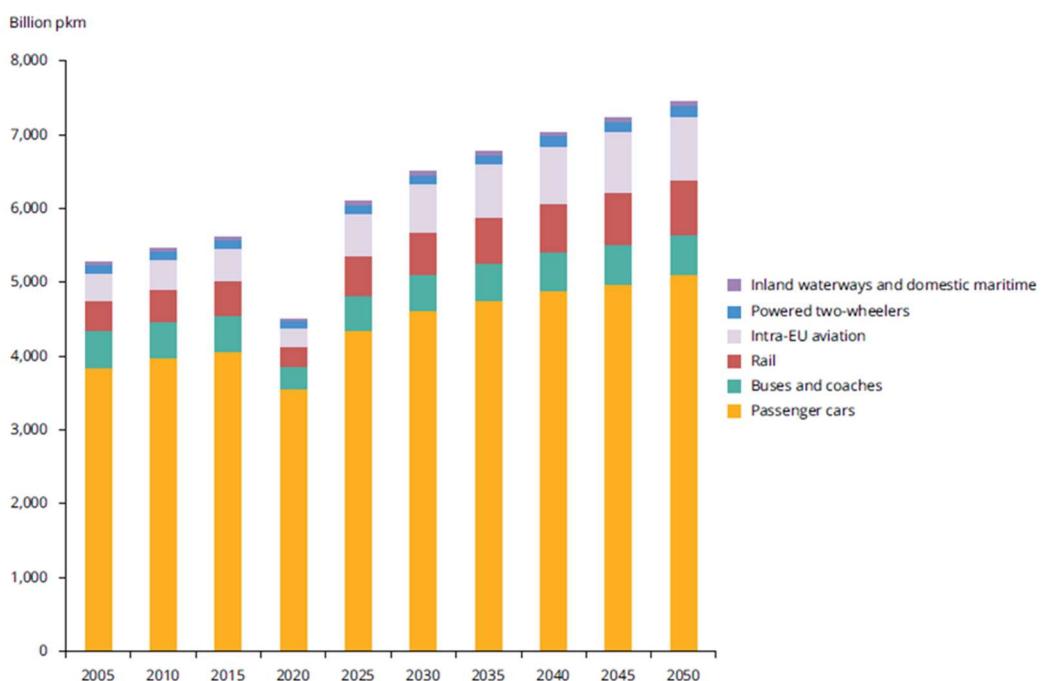
Prima di analizzare la progettualità potenziale per la risoluzione delle problematiche nel territorio pisano servito dalla SGC FI-PI-LI sopra tratteggiate, si è deciso di informare la costruzione degli scenari di intervento anche attraverso una rassegna delle principali evidenze emergenti dalla letteratura grigia e scientifica di settore.

A livello europeo, circa il 90% della domanda di trasporto si concentra sulla rete terrestre, e di questa una quota pari al 79,5% è soddisfatta da mezzi leggeri privati. Questo dato evidenzia la centralità attuale delle infrastrutture viarie e dell'utilizzo dei mezzi su gomma nel sistema dei trasporti. Per altro, come illustrato in Figura 4, le proiezioni indicano una crescita significativa della domanda di trasporto nei Paesi europei nei prossimi decenni.

In questo quadro, è però utile sottolineare come il trasporto ferroviario sia destinato ad aumentare del 13% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2015, e del 27,4% entro il 2050. Con ciò, sebbene anche il trasporto leggero privato sia previsto in aumento in termini assoluti, è verosimile che la sua quota relativa sul totale della domanda possa rimanere sostanzialmente stabile, attestandosi al 78,1% nel 2050 (rispetto al 79,5% attuale). Essendo questa modesta riduzione della quota relativa dei veicoli privati assorbita quasi interamente dalla crescita del trasporto su rotaia, che si prevede possa passare dall'attuale 7,8% all'11,3% nel 2050, è possibile prevedere che la modernizzazione dei sistemi di trasporto a livello territoriale debbano prevedere crescenti investimenti per il rafforzamento del ruolo delle infrastrutture ferroviarie nella mobilità europea del futuro (EUCRA, 2022). Nondimeno, appare evidente come uno scenario di significativa disaffezione verso l'uso dell'automobile non appaia centrale neppure su orizzonti di pianificazione di medio termine.



Figura 4: Volumi di traffico passeggeri in Unione Europea per modalità. Fonte: EUCRA (2022)



È altresì importante sottolineare come i dati rappresentati la situazione media europea non abbiano la medesima validità se proiettati in ogni territorio. Proprio in tal senso, è utile sottolineare come il contesto italiano mostri alcune specificità rilevanti, connesse in particolare alla sua conformazione. Anche per quanto riguarda la mobilità privata l'Italia presenta alcune peculiarità legate all'essere caratterizzata da una delle più alte densità di veicoli circolanti tra i Paesi europei (Tabella 2). Ciò si lega a fattori socio-culturali che fanno presagire il fatto che una riduzione marginale dei veicoli privati potrebbe essere minore nel contesto Italiano rispetto a quanto potrebbe avvenire in altri ambiti europei con una simile densità abitativa (Regione Toscana, 2024).

Tabella 2: Densità di circolazione delle autovetture nei paesi europei. Fonte: Regione Toscana (2024)

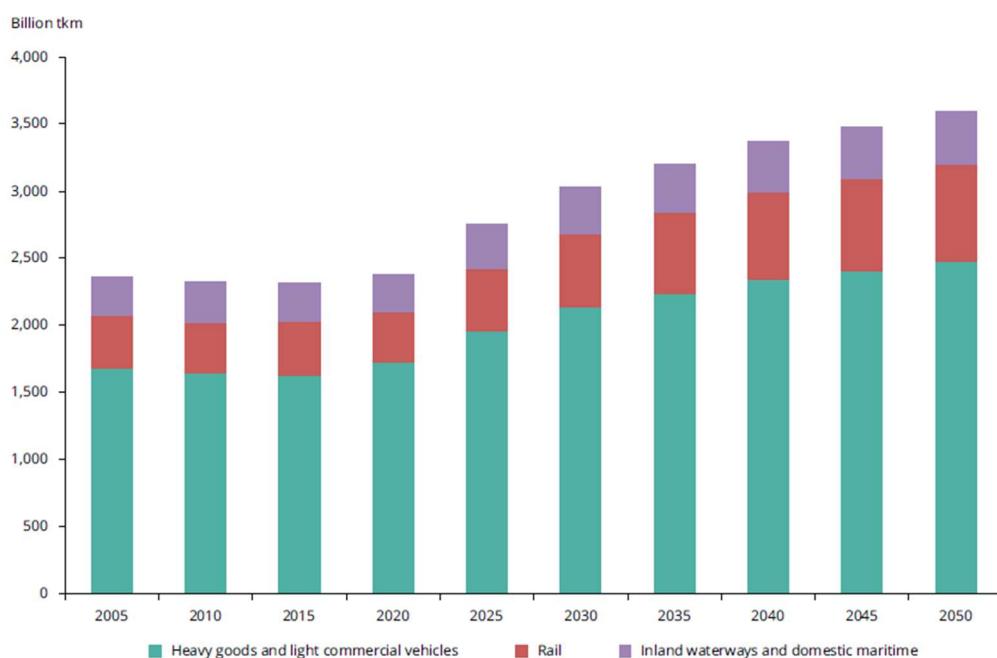
	N. autovetture per 1000 ab. 2018	N. autovetture per 1000 ab. 2022	Var. % annua
Francia	570	572	0,1
Germania	569	586	0,7
Italia	645	681	1,4
Regno Unito	526	549	1,1
Spagna	526	541	0,7
UNIONE EUROPEA	545	574	1,3

Interconnesso con quelli riguardanti i trasporti passeggeri, interessanti trend sono attesi anche per quel che riguarda il trasporto merci. Anche questi, infatti, sono destinati a crescere in modo



rilevante nei prossimi decenni. Le stime indicano un incremento molto significativo, pari al 31% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2015, e al 55% entro il 2050, sempre in confronto allo stesso anno di riferimento. Particolarmente utile è sottolineare che, anche in questo contesto, il trasporto ferroviario merci è previsto in espansione, anche se la sua quota sulla domanda totale aumenterà di soli 3 punti percentuali entro il 2050 rispetto al 2015 (Figura 5).

*Figura 5: Volumi di traffico per trasporto merci in Unione Europea diviso per modalità. Fonte: EUCRA (2022)*

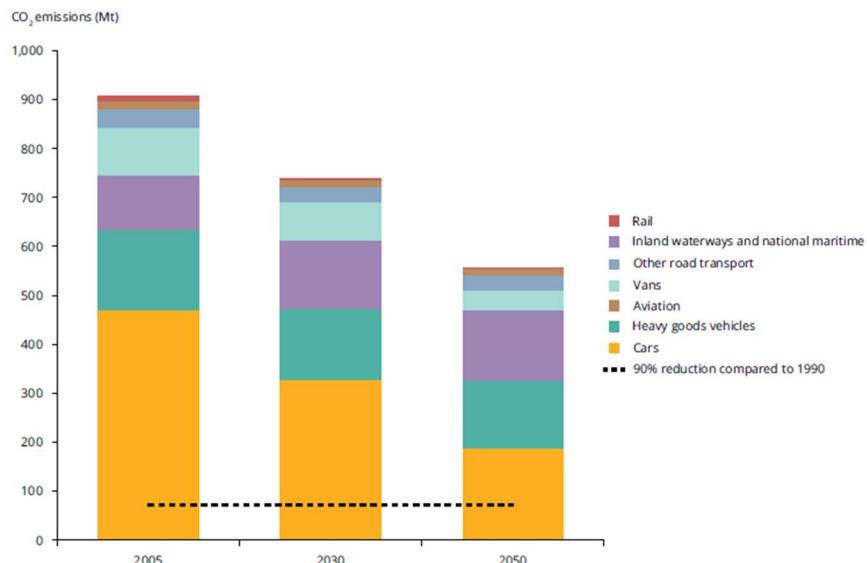


Questi dati sono particolarmente utili se letti considerando che, a livello europeo, il settore dei trasporti rappresenta uno dei compatti a maggiore impatto ambientale, principalmente a causa della sua profonda dipendenza dai combustibili fossili. Nel 2019, il settore era responsabile del 29,5% delle emissioni totali di gas serra. Se si confrontano i dati tra il 1990 e il 2019, si osserva che le emissioni complessive europee si sono ridotte del 24%, mentre quelle del solo settore trasporti sono aumentate del 33%. Nonostante questa tendenza negativa, le proiezioni indicano una diminuzione degli impatti ambientali del settore dopo il 2030, con una riduzione stimata del 22% delle emissioni entro il 2050. Tuttavia, questo calo rimane insufficiente per centrare gli obiettivi di decarbonizzazione stabiliti nel Green Deal europeo, che mira a una riduzione del 90% delle emissioni del settore trasporti entro il 2050 (Figura 6).

Dal complesso dei dati sopra esposti, non è possibile quindi derivare una traiettoria dominante di frattura con il passato sotto il profilo infrastrutturale e tecnologico, rendendo più plausibile lo sviluppo di un articolato quadro di innovazioni incrementalni da innestare nello status-quo.



Figura 6: Emissioni totali settore trasporti in Unione Europea per modalità. Fonte: EUCRA (2022)



Con ciò, le proiezioni sopraccitate dipenderanno dal grado di avanzamento tecnologico sia del settore stesso, nelle sue diverse articolazioni, sia della società nel suo complesso. Seppure tale prospettiva presenti ampi margini di incertezza per gli investitori, il settore non è privo di ambiti sui quali vi è ampia convergenza di opinioni a favore della loro crescente importanza strategica. Fra questi, particolare attenzione è posta al tema della digitalizzazione, aspetto chiave capace di condizionare trasversalmente l'efficacia di tutte le potenziali evoluzioni sopra citate dal momento che la maggior parte delle opzioni trasportistiche sarà strettamente legata alla loro integrazione con la transizione digitale.

Nel complesso, dunque, è possibile affermare che i due macro-trend destinati ad essere più rilevanti nel settore mobilità siano quelli relativi alla digitalizzazione e alle tecnologie per l'utilizzo di energie alternative ai combustibili fossili (EUCRA, 2022; Jeyaseelan et al., 2022). Le opzioni trasportistiche che più rapidamente ed efficacemente sapranno cogliere queste due sfide saranno quelle avranno una crescita marginale maggiore rispetto allo status quo.

### Digitalizzazione del settore trasporti

La digitalizzazione può influenzare in modo significativo la domanda di trasporto, riducendo la necessità di spostamenti fisici attraverso soluzioni di “mobilità virtuale”, incidendo significativamente sulle attuali value chain e i relativi business model.

Impatti indiretti della digitalizzazione sulla mobilità sono stati osservati in termini di modifica della domanda di trasporto a seguito dell'introduzione di cambiamenti comportamentali connessi allo smart working, alle videochiamate, all'e-learning, alla telemedicina e, più in generale, a tutti quei servizi digitali che permettono di accedere a beni e servizi senza doversi muovere fisicamente (EUCRA, 2022). Al fianco di ciò, è sempre più riconosciuto che la digitalizzazione può apportare profondi cambiamenti anche dal lato dell'offerta di servizi di mobilità. Grazie alla digitalizzazione, infatti, i servizi di trasporto pubblico possono diventare più



accessibili, efficienti e attrattivi grazie a strumenti che facilitano la prenotazione dei biglietti, l'accesso a informazioni in tempo reale, l'integrazione di diversi mezzi in un'unica piattaforma multimodale e la gestione intelligente della logistica. Queste innovazioni migliorano l'esperienza dell'utente e favoriscono una maggiore adozione di mezzi di trasporto sostenibili (EUCRA, 2022).

Un ulteriore ambito nel quale sono attesi importanti sviluppi in termini di integrazione dei sistemi digitali nella mobilità è rappresentato dai veicoli privati, in cui la digitalizzazione apre prospettive rivoluzionarie, come quella della guida autonoma. I veicoli autonomi, grazie alla comunicazione costante con l'infrastruttura stradale e con altri veicoli, potranno contribuire a ridurre i congesti, migliorare la sicurezza e ottimizzare l'uso della rete stradale esistente, cambiando radicalmente l'esperienza di viaggio. Unitamente al fatto che una quota sempre maggiore dei flussi di traffico sarà costituita da veicoli alimentati elettricamente o tramite celle a combustibile a idrogeno, che sono le principali alternative sulle quali si pone per l'abbattimento dell'impatto ambientale diretto di questa modalità di trasporto, a cambiare non saranno soltanto le tecnologie integrate a bordo ma, necessariamente, anche quelle a terra e l'infrastrutturazione del territorio nel suo complesso.

Con ciò, l'evoluzione tecnologica nel settore della mobilità porterà con sé numerose opportunità, ma anche alcune sfide rilevanti, tra cui:

*Impatto ambientale delle nuove tecnologie:*

Lo sviluppo e l'utilizzo di tecnologie digitali nel settore dei trasporti, unitamente alla crescita dei volumi di domanda, richiederanno un crescente consumo energetico. Se il sistema elettrico non sarà adeguatamente decarbonizzato, si rischia semplicemente di spostare le emissioni dall'utente finale al produttore di energia, senza ottenere un reale beneficio ambientale. Inoltre, la produzione e diffusione su larga scala di queste tecnologie comporterà un uso intensivo di materie prime critiche, con potenziali impatti sul loro esaurimento e sull'ambiente in generale.

*Divario digitale e inclusività:*

Attualmente, solo il 54% dei cittadini europei possiede competenze digitali di base. Una digitalizzazione pervasiva del settore della mobilità potrebbe quindi escludere una parte significativa della popolazione, in particolare coloro che vivono in aree marginali o periurbane, dove la familiarità con strumenti digitali è spesso minore. Ciò solleva importanti questioni di equità e accessibilità.

*Privacy e cybersicurezza:*

Per offrire servizi di mobilità più personalizzati ed efficienti, i fornitori dovranno raccogliere grandi quantità di dati personali sugli utenti. Questa profilazione, se non gestita con trasparenza e adeguate garanzie, potrebbe ridurre l'accettabilità sociale dei nuovi servizi, minando la partecipazione. Inoltre, la concentrazione di dati sensibili comporta seri rischi legati alla cybersicurezza, aumentando la vulnerabilità a possibili attacchi informatici.

*Rischi economici e occupazionali:*



Dal punto di vista economico, vi è il rischio che lo sviluppo di queste tecnologie sia dominato da un numero ristretto di grandi aziende private, con effetti negativi sulla concorrenza e sull'efficienza del mercato. Elettrificazione dei veicoli e digitalizzazione hanno infatti a comune la caratteristica di vedere ad esse sottese filiere più corte e concentrate rispetto alle alternative tecnologiche tradizionali. Anche per questo, ad esempio, la diffusione di veicoli elettrici a guida autonoma potrebbe comportare la perdita di posti di lavoro in aree geografiche tradizionalmente presenti nel settore automotive e in determinati segmenti del settore dei trasporti, rendendo necessario un forte investimento nella riqualificazione professionale e nello sviluppo di nuove competenze per i lavoratori esclusi.

Queste sfide a livello sistematico dovranno fare necessariamente da cornice ad ogni intervento di pianificazione territoriale che ambisca a ridisegnare il futuro dei trasporti nella regione di competenza. Nelle pagine che seguono, sono brevemente analizzati i principali aspetti che dovranno essere presi in considerazione in tale prospettiva.

### *Tecnologie alternative per la riduzione dell'impatto ambientale dei trasporti*

#### **Elettrificazione**

Il passaggio all'elettrico sta ridefinendo profondamente sia la mobilità privata sia quella pubblica, ma comporta al contempo una serie di trasformazioni strutturali e ostacoli da superare.

In primo luogo, la tecnologia elettrica si è affermata come l'alternativa più matura e competitiva tra le soluzioni a basso impatto ambientale. Essa si articola principalmente in due famiglie: i veicoli totalmente elettrici a batteria (BEV) e gli ibridi plug-in (PHEV). I BEV, grazie al funzionamento esclusivamente elettrico, rappresentano la via maestra per abbattere le emissioni di CO<sub>2</sub> in ambito urbano ed extraurbano. Per questo motivo sono sostenuti da politiche restrittive verso i motori termici (ad esempio il divieto europeo di vendita di veicoli a combustione interna dal 2035) e da massicci investimenti in ricerca e sviluppo da parte delle case automobilistiche. Al contrario, i PHEV sono considerati soluzioni intermedie: pur riducendo l'impronta emissiva rispetto alle auto tradizionali, non eliminano completamente il ricorso ai carburanti fossili e offrono benefici ambientali più contenuti.

Dopo aver superato i 14 milioni di veicoli elettrici venduti nel 2023, nel 2024 le vendite globali di auto elettriche si sono avvicinate ai 17 milioni, ossia oltre il 20 % delle immatricolazioni totali, con quote di mercato fino al 45 % in Cina, al 25 % in Europa e all'11 % negli Stati Uniti (IEA, 2024a). Nel medio-lungo termine, oltre 20 case automobilistiche, rappresentative del 90 % delle vendite mondiali, hanno fissato target di elettrificazione che, messi insieme, arrivano a oltre 40 milioni di auto elettriche all'anno entro il 2030, ed entro il 2035 metà delle auto vendute a livello mondiale potrebbero essere elettriche, evitando circa 10 milioni di barili al giorno di domanda di petrolio (rispetto ai livelli attuali) e circa 6 mbd già al 2030 (IEA, 2024a).



Nonostante queste prospettive di crescita, vi sono varie sfide che la transizione alla mobilità elettrica deve affrontare e che possono condizionare le decisioni in termini di investimento per lo sviluppo infrastrutturale del territorio:

#### *Emissioni indirette ed integrazione con la transizione energetica*

L'efficacia ambientale di un veicolo elettrico dipende dal mix energetico con cui viene prodotta l'elettricità con cui è alimentato. Un sistema ancora basato sui combustibili fossili, unitamente a dominanti comportamentali subottimali (es. l'acquisto di veicoli per la percorrenza di bassi range chilometrici annuali), rischia di vanificare gran parte dei benefici dei BEV, per cui la trasformazione del settore dei trasporti dev'essere accompagnata da un'accelerazione della transizione energetica verso le rinnovabili e verso la promozione di modalità efficienti di accesso ai mezzi per la mobilità privata.

#### *Infrastrutture di ricarica*

A fine 2023 il numero di punti di ricarica pubblici è cresciuto del 40 % annuo, con performance migliori per le colonnine veloci (IEA, 2024a). Tuttavia, sul piano dell'esperienza utente, l'ansia da autonomia (*range anxiety*) e la distribuzione disomogenea dei punti di ricarica rallentano ancora significativamente l'adozione di massa dei BEV. Anche il potenziamento dei caricabatterie per bus e mezzi pesanti, che richiederà un aumento di oltre venti volte della capacità di ricarica dedicata, pone questioni di pianificazione delle reti elettriche e di gestione dei picchi di domanda (IEA, 2024a).

#### *Costo dei veicoli elettrici*

Un ulteriore ostacolo al rinnovamento del parco veicoli circolante è rappresentato dal costo elevato dei veicoli elettrici e a più elevata digitalizzazione, determinato in larga parte dal prezzo delle batterie, che incide per il 30–40% sul valore complessivo dell'auto. Gran parte della crescita nelle immatricolazioni di BEV e PHEV è stata stimolata da incentivi fiscali e agevolazioni all'acquisto, la cui riduzione futura mette in dubbio la sostenibilità di tale trend una volta esaurite le misure di supporto. Tuttavia, il prezzo delle batterie è diminuito del 14 % tra il 2022 e il 2023, grazie al calo del costo delle materie prime e all'adozione di tecnologie come il litioferrofosfato, che rappresenta ormai oltre il 40 % della capacità installata (IEA, 2024a). Nonostante ciò, in Europa e negli Stati Uniti i veicoli elettrici restano mediamente dal 10 % al 50 % più costosi dei corrispondenti a combustione interna.

#### *Dipendenza manifatturiera e di filiera*

Sul piano geopolitico e industriale, la filiera delle batterie è dominata dai Paesi asiatici, in particolare dalla Cina, che nel 2022 contava 13,8 milioni di auto elettriche in circolazione, più della somma di Europa (7,8 milioni) e Stati Uniti (3 milioni) (IEA, 2023). Questo squilibrio evidenzia la dipendenza europea dalle importazioni di materie prime e dalla capacità produttiva estera. Per colmare il divario, nel 2017 è nata la European Battery Alliance (EBA), un'iniziativa volta a creare in Europa un'intera catena del valore delle batterie, dalla garanzia di approvvigionamento delle materie prime fino alla produzione di celle e ai processi di riciclo.



Tuttavia, ad inizio 2025, il principale produttore europea di batterie, Northvolt, ha dichiarato fallimento mostrando le criticità della filiera europea dei veicoli elettrici. Queste difficoltà si sommano a quelle incontrate dai principali gruppi automotive continentali, che devono affrontare la progressiva perdita di competitività dei prodotti tradizionali e i lunghi tempi di conversione verso nuove piattaforme elettriche e digitali.

### **Biocombustibili**

I biocarburanti rappresentano una delle principali alternative ai combustibili fossili nel settore dei trasporti, grazie alla loro origine rinnovabile e al potenziale di riduzione delle emissioni di gas serra. Le due categorie principali sono il bioetanolo, ottenuto dalla fermentazione di biomasse ricche di zuccheri o amidi (come mais, barbabietola e canna da zucchero), e il biodiesel, derivato dalla transesterificazione di oli vegetali o oli esausti (IEA, 2024b). Il bioetanolo è utilizzato principalmente come additivo nella benzina, mentre il biodiesel può sostituire direttamente il diesel convenzionale, rendendolo più versatile. I biocarburanti possono essere distinti anche in base alla generazione tecnologica (IEA, 2024b). Quelli di prima generazione, ottenuti da colture alimentari, sono economicamente maturi ma pongono rischi legati alla competizione con la produzione alimentare e alla pressione sugli ecosistemi (es. deforestazione e cambio d'uso del terreno). Per superare tali limiti, sono in sviluppo biocarburanti avanzati: quelli di seconda generazione utilizzano biomassa non edibile (residui agricoli, scarti forestali), mentre quelli di terza utilizzano alghe a crescita rapida, limitando il consumo di suolo. Infine, i biocarburanti di quarta generazione impiegano organismi geneticamente modificati, con l'obiettivo di aumentare i rendimenti e ottenere processi carbon-negative (Rai et al., 2022).

Secondo un report dell'International Energy Agency (2024b), nel 2022 la domanda globale di biocombustibili ha raggiunto i 170 miliardi di litri e si prevede una crescita del 23% entro il 2028, trainata soprattutto da economie emergenti come Brasile, India, Indonesia e Malesia, che hanno implementato politiche ambiziose e programmi di incentivazione, oltre ad avere grandi disponibilità di biomasse in loco. L'Unione Europea, invece, registra una domanda prospettica più limitata di biocarburanti, in quanto gli sforzi per la decarbonizzazione del settore trasporti si stanno concentrando principalmente sull'elettrificazione.

A livello produttivo, l'UE si posiziona come leader mondiale del biodiesel con 13,7 milioni di tonnellate nel 2022, pari al 25% della produzione globale (EEA, 2023). Tuttavia, nonostante questi progressi, la produzione di biocarburanti, procedendo di questo passo, coprirà solamente tra il 15% e il 40% della crescita necessaria per centrare lo scenario Net-Zero al 2050 (IEA, 2024b).

A dispetto del potenziale dei biocarburanti nel contribuire alla decarbonizzazione del settore dei trasporti, il loro sviluppo su larga scala è ostacolato da diverse barriere:

#### *Concorrenza con la produzione alimentare e uso di suolo*

I biocarburanti di prima generazione utilizzano colture agricole edibili come mais e soia, generando competizione con la produzione alimentare. Questo può portare all'aumento dei



prezzi dei beni alimentari e a potenziali squilibri nei mercati globali, sollevando interrogativi sulla sostenibilità sociale di queste soluzioni. Un ragionamento similare vale per i carburanti di seconda generazione, se la produzione di biomassa è solamente per la produzione di biocarburanti il consumo di suolo può risultare problematico (IEA, 2024b).

#### *Elevata intensità energetica e costi*

La produzione di biocarburanti avanzati, in particolare di terza e quarta generazione, richiede processi tecnologici complessi e ad alta intensità energetica. Ciò si traduce in costi elevati e ridotti benefici ambientali che ne compromettono la competitività rispetto ai combustibili fossili (IEA, 2024b).

#### *Sfide infrastrutturali*

La filiera dei biocarburanti richiede infrastrutture dedicate per la raccolta, il trasporto, la trasformazione e la distribuzione delle biomasse. In molti contesti, queste strutture risultano ancora insufficienti o inadeguate, rallentando l'integrazione dei biocarburanti nei sistemi di trasporto esistenti.

Se, da un lato, i biocarburanti offrono vantaggi relativi al perseguitamento di rilevanti obiettivi di decarbonizzazione a sistema distributivo e tecnologia motoristica a bordo invarianti, oggi non appaiono ancora in grado di offrire una alternativa dominante rispetto alla elettrificazione del parco veicolare.

#### **E-fuels e idrogeno verde**

Gli e-fuels sono carburanti sintetici prodotti trasformando energia elettrica in vettori energetici, come l'idrogeno ottenuto tramite elettrolisi, un processo che scomponete l'acqua in ossigeno e idrogeno, e successivamente combinandolo con molecole di carbonio, come ad esempio l'anidride carbonica (Boretti, 2025). L'impatto ambientale dell'idrogeno e degli e-fuels dipende dal mix energetico utilizzato per la sua produzione. Non a caso, si parla di idrogeno verde quando l'energia impiegata proviene da fonti rinnovabili. Per ottenere un e-fuel, l'idrogeno verde viene successivamente combinato con molecole di carbonio, generalmente sotto forma di anidride carbonica, tramite processi chimici di sintesi (Roberto et al., 2025; Boretti, 2025). Il prodotto finale può assumere la forma di e-diesel, e-metanolo o e-kerosene, a seconda della composizione. Se la CO<sub>2</sub> utilizzata proviene da tecnologie di cattura del carbonio (Carbon Capture), e il combustibile viene poi bruciato, il sistema nel suo complesso può risultare a zero emissioni nette, in quanto la CO<sub>2</sub> emessa è la stessa precedentemente rimossa dall'atmosfera (d'Amore et al., 2023). La scelta di puntare sull'idrogeno, sull'e-diesel, o su altri e-fuels dipende dalla volontà di preservare o meno gli investimenti nell'attuale rete di distribuzione e servire o meno mezzi di trasporto che utilizzano un motore a combustione interna tradizionale. In alcuni casi, infatti, potrebbero non essere necessarie modifiche sostanziali da parte degli utilizzatori finali o delle infrastrutture esistenti.

Sebbene l'idrogeno non sia classificato come un e-fuel, ma come un vettore energetico, può essere comunque utilizzato direttamente nel settore dei trasporti. Le automobili alimentate a



idrogeno costituiscono una tecnologia meno matura rispetto ai veicoli elettrici a batteria, ma potrebbero assumere un ruolo rilevante in prospettiva futura, con alcuni studi che ne evidenziano la potenziale competitività al 2050 (Ajanovic & Haas, 2018). Nella maggior parte dei casi, con il termine "auto a idrogeno" si fa riferimento a veicoli elettrici dotati di celle a combustibile (Fuel Cell Electric Vehicles) (Pramuanjaroenkij & Kakaç, 2023; Olabi et al., 2023). In questi veicoli, l'energia cinetica è generata da un motore elettrico, ma la batteria non viene ricaricata attraverso la rete elettrica. Essa riceve energia dalla cella a combustibile, che produce elettricità tramite una reazione elettrochimica tra idrogeno e ossigeno (un processo simile all'elettrolisi, ma in senso inverso). Il solo prodotto di scarto è acqua ( $H_2O$ ), il che rende il processo privo di emissioni dirette di gas serra durante la fase di utilizzo (Pramuanjaroenkij & Kakaç, 2023; Olabi et al., 2023). Tanto dal punto di vista motoristico che infrastrutturale, la mobilità ad idrogeno necessita di significative trasformazioni rispetto allo status quo, il che rende questa opzione non particolarmente attraente per un ampio numero di investitori.

Sia gli e-fuels che l'idrogeno verde destinato all'uso diretto presentano barriere simili legate alla scarsa maturità e diffusione di tali tecnologie: costi di produzione elevati, efficienza energetica limitata e carenze infrastrutturali. In entrambi i casi, l'elettrolisi dell'acqua richiede molta energia rinnovabile, ma restituisce un rendimento relativamente basso. Gli e-fuels, oltre a questo, necessitano di processi complessi per la cattura e sintesi della  $CO_2$ , con un'efficienza finale ancora inferiore rispetto all'idrogeno diretto. Quest'ultimo, pur essendo più efficiente, richiede veicoli a celle a combustibile ancora molto costosi e una rete di distribuzione ad alta pressione quasi assente. In generale, l'impiego di queste tecnologie nel trasporto comporterebbe un consumo intensivo di energia rinnovabile, potenzialmente sottraendola ad altri usi prioritari nella transizione energetica o ad un uso diretto nei trasporti come precedentemente analizzato.

Nel complesso, dunque, nonostante i potenziali vantaggi relativi al perseguitamento di obiettivi di decarbonizzazione, anche queste soluzioni oggi non appaiono ancora in grado di offrire una alternativa dominante rispetto alla elettrificazione del parco veicolare.

Ai fini dello sviluppo delle sezioni seguenti, alla luce delle considerazioni sopra riportate, la costruzione di scenari trasportistici di medio-lungo orizzonte per il territorio del Valdarno inferiore nei quali inserire le principali configurazioni di intervento suggerite dalla letteratura e dai portatori di interesse intervistati si concentrerà sulle traiettorie tecnologiche che, ad oggi, appaiono più promettenti e, quindi, destinate ad avere una pressoché certa diffusione su larga scala.



## Lo scouting degli interventi potenziali

La metodologia attraverso cui è stato condotto lo studio ha previsto quale prima fase l’identificazione delle criticità della mobilità del territorio interessato dalla SGC FI-PI-LI, e dei potenziali interventi da realizzare per risolvere le criticità stesse.

L’azione di scouting sistematico delle singole azioni di potenziamento della SGC FI-PI-LI ha previsto il coinvolgimento di enti, esperti interdisciplinari e rappresentanti dei principali stakeholder dell’iniziativa per individuare, con un adeguato livello di dettaglio quali-quantitativo, le principali strategie e previsioni progettuali da sottoporre alle successive fasi di studio. Tale rilevazione si è svolta attraverso la conduzione da parte del gruppo di ricerca di interviste semi-strutturate faccia a faccia con figure apicali facenti parte delle organizzazioni sopracitate. Nel perimetro degli studi di carattere qualitativo, le interviste sono la metodologia più comune per la raccolta di informazioni, e la tecnica più impiegata nell’effettuazione dell’intervista è il cosiddetto approccio semi-strutturato (Kallio et al., 2016), che prevede la combinazione di un protocollo predeterminato composto da un set di domande aperte, con la possibilità da parte del ricercatore di interagire con l’intervistato e rimodulare il prosieguo dell’intervista sulla base delle risposte ricevute. Ciò conferisce sia flessibilità che coerenza con gli obiettivi, poiché il protocollo è inteso come una guida che lascia ampio spazio di interazione tra l’intervistatore e l’intervistato.

In questo studio, sono state raccolte informazioni riguardanti i seguenti ambiti:

- Generalità dell’intervistato e dell’organizzazione in cui opera;
- *Criticità rilevate*: principali problematiche e relative priorità percepite in riferimento alla mobilità del territorio locale;
- *Interventi realizzati*:
  - Per amministrazioni pubbliche: principali interventi realizzati, programmati o promossi direttamente sulla SGC FI-PI-LI e/o sulla mobilità locale in connessione ad essa;
  - Per aziende/associazioni di categoria: principali interventi realizzati, programmati o promossi per facilitare la mobilità dei dipendenti/associati sulla SGC FI-PI-LI e/o sulla mobilità locale in connessione ad essa;
- *Desiderata futuri*: interventi di potenziamento sulla SGC FI-PI-LI e/o sulla mobilità locale in connessione ad essa che l’intervistato desirerebbe veder implementati nel medio-lungo periodo, a prescindere dalla propria progettualità e dalla valutazione dei vincoli derivanti dall’attuale possibilità di accesso alle risorse.

Le interviste hanno avuto una durata compresa tra i 45 e i 90 minuti, concedendo ai ricercatori ampio spazio di approfondimento delle tematiche. Riguardo alla scelta del numero di casi e della varietà dei soggetti intervistati, è stato applicato il principio della saturazione delle informazioni: le interviste sono continue fin tanto che le risultanze diventavano ricorrenti, motivo che permette di supporre l’esaurimento delle informazioni importanti da condividere sull’argomento delle interviste. In particolare, tenuta conto anche la preventiva ricerca documentale compiuta



in back-office per raccogliere i primi dettagli di interesse, la saturazione è stata raggiunta indipendentemente per ciascuna organizzazione, data la sostanziale differenza nelle risultanze delle interviste a seconda del confronto con pubbliche amministrazioni piuttosto che aziende private o altro. In Tabella 3 si riporta un prospetto delle figure intervistate.

*Tabella 3: stakeholder intervistati nello studio*

Tipo di organizzazione	Nº intervistati
Pubblica amministrazione	7
Azienda a partecipazione pubblica	2
Azienda privata	2
Associazioni di categoria	3

Parallelamente allo scouting delle ipotesi di intervento proposte dagli stakeholder, è stata portata avanti anche un'analisi della letteratura scientifica di riferimento per comprendere quali sono le criticità più comunemente affrontate in questo ambito e, quindi, quali sono gli interventi suggeriti in ambito scientifico, così da unire le risultanze specifiche del contesto locale con quanto riconosciuto di interesse più generale. Attraverso un processo di snowballing, gli ambiti in cui è stato portato avanti un approfondimento scientifico sono i seguenti:

- Analisi del ciclo di vita (LCA) degli interventi e delle configurazioni di mobilità, sia prendendo in considerazione la domanda di trasporto del territorio che comparando le singole modalità di trasporto (privato vs. pubblico), con particolare riferimento ai seguenti sottoambiti:
  - Impatti ambientali della domanda/offerta di trasporto del territorio;
  - Comparazione delle singole modalità di trasporto (auto privata, mezzi collettivi, trasporto pubblico, trasporto ferroviario, etc.);
  - Fasi del ciclo di vita alle quali si associano le maggiori criticità in termini di performance ambientali della specifica modalità di trasporto;
  - Inquinamento legato alle strade di grande comunicazione.
- Effetto del potenziamento della capacità stradale e paradosso di Braess;
- Determinanti comportamentali degli utenti con riferimento a:
  - Determinanti comportamentali per la scelta di un determinato mezzo di trasporto (sia esso pubblico o privato);
  - Barriere comportamentali per il passaggio da mezzo privato a mezzo pubblico.

Di seguito sono riassunte le evidenze emerse da questa fase di studio e ricerca.

**Interventi di mobilità in letteratura: aspetti ambientali, infrastrutturali e comportamentali**

#### *Il Life Cycle Assessment (LCA) di alternative di mobilità sostenibile*

L'analisi LCA dei sistemi di trasporto si configura come uno strumento essenziale per comprendere e confrontare gli impatti ambientali legati sia alla domanda/offerta di mobilità sia



alle diverse modalità di trasporto. Essa fornisce dati significativi per valutare il contributo alla mobilità sostenibile delle diverse modalità di trasporto. In ambito urbano e peri-urbano, tale approccio consente di valutare in maniera integrata le fasi di produzione, uso, manutenzione e smaltimento dei sistemi di trasporto, offrendo una visione completa degli effetti ambientali lungo l'intero ciclo esistenziale dei servizi di mobilità. Studi recenti evidenziano come, a livello di domanda/offerta, il passaggio da soluzioni tradizionali a modalità innovative – quali la micromobilità e il servizio di mobilità condivisa – possa indurre cambiamenti sostanziali nei flussi di spostamento, con ricadute ambientali sia positive che negative, a seconda delle scelte infrastrutturali e operative adottate (de Bortoli & Christoforou, 2020).

Nell'analisi comparativa delle singole modalità di trasporto, emergono notevoli differenze tra il trasporto privato, ferroviario e con autobus. Il trasporto su strada con veicoli privati mostra valori elevati di emissioni per chilometro, dovuti in gran parte alla bassa occupazione media e alla congestione del traffico. In contesti urbani e peri-urbani, il contributo al danno ambientale dei veicoli privati può arrivare a rappresentare fino al 90% dell'impatto del settore trasporti a livello territoriale, come evidenziato nel caso studio sull'area di Lione di François et al. (2021). Al contrario, il trasporto ferroviario, grazie alla sua capacità di trasportare grandi volumi di passeggeri con una migliore efficienza energetica, mostra prestazioni ambientali superiori con una riduzione significativa delle emissioni lungo l'intero ciclo di vita (Banar & Özdemir, 2015). A conferma, lo studio di Trevisan e Bordignon (2020) indica che, sebbene il settore ferroviario contribuisca solo in minima parte alle emissioni totali del trasporto (intorno al 2% in alcuni contesti europei), la modalità ferroviaria garantisce mediamente un risparmio di emissioni tra il 60% e il 70% rispetto ai trasporti privati su strada. Queste conclusioni derivano dalla comparazione di diversi studi LCA effettuati in contesti geografici diversi e considerando varie fasi del ciclo di vita dei mezzi di trasporto (costruzione, utilizzo e manutenzione sia del veicolo che dell'infrastruttura di supporto). Tipicamente, sia nei trasporti su strada che su rotaia, la fase emissivamente più significativa è la fase di utilizzo del veicolo, in cui vengono prodotte le emissioni allo scarico. Per i treni però, anche la costruzione dell'infrastruttura di supporto contribuisce significativamente, mentre per i veicoli è maggiormente significativa le emissioni legate alla fornitura di combustibile a monte dell'utilizzo (Trevisan & Bordignon, 2020). A completare il quadro, il lavoro di Chang et al. (2019) ha riportato che in Cina le emissioni medie dei treni ad alta velocità (LCA cradle-to-gate: considera costruzione e manutenzione dell'infrastruttura, oltre alla fase di utilizzo) si attestano intorno ai 50-60 gCO<sub>2</sub>-eq/km, una cifra inferiore del 10-60% rispetto alle modalità private su strada (elettrica e tradizionale), confermando il notevole vantaggio ambientale del trasporto ferroviario in termini di efficienza energetica. Tuttavia, gli autori evidenziano la sensitività al tasso di occupazione dell'efficienza emissiva della rotaia: quando esso è prossimo al 100% i benefici ambientali sono significativi, mentre il punto di break-even si attesta intorno al 50% di occupazione, implicando che per utilizzazioni inferiori diventa emissivamente più conveniente il mezzo privato.

Parallelamente, l'analisi comparativa degli autobus evidenzia differenze tra i sistemi a combustione interna e quelli elettrici. Lo studio di Cooney et al. (2013) ha riportato che, in fase di utilizzo, gli autobus diesel emettono mediamente 1.700 gCO<sub>2</sub>-eq/km, mentre gli autobus



elettrici registrano circa 1.500 gCO<sub>2</sub>-eq/km. Questi valori, tuttavia, sono fortemente dipendenti dal mix energetico regionale, il che implica che in aree in cui la rete elettrica è "pulita" l'adozione di autobus elettrici può tradursi in ulteriori riduzioni delle emissioni, mentre in contesti alimentati prevalentemente da fonti fossili i benefici possono essere meno evidenti. A supporto di tale osservazione, il lavoro di Leichter et al. (2021) ha progettato scenari politici in cui l'ottimizzazione della gestione e l'adozione di tecnologie a basse emissioni possono portare a riduzioni delle emissioni di CO<sub>2</sub> fino al 20% nel settore degli autobus, evidenziando il potenziale impatto delle politiche pubbliche.

Dal punto di vista del confronto tra trasporto pubblico e trasporto privato, l'LCA evidenzia chiaramente come i sistemi di trasporto pubblico, grazie alla maggiore efficienza operativa e alla capacità di trasportare un numero elevato di passeggeri per unità di tempo e spazio, offrano un profilo ambientale decisamente migliore rispetto al trasporto privato. Dal punto di vista della gestione operativa e informativa, per cogliere appieno questa opportunità, lo studio di Nesheli et al. (2017) ha dimostrato che l'adozione di tattiche di controllo in tempo reale nei sistemi di trasporto pubblico può condurre a una riduzione del Global Warming Potential (GWP) del 5,6% giornaliero, migliorando così l'efficienza del servizio e riducendo gli sprechi energetici.

Ma la dicotomia tra trasporto pubblico e privato non appare essere ineluttabile. L'approccio multimodale, integrato e incentrato sulla condivisione dei servizi, rappresenta un ulteriore passo verso la mobilità sostenibile. Lo studio di Ho e Tirachini (2024) evidenzia come l'integrazione di soluzioni di mobilità on-demand con il trasporto collettivo tradizionale possa generare una sinergia capace di bilanciare in modo efficace la domanda di spostamento con l'offerta di servizi più efficienti e a minor impatto ambientale. Secondo tale approccio, l'utilizzo combinato di veicoli condivisi, trasporto ferroviario e autobus, supportato da piattaforme digitali di gestione, consente di ottimizzare il percorso e l'occupazione dei mezzi, portando a una riduzione complessiva delle emissioni e a un miglioramento dell'efficienza operativa, mantenendo al contempo una elevata flessibilità funzionale.

Le risultanze di studi e dati LCA offrono indicazioni preziose per il futuro della mobilità sostenibile. La transizione verso sistemi di trasporto collettivo e multimodale, con una forte componente ferroviaria, risulta fondamentale per ridurre l'impatto ambientale complessivo dei trasporti. I vantaggi sono molteplici: riduzione delle emissioni per passeggero chilometro, incremento dell'efficienza operativa, diminuzione della congestione e ottimizzazione dell'uso delle infrastrutture. Questi benefici non sono puramente ambientali, ma incidono direttamente sulla qualità della vita nelle aree urbane e peri-urbane, contribuendo a creare ambienti più vivibili, con minori livelli di inquinamento e una migliore accessibilità ai servizi.

Investire in infrastrutture ferroviarie, in tecnologie per autobus a basse emissioni e in sistemi di controllo operativi e informativi nel trasporto pubblico rappresenta dunque una strategia vincente per promuovere un modello di mobilità orientato alla sostenibilità. Un sistema di trasporto ben integrato, in cui la diversificazione dei mezzi – dal trasporto privato al trasporto collettivo – è gestito in maniera coordinata, consente di ottenere benefici ad ampio raggio. Ad esempio, la combinazione della rete ferroviaria con il trasporto su autobus elettrici e



l'integrazione con soluzioni on-demand può tradursi in una riduzione globale delle emissioni che supera il 60% rispetto alla configurazione basata esclusivamente sul trasporto su strada (Trevisan & Bordignon, 2020; Leichter et al., 2021).

In questa prospettiva, gli investimenti sul sistema dei trasporti non dovrebbero concentrarsi su una singola modalità di viaggio, bensì sulle componenti soft necessarie per l'orchestrazione intermodale e sulle infrastrutture per lo scambio intermodale (es. parcheggi scambiatori, soste dei veicoli in sharing e stazioni intermodali, etc.).

In tal senso, un ulteriore aspetto rilevante riguarda l'impatto delle politiche di pianificazione territoriale e della gestione integrata dei sistemi di trasporto. La combinazione di strumenti digitali per il monitoraggio in tempo reale e piattaforme di gestione dei flussi di mobilità, come indicato da Nesheli et al. (2017) e da Ho e Tirachini (2024), non solo migliora l'efficienza del servizio, ma permette anche di adattare l'offerta in modo dinamico alle variazioni della domanda. Tale approccio, oltre a ottimizzare l'utilizzo delle risorse, favorisce una riduzione degli sprechi energetici e, in ultima analisi, contribuisce a contenere l'impatto ambientale complessivo. In questo scenario, la mobilità sostenibile emerge come un obiettivo strategico, in cui investimenti mirati in infrastrutture, innovazioni tecnologiche e politiche di incentivazione possono generare ritorni ambientali e sociali significativi.

In Tabella 4 è presentata una panoramica degli studi LCA analizzati più rilevanti. In conclusione, l'analisi LCA applicata ai sistemi di trasporto indica che in generale la transizione a modalità di trasporto pubbliche porta a risparmi di emissioni climalteranti grazie alla maggiore densità di persone trasportate da questi mezzi per chilometro percorso. In particolare, l'impiego di trasporto ferroviario garantisce riduzioni che si attestano intorno al 60-70% del GWP, e che sono ancor più significative in ambito urbano dove la multimodalità di differenti sistemi di trasporto pubblico e/o in sharing può garantire al contempo benefici ambientali e funzionali per l'utente risolvendo il problema del trasporto last-mile. In aggiunta, la combinazione di multimodalità e MaaS può portare a riduzioni quotidiane delle emissioni di gas serra del 5,6% in ambito urbano mediante tattiche di controllo real-time dei flussi, offrendo un supporto fondamentale per orientare le politiche di mobilità verso modelli più sostenibili. Al contempo, si evidenzia la sensitività di queste modalità di trasporto al tasso di occupazione dei mezzi di trasporto pubblico, dove uno degli studi analizzati (Chang et al., 2019) stima che il break-even point rispetto alla mobilità privata si stima intorno al 50% di occupazione: ciò significa che in contesti poco densamente popolati dove è difficile raggiungere aggregazione di domanda di trasporto, la transizione al trasporto pubblico potrebbe rivelarsi ambientalmente inefficiente, oltre che non rispecchiare le esigenze degli utenti singoli abituati a muoversi con mezzi privati. In un territorio come quello attraversato dalla FI-PI-LI, alcune zone sembrano esattamente ricoprire queste caratteristiche. Inoltre, la prevalenza degli impatti legati alla costruzione delle infrastrutture rispetto alla fase di utilizzo nei sistemi di trasporto pubblico (particolarmente ferroviario) fa sì che una forte infrastrutturizzazione in aree poco densamente popolate risulti del tutto inefficace. Pertanto, la raccomandazione più generale che si può estrarre da questa analisi LCA è la necessità di una pianificazione flessibile della mobilità territoriale, con un'integrazione



multimodale di diverse modalità pubbliche e private a seconda delle esigenze particolari del territorio Tale modello integrato, oltre a rispondere alle sfide legate al cambiamento climatico, si configura come un pilastro per la modernizzazione dei sistemi di mobilità e per la promozione di uno sviluppo urbano sostenibile, in cui la mobilità diventa un veicolo per il benessere collettivo e l'efficienza delle infrastrutture, aprendo la strada a un futuro in cui la sostenibilità ambientale e la qualità della vita sono al centro delle politiche di trasporto. Infine, in riferimento alla transizione all'elettrico sia in ambito pubblico che privato, gli studi LCA mettono in allerta che la convenienza di questa modalità risiede sostanzialmente nel mix energetico impiegato a monte per la produzione dell'energia.

*Tabella 4: sintesi degli studi LCA*

Reference	Ambito geografico	Modalità di trasporto	Risultati LCA	Osservazioni
<b>Chang et al. (2019)</b>	Cina	Ferroviario	Emissione media 50-60 gCO <sub>2</sub> /eq/PKT	Sensitività al tasso di occupazione: break-even rispetto a mobilità privata al 50% occupazione
<b>Trevisan &amp; Bordignon (2020)</b>	Vari	Ferroviario Strada	Ferroviario garantisce 60-70% risparmio emissivo	Fase di utilizzo è la più significativa, ma nel trasporto ferroviario anche l'infrastruttura contribuisce significativamente
<b>François et al. (2021)</b>	Francia	Urbano (mix)	Carbon budget giornaliero di un singolo pari a 3.22 kg CO <sub>2</sub> /eq; efficacia media di trasporto: 202 g CO <sub>2</sub> /eq/PKT	Il contributo al danno ambientale dei veicoli privati può arrivare a rappresentare fino al 90% dell'impatto del settore trasporti a livello territoriale
<b>Cooney et al. (2013)</b>	USA	Bus	Bus diesel: 1700 g CO <sub>2</sub> eq/km; bus elettrici: 1500 gCO <sub>2</sub> eq/km	La preferenza di impiego di bus diesel o elettrici dipende fortemente dal mix elettrico impiegato, pertanto dall'ambito geografico di riferimento
<b>Banar &amp; Ozdemir (2015)</b>	Turchia	Ferroviario	Emissione media alta velocità: 22g CO <sub>2</sub> eq/PKT; linea 25g CO <sub>2</sub> eq/PKT	La valutazione delle emissioni delle linee ferroviarie è estremamente sensibile alle specificità territoriali per l'infrastruttura, e al mix energetico per la use phase
<b>De Bortoli &amp; Christoforou (2020)</b>	Francia	Urbano (mix)	Emissioni medie in contesto urbano: e-scooter tra 50 e 12 gCO <sub>2</sub> eq/km; metro 7,6 gCO <sub>2</sub> eq/km;	La fase di utilizzo contribuisce per l'85-90% delle emissioni urbane di bus, taxi e mezzi privati, mentre per i microveicoli elettrici la fase di



			camminata 1,9 gCO2eq/km	costruzione del veicolo è la preponderante. Ciò rende l'impatto degli e-scooter sensibile alla vita utile del mezzo
<b>Nesheli et al. (2017)</b>	Australia	Trasporto pubblico	Emissioni trasporto pubblico con controllo: 58727,94 kg CO2eq; senza controllo: 62211,15 kgCO2eq	Un sistema di controllo real-time del trasporto pubblico apporta benefici in termini di efficienza che si traducono in un decremento del 5,6% del GWP
<b>Ho &amp; Tirachini (2024)</b>	Cile	MaaS	Variazione emissiva dello switch da trasporto privato a pubblico: - 69-88%; a ridesharing: + 58-111%	Per ridurre le emissioni CO2 è necessario ridurre la lunghezza totale degli spostamenti in auto privata o ridesharing, attraverso modalità pubbliche o multimodali ridesharing+pubblico

### *L'effetto del potenziamento della capacità stradale sulla domanda di traffico*

L'aumento della capacità stradale, sebbene frequentemente proposto come rimedio alla congestione, presenta effetti complessi e spesso controiduitivi. Un'ampia letteratura evidenzia come tale strategia conduca talvolta ad un paradossale incremento delle problematicità legate al fenomeno della domanda indotta di traffico. L'ampliamento delle infrastrutture stradali può infatti generare la percezione di una migliore prospettiva di percorrenza, nonché un effetto network nelle scelte di trasporto, che si riflette in un incremento proporzionale del traffico veicolare, annullando nel medio-lungo periodo i benefici iniziali in termini di fluidità della circolazione (Hymel, 2019; Noland, 2001; Volker et al., 2020). Hymel (2019) rileva come l'elasticità della domanda indotta rispetto alla capacità stradale sia prossima a 1, il che implica che un potenziamento del 10% nella rete stradale urbana si traduce in un aumento del 10% dei chilometri percorsi per veicolo. Questo fenomeno, noto come *Fundamental Law of Road Congestion* (Downs, 1962), è causato dalla riduzione del costo generalizzato del viaggio (tempo, stress), che spinge gli automobilisti a modificare comportamenti individuali: cambi di rotta, orario, modalità di trasporto (es. dal trasporto pubblico all'auto privata), e nel lungo termine, decisioni residenziali e occupazionali che accrescono la dipendenza dall'auto (Duranton & Turner, 2011).

Nel breve periodo, l'aumento della capacità stradale può indurre modifiche nel comportamento degli utenti, come la scelta di percorsi alternativi, cambiamenti negli orari di viaggio, nella frequenza degli spostamenti o nella destinazione (Barr, 2000). Tuttavia, nel lungo termine, questi interventi influenzano anche l'acquisto di veicoli, la localizzazione di abitazioni e luoghi di lavoro, e i modelli di sviluppo urbano, determinando un ulteriore aumento della domanda di trasporto (Noland, 2001). Inoltre, sebbene inizialmente le maggiori capacità possano ridurre le emissioni



di gas serra e inquinanti grazie a un traffico più scorrevole, la crescita successiva della domanda indotta porta ad un aumento complessivo delle emissioni veicolari (Mangones et al., 2020). Hymel (2019) osserva che i benefici in termini di velocità di scorrimento del traffico tendono a dissolversi entro cinque anni, riportando la congestione ai livelli precedenti. Questo solleva dubbi sull'efficacia a lungo termine degli investimenti in infrastrutture stradali come strumento isolato per combattere la congestione, dato che, sebbene tali investimenti possano generare effetti economici positivi (Melo et al., 2012), raramente riescono a risolvere in modo duraturo i problemi di congestione. Pertanto, la letteratura di settore suggerisce l'adozione di politiche integrate di gestione della domanda di mobilità, come i pedaggi basati sulla congestione o il potenziamento del trasporto collettivo.

In questo quadro teorico si innestano le implicazioni del paradosso di Braess (Braess, 1968), secondo cui l'aggiunta di nuovi collegamenti in una rete può paradossalmente aumentare i costi di viaggio per tutti gli utenti. Mak et al. (2018) analizzano questo fenomeno in reti con esternalità miste (congestione dei flussi, esempio di esternalità negativa, e condivisione dei costi, un'esternalità positiva), dimostrando sperimentalmente che l'introduzione di un nuovo collegamento può destabilizzare l'equilibrio esistente ed avere effetti negativi sul coordinamento degli utenti. In una rete di base infatti, gli utenti riescono a coordinarsi su rotte efficienti, come l'uso condiviso del trasporto pubblico, ma l'introduzione di un nuovo percorso — apparentemente vantaggioso — può indurre una redistribuzione del traffico che sovraccarica i nuovi collegamenti e incrementa i costi medi fino al 37% (Mak et al., 2018). Questo accade perché ogni utente massimizza il proprio beneficio ignorando gli effetti collettivi delle proprie scelte, generando un equilibrio di Nash inefficiente rispetto all'ottimo sociale. Il paradosso è particolarmente rilevante nelle reti complesse, dove l'interconnessione dei percorsi amplifica effetti non lineari, come dimostrato anche in casi reali (Youn et al., 2008; Pala et al., 2012). Inoltre, Mak et al. (2018) mostrano che la visibilità delle scelte altrui (se le decisioni sono prese in modo simultaneo o sequenziale) incide sulla possibilità di coordinarsi su soluzioni efficienti. Ciò suggerisce che meccanismi di informazione in tempo reale o politiche di pricing dinamico potrebbero contribuire a evitare gli effetti negativi del paradosso.

La combinazione tra domanda indotta e paradosso di Braess mette in evidenza i limiti delle politiche tradizionali che puntano esclusivamente sull'ampliamento dell'offerta stradale. Entrambi i fenomeni sottolineano l'importanza di comportamenti individuali, dinamiche strategiche e contesto istituzionale. Le implicazioni per la pianificazione dei trasporti sono chiare: gli interventi infrastrutturali devono essere affiancati da politiche di gestione della domanda e valutati con modelli che includano sia gli effetti di induzione del traffico sia le inefficienze potenziali della rete. L'integrazione tra approcci sperimentali (Mak et al., 2018) e analisi dinamiche (Hymel, 2019) può inoltre migliorare la comprensione delle risposte comportamentali, supportando scelte politiche più efficaci. In definitiva, affrontare la congestione richiede una visione sistematica che combini infrastruttura, comportamento degli utenti e strumenti regolatori per conseguire obiettivi di mobilità sostenibile.



### *Determinanti comportamentali degli utenti*

La decisione tra l'utilizzo del mezzo privato e quello pubblico è influenzata da numerose determinanti comportamentali che agiscono sia a livello razionale che emotivo. Comprendere queste determinanti è fondamentale per promuovere una mobilità più sostenibile ed efficiente. Tra i principali fattori che orientano la scelta del mezzo di trasporto da utilizzare vi è l'utilità percepita. Secondo Schikofsky et al. (2020), Wang et al (2020) e Chen & Chao (2011), le persone sono maggiormente inclini a scegliere un determinato mezzo di trasporto se ritengono che questo consenta loro di raggiungere efficacemente le proprie mete. Altra variabile comportamentale da prendere in considerazione nella decisione sul mezzo di trasporto è la percezione di facilità d'uso, ossia la sensazione che la modalità di trasporto sia semplice e intuitiva da utilizzare, senza richiedere uno sforzo cognitivo o fisico eccessivo (Schikofsky et al., 2020; Wang et al 2020; Chen & Chao, 2011).

Un altro elemento cruciale è il senso di autonomia o indipendenza: molte persone associano l'uso dell'auto privata alla libertà di movimento e alla possibilità di gestire i propri spostamenti senza vincoli. Quando il trasporto pubblico riesce a trasmettere un senso simile di indipendenza – attraverso una fitta frequenza di corse e connessioni capillari sul territorio – può risultare più competitivo (Schikofsky et al., 2020; Steg, 2004). In parallelo, il senso di capacità, la fiducia nella propria capacità di pianificare e utilizzare in maniera efficace il trasporto pubblico, rappresenta una variabile chiave. Gli utenti devono sentirsi in grado di affrontare eventuali complessità logistiche, come coincidenze o variazioni di percorso (Schikofsky et al., 2020). Inoltre, il senso di connessione sociale con altri utenti del trasporto pubblico influenza anch'esso la scelta. Un ambiente percepito come amichevole o comunque condiviso da una comunità di riferimento può aumentare l'attrattività del mezzo pubblico (Schikofsky et al., 2020). Questo aspetto si collega a un'ulteriore variabile: la percezione delle opinioni delle persone care riguardo alle proprie scelte di mobilità (Chen & Chao, 2011). Se un individuo percepisce che amici e familiari sostengono l'uso del trasporto pubblico, sarà più propenso ad adottarlo.

Numerose barriere comportamentali possono ostacolare il passaggio dall'auto privata al mezzo pubblico. Tra queste, un ruolo importante è giocato dalla distorsione temporale: l'esperienza del tempo durante il viaggio in mezzi pubblici può risultare soggettivamente più lunga rispetto a quella in automobile, soprattutto a causa della monotonia o della noia percepita nei casi in cui non si avverte una specifica cura dell'esperienza di viaggio (Meng et al., 2018; Perroy et al., 2023). Sempre in relazione alla percezione dello scorrere del tempo durante l'utilizzo dei mezzi pubblici, può manifestarsi il fenomeno noto in letteratura come "vertigine temporale". Questo si riferisce a una percezione ambivalente della distanza temporale dall'arrivo: da un lato si è consapevoli di avvicinarsi alla destinazione, dall'altro la mancanza di autonomia nel controllo del viaggio genera incertezza sull'orario esatto di arrivo (Perroy et al., 2023). Questo fenomeno può accentuare il disagio, aumentando l'incertezza e lo stress, specialmente in presenza di imprevisti o ritardi.

Un ulteriore ostacolo è rappresentato dalla dissonanza cognitiva, che emerge quando vi è un conflitto tra la convinzione che il mezzo pubblico sia inefficiente e l'effettivo utilizzo dello stesso. Questo stato di disagio psicologico può portare a evitare il trasporto pubblico o a svalutarne



l'esperienza, in quanto non si vuole mettere in discussione le proprie credenze e pratiche consolidate nel tempo (Tertoolen et al., 1998; de Melo et al., 2025).

Altra barriera significativa, anche a seguito del periodo pandemico, è l'ansia legata all'uso del trasporto pubblico. Essa può derivare dall'incertezza circa l'affidabilità del servizio, dalla paura di perdersi, di subire ritardi, o di vivere situazioni di disagio, soprattutto con riferimento a contagi, molestie e aggressioni (Cheng, 2010; Amirkiae & Evangelopoulos, 2018; Ratering et al., 2024). Questo stato di ansia è particolarmente influente nella scelta quotidiana del mezzo di trasporto, spingendo verso l'opzione percepita come più sicura e prevedibile, che molto spesso risulta essere l'auto privata. Inoltre, quando campagne o misure a favore della mobilità sostenibile sono percepite come imposizioni che minacciano la libertà individuale, si può verificare la reattività psicologica. In questi casi, il tentativo di promuovere il trasporto pubblico può generare una reazione opposta a quella desiderata, rinforzando l'attaccamento all'auto privata (Tertoolen et al., 1998).

Un'altra barriera rilevante è l'abitudine di guida, ossia la consuetudine consolidata all'uso dell'auto. Tale abitudine porta a una scelta automatica e non riflessiva del mezzo privato, spesso accompagnata da una mancanza di interesse verso alternative di trasporto (Fujii & Kitamura, 2003; Abou-Zeid & Ben-Akiva, 2012). Per favorire un cambiamento comportamentale, è necessario "scongelare" tale abitudine, ad esempio offrendo incentivi concreti come biglietti gratuiti per i mezzi pubblici per periodi prolungati, che permettano di sperimentare nuove routine di mobilità (Fujii & Kitamura, 2003). La dipendenza dall'auto è un concetto ampiamente trattato nella letteratura accademica e si riferisce all'interdipendenza tra alta proprietà di automobili, caratteristiche ambientali come la dispersione urbana, e l'uso massiccio di mezzi privati (Van Eenoo, 2025; Mattioli et al., 2020). Questa dipendenza si rinforza attraverso il cosiddetto effetto inerzia, cioè la naturale tendenza delle persone a mantenere i propri comportamenti abituali anche quando esistono alternative più vantaggiose (Kent, 2025).

Nel complesso, dunque, il benessere soggettivo legato agli spostamenti può incidere in modo significativo sulle scelte di mobilità. Elementi affettivi come il comfort e la percezione di sicurezza, insieme a fattori strumentali come il tempo e il costo del viaggio, influenzano la soddisfazione complessiva dell'esperienza di trasporto (Mokhtarian, 2019). Un mezzo pubblico percepito come scomodo o poco sicuro può quindi compromettere non solo la preferenza per questo tipo di trasporto, ma anche il benessere generale degli individui.

### Le ipotesi di intervento suggerite dagli stakeholder

Le ipotesi di intervento suggerite dagli attori hanno una duplice natura: interventi strutturali, ossia operazioni che comportano una modifica fisica delle infrastrutture stradali e di mobilità, e interventi gestionali, che implicano una revisione delle modalità con cui viene offerto il servizio di mobilità. Le due tipologie di interventi sono spesso complementari e vanno considerate congiuntamente: alcuni interventi gestionali richiedono infatti modifiche strutturali per poter essere attuati, mentre alcuni interventi strutturali necessitano di interventi gestionali per esprimere appieno il loro potenziale. Curiosamente, la quasi totalità degli interventi non è



percepita come divisiva dagli stakeholder, dimostrando una buona apertura al cambiamento rispetto allo status quo. Ad eccezione dell'introduzione di un pedaggio per il traffico pesante, per le quali si è registrata una certa riluttanza da parte di operatori economici afferenti al sistema produttivo locale, nessuno dei soggetti intervistati si è infatti espresso apertamente in senso contrario rispetto a specifiche proposte di intervento.

La seguente Tabella 5 riporta le ipotesi di intervento proposte dagli stakeholder intervistati, con indicazione di impatti positivi e negativi attesi, i soggetti a favore e contro l'intervento e le principali barriere nell'implementazione.



Tabella 5: ipotesi di interventi di mobilità suggerite dagli stakeholder

	Intervento	Descrizione	Impatti positivi attesi	Impatti negativi attesi	Principali soggetti a favore	Principali soggetti contrari	Principali barriere
Interventi infrastrutturali	1. Creazione parcheggi scambiatori e hub mobilità intermodale	<p>I parcheggi scambiatori sono strutture di sosta progettate per consentire agli utenti di parcheggiare il proprio veicolo e proseguire il viaggio con mezzi pubblici o altre forme di trasporto sostenibile.</p> <p>I parcheggi scambiatori devono essere infrastrutturizzati per favorire la mobilità intermodale, ad es. con parcheggi biciclette e servizi sharing; servizi di trasporto pubblico per accesso urbano</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione mobilità privata</li> <li>Miglior accessibilità trasporto pubblico</li> <li>Riduzione congestione stradale specialmente nelle aree urbane</li> <li>Riduzione inquinamento urbano da traffico</li> <li>Sinergie tra trasporto pubblico e privato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costi economici di costruzione e mantenimento delle infrastrutture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comune di Pisa</li> <li>Autolinee Toscane</li> <li>Unicoop.fi</li> <li>Sant'Anna</li> <li>Unione Industriale Pisana</li> <li>Comune di Montopoli</li> <li>Regione Toscana</li> <li>Comune di Pontedera</li> <li>RFI</li> <li>Comune di Pisa</li> <li>Unicoop.fi</li> <li>Azienda Ospedaliera</li> <li>Consorzio conciatori</li> <li>Unione Industriale Pisana</li> <li>Comune San Miniato</li> <li>Comune Cascina</li> <li>Comune di Montopoli</li> <li>Regione Toscana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modifica mentalità utenti che preferiscono mezzi privati</li> <li>Assenza di informazioni e coordinazione nelle amministrazioni locali</li> <li>Assenza di domanda da parte degli stakeholders</li> </ul>	
	2. Espansione e potenziamento piste ciclabili	<p>L'espansione delle piste ciclabili dovrebbe coinvolgere sia il centro urbano di Pisa che le aree limitrofe, creando una progettualità condivisa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione mobilità tradizionale con conseguente minor impatto ambientale</li> <li>Decongestione centri urbani</li> <li>Sinergie con trasporto pubblico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costi economici di costruzione e mantenimento delle infrastrutture</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Mancanza di coordinamento e divergenze politiche tra comuni</li> <li>Modifica mentalità utenti che percepiscono ciclopista dell'Arno a funzione ricreativa</li> <li>Modifica mentalità utenti che preferiscono più parcheggi</li> </ul>	



3. Realizzazione  
terza corsia SGC  
FI-PI-LI

L'aggiunta di una corsia supplementare nel corso della SGC FI-PI-LI al fine di aumentarne la capacità di traffico, migliorarne la fluidità e la sicurezza.

- Miglioramento infrastruttura nel suo complesso
- Miglioramento sicurezza stradale

- Costi economici ed ambientali
- Tempistiche di realizzazione

- Comune di Montopoli
  - Consorzio conciatori
  - Comune di Pisa
  - Azienda Ospedaliera
  - Comune San Miniato
  - CNA
  - Regione Toscana
  - Comune di Pontedera
  - CNA
  - Unione Industriale Pisana
- 
- Mancanza di consenso pubblico esteso
  - Difficoltà nell'espropriazione dei terreni circostanti

4.  
Potenziamento  
snodi SGC FI-PI-  
LI

- Ponte delle Bocchette
- Ponte della botte
- Uscita Ospedaletto
- Uscita Ponsacco-Gello
- Snodo Montopoli
- Innesto con autostrada Scandicci

- Manutenzione infrastrutture maggiormente usurate
- Miglioramento sicurezza stradale, soprattutto per autisti di mezzi pesanti
- Miglioramento scorrevolezza in punti critici

- Costi economici ed ambientali
- Tempistiche di realizzazione

- Tempi di potenziamento elevati con inefficienze associate
- Mancanza tavoli di confronto per comprendere le esigenze delle realtà territoriali

5.  
Potenziamento  
rete ferroviaria

- Aumentare numero e frequenza corse sulla direttrice SGC FI-PI-LI
- Favorire la capillarità del trasporto ferroviario per integrare anche comuni minori
- Metropolitana a cielo aperto con zone limitrofe a Pisa

- Incentivazione all'uso del mezzo ferroviario
- Decongestionamento del traffico privato con conseguente riduzione dell'inquinamento

- Costi
- Tempistiche di realizzazione

- Difficoltà nel coordinamento tra le parti interessate



## 6. Creazione tramvia

Tramvia che collega Ospedale, stazione ferroviaria, aeroporto e siti turistici

- Potenziamento servizio mobilità pubblica in territorio comunale pisano
- Riduzione inquinamento da traffico
- Costi economici elevati
- Tempistiche di realizzazione
- Comune di Pisa
- Azienda Ospedaliera
- Regione Toscana
- RFI
- Integrazione efficiente con altri mezzi di trasporto pubblico

## 7. Potenziamento strade secondarie

- Potenziamento via Tosco-Romagnola
- Direttive ortogonali tra strade secondarie e SGC FI-PI-LI

- Alternative alla FI-PI-LI per decongestionare il traffico
- Miglioramento flussi di traffico nelle ore di punta
- Costi economici ed ambientali
- Tempistiche di realizzazione
- Consorzio conciatori
- Comune di Montopoli
- Mancanza di coordinamento e divergenze politiche tra comuni
- Reale utilità intervento

## 8. Manutenzione straordinaria dell'infrastruttura a SGC FI-PI-LI

- Manutenzione manto stradale
- Potenziamento barriere antirumore
- Miglioramento segnaletica stradale
- Creazione aree di sosta

- Beneficio dei residenti delle aree limitrofe alla FI-PI-LI dove la problematica del rumore è critica (Montopoli)
- Miglioramento sicurezza stradale
- Miglioramento manto stradale usurato
- Creazione blocchi stradali per manutenzione
- Comune di Montopoli
- CNA
- Consorzio conciatori
- Regione Toscana
- Comune di Pontedera

- Tempi manutenzione elevati

## 9. Potenziamento trasporto pubblico su gomma

- Aumentare frequenza corse, soprattutto nell'asse debole (Cascina-Pontedera)
- Riduzione impatto ambientale della circolazione mezzi
- Integrare i bus con attrezzature per il trasporto bici, favorendo l'intermodalità

- Miglioramento del servizio di trasporto pubblico
- Aumento domanda trasporto pubblico
- Minor impatto ambientale
- Maggior sicurezza utenti deboli
- Miglioramento intermodalità
- Costi economici di acquisto nuovi mezzi e di rendere più frequenti le corse
- Comune di Pisa
- Comune di Montopoli
- Unicoop.fi
- Autolinee Toscane
- Azienda Ospedaliera
- Comune San Miniato
- Regione Toscana

- Modifica mentalità utenti che preferiscono mezzi privati
- Mancanza di interesse da parte delle aziende nella contribuzione al servizio



## 10. Pedaggio traffico pesante

Inserimento di un pedaggio esclusivamente per il traffico di mezzi pesanti

- Miglioramento sicurezza
- Riduzione usura infrastrutture
- Maggiore disponibilità economica per la gestione infrastruttura

### Congestionamento strade secondarie

- Miglioramento della sicurezza stradale in FI-PI-LI
- Diminuzione tasso di incidenti
- Decongestionamento stradale
- Informazione preventiva ed aggiornata in tempo reale agli utenti
- Ridotti costi associati ad un potenziale miglioramento significativo della viabilità

- Miglioramento servizio di trasporto pubblico
- Miglior efficienza trasporto pubblico
- Decongestione centri urbani
- Sinergie tra trasporto pubblico e privato
- Riduzione mobilità tradizionale con conseguente minor impatto ambientale

- Comune di Pisa
- Consorzio conciatori
- Comune San Miniato
- Sant'Anna
- Comune Cascina
- Regione Toscana
- RFI

- Comune di Montopoli
- CNA
- Azienda ospedaliera
- Comune di Pontedera

- Presenza realtà aziendali ubicate nel corso della FI-PI-LI che fanno affidamento esclusivamente sull'arteria
- Aumento costi di trasporto

## 11. Miglioramento diffusione di informazioni viabilità

- Creazione di una piattaforma dove condividere informazioni sulla viabilità
- Travel planner per strutturare informazioni sulla mobilità intermodale
- Impiego Intelligenza artificiale (e.g. tecnologie monitoraggio flussi di trasporto)
- Segnaletica attiva diffusa sui nodi nevralgici della SGC FI-PI-LI

- Autolinee Toscane
- CNA
- Comune San Miniato
- Comune di Pisa
- Comune di Montopoli
- Regione Toscana

- Modifica della cultura della mobilità nella popolazione
- Necessità di un soggetto promotore dell'iniziativa

## 12. Mobility as a Service

- Bike-sharing
- Electric scooter
- Car-sharing

### Possibili problemi di decoro pubblico

- Unicoop.fi
- Azienda Ospedaliera
- Comune di Pontedera

- Modifica mentalità utenti che preferiscono mezzi privati
- Difficoltà nella realizzazione dei servizi di sharing nei piccoli comuni



13. Soluzioni di  
mobilità  
condivisa

- Carpooling
- Mobilità condivisa ad uso privato di associazioni sportive, culturali etc.

- Diminuzione della domanda privata di trasporto
- Riduzione mobilità tradizionale con conseguente minor impatto ambientale

- Azienda Ospedaliera

- Modifica mentalità utenti che preferiscono mezzi privati
- Dopo il periodo pandemico queste iniziative hanno subito un blocco

14. Flessibilità di  
ingresso a lavoro

Permettere ai dipendenti maggior flessibilità nell'orario di ingresso a lavoro

- Decongestionamento traffico privato nelle ore di punta

- Unione Industriale Pisana
- Unicoop.fi

- Modifica della mentalità aziendale tradizionale
- Limitata coordinazione tra i possibili soggetti coinvolti
- Possibile difficoltà integrazione con impegni lavorativi fissi

15. Creazione  
struttura di  
governance  
multi-  
stakeholder

- Creazione tavoli per soluzioni condivise
- Integrazione soggetti pubblici e privati
- Coinvolgimento start-up nelle soluzioni di mobilità
- Miglioramento dialogo tra regione e fornitori di servizi mobilità (autolinee, RFI)

- Facilitazione di soluzioni mobilità intermodale
- Diminuzione della necessità di trasporto privato
- Razionalizzazione dei servizi di trasporto pubblico
- Ingresso soggetti privati (start-up) nella mobilità regionale
- Promozione dell'innovazione sostenibile in ambito mobilità

- Comune di Pisa
- CNA
- Associazione conciatori
- Comune Montopoli
- Unicoop.fi
- Unione Industriale Pisana
- Autolinee Toscane

- Necessità di un soggetto che funga da mediatore/pivot
- Difficoltà nell'incontro di prospettive comuni
- Difficoltà nell'ingaggio attivo dei decisori pubblici



### *Descrizione degli interventi infrastrutturali*

#### **1. Creazione di parcheggi scambiatori e hub di mobilità intermodale**

La realizzazione di parcheggi scambiatori, dotati di stalli per biciclette, servizi di bikesharing e collegamenti integrati con il trasporto pubblico, si propone di ridurre l'uso dell'auto privata, migliorare l'accessibilità ai mezzi collettivi e decongestionare i centri urbani. Comune di Pisa e Regione Toscana vedono in questa infrastruttura un volano per incentivare il passaggio dal veicolo privato al trasporto sostenibile, potendo così diminuire traffico e inquinamento nei centri urbani, anche nell'ottica di un più complessivo miglioramento del reticolto secondario ricettore del traffico proveniente dalla SGC FI-PI-LI. Ad esempio, a Pisa, la parte nord della città è fornita di due parcheggi scambiatori funzionali, mentre la parte opposta è carente, generando problematiche di intermobilità per l'accesso a stazione e aeroporto locati proprio in questa parte della città. Un hub intermodale ben dimensionato e collegato a servizi quali bikesharing, bus urbani e Pisa Mover rappresenterebbe un'efficace soluzione a queste problematiche (Regione Toscana). Autolinee Toscane sottolinea che l'hub fungerebbe da punto di incontro tra trasporto su gomma e ferro, rendendo più fluido l'interscambio. Il mobility manager della Scuola Sant'Anna evidenzia la necessità di collegamenti digitali e app di infomobilità per coordinare orari e disponibilità dei servizi. Tuttavia, l'alto investimento iniziale e i costi di gestione continuativa rappresentano una barriera significativa, soprattutto in assenza di una domanda già consolidata. Al contempo, la mancanza di coordinamento interistituzionale e di una visione condivisa tra comuni può rallentare il progetto (Regione Toscana). Tra i driver principali vi sono la pressione per ridurre le emissioni locali e l'orientamento politico verso soluzioni di mobilità integrata. D'altra parte, stakeholder come Unicoop.fi e l'Unione Industriale Pisana sollevano dubbi sull'effettiva capacità di spostare quote di traffico privato, auspicando contestualmente campagne di comunicazione e incentivi economici per il carpooling. In sintesi, gli hub di mobilità intermodale possono diventare un elemento chiave di una strategia di spostamenti più sostenibili solo se sostenuti da accordi tra amministrazioni, piani tariffari mirati, condivisione di dati accurati (es. transiti dei mezzi pubblici, disponibilità di mezzi in sharing, etc.) e adeguati strumenti di governance. Come in molti altri casi che seguono, gli investimenti necessari, seppur rilevanti rispetto a quanto ordinariamente previsto, risulterebbero comunque contenuti se confrontati ad alternative progettuali più estese e invasive, come nel caso della realizzazione della terza corsia della SGC FI-PI-LI.

#### **2. Espansione e potenziamento delle piste ciclabili**

L'ampliamento della rete ciclabile, estesa dal centro di Pisa alle aree limitrofe, mira a ridurre il traffico veicolare tradizionale, decongestionare le vie urbane e migliorare la qualità dell'aria. Le piste ciclabili diminuiscono il traffico motorizzato e l'inquinamento atmosferico e acustico, tutelando al contempo utenti vulnerabili come ciclisti e pedoni, per i quali un'infrastruttura continua e protetta aumenta la percezione di sicurezza, fondamentale per attrarre nuovi utenti al mezzo bici. Ad esempio, Comune di Pisa e Comune di Cascina hanno già inserito interventi nel PUMS per collegare le ciclabili della ToscoRomagnola con itinerari lungo l'Arno. Autolinee Toscane segnala la necessità di integrare le piste con punti di interscambio bicibus. Tuttavia, la



percezione prevalente tra i cittadini è che molte ciclovie—come la “ciclopista dell’Arno”—siano più attrazioni ricreative che veri assi di mobilità quotidiana (Comune di Cascina). La continuità dei tracciati e la sicurezza negli attraversamenti restano preoccupazioni assai diffuse. A ciò si aggiunge la reticenza di utenti abituati all’auto e la richiesta di parcheggi nelle vicinanze, ostacolando la piena adozione della bicicletta come mezzo di trasporto. I principali driver nell’adozione della bicicletta come mezzo di trasporto includono la crescente attenzione verso la qualità dell’aria e il ritorno di interesse post-Covid per gli spazi verdi. Tra le barriere emergono divergenze politiche tra comuni, difficoltà di finanziamento, tempi ristretti imposti dal PNRR, che penalizzano progettazioni coordinate, oltre ad una diffusa mentalità tra i cittadini, che tende a considerare la bicicletta come uno strumento ricreativo piuttosto che una reale alternativa funzionale per la mobilità quotidiana. Non ultimo, l’assenza di una cultura a favore dell’utilizzo della bici nei luoghi di lavoro, traducendosi in assenza di spogliatoi (necessari soprattutto nei periodi invernali ed estivi) e stalli per le bici, unitamente all’assenza di ombreggiature lungo i percorsi, contribuisce a dissuadere gli utenti nell’adozione di questa alternativa di trasporto, che pur apparirebbe favorita dalla orografia e dalla geometria del territorio. Senza un’efficace governance e campagne di sensibilizzazione mirate, l’espansione ciclabile rischia di restare frammentaria e poco funzionale ai flussi di pendolari.

### 3. Realizzazione della terza corsia sulla SGC FI-PI-LI

L’aggiunta di una terza corsia lungo la SGC FI-PI-LI è pensata per aumentare la capacità dell’arteria, migliorare fluidità e sicurezza stradale. La Regione Toscana, in vista di un ampliamento futuro programmatico, ha individuato tratti critici in cui lo spazio permette un ampliamento parziale dell’asse stradale o l’introduzione di una corsia di emergenza. Il Comune di Montopoli e CNA sostengono che la terza corsia possa ridurre i tempi di viaggio dei mezzi pesanti e migliorare la sicurezza nei punti più pericolosi. Il Comune di Pontedera ritiene questo potenziamento infrastrutturale un intervento fondamentale per la mobilità toscana del futuro, in vista del progetto Darsena Europa e dell’espansione del porto di Livorno; in questa chiave, la terza corsia in SGC FI-PI-LI garantirebbe un’appropriata viabilità del trasporto merci sul corridoio Mediterraneo-Scandinavo, facendo della zona pontederese un futuro hub logistico (Comune di Pontedera). Tuttavia, l’alto impatto ambientale, i costi economici ingenti e le tempistiche di realizzazione — con conseguente chiusura parziale dell’asse — rappresentano ostacoli non trascurabili. Particolare rilevante è poi il rischio di una elevata opposizione sociale verso le modifiche più radicali alla geometria della infrastruttura esistente. Ad esempio, un’inchiesta del *Corriere Fiorentino* stima costi “titanici” ed evidenzia che, in molte sezioni, lo spazio disponibile è limitato, spingendo a soluzioni ibride di “due corsie più una di servizio” (*Corriere Fiorentino*, 2022). Inoltre, l’espropriazione di terreni per l’ampliamento dell’asse stradale rischia di rappresentare un forte collo di bottiglia amministrativo. In aggiunta, la mancanza di consenso pubblico, dovuta a timori di consumi di suolo e potenziali aumenti del traffico indotto, può rallentare l’iter autorizzativo. Tra i driver di adozione vi sono l’esigenza di sicurezza per il trasporto di merci e la pressione dei pendolari per una viabilità più scorrevole. Le barriere principali consistono nella complessità tecnica, nei possibili contenziosi per espropri e nelle limitate risorse finanziarie dedicate a infrastrutture “pesanti”. Un’analisi costi-benefici dettagliata e un



piano di comunicazione trasparente risultano quindi imprescindibili per superare le resistenze e garantire la fattibilità dell'opera.

#### **4. Potenziamento degli snodi lungo la SGC FI-PI-LI**

Il potenziamento degli snodi principali — in primis, il Ponte delle Bocchette, Ponte della Botte, uscite di Ospedaletto e Ponsacco-Gello, snodo di Montopoli e innesto con l'A1 a Scandicci — mira a migliorare la sicurezza e la scorrevolezza nei punti critici della SGC FI-PI-LI, riducendo costi di manutenzione a lungo termine. Unione Industriale Pisana e CNA evidenziano che ponti vecchi e usurati, come quello delle Bocchette e della Botte, necessiteranno necessariamente di interventi strutturali significativi per evitare interruzioni impreviste della circolazione. Anche la Commissione Trasporti dell'Ordine degli Ingegneri di Firenze ha lanciato un allarme sulla necessità di interventi urgenti, sottolineando che senza opere strutturali i punti deboli della SGC FI-PI-LI resteranno fonte di incidenti e rallentamenti, particolarmente in previsione dello sviluppo del progetto Darsena Europa (Firenze News, 2025). Azienda Ospedaliera sottolinea la criticità del Ponte delle Bocchette per il collegamento con l'Ospedale di Cisanello, proponendo un ampliamento a sei corsie per garantire accessi rapidi alle ambulanze. Tuttavia, i costi economici e ambientali, uniti ai lunghi tempi di realizzazione e alle inefficienze delle procedure di gara, costituiscono barriere rilevanti. Il sindaco del Comune di Cascina lamenta la mancanza di tavoli di confronto che raccolgano esigenze di tutti i comuni interessati, mentre la Regione Toscana conferma la frammentazione gestionale come ostacolo all'omogeneità degli interventi. I driver includono la necessità di garantire standard minimi di sicurezza per il traffico pesante e di mantenere la continuità logistica fra porto di Livorno e retroporto. Le barriere principali sono rappresentate da problemi di coordinamento tra ente gestore e amministrazioni locali e l'esigenza di una precisa strategia di utilizzo delle limitate risorse di bilancio. Un approccio integrato, basato su convenzioni quadro e programmazione condivisa, risulta quindi fondamentale per rendere efficaci e sostenibili gli interventi sugli snodi.

#### **5. Potenziamento della rete ferroviaria**

L'incremento di numero e frequenza delle corse ferroviarie sulla direttrice Firenze-Pisa-Livorno per molti portatori di interesse può rappresentare una valida alternativa valida all'auto, riducendo il traffico privato e il transito lungo la SGC FI-PI-LI. La linea tra Pisa e Firenze prevede già molte fermate intermedie che, potenzialmente, la rendono funzionalmente abbastanza prossima al concetto di metropolitana di superficie. L'attuale programmazione del traffico ferroviario locale passa però oggi da una contrattazione con la Regione Toscana che deve tener conto di molteplici fattori contrastanti, fra i quali la scarsa redditività delle fermate in alcune stazioni in certe fasce orarie, e la crescente richiesta di treni veloci Pisa-Firenze. Considerata l'importanza di questa linea anche per il traffico merci, RFI riporta che entro il 2027/2028 è previsto il quadruplicamento della tratta Empoli-Firenze Rifredi, con nuovi binari dedicati a passeggeri e merci. Incontri istituzionali tra il Presidente della Regione e RFI hanno confermato la volontà di accelerare i progetti toscani, con particolare attenzione allo stato di avanzamento delle opere fisiche e alle sperimentazioni contro gli effetti dei cambiamenti climatici sulle linee (intoscana, 2024). Il Comune di Pisa e la Regione Toscana spingono per la realizzazione di una



“metropolitana di superficie” che colleghi i centri urbani limitrofi alla città di Pisa, mentre -a Firenze- RFI ha pianificato la realizzazione di una metro di superficie che collegherà l’hub della stazione di Santa Maria Novella con le zone circostanti. Dalle amministrazioni livornesi vi è poi una spinta verso la realizzazione di un collegamento più diretto tra Livorno, Pisa e Lucca, al fine di servire meglio i molti turisti e pendolari tra questi territori. Sebbene le linee ferroviarie possano garantire ricadute ambientali positive e il decongestionamento stradale, queste presentano però costi elevati, una redditività incerta, e la necessità di coordinamento tra RFI e gestori del trasporto pubblico locale per le infrastrutture per lo scambio intermodale, stazioni in primis. Una sfida chiave è garantire continuità nel servizio durante i lavori, evitando cali drastici di mobilità. I principali driver sono gli impegni di decarbonizzazione del trasporto merci e passeggeri, insieme alla domanda crescente di mobilità rapida e puntuale. Tra le barriere emergono le procedure autorizzative complesse e il confronto tra operatori pubblici e privati, che spesso lamentano comunicazione insufficiente nelle fasi progettuali. Un altro ostacolo è la sincronizzazione delle programmazioni orarie tra treni regionali, metropolitani e bus, che richiede accordi quadro stabili, piattaforme informative condivise e risorse economiche certe.

## 6. Creazione di una tramvia urbana

La progettazione della tramvia di Pisa, articolata su tre linee che collegheranno piazza dei Miracoli, la stazione ferroviaria, l’ospedale di Cisanello e San Giuliano Terme, rappresenta un pilastro per la mobilità urbana a basso impatto e risponde all’esigenza di un servizio di mobilità pubblica, veloce e capillare nel tessuto urbano (Comune di Pisa). Il Comune di Pisa e la Regione Toscana considerano la tramvia uno strumento per ridurre il ricorso all’auto in centro — critico per la qualità dell’aria — e per collegare nodi strategici, tra cui l’Aeroporto di Pisa, che oggi è servito soprattutto dal servizio ferroviario Pisa Mover (Comune di Pisa). Azienda Ospedaliera valuta favorevolmente la linea diretta che faciliti l’accesso al nuovo complesso di Cisanello. Tuttavia, i costi elevati, le tempistiche di realizzazione pluriennali e le complessità nella gestione delle corsie preferenziali rappresentano ostacoli non banali. Un altro punto critico è l’integrazione con gli autobus urbani e regionali: Autolinee Toscane chiede percorsi intermodali chiari e fermate condivise. Le barriere comprendono inoltre l’assenza di dati affidabili sui flussi di passeggeri e la riluttanza di alcuni residenti a rinunciare a parcheggi pubblici per far spazio ai binari. Similmente, frequentemente sollevata è l’esigenza di investire in nodi intermodali, anche in considerazione del fatto che questi potrebbero risolvere problematiche su scala micro e meso, come nel caso di Ospedaletto, zona facilmente raggiungibile dalla SGC FI-PI-LI che però oggi non solo non offre una alternativa all’ingresso in città attraverso il collo di bottiglia rappresentato dal Ponte delle Bocchette, ma risulta anche isolato dal centro città -se non con riferimento all’utilizzo di mezzi privati- per il pendolarismo lavorativo. A sostegno di questo asse di progettualità, i driver principali sono la volontà politica di ridurre le emissioni in centro e la necessità di rispondere alla crescita del turismo. Senza un adeguato piano tariffario e una forte campagna di comunicazione, diversi portatori di interesse temono che la tramvia rischi però di restare un’opera “di élite” anziché una soluzione di massa.

## 7. Potenziamento delle strade secondarie



Il miglioramento della via Tosco-Romagnola e delle direttrici ortogonali alla SGC FI-PI-LI punta a offrire percorsi alternativi nelle ore di punta, decongestionando l'arteria principale. ANAS ha avviato lavori di ammodernamento sulla stessa statale in Emilia Romagna, rifacendo cavalcavia e viadotti, come esempio di intervento rapido e mirato (ANAS, 2025). Il Comune di Montopoli e il Consorzio conciatori sottolineano che una rete viaria secondaria efficiente è essenziale per distribuire i volumi di traffico pesante e passeggeri e per garantire resilienza in caso di incidenti sulla SGC FI-PI-LI. Tuttavia, mancanza di coordinamento nella pianificazione tra comuni limitrofi, carenza di finanziamenti e la percezione di utilità limitata di questi interventi rappresentano barriere rilevanti per una progettualità che vada oltre la realizzazione di interventi limitati a laddove più urgente o necessario. La Regione Toscana evidenzia la necessità di una pianificazione coordinata e di standard minimi di qualità delle strade secondarie, mentre il Consorzio Conciatori ritiene urgente il miglioramento della segnaletica sul tracciato della SGC FI-PI-LI e in connessione con la viabilità secondaria. Fra questi interventi, è utile sottolineare che la crescente disponibilità di soluzioni di infomobilità attiva e digitale ad oggi non ha ancora avuto significativi riflessi sulla progettualità locale. I driver includono l'aumento dei flussi di merci e il desiderio di evitare concentrazioni di traffico su un'unica arteria. Le barriere principali sono l'assenza di un tavolo tecnico intercomunale e la competizione per le risorse del PNRR. Un modello di cooperazione basato su accordi di programma e cofinanziamenti potrebbe superare le divisioni e garantire interventi efficaci.

## 8. Manutenzione straordinaria dell'infrastruttura

La manutenzione straordinaria del manto stradale, il potenziamento delle barriere antirumore, il rinnovo della segnaletica e la creazione di aree di sosta lungo la SGC FI-PI-LI sono interventi essenziali per la sicurezza e il benessere dei residenti, e rispondono a criticità diffuse, come ad esempio quella del rumore per i residenti di Montopoli e zone limitrofe. Comune di Montopoli e CNA richiamano infatti l'urgenza di interventi sui manti danneggiati dal traffico pesante e la necessità di barriere antirumore efficaci. Nel 2019, lavori di manutenzione straordinaria sono stati finanziati dalla Regione Toscana sulla tratta tra Montelupo e Ginestra Fiorentina. La Regione Toscana conferma l'impiego dei proventi degli autovelox per finanziare le manutenzioni ordinarie e straordinarie, ma segnala tempi di intervento troppo lunghi che generano disagi, come accaduto proprio nel suddetto caso. Azienda Ospedaliera Pisana segnala invece criticità nell'accesso delle ambulanze in caso di lavori, mentre CNA lamenta l'assenza di adeguate aree di sosta lungo il tracciato. Le barriere principali sono rappresentate dall'interferenza con la circolazione durante i cantieri e dalla complessità delle procedure di appalto. I driver comprendono il miglioramento della sicurezza stradale e la tutela della qualità della vita dei residenti. Per accelerare i lavori, si suggerisce di ricorrere a contratti di manutenzione pluriennali e di istituire un tavolo permanente tra gestore e amministrazioni locali, in modo da programmare interventi coordinati con il minor impatto possibile sulla viabilità.



## *Descrizione degli interventi gestionali*

### **9. Potenziamento trasporto pubblico su gomma**

Il potenziamento del trasporto pubblico su gomma si propone di migliorare la qualità e la frequenza dei servizi autobus, offrendo un’alternativa concreta all’uso dell’auto privata. Da un punto di vista qualitativo Autolinee Toscane ha avviato un ampio programma di rinnovamento della flotta al fine di aumentare efficienza e sostenibilità ambientale. Inoltre, si stanno implementando tecnologie di geo-localizzazione, al fine di fornire agli utenti informazioni in tempo reale sulla posizione dei bus di interesse, e supporti fisici per il trasporto di bici, con l’obiettivo di promuovere l’intermodalità. Per quanto riguarda la dimensione quantitativa, Autolinee Toscane ha ampliato l’offerta sull’asse Pisa-Cascina, aumentando la frequenza delle corse ad ogni 15 minuti, a scapito di una riduzione di frequenza nella tratta Cascina-Pontedera. Inoltre, corse specifiche per aziende con un gran numero di dipendenti e per il supporto delle famiglie nell’accesso a servizi scolastici e ricreativi renderebbero meno necessario l’utilizzo di veicoli privati per gli spostamenti richiesti nella giornata. La Regione Toscana e diversi comuni vedono il miglioramento dei servizi di bus come uno strumento necessario per alleggerire il traffico pendolare e promuovere una mobilità più inclusiva, soprattutto integrandola con hub intermodali e parcheggi scambiatori. Nonostante ciò, ancora molto deve essere fatto sotto il profilo culturale lato utenza, spesso rigidamente legata all’utilizzo del mezzo proprio. Anche per tentare di scardinare questa resistenza al cambiamento, sul fronte tecnologico, Autolinee Toscane sta sperimentando sistemi digitali come travel planner (da integrare con informazioni di geo-localizzazione) e pagamento contactless (tap-and-go), mentre la Regione Toscana sottolinea l’importanza di coordinare i dati di traffico e integrare l’infomobilità su piattaforme regionali. Tuttavia, l’intervento si scontra con diverse barriere: l’insufficiente presenza di corsie preferenziali, la difficoltà di introdurre linee in territori a bassa densità o con domanda frammentata, e la rigidità della domanda di trasporto rispetto all’introduzione di questi investimenti, soprattutto quando questi non riescono a configurarsi come vere e proprie trasformazioni sistemiche in grado di dare un nuovo volto al trasporto pubblico. Le leve principali per il successo dell’intervento includono politiche di incentivo economico all’utilizzo dei mezzi pubblici, il miglioramento della qualità e affidabilità del servizio, e un maggiore coordinamento istituzionale per ottimizzare le coincidenze tra gomma e ferro.

### **10. Tariffa traffico pesante**

L’introduzione di una tariffa dedicata al traffico pesante lungo la SGC FI-PI-LI mira a finanziare la manutenzione dell’infrastruttura, ridurne la congestione, e migliorare la sicurezza stradale. Questo intervento è il più divisivo nelle opinioni degli stakeholders. Regione Toscana e alcuni comuni come Cascina, San Miniato e Pisa vedono nella tariffazione un mezzo per internalizzare i costi generati dall’usura stradale causata prevalentemente dai mezzi pesanti, mentre i comuni di Montopoli e Pontedera vedono nella realizzazione di questo intervento il rischio di dirottare parte del traffico pesante nella già congestionata viabilità secondaria, nello specifico la Tosco-Romagnola. In risposta a queste preoccupazioni, la Regione, in collaborazione con KPMG, ha ideato e sta valutando l’introduzione di un sistema di pedaggio “free flow” senza barriere fisiche,



rivolto ai soli veicoli commerciali pesanti. Il pagamento verrebbe applicato solo a chi attraversa almeno 2 o 3 dei 5-6 portali previsti lungo la tratta. Questa modalità ridurrebbe il rischio di deviare su strade secondarie parte del traffico intercomunale che oggi utilizza la SGC FI-PI-LI, poiché i mezzi che percorrono l'intero tracciato difficilmente opterebbero per itinerari alternativi meno efficienti, mentre chi utilizza solo una parte della tratta non sarebbe soggetto al pedaggio. Attori come CNA e il Comune di Pontedera avvertono del rischio di penalizzare la logistica, settore in particolare sviluppo nella zona data la centralità economica della SGC FI-PI-LI, ma sarebbero disposti a contribuire con un pedaggio qualora l'infrastruttura SGC FI-PI-LI venisse ripensata in ottica autostradale, fornendo dunque piazzole di sosta, corsie di sicurezza, punti di ristoro e, più in generale, un livello di servizio relativo ad una infrastruttura stradale di categoria superiore. D'altro canto, RFI sostiene l'introduzione del pedaggio, sottolineando che il trasporto merci su gomma beneficia oggi di maggiori sussidi rispetto a quello ferroviario, generando una distorsione del mercato. Secondo RFI, una tariffazione mirata contribuirebbe a riequilibrare le condizioni concorrenziali tra i due settori. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante se si pensa alla centralità che l'asse ferroviario Pisa-Firenze avrebbe nella prospettiva del potenziamento del collegamento del porto di La Spezia con le reti europee di trasporto su ferro. Nel complesso, dunque, le principali criticità riguardano il rischio di dirottamento del traffico pesante su viabilità secondaria, l'attuale sottodimensionamento delle alternative ferroviarie o stradali alternative, che oggi non risultano ancora consolidate rispetto agli scenari di progetto desiderati dai gestori, e l'elevato impatto burocratico e tecnologico per l'implementazione del sistema di pedaggio mirato. A questi si aggiungono le resistenze politiche locali e la necessità di un chiaro sistema di governance delle risorse raccolte. I driver principali per l'adozione della tariffa sono il bisogno di fondi per la messa in sicurezza della SGC FI-PI-LI, l'orientamento crescente verso una logistica più sostenibile su rotaia, e la volontà di adeguare la gestione della viabilità regionale agli standard infrastrutturali europei. Nel caso di realizzazione dell'intervento infrastrutturale della terza corsia, l'introduzione del pedaggio risulterebbe necessaria per compensare parte dei costi dell'intervento.

## 11. Miglioramento diffusione di informazioni viabilità

Questo intervento si propone di rendere più efficiente e sicuro l'uso delle infrastrutture stradali e del trasporto pubblico attraverso una capillare diffusione di informazioni aggiornate sulla viabilità, quali traffico e congestimenti, e sullo stato dei servizi di trasporto pubblico. La Regione Toscana ha già avviato investimenti significativi per potenziare l'infomobilità, introducendo tecnologie per il monitoraggio dei mezzi pubblici (App *Muoversi in Toscana*) e sistemi informativi sui parcheggi disponibili. Parallelamente, Autolinee Toscane sta sviluppando strumenti digitali, come il travel planner, per facilitare la pianificazione dei viaggi su gomma e migliorare l'esperienza utente. Un ambito prioritario riguarda l'utilizzo delle informazioni in tempo reale per monitorare il livello di congestione della SGC FI-PI-LI, fortemente soggetta a traffico intenso e incidenti. Attualmente, le informazioni sui flussi della SGC FI-PI-LI sono diffuse in modo disomogeneo, spesso affidate a canali non ufficiali come le applicazioni di terze parti (es. Google Maps) e i social media. L'introduzione di un sistema ufficiale di rilevazione e comunicazione dinamica del traffico – ad esempio tramite app dedicate o pannelli a messaggio



variabile lungo il tracciato – permetterebbe agli utenti di scegliere percorsi alternativi e ridurre il rischio di congestioni critiche. Se oggetti di investimenti coordinati, poi, tale sistema potrebbe evolvere verso funzioni più avanzate di planning della propria giornata, integrando in un unico punto informazioni in tempo reale relative a più modalità di trasporto e servizi di pianificazione avanzati. Le principali criticità emerse riguardano: la difficoltà di mantenere aggiornati i dati in tempo reale, la mancanza di piattaforme consolidate per la comunicazione delle informazioni di mobilità, e la limitata massa critica di utenti digitali che sosterrebbe il business model di un prodotto customizzato sul territorio. Quest’ultimo punto pare imporre l’integrazione del servizio di infomobilità con ulteriori servizi, come descritto nel successivo punto riguardante il Mobility as a Service. I principali driver a favore dell’intervento sono il miglioramento della qualità dell’esperienza utente, la riduzione degli impatti ambientali dovuti a congestioni, l’aumento della sicurezza grazie ad una maggiore disponibilità di informazioni agli utenti e il crescente interesse verso la digitalizzazione dei servizi pubblici.

## 12. Mobility as a Service

L’implementazione di soluzioni di Mobility as a Service (MaaS) mira a integrare in un’unica piattaforma digitale i diversi servizi di mobilità disponibili – trasporto pubblico, car sharing, bike sharing, monopattini elettrici, parcheggi scambiatori – offrendo agli utenti una modalità semplice, flessibile, e sostenibile che consente di pianificare, prenotare e pagare i propri spostamenti secondo una logica di integrazione dei servizi ed estensione dei revenue streams. Autolinee Toscane sta già sviluppando sia strumenti digitali di pianificazione e pagamento che implementando nei bus tecnologie di geo-localizzazione che potrebbero essere integrati in piattaforme MaaS. Le criticità principali risiedono nella complessità tecnologica di integrare sistemi eterogenei (orari, ticketing, disponibilità mezzi) e nella difficoltà di coordinare pubblico e privato sotto una governance unificata. Insieme a questo, ad oggi pere mancare un soggetto in grado di prendere in mano la progettazione e lo sviluppo della piattaforma. RFI evidenzia inoltre che la scarsa comunicazione tra enti locali e operatori di settore rischia di vanificare gli effetti di una piattaforma MaaS se non adeguatamente supportata da scelte infrastrutturali coerenti. Inoltre, ancora ad oggi, la percentuale di popolazione europea digitalizzata è di appena il 54% (EUCRA, 2022), il che rappresenta una sfida anche nel creare una massa critica in grado di utilizzare tali strumenti. I driver principali per il successo dell’intervento sono rappresentati dalla potenziale semplicità di utilizzo della piattaforma, la disponibilità e crescente confidenza degli utenti con le tecnologie contactless e smart già ad oggi disponibili, l’urgenza di rendere più sostenibili i modelli di spostamento, nonchè la pressione politica verso l’integrazione dei servizi.

## 13. Soluzioni di mobilità condivisa

La promozione di soluzioni di mobilità condivisa, in particolare il carpooling, si propone di ridurre il numero di veicoli in circolazione aumentandone l’occupazione media, abbattere le emissioni di CO<sub>2</sub> e migliorare l’efficienza degli spostamenti casa-lavoro. I Mobility Manager della Scuola Sant’Anna e Unicoop.fi identificano il carpooling come uno strumento chiave per favorire una mobilità più sostenibile, soprattutto nei contesti aziendali dove la dispersione territoriale dei dipendenti e la scarsità di trasporto pubblico rendono difficile l’adozione delle alternative



attualmente disponibili. Trattandosi di una soluzione che necessita di un cambiamento culturale da parte dei viaggiatori, chiamati a modificare le proprie routine per organizzare la propria mobilità in chiave condivisa, risultano fondamentali gli interventi a stimolo e supporto. In tal senso, alcune iniziative sono state già create nel territorio pisano. Fra queste, l'Azienda Ospedaliera nel periodo pre-pandemico ha supportato iniziative di carpooling, ottenendo anche discreti risultati, che però hanno mostrato una brusca retrocessione nel periodo pandemico, poi protrattasi in quello post-pandemico. Ad oggi, le principali criticità risiedono nella scarsa propensione culturale alla condivisione dell'auto, nella mancanza di piattaforme digitali semplici ed efficienti per facilitare l'incontro domanda-offerta e nella difficoltà di creare massa critica sufficiente (Unione Industriale Pisana). La pandemia ha ulteriormente rallentato la diffusione di queste pratiche, riducendo la fiducia nella condivisione degli spazi ristretti (Azienda Ospedaliera di Pisa). Tra i driver favorevoli vi sono l'aumento dell'interesse verso soluzioni di welfare aziendale legate alla mobilità sostenibile (es. Unicoop.fi), la possibilità di ridurre i costi individuali, e la disponibilità di un ventaglio piuttosto ampio di iniziative potenzialmente disponibili per le amministrazioni locali, fra i quali incentivi e campagne di sensibilizzazione. Il carpooling potrebbe inoltre integrarsi efficacemente con la creazione di parcheggi scambiatori, offrendo soluzioni competitive per la copertura del primo e ultimo miglio.

### 13. Flessibilità di ingresso a lavoro

L'introduzione di orari di ingresso e uscita flessibili nei luoghi di lavoro mira a ridurre la congestione nei picchi di traffico, ottimizzare l'uso delle infrastrutture di trasporto e migliorare il benessere dei lavoratori. Unione Industriale Pisana e CNA segnalano come alcune imprese abbiano già spontaneamente adottato modelli di ingresso differenziato per compensare i ritardi legati al traffico sulla SGC FI-PI-LI e sulle principali arterie urbane, specialmente nella fascia critica tra le 8:00 e le 8:45. Anche Unicoop.fi promuove una gestione più flessibile degli orari per i ruoli amministrativi, integrando queste misure nel proprio piano MyWelfare di cui una parte è dedicata alla mobilità sostenibile. Le principali criticità nell'adozione su larga scala riguardano la necessità di un cambiamento culturale nelle imprese ancora legate a modelli rigidi di lavoro, la difficoltà di applicazione nei settori produttivi o nei servizi a orario vincolato (es. scuola, sanità), e la mancanza di incentivi o regolamentazioni che favoriscano formalmente la flessibilità oraria come misura di mobilità sostenibile. I principali driver favorevoli includono l'opportunità di ridurre l'inquinamento da traffico nelle ore di punta, il miglioramento della produttività attraverso una migliore gestione del tempo di lavoro e la crescente diffusione di modalità di lavoro agili (smart working, lavoro ibrido).

### 14. Creazione struttura di governance multi-stakeholder

La creazione di una struttura di governance multi-stakeholder per la mobilità mira a favorire un coordinamento stabile e operativo tra enti pubblici, operatori di trasporto, e imprese private, ivi comprese quelle ludico-ricreative e sportive rivolte ai minorenni, con l'obiettivo di sviluppare soluzioni condivise ed efficaci per la mobilità nell'area della SGC FI-PI-LI. Regione Toscana e RFI evidenziano come l'attuale frammentazione istituzionale – tra comuni, province e aziende di servizio – ostacoli una gestione coerente dei progetti di mobilità, sia su gomma che su ferro. Il



Sindaco di San Miniato sottolinea come la mancanza di tavoli tecnici condivisi limiti fortemente la capacità di rispondere ai problemi della viabilità. Paradossalmente, pur trattandosi di un problema molto sentito, che colpisce trasversalmente tutti i portatori di interesse coinvolti nelle interviste, vi è però la diffusa percezione di una scarsa disponibilità a sedersi con fiducia in tavoli promossi con l'ambizione di modificare lo status quo. Per questo motivo, sono auspicate iniziative in grado di preservare autorevolezza ed efficacia, che si potrebbero concretizzare nella creazione di tavoli permanenti di confronto che coinvolgano amministrazioni locali, Regione, Autolinee Toscane, RFI, aziende del territorio, start-up e operatori tecnologici. Unicoop.fi e CNA auspicano il coinvolgimento diretto del mondo imprenditoriale nella progettazione delle soluzioni, soprattutto per assicurare che le esigenze della mobilità dei lavoratori e della logistica siano pienamente considerate. La Regione Toscana, accanto all'investimento in studi e infrastrutture, riconosce che il successo delle strategie di mobilità dipende anche dal miglioramento del dialogo operativo con i fornitori di servizi di trasporto, sia pubblici che privati. Le principali criticità risiedono nella difficoltà di allineare interessi diversi, nella mancanza di un soggetto coordinatore riconosciuto, e nella necessità di superare barriere burocratiche e culturali che frenano l'apertura al dialogo intersetoriale. Se il coordinamento delle azioni tra una pluralità di soggetti potrebbe portare a significativi benefici per la collettività, meno immediato è invece per un singolo soggetto trovare le motivazioni per investire nel farsi promotore di questo cambiamento. Tra i principali driver favorevoli vi sono infatti elementi che trascendono le tradizionali valutazioni di fattibilità per le singole organizzazioni, fra le quali l'urgenza di rispondere in modo coordinato alle sfide della mobilità sostenibile, l'interesse crescente degli operatori economici per soluzioni condivise e la disponibilità di strumenti digitali che –se adottate a livello sistematico – facilitano il monitoraggio e la governance multilivello.



## Definizione degli scenari di intervento

Sulla base di quanto emerso dall’analisi della letteratura e dalle parole degli stakeholder, gli scenari di intervento sono stati raggruppati in tre configurazioni alternative: *Business as Usual*, *Potenziamento stradale*, *Potenziamento contestuale*, dettagliate di seguito.

### Scenari di intervento: le configurazioni emergenti

#### **Scenario 1: Business as usual (BAU)**

In questo scenario, gli interventi di mobilità implementati sono di carattere manutentivo e/o ordinario, ad eccezione di alcuni interventi straordinari già programmati, lasciando l’infrastruttura di trasporto regionale nel suo complesso pressoché immutata. Gli interventi stradali previsti sono mirati a risolvere criticità localizzate in tratti particolarmente pericolosi e inefficienti della SGC FI-PI-LI, come intersezioni mal progettate o uscite ad alta incidentalità. Sul fronte del trasporto pubblico sono previsti principalmente due interventi. Il primo riguarda il potenziamento della linea ferroviaria ma limitato alla sola tratta Firenze-Empoli. Il secondo è la realizzazione della tramvia pisana con tre direttive principali: una dalla stazione ferroviaria all’ospedale Cisanello, una verso San Giuliano Terme e infine una linea dalla stazione a Piazza dei Miracoli.

In questo scenario, viene garantita una continuità col passato nelle modalità di trasporto, assicurando il funzionamento standard con i necessari interventi di manutenzione e potenziamento. Poiché non sono previsti investimenti sostanziali, non sono necessari ulteriori contributi economici oltre a quelli stanziati annualmente dalla regione e le province interessate. La ratio dello scenario si basa principalmente sulla volontà di attendere le future innovazioni che coinvolgeranno la mobilità privata relativamente alla diffusione delle auto elettriche e a guida autonoma, per poi far evolvere le infrastrutture territoriali secondo direttive ad oggi non ancora pienamente intuibili. In tal senso, le problematiche più rilevanti della mobilità regionale, come la congestione del traffico in SGC FI-PI-LI e l’impatto ambientale dei veicoli privati, non vengono affrontate in modo strutturale, essendo ogni potenziale soluzione rimandata a tempi più certi, rischiando che nel breve-medio periodo queste vadano ad acuirsi, specialmente nelle ore di punta a causa del progressivo aumento dei flussi di trasporto.

#### **Scenario 2: potenziamento stradale**

A partire dalla situazione descritta nello scenario BAU, si prevede in questo caso un intervento infrastrutturale ampio e di natura prevalentemente stradale. Il fulcro dell’intervento è la realizzazione di una terza corsia lungo tutto il tracciato della SGC FI-PI-LI. Verrà inoltre introdotto un sistema di pedaggio elettronico in modalità free-flow per il traffico pesante, al fine di recuperare parte dei costi di realizzazione e manutenzione della nuova infrastruttura. I mezzi saranno soggetti a pagamento se transiteranno attraverso almeno 2/3 dei 5/6 varchi distribuiti lungo il tracciato. Verranno poi potenziati gli sbocchi e i nodi critici, come ponti e svincoli congestionati, per accogliere l’incremento dei flussi.



In questo scenario, gli interventi previsti hanno l'obiettivo di risolvere le criticità dell'infrastruttura attuale, che non è adeguata a sostenere gli elevati volumi di traffico a cui è sottoposta, portando a frequenti congestimenti e rallentamenti, in particolare in prossimità degli ingressi e delle uscite o in occasione di criticità puntuale (es. cantieri o incidenti). L'assenza di una corsia di emergenza impedisce ai veicoli in panne di mettersi in sicurezza e ostacola l'intervento tempestivo dei mezzi di soccorso in caso di incidente. Inoltre, trattandosi di un'arteria strategica per l'economia, è intensamente utilizzata anche da veicoli pesanti, che però non dispongono delle necessarie piazze di sosta, aumentando i rischi per questa tipologia di utenti. La presenza della terza corsia risolverà infatti la problematica del traffico rendendo più scorrevoli i flussi e meno impattanti i congestimenti. Migliorerà inoltre la sicurezza della SGC FI-PI-LI, grazie ad un dimensionamento adeguato al flusso di traffico ed alla presenza di piazze di sosta, anche emergenziale. Inoltre, l'efficienza ritrovata della SGC FI-PI-LI potrebbe attirare una quota maggiore di traffico pesante rendendo la strada ancora più centrale nel sistema di mobilità toscano.

Tuttavia, l'opera richiederà almeno dieci anni per la realizzazione, con la possibilità di slittamenti anche significativi nei tempi di completamento. Durante i lavori, la presenza costante di cantieri ridurrà la viabilità a un senso unico alternato in alcune tratte, generando forti disagi per la circolazione. La realizzazione dell'infrastruttura comporterà significativi impatti ambientali sia in termini di emissioni di gas serra che di consumo di suolo e di conseguente perdita di biodiversità, richiedendo inoltre un notevole dispendio economico per la Regione Toscana. L'impegno economico richiesto sarà estremamente rilevante, e richiederà volumi di investimento straordinari rispetto a quanto investito in mobilità negli ultimi tre decenni.

### **Scenario 3: potenziamento contestuale**

Lo scenario del potenziamento contestuale prevede un'evoluzione complessiva del sistema di mobilità così come presentato nello scenario BAU basata sull'integrazione tra diverse modalità di trasporto e sull'uso delle tecnologie, lasciando tuttavia inalterato l'asse stradale SGC FI-PI-LI. Riconoscendo l'urgenza di pianificare interventi che richiedono volumi di investimento straordinari rispetto a quanto investito in mobilità negli ultimi tre decenni, la logica qui rappresentata è quella di una loro distribuzione su un ampio numero di tasselli che potranno comporre il futuro sistema trasportistico locale. La prima linea di intervento riguarda il rafforzamento del trasporto pubblico, sia su gomma che su ferro. La tratta ferroviaria Firenze-Pisa sarà quadruplicata in quanto a capacità e renderà possibile la realizzazione di diverse corse ad alta velocità durante la giornata. Inoltre, la flotta di autobus verrà ampliata e migliorata in termini di frequenza, qualità del servizio e accessibilità, intervenendo sulle piazze di salita e discesa degli utenti, offrendone adeguate condizioni di protezione dalle intemperie e di accesso per gli utenti a ridotta mobilità, e rendendo possibile anche il trasporto delle biciclette. Questa possibilità sarà incentivata anche attraverso sconti sul prezzo del biglietto per gli utenti che integrano bici e trasporto pubblico, promuovendo comportamenti virtuosi. Secondariamente, verranno realizzati hub di mobilità intermodale, posizionati in prossimità dei principali accessi alla SGC FI-PI-LI. Questi snodi saranno dotati di parcheggi scambiatori intelligenti e tecnologie



avanzate per il rilevamento in tempo reale della disponibilità dei mezzi in sharing, quali bikesharing, carsharing ed e-scooter, dei posti auto liberi, degli orari di arrivo dei mezzi pubblici e di altre informazioni utili alla pianificazione del viaggio. Quale terzo stream di intervento, verrà prevista un'integrazione digitale attraverso l'implementazione di una rete di sensori lungo il tracciato della SGC FI-PI-LI, in grado di monitorare flussi, incidenti e condizioni di traffico in tempo reale. Questi dati, insieme alle informazioni sugli hub intermodali, verranno integrati in una piattaforma regionale di Mobility as a Service (MaaS) accessibile tramite app. L'utente potrà così pianificare i propri spostamenti, scegliendo le soluzioni più adatte in base a tempi, costi, impatto ambientale e disponibilità dei mezzi. Grazie all'integrazione dei flussi informativi, il sistema sarà in grado di rispondere adattivamente alle contingenze, ad esempio intensificando le corse dei mezzi pubblici in caso di default di una arteria stradale a supporto di una alternativa di trasporto pubblica o privata e conseguente esigenza di accesso ad un servizio di trasporto in una logica intermodale.

In questo scenario, gli interventi previsti mirano ad integrare la mobilità toscana con i modelli di mobilità del futuro già adottati in altre grandi realtà metropolitane. L'obiettivo è adottare una visione prospettica, sviluppando infrastrutture in grado di sostenere nuove modalità di consumo e fruizione della mobilità, con una particolare attenzione alla riduzione dell'impatto ambientale del sistema di trasporti e alla sua digitalizzazione, cercando di risolvere i limiti dettati dal bacino di utenza locale attraverso l'introduzione di modelli di business basati sulla integrazione di più revenue stream.

Tuttavia, destinando altrove ingenti investimenti, la SGC FI-PI-LI non verrà allargata con una corsia di emergenza, lasciando invariate alcune problematiche legate alla sicurezza dell'infrastruttura. Inoltre, i lavori di potenziamento della rete ferroviaria richiederanno interventi significativi lungo la tratta, con conseguenti ritardi e frequenti cancellazioni delle corse. Queste problematiche potrebbero protrarsi nel tempo, anche a causa di potenziali ritardi nella realizzazione dell'opera.

Parte dei costi per la realizzazione di questo intervento verranno sostenuti dalla Regione Toscana, in parte invece verranno sostenuti dagli utenti stessi attraverso un adeguamento del costo dei servizi ma, ancor più, attraverso l'ampliamento della base di viaggiatori che vi accederanno. Per ottenere benefici sostanziali in questo scenario, sarà dunque necessario un cambiamento nella percezione della mobilità da parte degli utenti; un'evoluzione culturale che porti i cittadini ad abbandonare la comodità dell'uso del veicolo privato e a ponderare più correttamente gli effettivi costi e benefici delle differenti modalità di trasporto. La difficoltà nel cambiare i modelli di fruizione della mobilità da parte degli utenti potrebbe comunque comportare costi significativi di realizzazione delle progettualità senza reali benefici alle problematiche sopra citate.

## Considerazioni tecnico-funzionali

Il confronto tra i tre scenari (*BAU, potenziamento stradale e potenziamento contestuale*) tiene conto del fatto che la sola espansione infrastrutturale, se non accompagnata da adeguati interventi a suo corredo, quale l'introduzione di moderni sistemi informativi, rischi di generare



opere isolate, che portano ad una governance dei dati dispersa, con la conseguente persistenza delle fallacie decisionali e comportamentali da parte degli utenti. Nel **BAU**, la gestione informativa rimane frammentata tra enti pubblici ed attori privati, senza standard univoci per la raccolta, il trattamento e la condivisione dei dati di flusso; questo impedisce l'introduzione di soluzioni MaaS e di piattaforme di infomobilità in tempo reale, relegando i mobility manager a ruoli marginali. Lo scenario di **potenziamento stradale** concentra gli investimenti in ambito infrastrutturale (terza corsia e snodi critici), producendo sistemi difficilmente riconvertibili: con tempi di realizzazione pluriennali (oltre 10 anni) e limitata predisposizione a futuri avanzamenti tecnologici (es. integrazione con auto a guida autonoma). La terza corsia non si configura come convertibile in corridoio per veicoli autonomi o per trasporto collettivo, sancendone un limite evolutivo, almeno nel breve-medio periodo. Viceversa, lo scenario di **potenziamento contestuale** crea un'architettura modulare con governance centralizzata: sensoristica lungo la SGC FI-PI-LI, hub intermodali digitalizzati, una piattaforma MaaS regionale con integrazione sia di trasporto pubblico che di micromobilità condivisa. Ciò porta ad una soluzione digitalizzata che, pur richiedendo un salto iniziale in investimenti per data-governance e cybersecurity, garantisce capacità di miglioramento continue – dall'auto a guida autonoma alla gestione dinamica delle tariffe basate sui livelli di congestimento. Ma se l'evolutività di tale scenario non risulta vincolata a priori, le criticità principali rimangono la definizione di investimenti specifici per la gestione dei dati, l'effettiva cooperazione tra pubblico e privato per finanziare l'infrastruttura digitale, e la ridefinizione dei business model e del panorama di attori coinvolti nel sistema locale dei trasporti.

## Considerazioni ambientali

Da un punto di vista ambientale, le differenze tra gli scenari sono sostanziali, sia su indicatori globali (climate change) che locali (inquinamento urbano). Nel **BAU** le emissioni si mantengono sostanzialmente stazionarie, con la predominanza di veicoli privati (emissioni medie fino a 200–300 g CO<sub>2</sub>-eq/km) e autobus diesel (1 700 g CO<sub>2</sub>-eq/km) che porta a mantenere invariati sia gli indicatori di impatto globale (GWP) sia quelli locali (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> nei centri abitati). Lo **scenario stradale**, introducendo la terza corsia e potenziando gli assi, può ridurre temporaneamente la congestione, ma nel medio-lungo termine rischia di stimolare **domanda indotta** (*Paradosso di Braess*), aumentando chilometraggio ed emissioni complessive nonostante la temporanea fluidità del traffico, aggravando quindi l'inquinamento locale nei tratti più densamente abitati (Hymel, 2019; Mangones et al., 2020). Al contrario, il **potenziamento contestuale**, basato su trasporto ferroviario (20–30 g CO<sub>2</sub>-eq/km per treni ad alta velocità) e autobus elettrici (1 500 g CO<sub>2</sub>-eq/km in mix energetico pulito) e su micromobilità condivisa (servizi di sharing), consente riduzioni sul ciclo vita del 60–70% del GWP rispetto alla configurazione stradale (Trevisan & Bordignon, 2020; Chang et al., 2019), minimizzando anche emissioni localizzate in prossimità di luoghi sensibili quali scuole e ospedali. Tuttavia, l'efficacia di questo approccio dipende dalla capacità di agire su una base socio-culturale non facilmente malleabile, nonché di integrare politiche ambientali territoriali e aziendali, oggi spesso disallineate, come dimostrato dalla tendenza dei mobility manager a ritenersi privi di poteri reali.



Un'invariante che deve informare le politiche di mobilità è la preferibilità delle modalità di trasporto ad alto tasso di occupazione (passeggeri per mezzo): l'uso dell'auto propria – con occupazione media di 1,2 persone – non va incentivato, preferendo invece soluzioni condivise. L'adozione di una pianificazione integrata e di sistemi di trasporto collettivo, che combinino efficacemente la flessibilità della digitalizzazione del settore trasporti, l'efficienza della rete ferroviaria e la versatilità degli autobus a basse emissioni, idealmente in grado di circolare su percorsi riservati, rappresenta una via utilmente percorribile per ridurre significativamente l'impatto ambientale e migliorare la qualità della vita nelle aree urbane e peri-urbane. Tale modello integrato, oltre a rispondere alle sfide legate al cambiamento climatico, si configura come un pilastro per la modernizzazione dei sistemi di mobilità e per la promozione di uno sviluppo urbano sostenibile, in cui la mobilità diventa un veicolo per il benessere collettivo e l'efficienza delle infrastrutture, apre la strada a un futuro in cui la sostenibilità ambientale e la qualità della vita sono al centro delle politiche di trasporto.

### Considerazioni economiche e sociali

Dal punto di vista economico e sociale i tre scenari di intervento vanno letti alla luce non solo delle dinamiche infrastrutturali ma anche delle trasformazioni comportamentali, culturali e di contesto economico che si verificheranno nei prossimi anni. Lo scenario **BAU** si caratterizza per una bassa intensità di investimento, che consente di contenere l'esborso pubblico e di evitare il disagio logistico derivante dai cantieri di lunga durata. Tuttavia, questa apparente stabilità nasconde costi economico-sociali crescenti al passo con la crescita di domanda di mobilità: la mancata risposta strutturale alla congestione comporta un aggravio dei tempi di percorrenza, della sicurezza stradale e dell'inquinamento veicolare. Inoltre, l'assenza di un'evoluzione del sistema di mobilità rischia di consolidare abitudini di trasporto insostenibili, rendendo più difficile l'emersione di routines più virtuose. Lo scenario di **potenziamento stradale** risponde invece in modo diretto alla domanda attuale di trasporto, migliorando la capacità e la sicurezza della SGC FI-PI-LI attraverso la terza corsia. Ciò potrebbe avere effetti economici positivi per il trasporto merci e per la competitività delle imprese, facendo crescere il settore logistico e produttivo dell'area. Tuttavia, i costi economici diretti sono elevati e il sistema di pedaggio elettronico, seppur limitato al traffico pesante, potrebbe generare resistenze da parte delle categorie coinvolte. Più critico è l'impatto economico e sociale nella fase realizzativa: la presenza prolungata di cantieri, la riduzione temporanea della viabilità e l'incertezza sui tempi effettivi di completamento determinano un disagio percepito molto alto per gli utenti. Inoltre, l'investimento su un'infrastruttura che incentiva l'uso dell'auto privata rischia di consolidare la talvolta fallace percezione dell'auto come mezzo più utile e conveniente, senza considerare il trend di disaffezione all'auto delle nuove generazioni, che richiederebbe invece soluzioni più flessibili e multimodali. Lo scenario di **potenziamento contestuale** rappresenta l'opzione più lungimirante sotto il profilo economico-sociale, in quanto punta a una trasformazione integrata, scalabile, evolutiva e resiliente del sistema di mobilità regionale. L'investimento in infrastrutture intermodali, trasporto pubblico e digitalizzazione dei servizi permette di rispondere sia alla crescente domanda futura di trasporto privato, sia alle future esigenze comportamentali degli utenti. Tuttavia, questo scenario richiede un notevole impegno finanziario pubblico, non



compensabile da una redditività immediata dei servizi, che rimangono fortemente dipendenti da sussidi pubblici. Ancor più richiede un cambiamento significativo sotto il punto di vista imprenditoriale, con l'introduzione di nuovi modelli di business e profonde variazioni nella geografia degli attori coinvolti. La sostenibilità sociale del modello dipende da un cambiamento culturale diffuso, che richiede il superamento di barriere cognitive (es. senso di autonomia con mezzo privato, ansia, distorsione temporale) e la modifica di routines consolidate; per questo, risultano centrali misure strutturate di accompagnamento, come campagne informative ben disegnate e incentivi esperienziali (es. biglietti gratuiti, gamification), al fine del pieno raggiungimento dei benefici potenziali di tale scenario.



## Analisi di accettabilità degli scenari di mobilità

### Introduzione

Nella progettazione e implementazione delle politiche pubbliche, specialmente in ambito infrastrutturale, il coinvolgimento degli stakeholder territoriali dovrebbe rappresentare un elemento cruciale per garantire la legittimità e l'efficacia degli interventi. Tuttavia, non è raro che le decisioni strategiche vengano prese senza un adeguato ascolto delle priorità espresse dagli attori locali, generando un potenziale disallineamento tra obiettivi istituzionali e percezioni della cittadinanza e del tessuto produttivo. Nel caso della mobilità lungo la direttrice della SGC FI-PI-LI, tale disallineamento può tradursi in un mancato supporto per soluzioni progettuali potenzialmente anche ben concepite sotto il profilo tecnico-economico. Per questo motivo, nella seconda parte dello studio si intende esplorare due principali fenomeni: 1) il legame tra le attitudini individuali nei confronti della mobilità e le preferenze espresse rispetto ai differenti scenari di intervento, con l'obiettivo di fornire elementi empirici utili alla costruzione di politiche più rispondenti ai valori e ai bisogni delle comunità coinvolte; 2) come le imprese percepiscano le ricadute dei diversi scenari sul proprio funzionamento operativo, analizzando il ruolo delle caratteristiche anagrafiche delle stesse nel modellare le loro preferenze.

L'approccio utilizzato nei confronti dei cittadini si inserisce nel solco di una crescente attenzione, all'interno della letteratura scientifica, alle determinanti comportamentali nella scelta delle modalità di trasporto. Nonostante l'ampia mole di studi che mettono in evidenza il ruolo di abitudini, percezioni del rischio e valori ambientali nelle decisioni di mobilità, esiste tuttora una relativa scarsità di contributi che analizzino in modo quantitativo la relazione tra profili attitudinali e preferenze di policy, in particolare all'interno di scenari previsionali realistici e localizzati. Per contribuire a colmare tale lacuna, il presente studio adotta un approccio quantitativo, indagando il ruolo di diverse attitudini nei confronti della mobilità – come la dipendenza dall'auto, l'orientamento alla sostenibilità, la propensione alla guida, l'apertura verso il trasporto pubblico e la disposizione all'uso della bicicletta – nella formazione delle preferenze espresse rispetto a specifici scenari di intervento ipotizzati per il futuro della mobilità nella bassa Valdarno. La prima domanda di ricerca che guida questa fase del lavoro è pertanto la seguente:

**RQ1: In che modo le attitudini individuali verso la mobilità influenzano le preferenze espresse rispetto a differenti scenari di policy per lo sviluppo del sistema di trasporto nella bassa Valdarno?**

Invece, per quanto riguarda le imprese, l'analisi delle loro preferenze si pone come complemento essenziale a quella dei cittadini: mentre questi ultimi rappresentano la domanda individuale di mobilità, il tessuto produttivo esprime bisogni collettivi e vincoli organizzativi che incidono in maniera significativa sul funzionamento complessivo del sistema dei trasporti. L'analisi delle imprese riveste un ruolo cruciale per comprendere come le politiche di mobilità possano impattare sul funzionamento del tessuto economico locale. Le aziende, infatti, presentano caratteristiche eterogenee in termini di settore produttivo, dimensione organizzativa



e fabbisogni logistici, che condizionano in misura significativa le loro preferenze rispetto agli scenari di intervento proposti. La seconda domanda di ricerca è, pertanto, la seguente:

**RQ2: In che modo le specificità del tessuto produttivo incidono sulle scelte delle imprese riguardo agli scenari di intervento, e quali implicazioni ne derivano per la definizione di strategie di governance più rispondenti alle esigenze del sistema economico locale?**

Integrare entrambe le prospettive permette di evidenziare convergenze e divergenze tra interessi sociali ed economici, contribuendo a delineare scenari più inclusivi e pragmatici di governance della mobilità. I questionari somministrati ai cittadini sono stati distribuiti da un data provider con criteri di campionamento mirati sulle tre province attraversate dalla FI-PI-LI, mentre quelli destinati alle imprese sono stati veicolati tramite la mailing list della Camera di Commercio Toscana Nord-Ovest.

In questo contesto, il nostro contributo si propone di colmare il gap di letteratura nei seguenti modi:

- Fornendo una valutazione empirica del nesso tra atteggiamenti verso la mobilità e preferenze di policy, in un contesto realistico e territorialmente definito;
- Offrendo uno strumento utile ai decisori pubblici per calibrare meglio gli interventi infrastrutturali e gestionali in base alle aspettative dei diversi segmenti di popolazione;
- Contribuendo allo sviluppo metodologico delle analisi attitudinali nel campo della mobility policy, attraverso la costruzione di indici compositi e l'impiego di tecniche statistiche avanzate per la classificazione e l'analisi predittiva delle preferenze.

## La metodologia adottata

Nell'ambito della presente indagine, si è scelto di utilizzare un questionario online come strumento di raccolta dati, quale metodo preferenziale in marketing research per la sua flessibilità, rapidità di diffusione e capacità di raggiungere un campione ampio e diversificato. I questionari elaborati sono stati due, uno rivolto ai cittadini ed uno rivolto alle imprese. Entrambi hanno l'obiettivo di presentare al rispondente degli scenari e raccogliere la sua opinione in merito all'impatto che gli scenari avrebbero sulle preferenze di mobilità proprie e della propria azienda.

### *Questionario per cittadini*

Il questionario è stato strutturato per consentire l'estrazione di variabili chiave, raggruppate in tre macro-aree: (1) variabili socio-demografiche e di contesto, (2) comportamenti di mobilità abituali, (3) variabili attitudinali, comprese le valutazioni di scenario.

#### **1. Variabili socio-demografiche e di contesto:**

Attraverso domande a risposta chiusa sono state ricavate variabili anagrafiche di caratterizzazione dei rispondenti:



- **Genere e fascia d'età** (classi quinquennali), per cogliere eventuali differenze di genere e generazionali nei comportamenti di trasporto.
- **Titolo di studio** (secondo il sistema ISCED 2011) e **fascia di reddito** (Regione Toscana, 2023), per valutare l'influenza del fattore culturale ed economico sulle scelte di mobilità.
- **Composizione del nucleo familiare e occupazione professionale** (classificazione ISTAT CP2021), utili a identificare vincoli temporali, risorse disponibili, così come a mappare dinamiche di mobilità legate alla posizione lavorativa.
- **Possesso di patente e di mezzi di trasporto privati**, quali elementi discriminanti per l'effettuazione del questionario.

Queste variabili forniscono il framework per controlli statistici e l'identificazione di cluster omogenei nel campione.

## 2. Comportamenti di mobilità abituali

Per descrivere le abitudini di spostamento quotidiano, si sono impiegate domande a scelta multipla e matrici ordinali per estrarre:

- **Distanze stimate (in minuti) dalle principali infrastrutture di trasporto**, quali fermate autobus e stazioni ferroviarie, per stimare l'accessibilità all'offerta di mobilità.
- **Frequenza settimanale d'uso** della SGC FI-PI-LI per motivi lavorativi e personali, stimati in giorni di utilizzo.
- **Pattern di utilizzo** più frequenti della SGC FI-PI-LI, per comprendere quali sono le uscite maggiormente impiegate e dunque più soggette a congestimenti.

L'analisi descrittiva di queste variabili consente di delineare profili comportamentali e di identificare pattern ricorrenti.

## 3. Variabili attitudinali

Le componenti attitudinali, fondamentali per comprendere predisposizioni e intenzioni della popolazione, sono state costruite sulla base di scale consolidate.

- **Travel Attitude** (Cao, 2010; Cao & Cao, 2014):
  - **Dipendenza dall'auto (Car Dependence)**: misura la percezione di necessità dell'auto per gli spostamenti quotidiani, con item adattati da Cao (2010) e Cao & Cao (2014), es. "Andare al lavoro senza l'auto sarebbe per me difficoltoso". Gli indicatori sono stati definiti e adattati ai contesti specifici del trasporto urbano.
  - **Orientamento alla sostenibilità (Travel-Consciousness)**: rappresenta la propensione alla pianificazione di viaggi più efficienti ed ecologici misurata con affermazioni quali "Pianifico i miei spostamenti per ridurre al minimo l'impatto ambientale".
  - **Propensione alla guida (Pro-Drive)**: esplora l'aspetto di piacere della guida, riprendendo item da Cao (2010) quali "Guidare mi dà un senso di libertà".



- **Propensione al trasporto pubblico (Pro-Public Transport):** valuta l'atteggiamento favorevole verso bus e treni negli spostamenti quotidiani, es. "Preferisco prendere mezzi pubblici nella quotidianità piuttosto che guidare ogni volta possibile".
- **Propensione all'utilizzo della bicicletta (Pro-bike):** misura l'atteggiamento favorevole verso l'uso della bicicletta negli spostamenti quotidiani, es. "Andare in bicicletta nella quotidianità è a volte più comodo per me che guidare".
- **Apertura a nuove modalità di trasporto (Openness to Change):** integra proposte da Talwar et al. (2021), Claudy et al. (2015) e Qian et al. (2023), con item che esplorano l'attitudine verso nuove forme di spostamento, nuove esperienze e ricerca di avventura nel viaggio. Questa dimensione è stata definita sulla base delle evidenze letterarie esistenti.
- **Percezione della sicurezza (Security):** adatta item da Claudy & Petersen (2014) e da Qian et al. (2023), che intendono misurare l'attitudine del rispondente alla ricerca di sicurezza nell'effettuazione degli spostamenti, così come la sicurezza percepita ed il ruolo svolto dai soggetti preposti a garantirla.
- **Trust in Institutions:** scala semantica a 10 punti sviluppata da Sirdeshmukh et al. (2002), che misura affidabilità, competenza, integrità e attenzione al cittadino delle istituzioni e dei soggetti che si occupano della gestione del trasporto sul territorio. L'uso di scale semantiche garantisce una gamma sufficiente di discriminazione tra risposte.

#### 4. Variabili di accettabilità e benefici percepiti per scenario

Il questionario presenta i tre scenari di intervento (Business-as-Usual, Potenziamento Stradale, Potenziamento Contestuale) sottoforma di stimoli video di circa 1 minuto l'uno. Ogni video è stato realizzato dal team di ricerca per delineare sinteticamente ma con una presentazione chiara e completa le caratteristiche degli interventi realizzati in ogni scenario, così come gli impatti positivi e negativi. Successivamente alla presentazione di ogni stimolo video, il rispondente risponde ad item a risposte multiple concernenti l'accettabilità pubblica dello scenario, visto quale destinazione di finanziamento da parte degli enti pubblici, ed il beneficio percepito dall'implementazione dello scenario per sé stesso:

- **Acceptability:** basata sul framework di Kim et al. (2013), che individua Perceived Fairness, Infringement of Freedom e Perceived Effectiveness come predittori dell'accettabilità, adattando gli item al contesto particolare. In particolare, gli item misurano il livello di accettabilità e di supporto da parte del cittadino del fatto che gli enti pubblici decidano di impiegare finanziamenti pubblici nella direzione prevista dallo scenario.
- **Perceived Benefits:** basata sui framework di Kim et al. (2013) e Ye et al. (2020), misura i vantaggi che il rispondente trarrebbe personalmente nei propri spostamenti giornalieri, in termini di riduzione di congestione del traffico, comodità ed efficienza di viaggio, pertanto facendo riferimento principalmente a dimensioni di tempo e costo.



Tutti i costrutti sono misurati su scala Likert 1–7 ed ancorati a modelli teorici consolidati e già impiegati in letteratura di ambito trasporti al fine di interpretare le intenzioni comportamentali degli utenti: **Unified Theory of Acceptance and Use Technology model** (Ye et al., 2020) e **Acceptability model** di Kim et al. (2013).

### *Questionario per imprese*

Il questionario per aziende si articola in due sezioni: una prima anagrafica, ed una successiva legata alla presentazione degli scenari.

#### **1. Profilo e contesto aziendale**

- **Settore di attività**, per contestualizzare la natura dell’impresa.
- **Sede principale di impresa** per la dimensione geografica.
- **Dimensione organizzativa**, rilevata indirettamente tramite numero di dipendenti per segmentare le risposte in base alla scala operativa.
- **Impatto dell’attuale assetto di trasporto merci** sulla competitività e sulla creazione di collaborazioni con altre imprese del territorio.
- **Impatto dell’attuale assetto di mobilità persone** sulla competitività, sulla creazione di collaborazioni con altre imprese del territorio e sull’assunzione di nuovi talenti.

#### **2. Variabili di accettabilità e benefici percepiti per scenario**

Il questionario presenta i tre scenari di intervento (Business-as-Usual, Potenziamento Stradale, Potenziamento Contestuale) sottoforma di stimoli video di circa 1 minuto l’uno. Ogni video è stato realizzato dal team di ricerca per delineare sinteticamente ma con una presentazione chiara e completa le caratteristiche degli interventi realizzati in ogni scenario, così come gli impatti positivi e negativi.

Successivamente, attraverso un ranking da 1 a 3, viene ricavata la variabile ordinale di **Preference Ranking**, indicativa dello scenario percepito come più efficace per la competitività aziendale, il quale viene pertanto posto come primo nel ranking.

Infine, il questionario presenta un elenco di possibili interventi organizzativi e tecnologici, e per ognuna delle misure, il rispondente esprime su scala Likert 1–7 il grado di **Propensione all’adozione** qualora venisse adottato lo scenario di potenziamento contestuale. Gli interventi previsti sono i seguenti:

- Adottare orari di ingresso flessibili
- Incentivare economicamente l’acquisto di abbonamenti di trasporto pubblico
- Promuovere iniziative di collaborazione con altre imprese per la mobilità dei dipendenti
- Contribuire, anche economicamente, allo sviluppo di forme di mobilità condivisa (e.g. carpooling)
- Promuovere la realizzazione di servizi di sharing di biciclette e monopattini nei pressi dell’azienda
- Partecipare ad iniziative di collaborazione con enti pubblici e/o aziende di trasporti per la mobilità dei dipendenti



### *Sampling strategy*

Entrambi i questionari sono stati sviluppati su Qualtrics, piattaforma online per la creazione e la diffusione di survey tramite link dedicato. I dati sono stati raccolti in forma anonima, trattati ai sensi del Reg. UE 2016/679 (GDPR). La strategia di reclutamento è stata differenziata per target (cittadini vs imprese) e combinata su più canali. La raccolta dati si è svolta tra il 26 giugno e il 25 agosto 2025 in lingua italiana.

Per i cittadini, la popolazione target è costituita dai residenti nelle province di Firenze, Pisa e Livorno (asse FI-PI-LI), di età maggiore ai 18 anni e possessori di una patente di guida. Dunque, l'unità di analisi è l'individuo. Per le imprese, la popolazione di riferimento comprende le unità aziendali iscritte al Registro Imprese nelle medesime province. L'unità di analisi è la singola impresa; in questo caso il rispondente target può variare molto, a seconda della tipologia di realtà aziendale, dalla dimensione, dal settore di riferimento.

#### **Questionario per i cittadini**

La somministrazione è avvenuta tramite tre canali:

1. diffusione del link da parte del gruppo di ricerca della Scuola Superiore Sant'Anna presso contatti istituzionali ed extra-istituzionali e tramite social (prevalentemente LinkedIn);
2. diffusione tramite la Camera di Commercio Toscana Nord-Ovest verso la propria rete;
3. coinvolgimento di un data provider (Norstat) che ha invitato un campione di residenti nelle tre province. Per garantire copertura e comparabilità territoriale, sono state adottate quote per provincia (FI, PI, LI). La dimensione campionaria pianificata era di 1450 rispondenti (800 a Firenze, 400 a Pisa e 250 a Livorno); la dimensione effettiva, dopo pulizia, è 1924 rispondenti (948 a Firenze, 676 a Pisa e 300 a Livorno).

Sommando le osservazioni provenienti dai tre canali è risultata una numerosità complessiva di 1995 rispondenti.

#### **Questionario per le imprese**

Per il questionario rivolto alle imprese è stato invece utilizzato il network consolidato della Camera di Commercio. La diffusione è avvenuta tramite mailing list, accompagnata da solleciti mirati per stimolare la partecipazione e incrementare il numero di risposte raccolte. Il questionario ha ricevuto 381 risposte, di cui 134 valide che rappresentano la dimensione effettiva del campione di imprese.

#### *Analisi statistiche*

L'analisi empirica dei questionari si è sviluppata in più fasi, combinando strumenti di statistica descrittiva e inferenziale al fine di comprendere i fattori che influenzano l'accettabilità e l'utilità dei diversi scenari di mobilità regionale.

In primo luogo, sono state condotte analisi **descrittive** sulle variabili sociodemografiche, attitudinali e comportamentali raccolte tramite questionario, sia per cittadini sia per imprese. Questa fase ha permesso di evidenziare le principali caratteristiche dei rispondenti (età, genere,



titolo di studio, provincia di residenza per cittadini; settore, sede, dimensione per imprese) e di individuare distribuzioni, tendenze e prime differenze tra sottogruppi.

Per quanto riguarda il questionario imprese le variabili dipendenti espresse sotto forma di ordinamento preferenziale, sono state analizzate in modo grafico e descrittivo, analizzando la distribuzione delle preferenze in base agli attributi rilevanti delle imprese.

Il dataset relativo ai cittadini è stato invece sottoposto ad una più approfondita analisi inferenziale. In primis, si è proceduto con un'analisi di clustering, utilizzando l'algoritmo **k-means**, con l'obiettivo di individuare profili omogenei di rispondenti sulla base delle loro preferenze e attitudini verso la mobilità. La scelta del numero di cluster è stata guidata da criteri statistici (es. indice di silhouette) e interpretativi, cercando di massimizzare la coerenza interna dei gruppi e la loro distinguibilità. Questo passaggio ha permesso di ricondurre la complessità delle risposte a un numero limitato di tipologie di utenti, facilitando l'interpretazione dei risultati.

Successivamente, è stata impiegata una **regressione multivariata** al fine di stimare la relazione tra accettabilità degli scenari (variabili dipendenti, sia collettive che individuali) e un insieme di predittori comportamentali e attitudinali. I modelli stimati consentono di isolare l'effetto di ciascuna variabile di interesse, controllando per le altre, e di individuare quali fattori risultano maggiormente associati al sostegno per i diversi scenari di mobilità (BAU, Stradale e Contestuale). I coefficienti di regressione e i rispettivi p-value sono stati interpretati in termini di direzione e significatività statistica, permettendo una valutazione comparata tra scenari.

Infine, per rafforzare l'analisi inferenziale e avvicinarsi a una stima causale, è stata impiegata la tecnica del **Propensity Score Matching (PSM)**. Questa metodologia consente di stimare l'Average Treatment Effect on the Treated (ATET) confrontando l'accettabilità/utilità degli scenari tra soggetti che differiscono rispetto a una specifica caratteristica trattata (es. fiducia nelle istituzioni, utilizzo della FiPiLi, attitudine alla bicicletta, alla sicurezza, etc.), ma risultano comparabili rispetto a tutte le altre covariate. Il matching è stato effettuato con algoritmo nearest neighbor (nn=1), verificando in ogni caso il bilanciamento delle covariate post-matching. In tal modo è stato possibile quantificare l'effetto medio del trattamento sull'accettabilità degli scenari, isolando le differenze attribuibili alla variabile di interesse rispetto alle altre covariate.

## Analisi del campione: questionario cittadini

Nel seguente paragrafo vengono presentate le principali caratteristiche sociodemografiche, comportamentali e attitudinali del campione, insieme ad alcune informazioni relative alle abitudini di mobilità e alle preferenze espresse rispetto ai diversi scenari di intervento. I dati descrittivi forniscono un quadro d'insieme utile a contestualizzare l'analisi inferenziale successiva, consentendo di comprendere meglio la composizione del campione e le tendenze emergenti nelle sue scelte di trasporto e nei suoi orientamenti attitudinali.

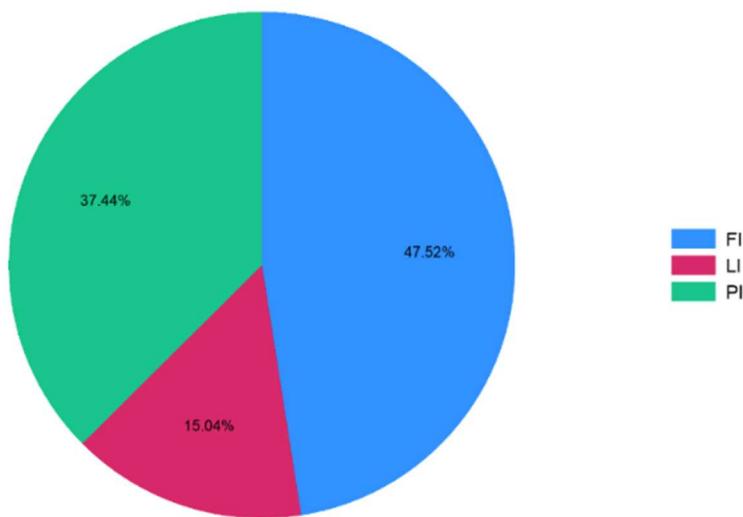
### Sociodemografiche

#### Provincia



Per quanto riguarda la distribuzione territoriale (Figura 7), il campione è composto da 948 rispondenti residenti nella provincia di Firenze (47,5%), 747 nella provincia di Pisa (37,4%) e 300 nella provincia di Livorno (15,0%). La numerosità rispecchia le dimensioni relative delle tre province lungo l'asse FI-PI-LI, garantendo una copertura bilanciata del territorio e consentendo confronti significativi tra i diversi contesti provinciali.

*Figura 7: Provincia di provenienza*

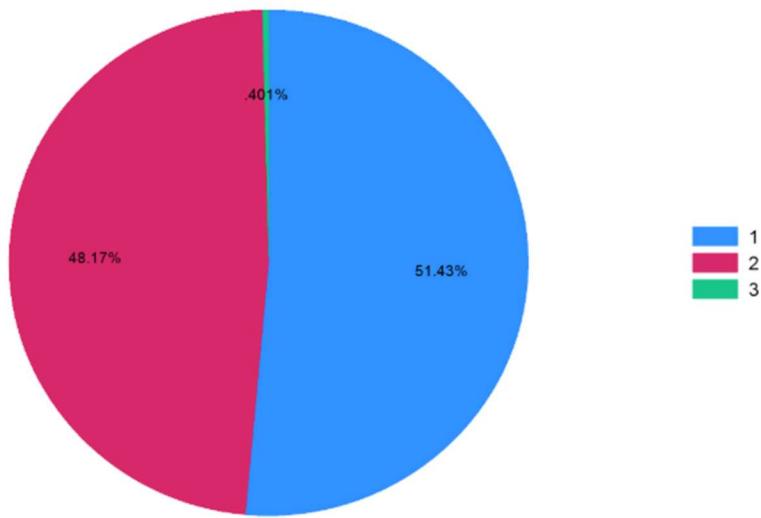


### Genere

Il campione è composto da 1.026 individui di genere maschile (51,4%), 961 di genere femminile (48,2%) e 8 rispondenti (0,4%) che si identificano come non binari o hanno preferito non dichiarare il proprio genere, l'inclusione della categoria "non binario/preferisco non rispondere" risponde a criteri di inclusività metodologica, anche se numericamente poco rilevante (Figura 8). A livello regionale, la popolazione toscana è invece composta per il 51,5% da donne e per il 48,5% da uomini; nonostante questa differenza, la composizione del campione può considerarsi sostanzialmente rappresentativa della popolazione di riferimento.

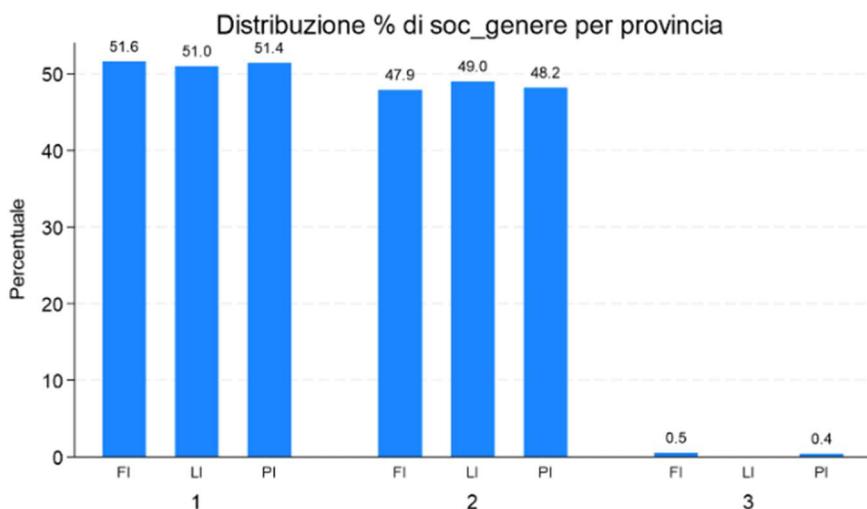


Figura 8: Genere campione (1= maschi; 2= femmine; 3= ND o non binario)



La distribuzione di genere per provincia si mantiene equilibrata, garantendo una presenza omogenea di uomini e donne nei tre contesti territoriali considerati (Figura 9).

Figura 9: Distribuzione percentuale dei rispondenti per genere e per provincia (1= maschi; 2= femmine; 3= ND o non binario)

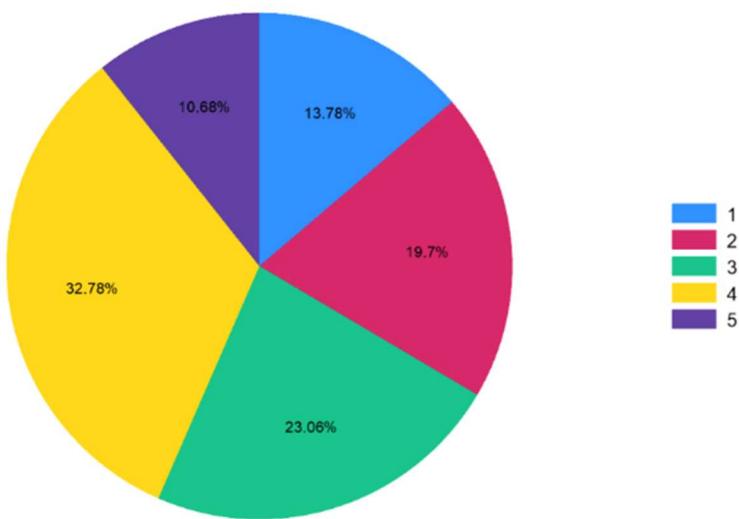


#### Età

Il campione presenta una buona copertura delle diverse fasce d'età: 275 individui (13,8%) hanno tra i 18 e i 25 anni, 393 (19,7%) tra i 26 e i 35 anni, 460 (23,1%) tra i 36 e i 45 anni, mentre la fascia più numerosa è quella 46–60 anni, con 654 rispondenti (32,8%). Gli ultra sessantenni sono 215 (10,7%) (Figura 10). La buona copertura delle diverse fasce d'età consente di esplorare differenze generazionali negli atteggiamenti verso la mobilità dell'area di riferimento.

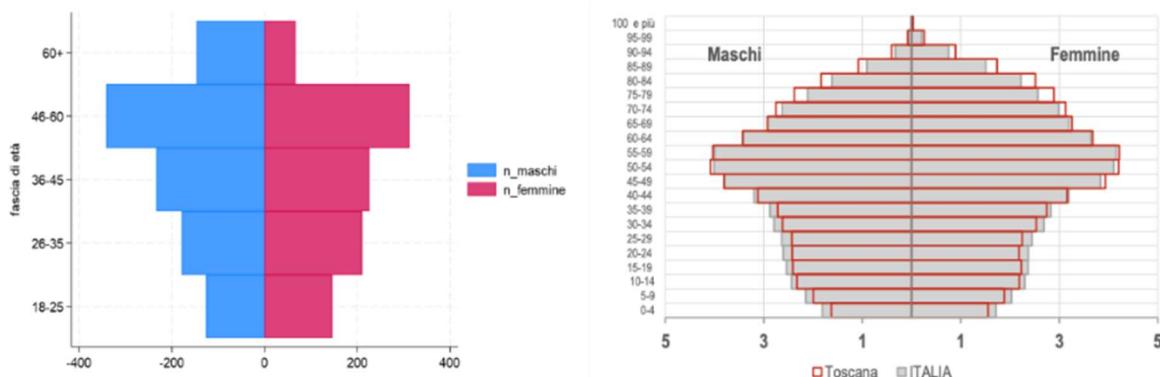


Figura 10: Età campione (1= 18-25; 2= 26-35; 3= 36-45; 4= 46-60; 5= 60+)



Unendo queste due informazioni è possibile generare la piramide demografica del campione, che è molto similare a quella sviluppata dall'ISTAT per la regione Toscana, evidenziando una buona rappresentatività del campione in queste due caratteristiche (Figura 11).

Figura 11: Piramide demografica campione e piramide demografica regione Toscana ISTAT

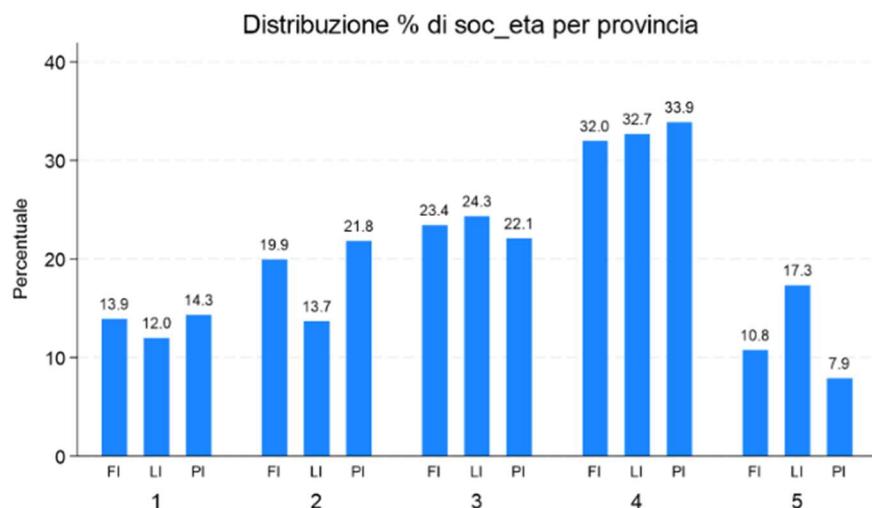


La forma trapezoidale riflette la tendenza generale al progressivo invecchiamento della popolazione. Una differenza rilevante riguarda la maggiore presenza di uomini nelle fasce più anziane, laddove i dati ISTAT segnalano un'inversione con una prevalenza femminile.

La distribuzione per età risulta omogenea nelle tre province, con l'eccezione di Livorno che presenta una quota relativamente più alta di over 60. Tale risultato è coerente con i dati ISTAT, che indicano la provincia livornese come la più anziana tra le tre considerate (Figura 12). Trattandosi di un campione non probabilistico, i dati non possono essere generalizzati in senso stretto; tuttavia, la vicinanza con la distribuzione ISTAT rafforza la rappresentatività del dataset.



Figura 12: Distribuzione percentuale dei rispondenti per età e per provincia (1= 18-25; 2= 26-35; 3= 36-45; 4= 46-60; 5= 60+)

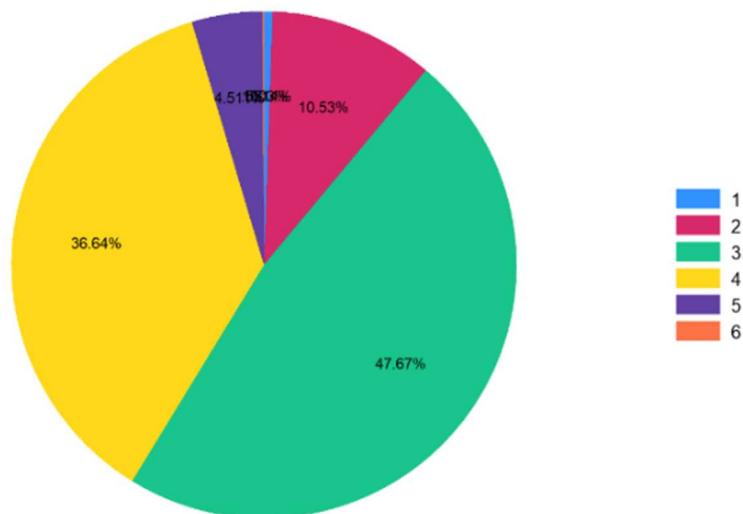


## Educazione

Il campione presenta in generale un livello di istruzione medio-alto (Figura 13). Solo 13 rispondenti (0,7%) non possiedono alcun titolo o hanno conseguito unicamente la licenza elementare, una quota decisamente inferiore alla media toscana, che si attesta al 20% della popolazione (Regione Toscana, 2023). Analogamente, i soggetti con il solo diploma di scuola media inferiore sono 210 (10,5%), anche in questo caso ben al di sotto della media regionale (29%). La categoria più numerosa è rappresentata dai diplomati di scuola superiore, che costituiscono 951 rispondenti (47,7%). Questa quota risulta superiore a quella osservata nella popolazione toscana, pari al 39,6% (considerando sia qualifiche professionali sia diplomi) (Regione Toscana, 2023). Anche la quota di laureati e dottorati è più alta rispetto alla media regionale. Nel campione, i laureati sono 731 (36,6%) e i dottorati 90 (4,5%), per un totale del 41,2%; a confronto, la rilevazione ISTAT per la Toscana aggrega queste categorie al 11,4% (Regione Toscana, 2023). Nel complesso, dunque, il campione appare sovra-rappresentativo nelle fasce di istruzione medio-alta e sottorappresentativo in quelle di istruzione bassa, evidenziando una deviazione significativa rispetto alla popolazione di riferimento. Questa sovrarappresentazione di individui con titolo di studio universitario è un fenomeno comune nelle survey online e riflette una maggiore disponibilità di tempo e interesse verso la partecipazione a indagini di carattere sociale e ambientale.

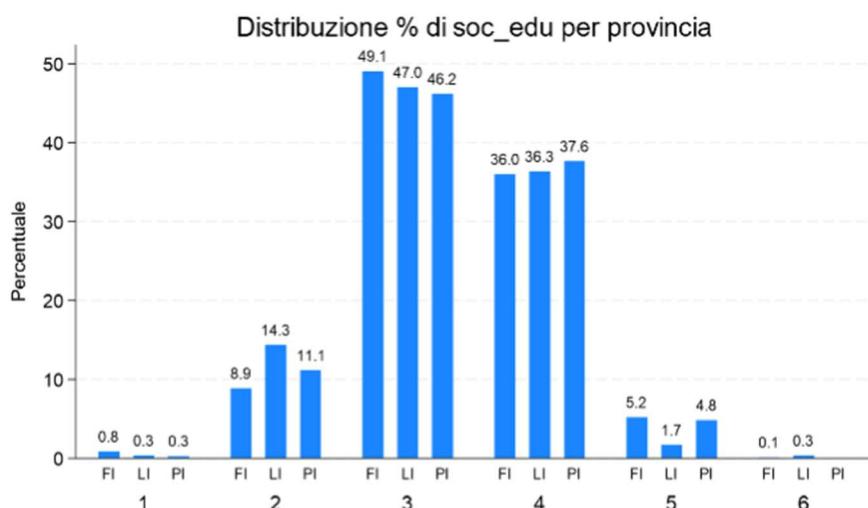


Figura 13: Livello di istruzione del campione (1= nessun titolo; 2= licenza elementare; 3= diploma di scuola media; 4= diploma di scuola superiore; 5= laurea; 6= dottorato)



Per quanto riguarda la distribuzione provinciale (Figura 14), i valori risultano sostanzialmente omogenei. L'unica eccezione è rappresentata dagli individui con titolo di dottorato, che si concentrano maggiormente nelle province di Firenze e Pisa: un dato plausibile se si considera la presenza di atenei di rilievo in entrambe le città. Al contrario, Livorno presenta una quota relativamente più alta di individui con il solo titolo elementare, il che accresce l'incidenza percentuale di questa categoria sul totale provinciale, data la minore presenza di soggetti con titolo di studio elevato.

Figura 14: Distribuzione percentuale dei rispondenti per livello di istruzione e per provincia (1= nessun titolo; 2= licenza elementare; 3= diploma di scuola media; 4= diploma di scuola superiore; 5= laurea; 6= dottorato)

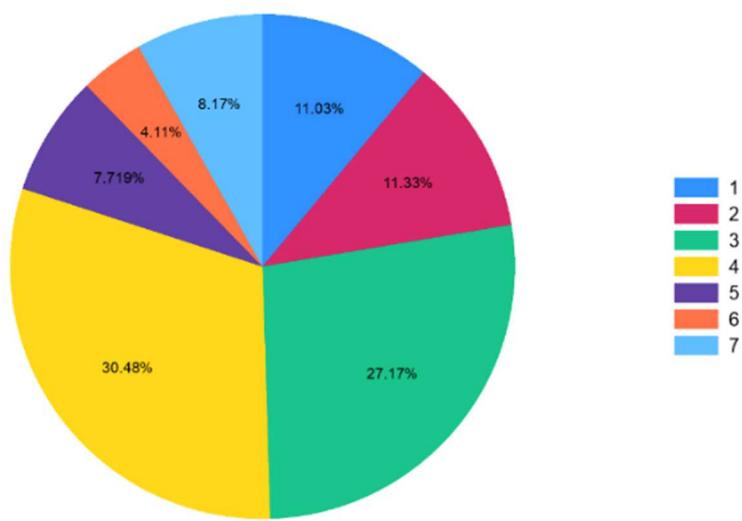


## Reddito



Un ulteriore indicatore di interesse è rappresentato dal reddito individuale dichiarato (Figura 15). La distribuzione mostra una prevalenza di rispondenti collocati nelle fasce medie. In particolare, 220 individui (11,0%) dichiarano un reddito annuo pari o inferiore a 10.000 €, mentre 226 (11,3%) si collocano nella fascia immediatamente successiva (10.000–15.000 €). Le due categorie più consistenti sono tuttavia quelle comprese tra 15.000–26.000 € (542 rispondenti, 27,2%) e 26.000–55.000 € (608 rispondenti, 30,5%), che da sole rappresentano oltre la metà del campione. Come atteso, le quote tendono a ridursi al crescere del reddito: 154 soggetti (7,7%) dichiarano un reddito compreso tra 55.000–75.000 €, mentre la fascia superiore ai 75.000 € raccoglie 82 rispondenti (4,1%). Infine, 163 individui (8,2%) hanno preferito non fornire questa informazione.

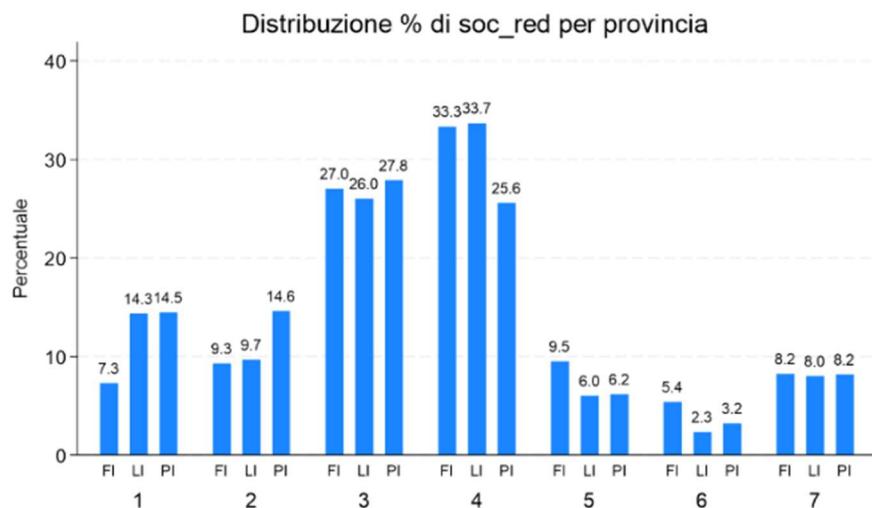
Figura 15: Fasce di reddito del campione (1= pari o inferiore a 10.000; 2= 10.000-15.000; 3= 15.000-26.000; 4= 26.000-55.000; 5= 55.000-75.000; 6= maggiore a 75.000; 7= preferisco non dichiararlo)



A livello territoriale (Figura 16), la distribuzione del reddito appare complessivamente omogenea tra le tre province. Si osserva tuttavia una leggera tendenza dei residenti nella provincia di Firenze a collocarsi nelle fasce reddituali medio-alte rispetto agli abitanti di Pisa e Livorno. Questo dato appare coerente con la letteratura e con i dati statistici disponibili, che segnalano come il capoluogo toscano presenti in media livelli di reddito più elevati, riflettendo anche la maggiore concentrazione di attività economiche ad alto valore aggiunto e una struttura occupazionale più orientata verso servizi avanzati e settori professionali.



Figura 16: Distribuzione percentuale dei rispondenti per fascia di reddito e per provincia (1= pari o inferiore a 10.000; 2= 10.000-15.000; 3= 15.000-26.000; 4= 26.000-55.000; 5= 55.000-75.000; 6= maggiore a 75.000; 7= preferisco non dichiararlo)

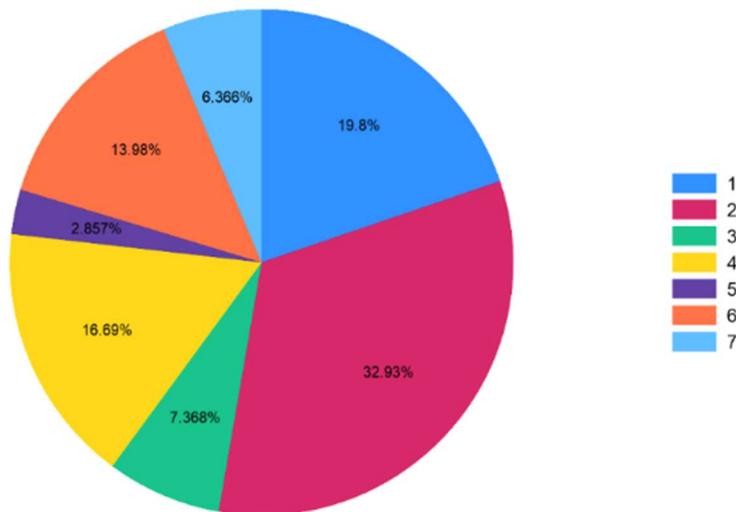


### Occupazione

Un'ultima variabile sociodemografica di rilievo riguarda la condizione occupazionale dei rispondenti (Figura 17). Il campione mostra una composizione eterogenea, con una prevalenza di categorie impiegatizie e operaie. In particolare, gli impiegati rappresentano la quota più numerosa con 657 individui (32,9%), seguiti dagli operai con 395 rispondenti (19,8%). Rilevante anche la presenza di liberi professionisti, pari a 333 unità (16,7%), dei disoccupati o studenti, con 279 individui (14,0%), e di insegnanti o ricercatori, 147 rispondenti (7,4%). Quote minori ma comunque significative sono costituite dalle forze dell'ordine (57 rispondenti, 2,9%), e dai pensionati (127, 6,4%).

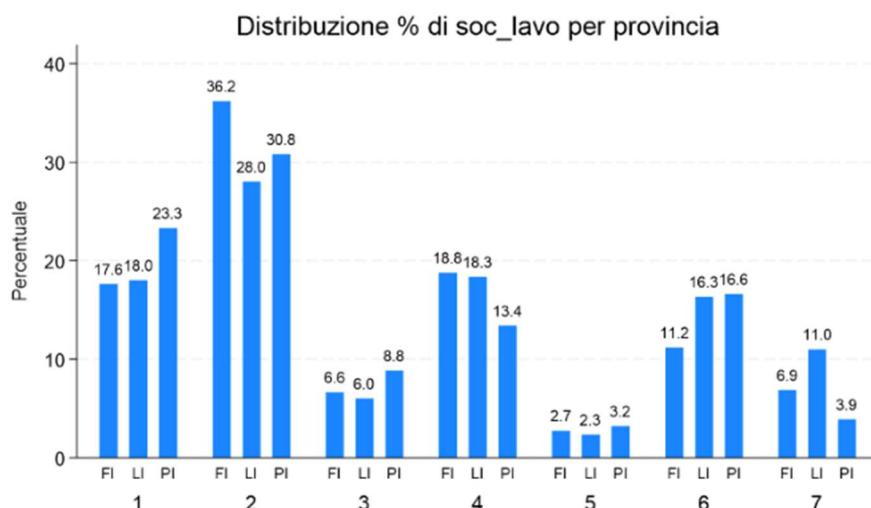


Figura 17: Occupazione del campione (1= operaio; 2= impiegato; 3= insegnante/ricercatore; 4= libero professionista; 5= forze dell'ordine; 6= disoccupato/studente; 7= pensionato)



Dal punto di vista territoriale (Figura 18), la distribuzione delle categorie occupazionali mostra alcune differenze interessanti. A Pisa si registra una maggiore incidenza di operai, mentre a Firenze prevalgono gli impiegati, coerentemente con la struttura economica del capoluogo regionale, caratterizzata da un'alta concentrazione di servizi amministrativi, professionali e terziari. A Livorno, invece, è relativamente più elevata la presenza di pensionati, un dato in linea con l'età mediamente più avanzata della popolazione residente già rilevata nelle sezioni precedenti.

Figura 18: Distribuzione percentuale dei rispondenti per occupazione e per provincia (1= operaio; 2= impiegato; 3= insegnante/ricercatore; 4= libero professionista; 5= forze dell'ordine; 6= disoccupato/studente; 7= pensionato)



### Comportamenti

#### Accessibilità percepita al trasporto pubblico

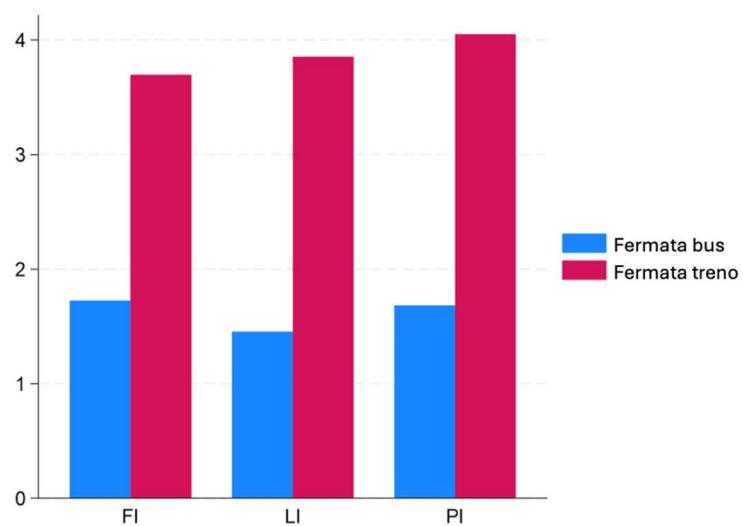


La Figura 19 mostra la media delle distanze percepite dai rispondenti rispetto alla fermata di un autobus e a una stazione ferroviaria, con dettaglio per provincia. Nel complesso, 1.182 individui (59,3%) dichiarano di risiedere entro 5 minuti a piedi dalla fermata di un autobus, mentre 500 (25,1%) si collocano tra 5 e 10 minuti. Quote più ridotte riguardano i segmenti compresi tra 10 e 15 minuti (182 rispondenti, 9,1%) e tra 15 e 20 minuti (56, 2,8%), mentre solo 75 individui (3,8%) percepiscono di vivere oltre i 20 minuti da una fermata. La distribuzione risulta dunque decrescente e monotona, un pattern che riflette la logica diffusione capillare del servizio autobus, in particolare nei contesti urbani.

La situazione è opposta nel caso delle stazioni ferroviarie, per le quali la distribuzione assume un andamento crescente e monotono: solo 92 rispondenti (4,6%) dichiarano di trovarsi entro 5 minuti, mentre la quota aumenta progressivamente con la distanza, fino a raggiungere la categoria più ampia oltre i 20 minuti (937 individui, 46,9%). Questo andamento appare coerente con la natura più puntuale e concentrata dell'infrastruttura ferroviaria, caratterizzata da una rete meno capillare rispetto al trasporto su gomma.

A livello territoriale emergono alcune differenze: gli abitanti di Firenze dichiarano una distanza mediamente più ridotta dalle stazioni ferroviarie, un dato plausibile se si considera l'elevata densità di stazioni nel capoluogo e nei comuni limitrofi. Al contrario, i residenti di Pisa percepiscono la distanza dalle stazioni come mediamente più elevata rispetto alle altre due province. Per quanto riguarda le fermate degli autobus, la situazione è più equilibrata: Firenze e Pisa mostrano valori simili, mentre a Livorno la distanza percepita risulta mediamente leggermente inferiore, suggerendo una buona accessibilità del servizio di trasporto pubblico su gomma locale.

*Figura 19: Media delle distanze percepite dai rispondenti rispetto alla fermata di trasporto pubblico diviso per provincia*



**Utilizzo FI-PI-LI**

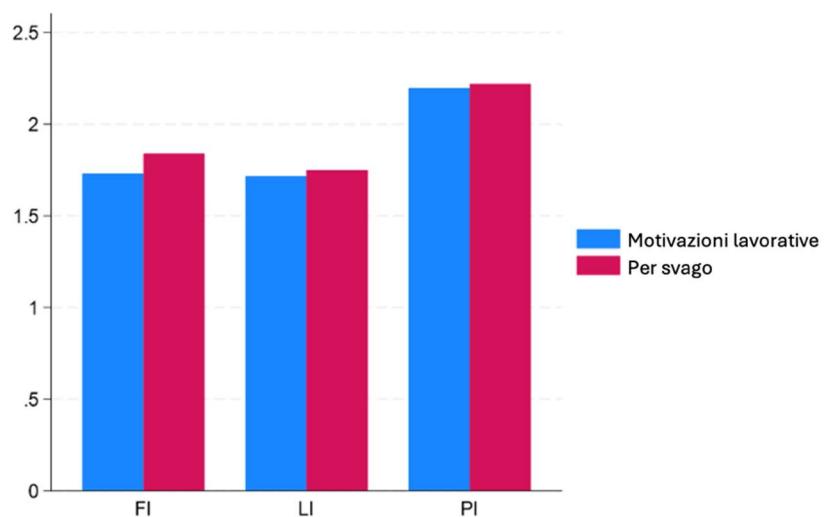


La Figura 20 riporta la media della frequenza settimanale di utilizzo dell'asse stradale FI-PI-LI, distinta in base alla motivazione principale dello spostamento (lavoro vs. svago) e per la provincia di riferimento. Per quanto riguarda gli spostamenti legati al lavoro, la maggioranza dei rispondenti (1.154 individui, 57,9%) dichiara di percorrere la FI-PI-LI meno di una volta a settimana. Una quota significativa (297, 14,9%) riferisce un utilizzo pari a 1-2 volte a settimana, mentre quote progressivamente più ridotte utilizzano la tratta con maggiore frequenza: 242 rispondenti (12,1%) tra 3-4 volte, 185 (9,3%) tra 5-6 volte e infine 117 (5,9%) ogni giorno o più volte a settimana.

La distribuzione relativa agli spostamenti per svago mostra un pattern diverso. In questo caso, la quota di individui che utilizzano la FI-PI-LI meno di una volta a settimana è pari a 798 rispondenti (40,0%), dunque inferiore rispetto al dato riferito agli spostamenti lavorativi. Al contrario, la fascia 1-2 volte a settimana è più numerosa (714 individui, 35,8%), così come la categoria 3-4 volte (297, 14,9%). Frequenze più elevate risultano meno comuni: 120 rispondenti (6,0%) utilizzano l'asse per svago 5-6 volte a settimana, mentre solo 66 (3,3%) lo percorrono 7 o più volte.

Il confronto tra le tre province evidenzia alcune differenze interessanti. In particolare, i residenti della provincia di Pisa mostrano una frequenza di utilizzo della FI-PI-LI mediamente più elevata rispetto a quelli di Firenze e Livorno. Questo risultato può essere ricondotto alla posizione geografica centrale della provincia, che rende l'infrastruttura un asse di collegamento privilegiato sia verso il capoluogo fiorentino sia verso l'area costiera livornese.

*Figura 20: Media della frequenza settimanale di utilizzo dell'asse stradale FI-PI-LI divisa per provincia*

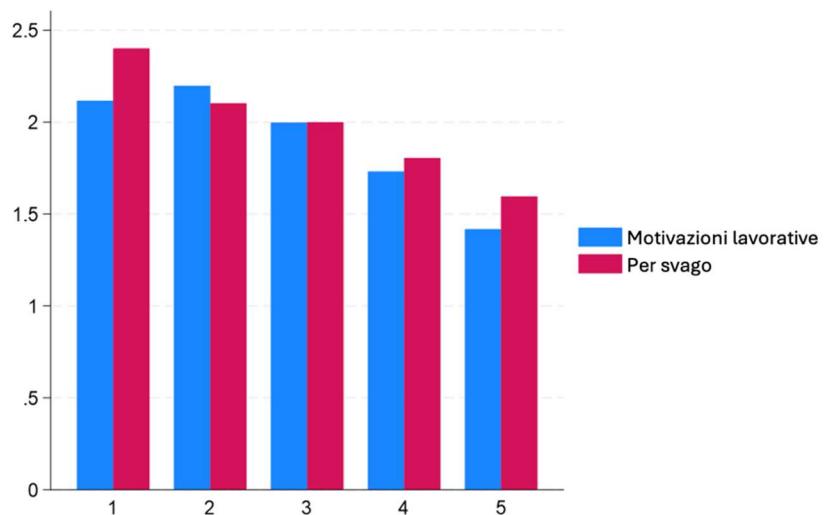


La Figura 21 mostra la frequenza di utilizzo della FI-PI-LI in relazione all'età dei rispondenti. L'andamento appare decrescente e monotono: le fasce più giovani dichiarano un impiego più frequente dell'infrastruttura, mentre con l'aumentare dell'età la quota di utilizzatori abituali tende a ridursi progressivamente. I giovani risultano essere quindi i principali fruitori della FI-PI-LI, probabilmente in ragione di una maggiore mobilità complessiva. Le fasce più anziane, invece,



mostrano un ricorso più contenuto, coerentemente con livelli di mobilità mediamente inferiori e con abitudini di spostamento più radicate a livello locale.

*Figura 21: Frequenza di utilizzo della FI-PI-LI per età (1= 18-25; 2= 26-35; 3= 36-45; 4= 46-60; 5= 60+)*

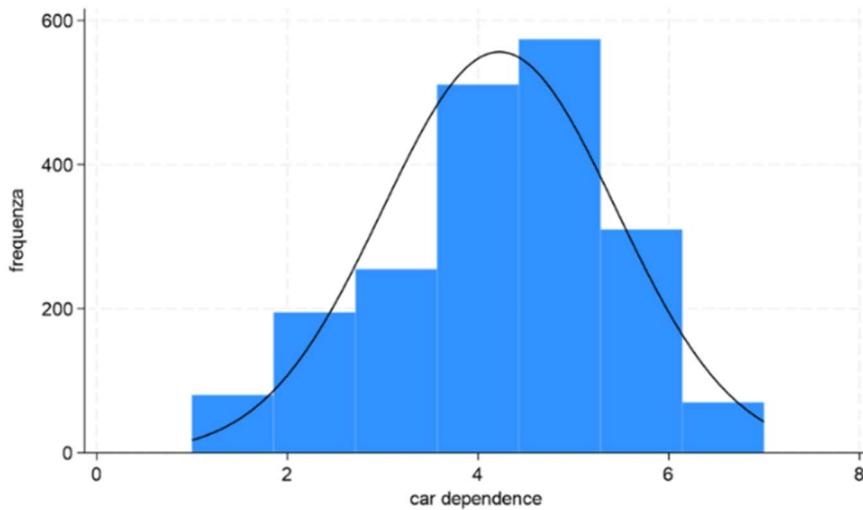


### *Attitudinali*

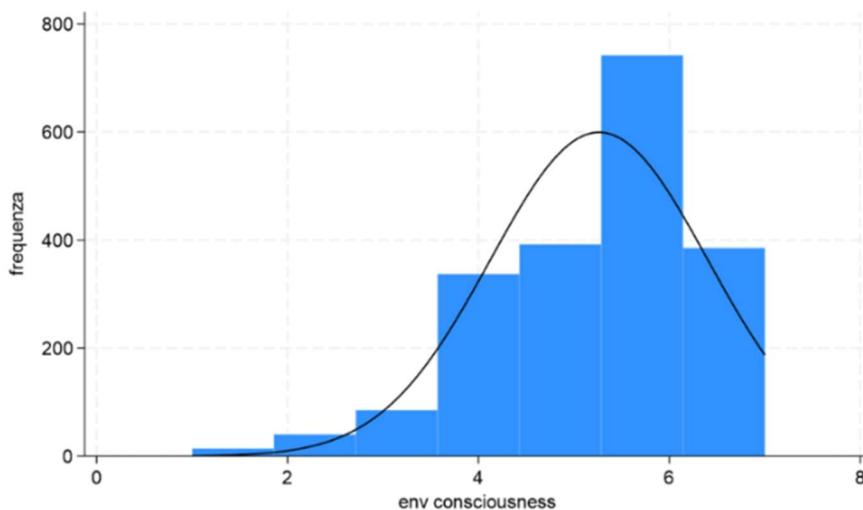
Tutte le variabili attitudinali analizzate nelle sezioni successive sono state rilevate mediante scale Likert a 7 punti, che consentono di misurare il grado di accordo o disaccordo dei rispondenti rispetto a diverse affermazioni, garantendo così una valutazione comparabile delle percezioni e delle preferenze individuali.

#### **Dipendenza dall'auto**

Per quanto riguarda la percezione della dipendenza dall'auto privata il campione presenta una media pari a 4,22 (Deviazione Standard (DS)= 1,22), valore che indica un livello medio-alto di dipendenza dall'automobile (Figura 22). La distribuzione si avvicina a una forma normale, pur mostrando una lieve asimmetria verso i valori più elevati, segnale della presenza di una quota non trascurabile di individui che riconosce una forte necessità dell'uso dell'auto per i propri spostamenti quotidiani. Questi risultati suggeriscono che, nell'area di riferimento, l'automobile continua a rivestire un ruolo centrale nella mobilità individuale, riflettendo sia la struttura territoriale e infrastrutturale del contesto toscano, sia abitudini consolidate di spostamento.

*Figura 22: Percezione della dipendenza dell'auto privata del campione***Orientamento alla sostenibilità**

In relazione all'orientamento alla sostenibilità (Figura 23) il campione presenta una media pari a 5,26 ( $DS = 1,13$ ). Questo valore evidenzia un livello elevato di coscienza ambientale, segnalando una diffusa sensibilità verso i temi legati alla tutela dell'ambiente e alla sostenibilità dei comportamenti individuali. È tuttavia opportuno considerare che tale risultato potrebbe essere in parte influenzato dal desirability bias, ossia dalla tendenza dei rispondenti a fornire risposte socialmente desiderabili o percepite come più accettabili dal punto di vista normativo e culturale.

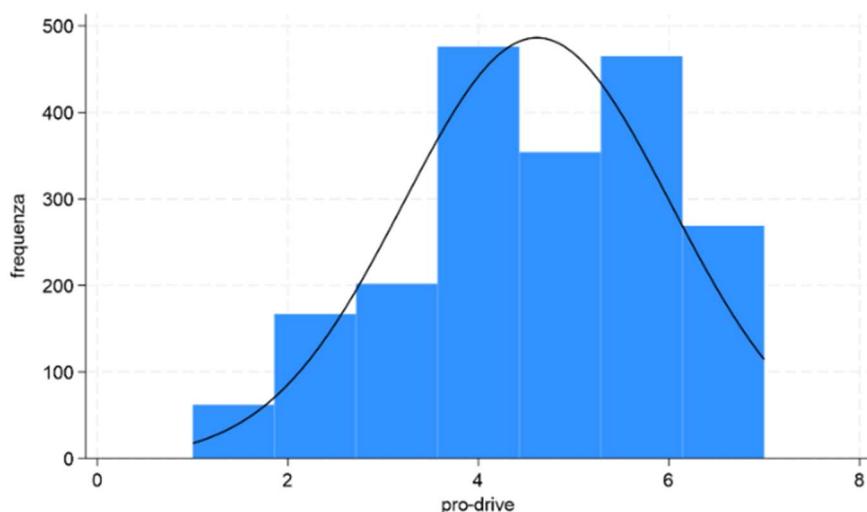
*Figura 23: Orientamento alla sostenibilità del campione***Propensione alla guida**



La propensione alla guida presenta una media pari a 4,61 (DS = 1,40). Questo valore indica che, in generale, i cittadini manifestano un atteggiamento piuttosto positivo nei confronti della guida del proprio mezzo privato, evidenziando non solo l'abitudine ma anche una componente di apprezzamento personale nell'utilizzo dell'automobile (Figura 24).

Il confronto con i dati relativi alla dipendenza dall'auto ( $M = 4,22$ ) mette in luce un aspetto interessante: se da un lato gli utenti riconoscono di sentirsi parzialmente vincolati all'uso del mezzo privato, dall'altro dichiarano un piacere leggermente maggiore nell'atto stesso di guidare. Questo suggerisce che la centralità dell'auto non è attribuibile unicamente a fattori funzionali (necessità di spostamento), ma anche a dimensioni simboliche ed emozionali legate all'esperienza di guida. Tale dinamica potrebbe costituire una barriera implicita alla riduzione dell'uso dell'auto, poiché la scelta non è soltanto razionale ma anche connessa a preferenze personali e al valore attribuito alla libertà e al controllo che la guida comporta.

Figura 24: Propensione alla guida del campione

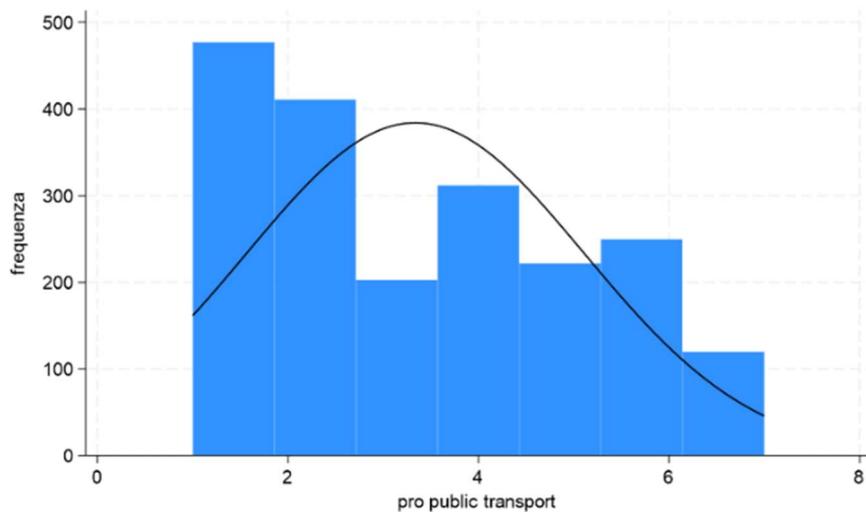


### Propensione al trasporto pubblico

La propensione al trasporto pubblico presenta una media pari a 3,34 (DS = 1,78). Questo dato evidenzia un livello relativamente basso di inclinazione verso l'uso del trasporto collettivo, segnalando che, sebbene una parte del campione mostri apertura verso queste soluzioni, una quota consistente rimane poco propensa a utilizzarle. La distribuzione delle risposte (Figura 25) conferma questa tendenza: le frequenze più elevate si concentrano nei valori più bassi della scala (1-2), mentre i punteggi più alti risultano meno frequenti. Ne emerge dunque un quadro in cui il trasporto pubblico fatica a rappresentare un'alternativa attrattiva per gran parte dei rispondenti.



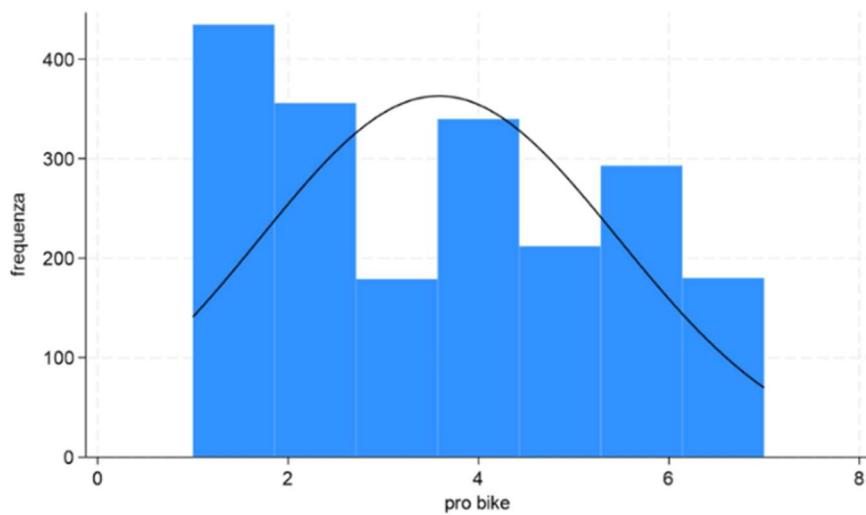
Figura 25: Propensione al trasporto pubblico del campione



### Propensione all'utilizzo della bicicletta

L'attitudine verso l'utilizzo della bicicletta (Figura 26) presenta una media pari a 3,58 (DS = 1,88). Questo valore suggerisce un livello moderatamente basso di propensione all'uso della bici, con una leggera apertura ma non ancora tale da indicare una preferenza diffusa all'interno del campione. Ne deriva un quadro in cui la bicicletta è percepita come un'opzione di mobilità secondaria rispetto ad altri mezzi.

Figura 26: Propensione all'utilizzo della bicicletta



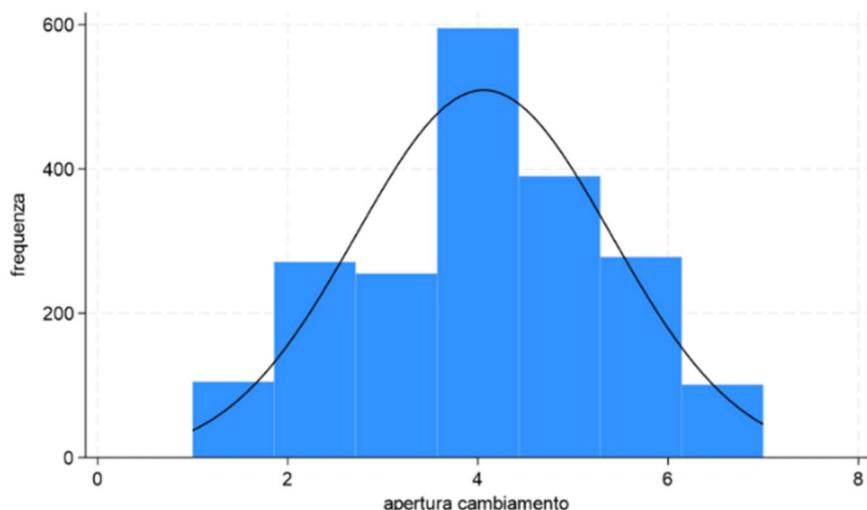
### Apertura a nuove modalità di trasporto

L'attitudine all'apertura a nuove modalità di trasporto presenta una media pari a 4,06 (DS = 1,34). Questo valore colloca i rispondenti in una posizione intermedia, suggerendo una disponibilità moderata a modificare abitudini e comportamenti consolidati. La distribuzione delle risposte



(Figura 27) appare vicina a una curva normale, con una concentrazione prevalente nelle fasce centrali della scala (valori 3–4), mentre gli estremi risultano meno rappresentati. Questo andamento riflette una popolazione in cui prevale una certa cautela: da un lato, non emerge una chiusura marcata verso il cambiamento, dall’altro non si evidenzia neppure una propensione entusiastica ad abbracciarlo.

*Figura 27: Apertura a nuove modalità di trasporto del campione*



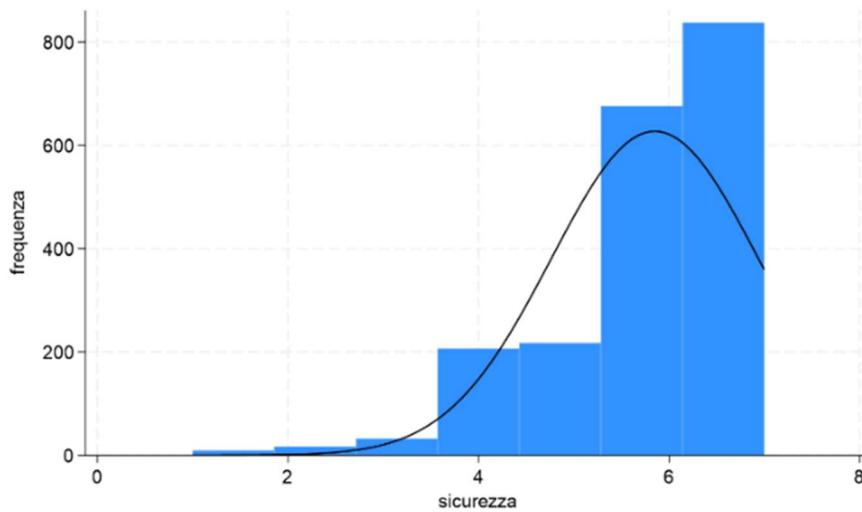
### Sicurezza nei trasporti

L’importanza attribuita alla sicurezza nei trasporti presenta una media pari a 5,85 (DS = 1,08). La distribuzione delle risposte (Figura 28) mostra una forte concentrazione sui valori più alti della scala, con pochissimi rispondenti collocati nei livelli bassi. Questo risultato segnala che la sicurezza rappresenta un fattore prioritario e trasversale per la grande maggioranza dei cittadini, indipendentemente dalle altre caratteristiche socio-demografiche o attitudinali.

Il confronto con le altre variabili attitudinali fornisce spunti interessanti. La propensione al trasporto pubblico ( $M = 3,34$ ) e alla bicicletta ( $M = 3,58$ ) risultano piuttosto basse, e questo può essere in parte spiegato dalla percezione di insicurezza che molti cittadini associano a queste modalità. Al contrario, la propensione alla guida ( $M = 4,61$ ) e la dipendenza dall’auto ( $M = 4,22$ ) sono mediamente più alte, suggerendo che l’automobile possa essere percepita come un mezzo più sicuro e controllabile. In questo quadro, un decisore politico interessato a incentivare l’uso del trasporto pubblico o della bicicletta dovrebbe innanzitutto concentrarsi sul rafforzamento della percezione di sicurezza associata a queste modalità.



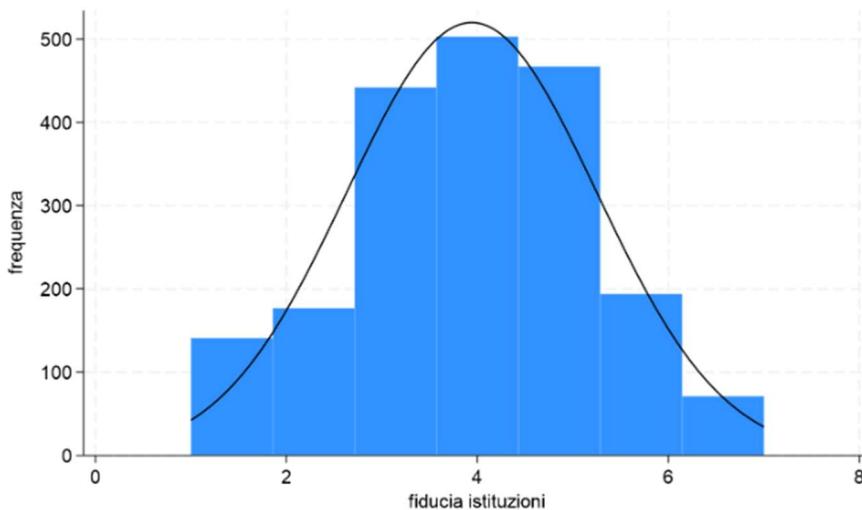
Figura 28: Sicurezza nei trasporti del campione



### Fiducia nelle istituzioni

La fiducia nelle istituzioni presenta una media pari a 3,93 (DS = 1,31). Questo valore colloca il campione su un livello intermedio di fiducia, indicando che, in generale, i cittadini non esprimono un forte affidamento verso le istituzioni, pur senza mostrare neanche un atteggiamento di sostanziale sfiducia. La distribuzione delle risposte (Figura 29) è vicina a una curva normale, con una concentrazione prevalente nelle fasce centrali della scala (valori 3–5), con solo una minoranza degli intervistati che si colloca agli estremi.

Figura 29: Fiducia nelle istituzioni del campione





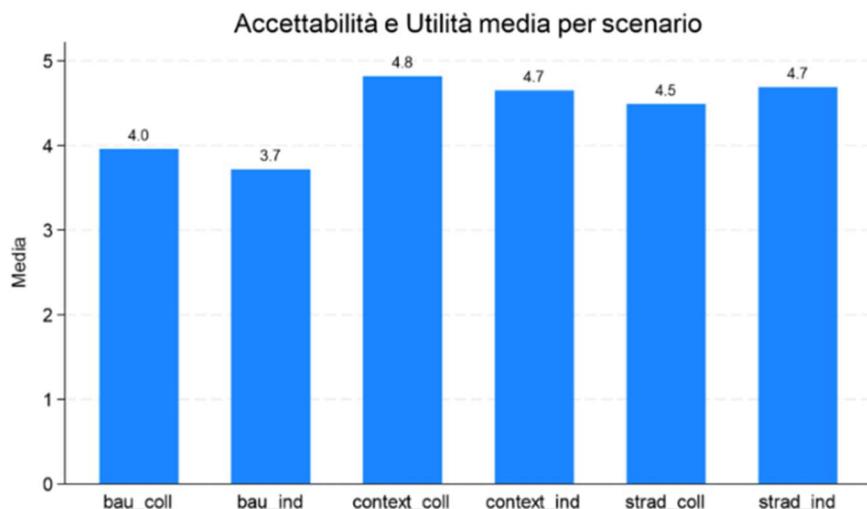
### Variabili dipendenti

Come anticipato, le variabili dipendenti sono state valutate considerando due dimensioni: da un lato l'accettabilità pubblica degli scenari, intesa come grado di consenso rispetto a un eventuale finanziamento da parte degli enti pubblici; dall'altro il beneficio individuale percepito, ovvero l'utilità che ciascun rispondente ritiene di poter trarre dall'implementazione dello scenario stesso.

Analizzando le medie (Figura 30), lo **scenario BAU** è quello che ottiene i valori più bassi, con un punteggio pari a 3,96 per l'accettabilità pubblica e 3,72 per il beneficio individuale. Lo **scenario potenziamento stradale** raggiunge invece una media di 4,49 sull'accettabilità pubblica e 4,69 sul beneficio individuale, risultando lo scenario con il livello più elevato di utilità privata percepita. Infine, lo **scenario potenziamento contestuale** emerge come quello più apprezzato in termini di accettabilità pubblica, con una media pari a 4,82, mentre per il beneficio individuale si attesta a 4,65.

Nel complesso, i dati evidenziano due aspetti rilevanti: da un lato, i cittadini esprimono chiaramente la necessità che le istituzioni pubbliche intervengano sul tema della mobilità (il basso gradimento dello scenario BAU lo conferma). Dall'altro, emerge una distinzione tra le dimensioni collettive e individuali, se lo scenario contestuale è percepito come più legittimo da finanziare con risorse pubbliche, lo scenario stradale è quello che viene associato al maggior ritorno personale.

Figura 30: Accettabilità e utilità media per scenario



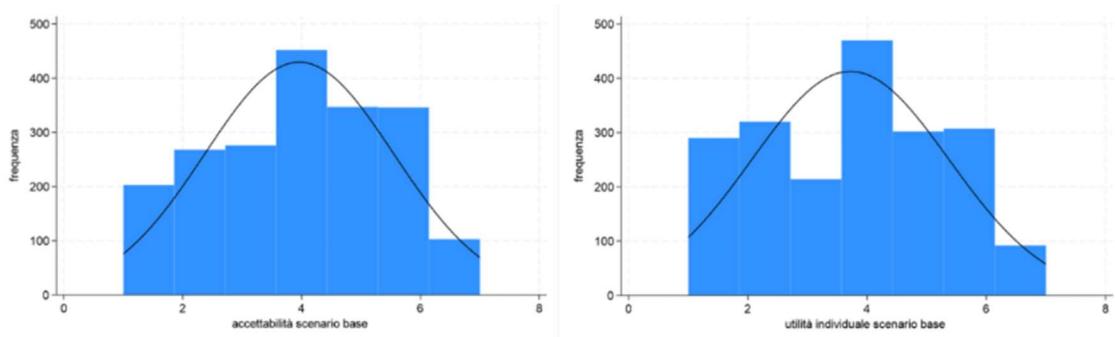
### Scenario BAU

La Figura 31 mostra la distribuzione delle valutazioni relative allo scenario BAU, sia in termini di accettabilità pubblica sia di beneficio individuale percepito. Nel complesso, lo scenario ottiene i valori medi più bassi tra le alternative considerate, riflettendo un consenso limitato verso il



mantenimento della situazione attuale. La distribuzione dell'accettabilità pubblica appare relativamente simmetrica, con una concentrazione di risposte nelle fasce centrali della scala, ma con un'evidente quota di individui che esprime livelli bassi di consenso. Analogamente, anche il beneficio individuale mostra una distribuzione bilanciata ma con frequenze più alte nei valori medio-bassi, suggerendo che i cittadini percepiscono lo scenario BAU come poco vantaggioso sia a livello collettivo che personale.

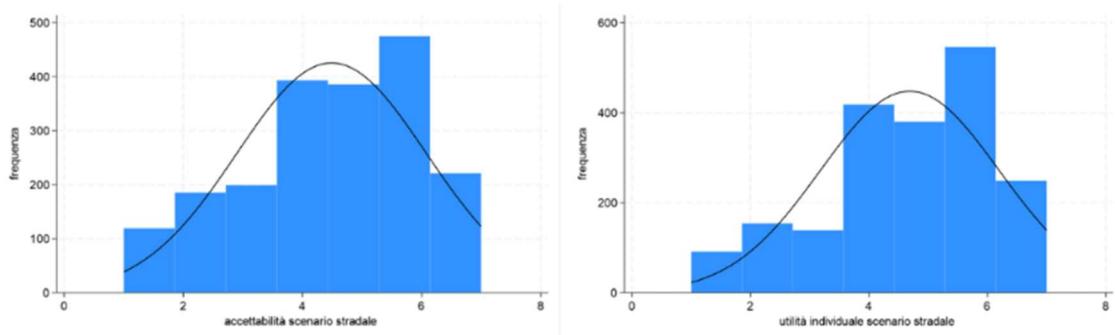
Figura 31: Accettabilità e utilità percepite dello scenario base



### Scenario stradale

La Figura 32 riporta la distribuzione delle valutazioni relative allo scenario stradale, sia per l'accettabilità pubblica sia per il beneficio individuale percepito. Il valore di moda è in entrambi i casi 6, a riprova di un alto gradimento di questo scenario. La distribuzione dell'accettabilità pubblica evidenzia una prevalenza di risposte nelle fasce medio-alte della scala, con un picco tra i valori 4 e 6, confermando un consenso moderatamente diffuso rispetto alla possibilità che risorse pubbliche vengano investite nel potenziamento dell'infrastruttura stradale. L'utilità individuale mostra un andamento simile ma con una concentrazione ancora più marcata sui valori alti, numerosi rispondenti attribuiscono a questo scenario un beneficio diretto e concreto, segnalando una percezione positiva rispetto all'impatto personale.

Figura 32: Accettabilità e utilità percepite dello scenario stradale

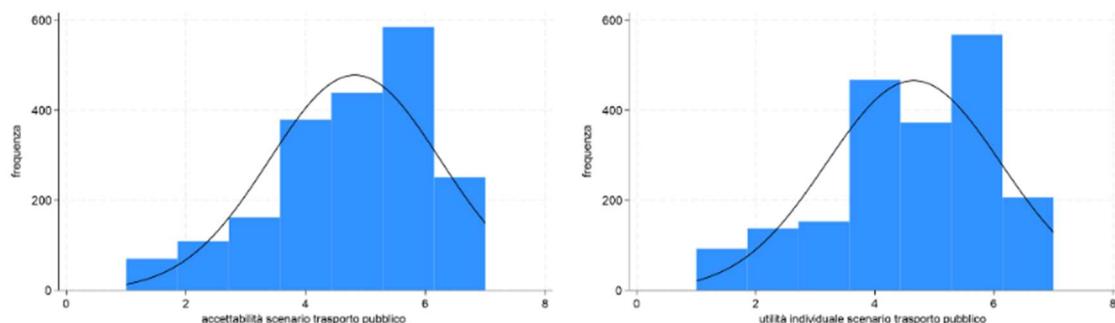


### Scenario contestuale



La Figura 33 presenta le valutazioni relative allo scenario contestuale, analizzato in termini di accettabilità pubblica e beneficio individuale percepito. In media, questo scenario ottiene i valori più alti di accettabilità pubblica tra le alternative considerate ( $M = 4,82$ ), mentre per il beneficio individuale si attesta a 4,65, valore molto vicino a quello dello scenario stradale. Anche in questo caso il valore di moda è 6 sia per l'accettabilità pubblica che per i benefici individuali. La distribuzione dell'accettabilità pubblica mostra una concentrazione significativa nelle fasce medio-alte della scala, con un picco intorno ai valori 5 e 6, a conferma di un consenso diffuso sul fatto che il potenziamento del trasporto pubblico rappresenti una scelta legittima e appropriata per l'investimento di risorse pubbliche. Per quanto riguarda il beneficio individuale, le valutazioni si distribuiscono in maniera simile, pur con una variabilità leggermente maggiore. Ciò indica che, sebbene molti cittadini riconoscano vantaggi personali dall'implementazione dello scenario, questi benefici sono percepiti con un'intensità meno uniforme rispetto alla dimensione collettiva.

Figura 33: Accettabilità e utilità percepite dello scenario contestuale



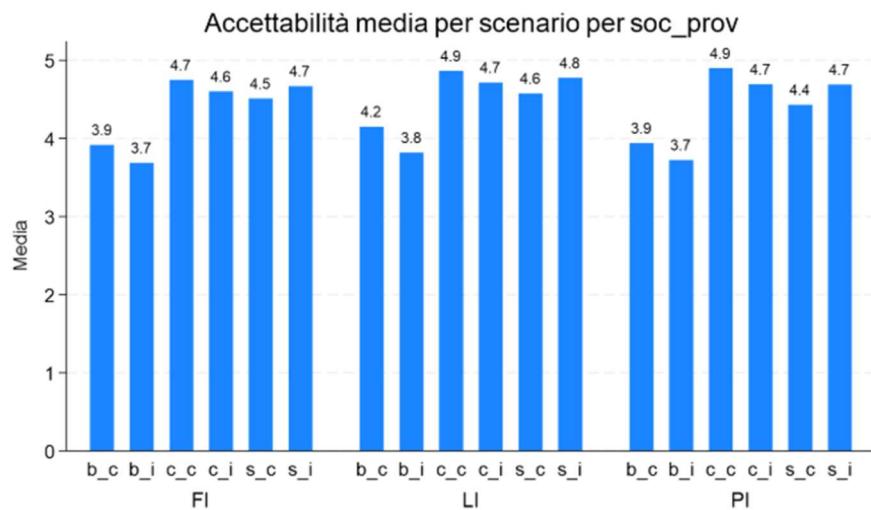
#### Accettabilità media per scenario e per provincia

La Figura 34 mostra l'accettabilità media dei tre scenari distinguendo per provincia. La media complessiva più elevata si registra a Livorno (4,48), seguita da Pisa (4,39) e Firenze (4,35), che presentano i valori più bassi. In tutte e tre le province lo scenario base ottiene i punteggi minori, confermando una limitata approvazione rispetto al mantenimento della situazione attuale.

Coerentemente con quanto già osservato, i benefici collettivi massimi si associano allo **scenario contestuale**, che raggiunge valori medi particolarmente alti e omogenei nelle tre province ( $FI = 4,75$ ;  $LI = 4,86$ ;  $PI = 4,90$ ). Al contrario, i benefici individuali risultano più marcati nello **scenario stradale**, con valori che oscillano tra 4,67 e 4,77 ( $FI = 4,67$ ;  $LI = 4,77$ ;  $PI = 4,69$ ), a dimostrazione del fatto che questo tipo di intervento viene percepito come il più vantaggioso a livello personale.



Figura 34: Accettabilità media per scenario e provincia

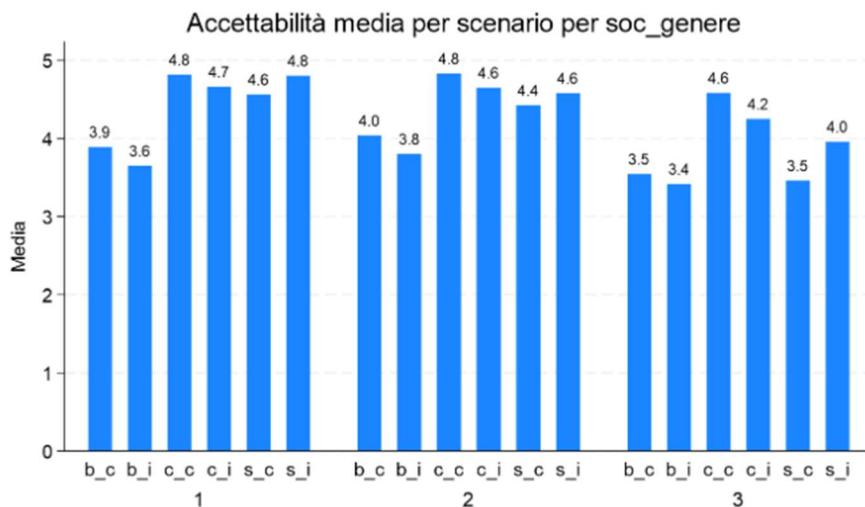


#### Accettabilità media per scenario e genere

La Figura 35 riporta i livelli medi di accettabilità pubblica e utilità individuale distinti per genere. Per lo **scenario BAU**, le donne risultano leggermente più favorevoli rispetto agli uomini, sia in termini di accettabilità pubblica ( $F = 4,04$ ;  $M = 3,89$ ) sia di utilità individuale ( $F = 3,80$ ;  $M = 3,65$ ), pur trattandosi in entrambi i casi di valori relativamente bassi.

Per lo **scenario contestuale**, invece, le differenze tra generi risultano trascurabili: i valori medi sono pressoché identici per accettabilità collettiva ( $M = 4,81$ ;  $F = 4,83$ ) e utilità individuale ( $M = 4,66$ ;  $F = 4,65$ ), indicando una convergenza di opinioni sia maschile sia femminile rispetto al potenziamento del trasporto pubblico.

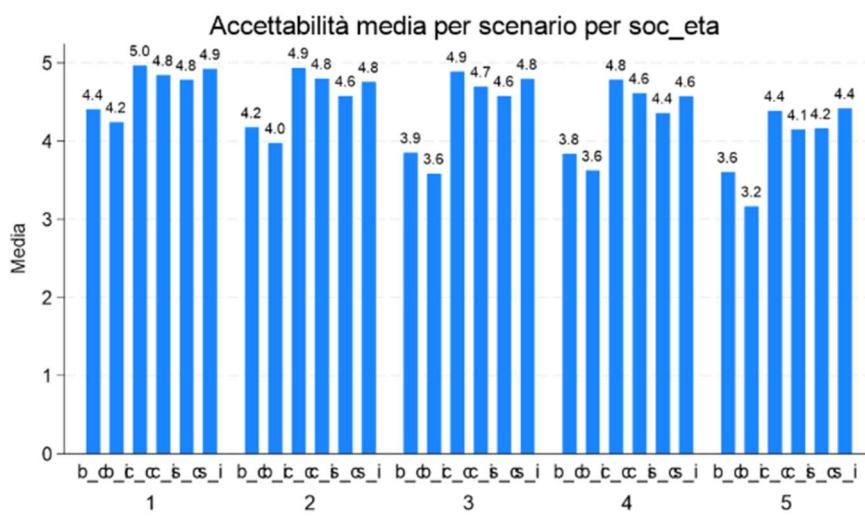
Diverso il quadro per lo **scenario stradale**, dove si osserva una maggiore propensione maschile. Gli uomini attribuiscono punteggi mediamente più alti sia per l'accettabilità collettiva ( $M = 4,56$ ;  $F = 4,42$ ) sia per l'utilità individuale ( $M = 4,80$ ;  $F = 4,58$ ). Questo dato suggerisce che lo scenario infrastrutturale venga percepito dagli uomini come più vantaggioso e coerente con le proprie abitudini di mobilità rispetto alle donne.

Figura 35: Accettabilità media per scenario e genere ( $M= 1; F= 2; ND= 3$ )

#### Accettabilità media per scenario e età

La Figura 36 riporta i livelli medi di accettabilità e utilità dei tre scenari a seconda della fascia d'età dei rispondenti. In generale, si osserva un calo progressivo dei valori all'aumentare dell'età: i più giovani (18-25 anni) si mostrano più aperti e favorevoli a tutte le alternative, con una media di accettabilità relativa a tutti gli scenari di 4,69, mentre gli over 60 tendono a valutare tutti gli scenari in maniera più prudente, con valori medi più bassi in ogni dimensione (media = 3,98).

Figura 36: Accettabilità media per scenario e età (1= 18-25; 2= 26-35; 3= 36-45; 4= 46-60; 5= 60+)



#### Accettabilità media per scenario e per reddito

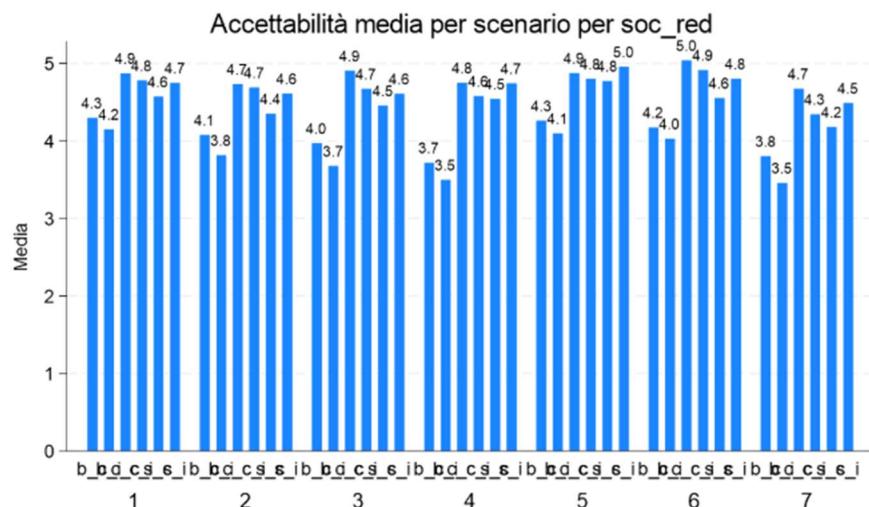
L'analisi dell'accettabilità media dei tre scenari in relazione al reddito dei rispondenti mette in luce alcuni trend interessanti (Figura 37).



In primo luogo, le fasce estreme di reddito – i soggetti con meno di 10.000 € e quelli con oltre 55.000 € annui – mostrano un livello medio di accettabilità più elevato rispetto alle categorie intermedie. Entrambi i gruppi, pur molto diversi tra loro, esprimono anche la maggiore approvazione per lo **scenario contestuale**, seppur con motivazioni plausibilmente diverse: i più poveri perché più dipendenti da un'offerta pubblica accessibile, i più ricchi perché più sensibili al valore collettivo e redistributivo degli investimenti.

Infine, le fasce di reddito intermedie (soprattutto tra 15.000 e 55.000 €) tendono a considerare come più vantaggioso lo **scenario stradale**, attribuendogli valori più alti sia in termini di accettabilità pubblica sia di utilità individuale. Questo potrebbe riflettere la centralità dell'auto privata per questi segmenti di popolazione che rappresentano la componente più numerosa.

Figura 37: Accettabilità media per scenario e reddito (1= pari o inferiore a 10.000; 2= 10.000-15.000; 3= 15.000-26.000; 4= 26.000-55.000; 5= 55.000-75.000; 6= maggiore a 75.000; 7= preferisco non dichiararlo)



#### Accettabilità media per scenario e livello di educazione

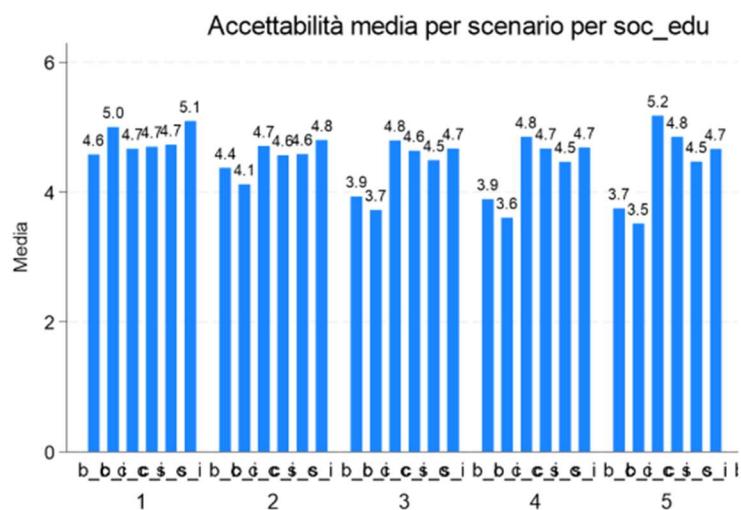
Il confronto tra i livelli di istruzione evidenzia alcune tendenze interessanti (Figura 38). In generale, l'accettabilità media aggregata degli scenari tende a decrescere al crescere del titolo di studio, passando da valori più alti tra chi possiede solo la licenza elementare (4,79) a valori più contenuti tra i laureati e dottorati (4,36 e 4,40). Questo trend suggerisce che i soggetti con un più alto livello educativo esprimono valutazioni più critiche e meno entusiastiche rispetto agli scenari proposti, probabilmente perché più consapevoli della complessità e delle difficoltà legate all'implementazione delle politiche di mobilità.

Lo **scenario BAU** è quello che subisce maggiormente la differenziazione per titolo di studio: se tra i meno istruiti raccoglie un consenso moderato (accettabilità pubblica= 4,58; utilità individuale= 5), tra i più istruiti scende a valori molto bassi (accettabilità pubblica= 3,75; utilità individuale= 3,51), segnalando che la popolazione con maggiore capitale culturale considera lo status quo come un'opzione poco desiderabile e scarsamente vantaggiosa.

Lo **scenario contestuale** presenta un'interessante polarizzazione: tra i meno istruiti ottiene valori addirittura inferiori a quelli dello scenario base in termine di utilità individuale (4,70 contro i 5), mentre raggiunge i punteggi massimi proprio tra i soggetti più istruiti (5,17 per l'accettabilità collettiva; 4,84 per l'utilità individuale). Questo risultato indica che, sebbene complessivamente più critici, i laureati e i dottorati riconoscono al trasporto pubblico il ruolo di investimento prioritario in termini di legittimità e beneficio.

Lo **scenario stradale**, infine, appare invece più apprezzato dalle fasce medio-basse, che gli attribuiscono valori relativamente più alti, probabilmente perché più dipendenti dall'auto privata e dunque maggiormente sensibili agli interventi sulla viabilità.

*Figura 38: Accettabilità media per scenario e livello di educazione (1= nessun titolo; 2= licenza elementare; 3= diploma di scuola media; 4= diploma di scuola superiore; 5= laurea; 6= dottorato)*



## Accettabilità media per scenario e per occupazione

L'analisi dei dati per condizione occupazionale restituisce un quadro sfaccettato, che riflette l'impatto che le diverse situazioni lavorative possono avere sulle percezioni di mobilità (Figura 39).

Per lo **scenario BAU**, i livelli di accettabilità restano bassi in tutte le categorie, ma con alcune differenze: gli impiegati, i pensionati e gli insegnantiricercatori mostrano i valori più contenuti, mentre gli operai e le forze dellordine esprimono un consenso leggermente maggiore.

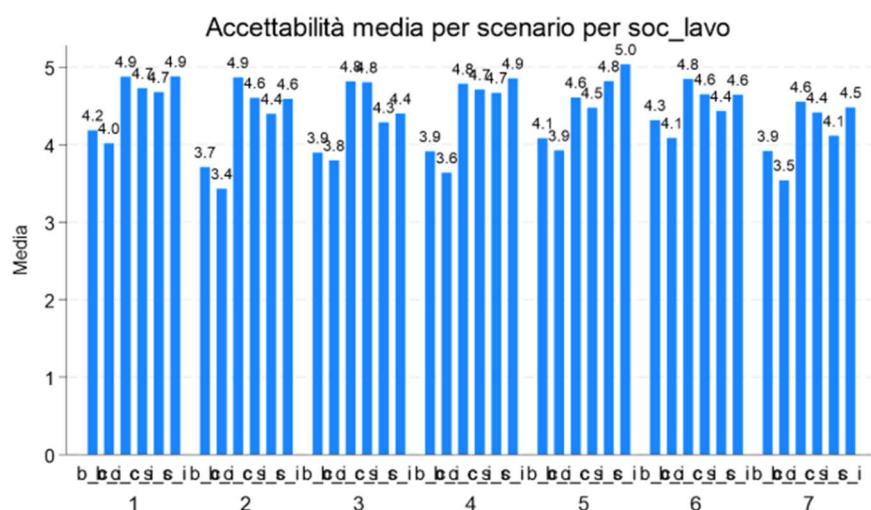
Lo **scenario contestuale** è quello che raccoglie la maggiore legittimazione pubblica in tutte le categorie, con valori medi particolarmente alti tra impiegati e disoccupati/studenti. Nel primo caso, il sostegno potrebbe derivare da una maggiore familiarità con il trasporto pubblico urbano, spesso usato in contesti lavorativi metropolitani; nel secondo, da una condizione di maggiore dipendenza da servizi collettivi a basso costo.

Lo **scenario stradale** mostra invece un profilo diverso: è apprezzato soprattutto dalle forze dell'ordine (utilità individuale = 5,04; accettabilità = 4,82), che per esigenze lavorative hanno una



mobilità fortemente dipendente dal mezzo privato, e dai liberi professionisti (accettabilità = 4,67; utilità = 4,85), categoria che tradizionalmente associa la flessibilità dell'auto al proprio lavoro.

*Figura 39: Accettabilità media per scenario e occupazione (1= operaio; 2= impiegato; 3= insegnante/ricercatore; 4= libero professionista; 5= forze dell'ordine; 6= disoccupato/studente; 7= pensionato)*



## Analisi del campione: questionario imprese

Nella sezione seguente vengono illustrate le principali caratteristiche del campione di imprese, con riferimento al settore di appartenenza, alla dimensione aziendale e all'area geografica. Vengono inoltre analizzate le percezioni rispetto all'impatto dell'attuale assetto della mobilità sul business e sull'attrattività dei talenti, insieme alle preferenze espresse nei confronti dei diversi scenari di intervento, offrendo una migliore comprensione della composizione del campione e delle tendenze emergenti nei comportamenti e nelle opinioni delle imprese.

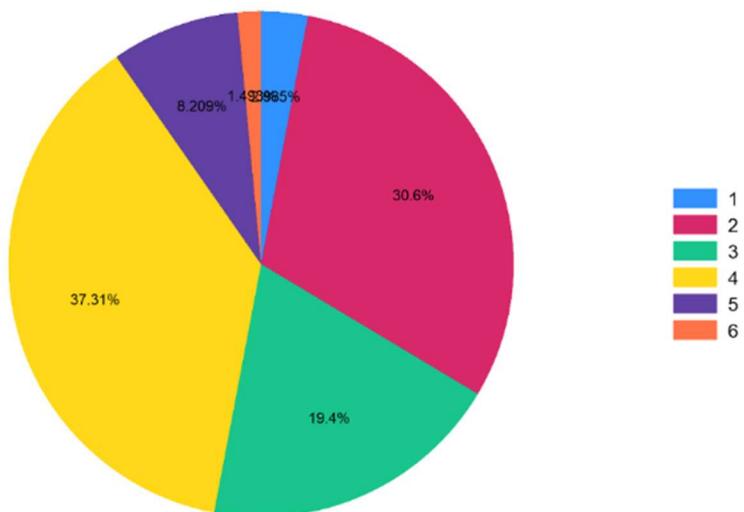
### Caratteristiche imprese

#### Settore

Per quanto riguarda il settore di appartenenza dei rispondenti (Figura 40), la maggior parte opera nei servizi (37,3%), nell'industria (30,6%) e nel commercio/logistica (19,4%). Quote minori riguardano invece l'istruzione e la sanità (8,2%), l'agricoltura e l'allevamento (3,0%) e la finanza/assicurazioni (1,5%).

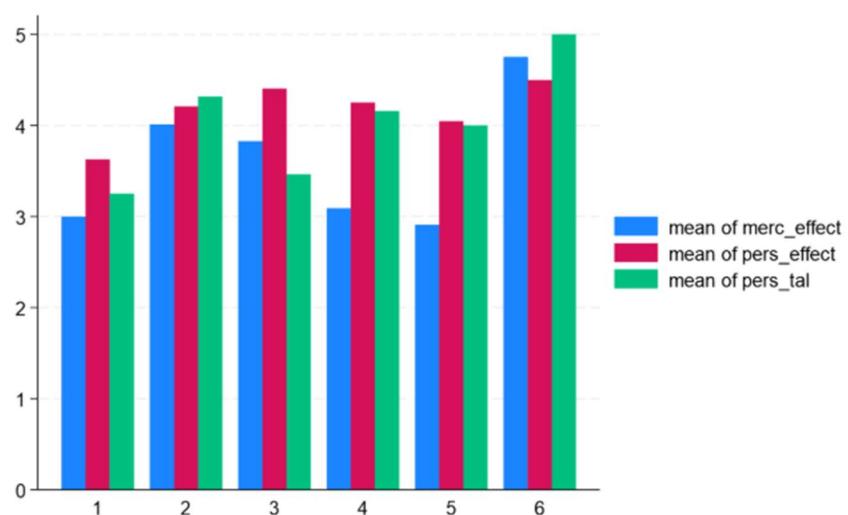


Figura 40: Settore imprese (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)



Il grafico in Figura 41 mostra la percezione dei diversi settori rispetto all'impatto dell'attuale assetto dei trasporti, sia di persone sia di merci, sul proprio business. In generale, il trasporto persone è ritenuto più impattante rispetto a quello delle merci, con valori mediamente più alti in quasi tutti i settori. In particolare, commercio/logistica, servizi e istruzione/sanità segnalano questa dinamica in misura più marcata. Inoltre, quasi tutti i rispondenti evidenziano come la mobilità attuale costituisca un ostacolo all'attrattività dei talenti.

Figura 41: Percezione imprese divise per settore su impatto assetto dei trasporti sul proprio business (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)

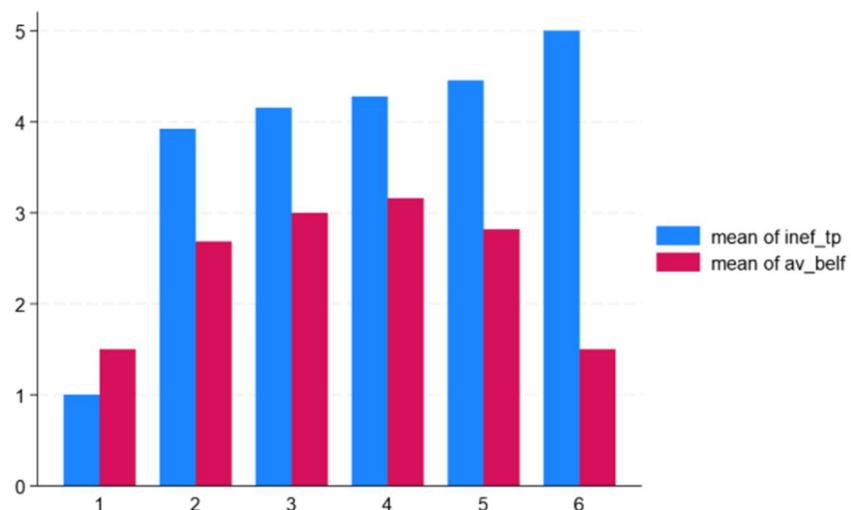


Infine, dal grafico in Figura 42 emerge che i rispondenti ritengono l'inefficienza del trasporto ferroviario un fattore che incide significativamente sul pendolarismo casa-lavoro dei dipendenti.



Al contrario, la futura realizzazione della stazione di Firenze Belfiore non viene percepita come una minaccia rilevante per il rischio di isolamento delle imprese.

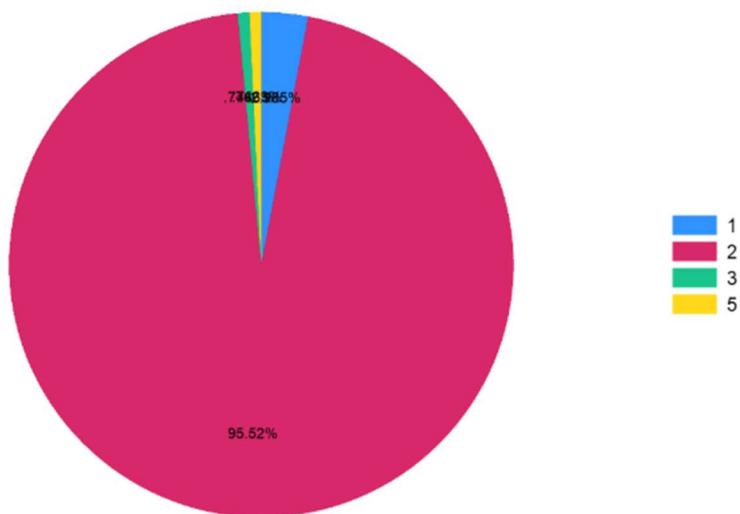
*Figura 42: Impatto inefficienza del trasporto ferroviario e realizzazione della stazione Firenze Belfiore su attività dell'impresa divise per settori (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)*



### Area geografica

Nel grafico di Figura 43 è riportata l'area geografica di provenienza dei rispondenti: il 95,5% appartiene alla Toscana Nord-Ovest, in coerenza con la strategia di campionamento che ha previsto l'invio del questionario alla mailing list della Camera di Commercio Toscana Nord-Ovest. Una quota residuale di rispondenti proviene invece dall'area di Firenze e dalla Toscana Nord-Est.

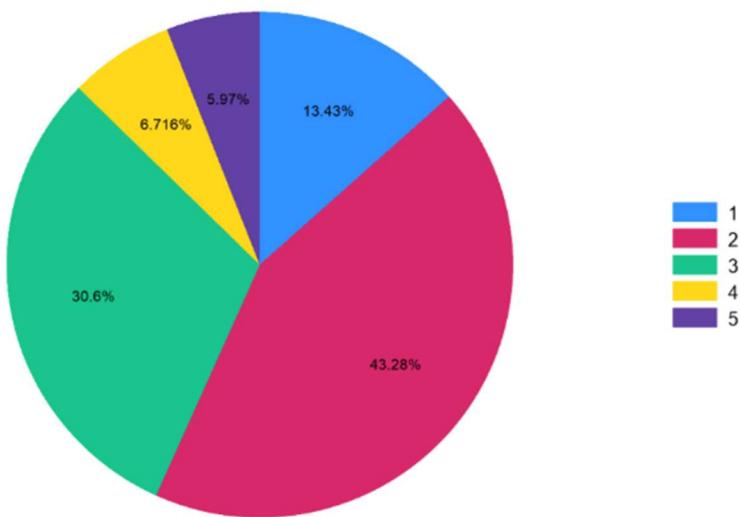
*Figura 43: Area geografica imprese (1= Firenze/Prato; 2= Toscana NO (Lucca, Massa-Carrara, Pisa, Livorno); 3= Toscana NE (Arezzo, Pistoia); 4= Toscana Sud (Grosseto, Siena); 5= Fuori dalla Toscana)*



### Dimensione

La Figura 44 mostra la distribuzione delle imprese del campione in base alla loro dimensione. La maggioranza è costituita da piccole e medie imprese: il 43,3% conta tra 1 e 9 dipendenti, mentre il 30,6% tra 10 e 49. Una quota più ridotta è rappresentata dalle micro-imprese senza dipendenti e liberi professionisti (13,4%), seguite dalle medie imprese con 50-249 addetti (6,7%) e dalle grandi imprese con oltre 250 dipendenti (6,0%). Nel complesso, la composizione del campione risulta in linea con il tessuto imprenditoriale locale, storicamente caratterizzato da una prevalenza di PMI.

Figura 44: Dimensione imprese (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)

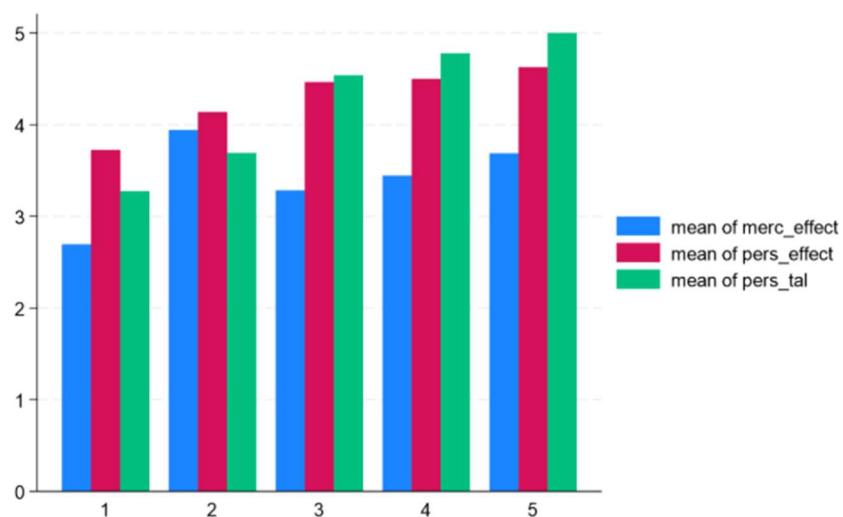


La Figura 45 mette in relazione la dimensione delle imprese con la percezione dell'impatto dell'attuale sistema di mobilità su trasporto merci, trasporto persone e attrattività dei talenti. In generale, emerge che l'impatto percepito è maggiore per la mobilità delle persone rispetto a



quella delle merci, confermando una tendenza già riscontrata in precedenza. Inoltre, la difficoltà di attrarre e trattenere talenti altamente qualificati cresce con l'aumentare della dimensione aziendale: le imprese di medie e grandi dimensioni (50-250 dipendenti) mostrano valori medi particolarmente elevati, evidenziando come la carenza di un sistema di mobilità efficiente rappresenti un limite competitivo rilevante.

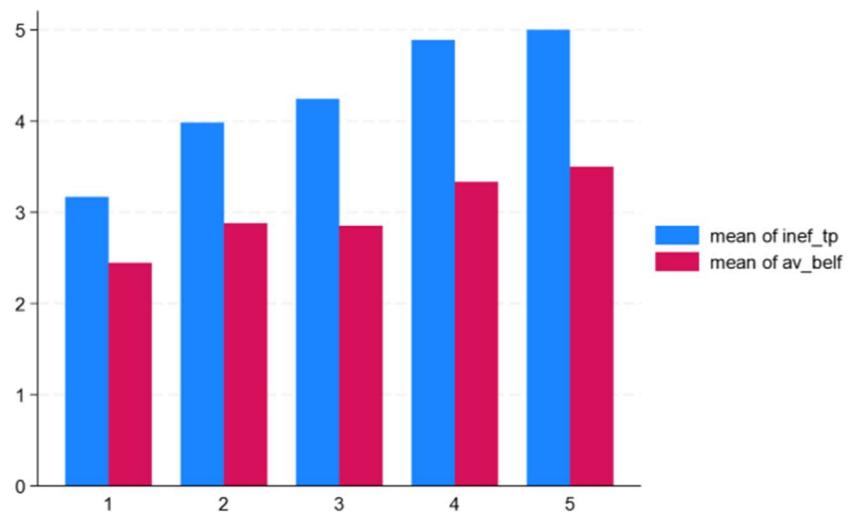
*Figura 45: Percezione imprese divise per dimensione su impatto assetto dei trasporti sul proprio business  
(1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)*



La Figura 46 mostra come le imprese, suddivise per dimensione, valutino l'impatto dell'inefficienza del trasporto ferroviario sul pendolarismo dei dipendenti e le conseguenze della futura realizzazione della stazione di Firenze Belfiore nel rischio di isolamento del tessuto imprenditoriale. I dati evidenziano che i disservizi della rete ferroviaria sono percepiti come un problema rilevante, con un impatto crescente al crescere della dimensione aziendale e valori massimi tra le imprese medio-grandi (50-250 dipendenti). Al contrario, la nuova stazione Belfiore non viene considerata una minaccia altrettanto significativa, mostrando valori medi più bassi e differenze contenute tra le diverse classi dimensionali, anche se anche in questo caso la preoccupazione aumenta all'aumentare della grandezza.

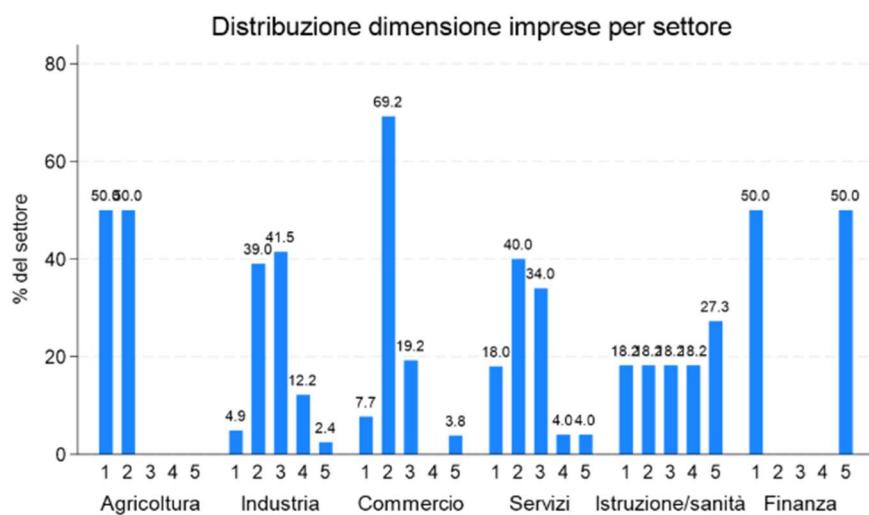


Figura 46: Impatto inefficienza del trasporto ferroviario e realizzazione della stazione Firenze Belfiore su attività dell'impresa divise per dimensione (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)



La Figura 47 mette in relazione il settore di appartenenza con la dimensione delle imprese del campione. L'agricoltura e l'allevamento si concentrano esclusivamente nelle micro-imprese, mentre nei servizi e nell'industria prevalgono le PMI, con una distribuzione significativa tra le fasce 1–9 e 10–49 dipendenti. Il commercio e la logistica risultano fortemente polarizzati verso le micro-imprese, con una presenza molto limitata nelle classi dimensionali superiori. Diverso il caso dell'istruzione, della sanità e dei servizi sociali, caratterizzati da una distribuzione più equilibrata tra le varie classi e da una presenza relativamente maggiore nelle grandi imprese.

Figura 47: Distribuzione imprese per settore e dimensione (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)



#### Ordinamento scenari

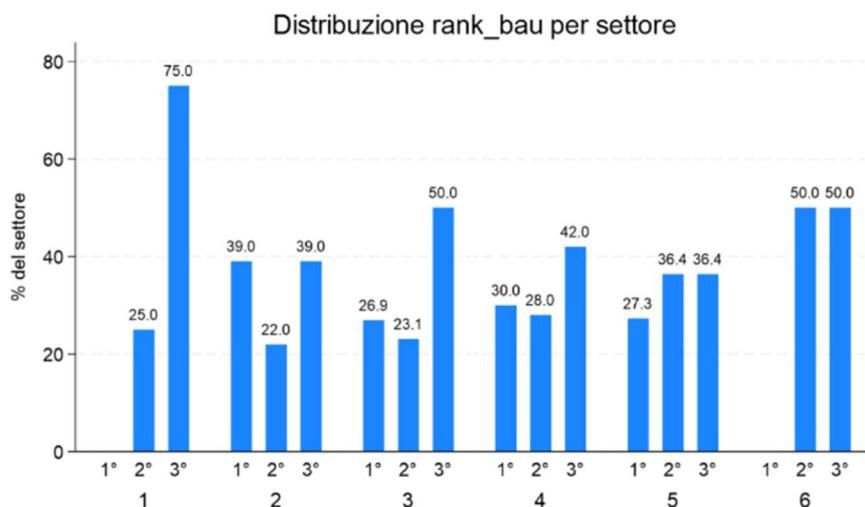


Alle imprese è stato chiesto di ordinare i tre scenari di mobilità dal più al meno preferito. I risultati mostrano una chiara differenziazione nelle percezioni. Lo scenario stradale emerge come l'opzione più apprezzata: il 35,8% delle imprese lo indica come prima scelta, il 44,8% come seconda e solo il 19,5% lo colloca all'ultimo posto. Lo scenario dei trasporti pubblici presenta una distribuzione più omogenea: è la prima opzione per il 33,6% delle imprese, la seconda per il 29,1% e l'ultima per il 37,3%. Infine, lo scenario BAU risulta il meno gradito, con il 30,6% che lo indica come prima preferenza, il 26,1% come seconda e ben il 43,3% che lo colloca al terzo posto. Nel complesso, i dati suggeriscono che le imprese tendono a privilegiare scenari evolutivi rispetto allo status quo, seppur con orientamenti diversi tra chi predilige soluzioni stradali e chi invece valorizza maggiormente il potenziamento del trasporto pubblico.

### Scenario BAU

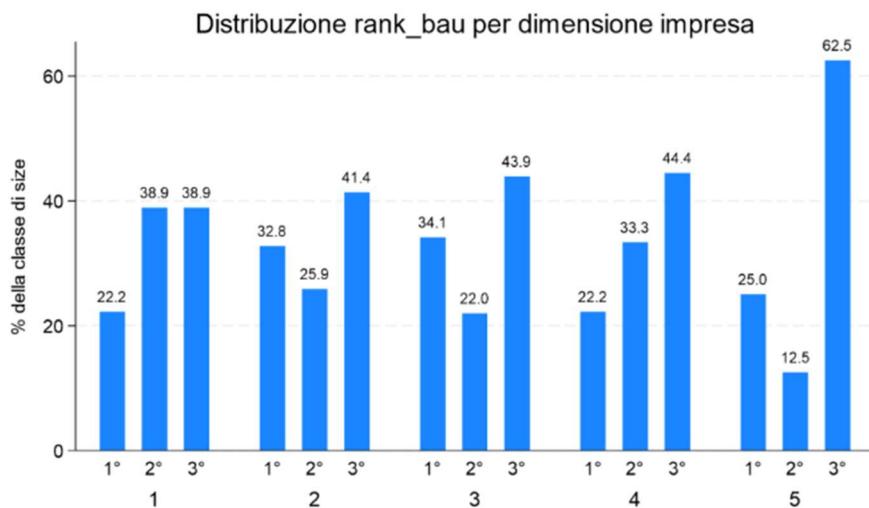
Sul piano settoriale (Figura 48), lo scenario BAU raccoglie un certo consenso solo nell'industria (39% di prime preferenze), mentre negli altri comparti prevale una valutazione più critica. Nel commercio e logistica e nei servizi viene collocato all'ultimo posto rispettivamente dal 50% e dal 42% delle imprese, mentre in agricoltura/allevamento il giudizio è ancora più netto, il 75% lo considera lo scenario meno desiderabile.

Figura 48: Distribuzione ordinamento scenario BAU per settore (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)



La Figura 49, invece, mette in relazione la dimensione dell'impresa con il ranking dello scenario BAU. Le micro e piccole imprese (1-9 dipendenti) mostrano una quota più alta di prima preferenza (32,8%), mentre la probabilità che venga collocato all'ultimo posto cresce con l'aumentare della dimensione. Tra le imprese con oltre 250 dipendenti, il 62,5% assegna infatti lo scenario BAU alla terza posizione, confermandone la scarsa attrattività per le realtà più strutturate.

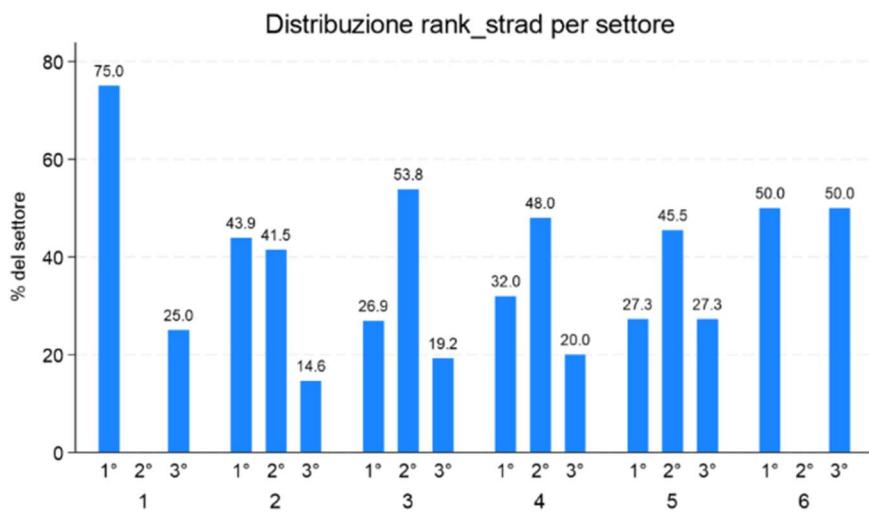
Figura 49: Distribuzione ordinamento scenario BAU per dimensione (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)



### Scenario stradale

Lo scenario stradale risulta complessivamente il più apprezzato. Dal lato settoriale (Figura 50), spiccano l'agricoltura/allevamento (75% di prime preferenze) e l'industria (43,9% al primo posto, 41,5% al secondo). Nei servizi prevalgono le seconde posizioni (48%), mentre le prime si fermano al 32%; anche nel commercio/logistica domina la seconda preferenza (53,9%) rispetto alla prima (26,9%).

Figura 50: Distribuzione ordinamento scenario stradale per settore (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)

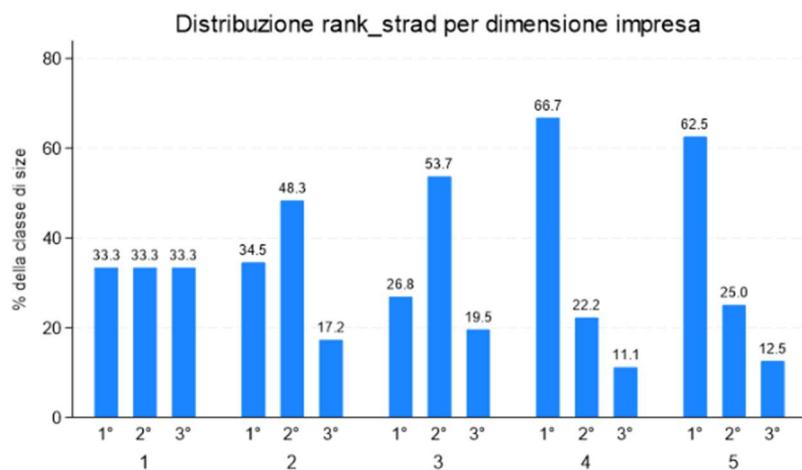


Dal punto di vista della dimensione aziendale (Figura 51), lo scenario stradale appare favorito soprattutto dalle imprese medio-grandi. Il 66,7% delle aziende con 50-249 dipendenti e il 62,5% di quelle con oltre 250 dipendenti lo indicano come prima scelta. Nelle micro e piccole imprese (1-9 dipendenti) prevale invece una collocazione al secondo posto (48,3%), pur con una quota



significativa di prime preferenze (34,5%). Le aziende di media dimensione (10–49 dipendenti) confermano questa tendenza, con il 53,7% che lo posiziona al secondo posto e il 26,8% al primo.

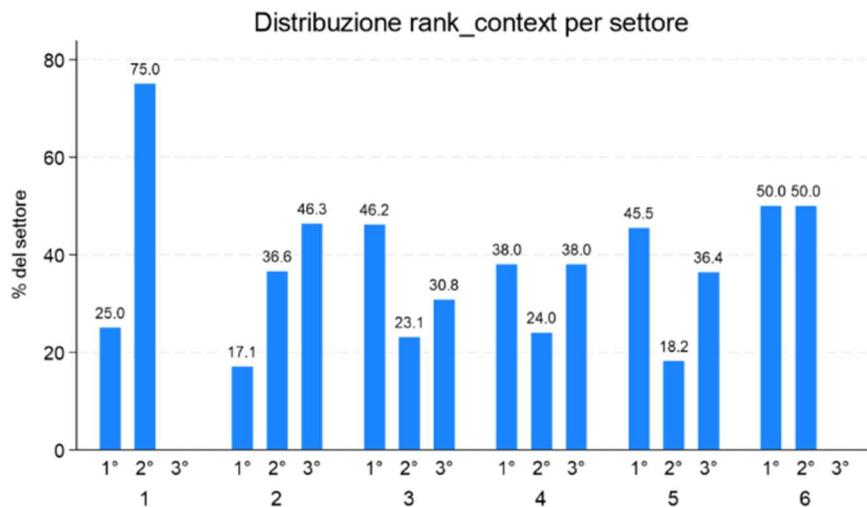
Figura 51: Distribuzione ordinamento scenario stradale per dimensione (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)



### Scenario contestuale

Per quanto riguarda la distribuzione settoriale dello scenario contestuale (Figura 52), i valori più alti di prime preferenze si riscontrano nel commercio/logistica (46,2%), nei servizi (38%) e nell'istruzione/sanità/servizi sociali (45,5%). L'industria invece mostra un atteggiamento più critico, con solo il 17,1% di prime scelte e il 46,3% di terze posizioni. L'agricoltura/allevamento privilegia in larga parte la seconda posizione (75%).

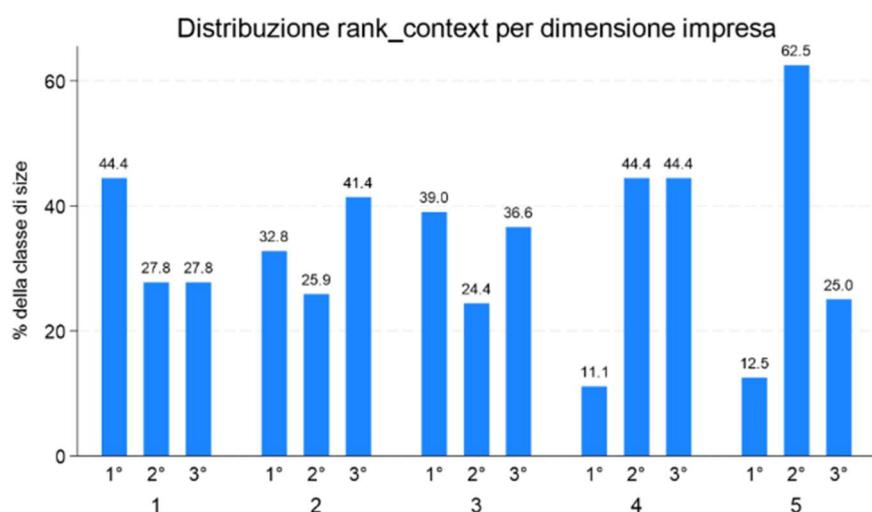
Figura 52: Distribuzione ordinamento scenario contestuale per settore (1= agricoltura/ allevamento; 2= industria; 3= commercio/ logistica; 4= servizi; 5= Istruzione/sanità/ servizi sociali; 6= finanza/ assicurazioni)





Invece nella distribuzione per grandezza (Figura 53) si può notare che lo scenario contestuale è favorito soprattutto dalle micro e piccole imprese: il 44,4% di quelle senza dipendenti e il 39% di quelle con 10–49 dipendenti lo collocano al primo posto. Al contrario, le imprese medio-grandi risultano meno orientate verso questa opzione: solo l'11,1% delle aziende con 50–249 dipendenti e il 12,5% di quelle con oltre 250 dipendenti lo scelgono come preferito, mentre prevalgono le seconde o terze posizioni.

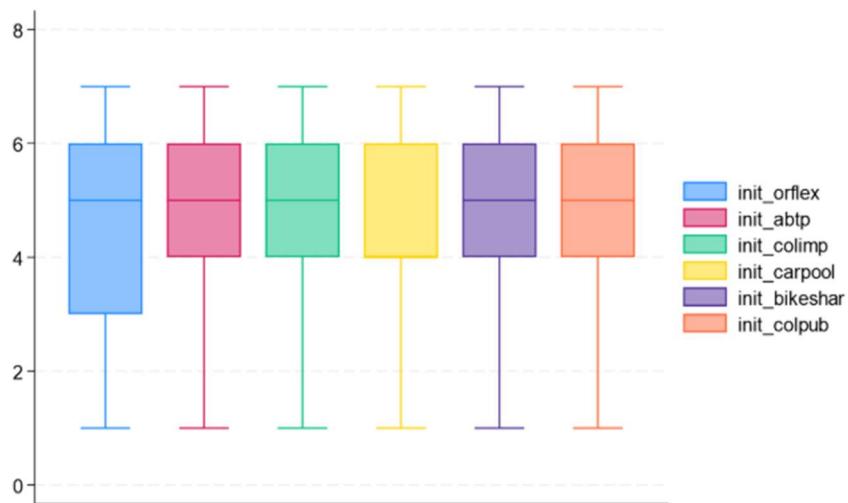
Figura 53: Distribuzione ordinamento scenario contestuale per dimensione (1= nessun dipendente; 2= 1-9 dipendenti; 3= 10-49 dipendenti; 4= 50-249 dipendenti; 5= 250 o più dipendenti)



#### Iniziative di mobilità qualora fosse scelto lo scenario contestuale

Successivamente è stata chiesta la propensione delle realtà aziendali all'adozione di una serie di iniziative di mobilità dipendenti qualora venisse scelto lo scenario contestuale. Le imprese si mostrerebbero in generale molto disponibili a partecipare a iniziative a sostegno del trasporto pubblico, anche se questa predisposizione potrebbe essere dovuta al bias di desiderabilità (Figura 54). Nello specifico, l'acquisto di abbonamenti per il trasporto pubblico è l'iniziativa che riceve il numero di preferenze maggiore, con una media di 5,01 (SD=1,65), seguita dalla collaborazione con enti pubblici per la creazione di iniziative condivise ( $M=4,99$ ;  $SD=1,67$ ) e dalla collaborazione con altre imprese ( $M=4,83$ ;  $SD=1,61$ ). Le iniziative che ricevono livelli di approvazione inferiori sono invece il bikesharing ( $M=4,63$ ;  $SD=1,74$ ) e il carpooling ( $M=4,44$ ;  $SD=1,62$ ). L'introduzione dell'orario flessibile registra una media comunque elevata ( $M=4,69$ ), ma con una maggiore eterogeneità nelle risposte, riflessa in una deviazione standard pari a 1,93.

Figura 54: Accettabilità iniziative di mobilità qualora fosse scelto lo scenario contestuale (orflex= ingresso a orari flessibili; abtp= acquisto abbonamenti trasporto pubblico; colimp= collaborazione con altre imprese; carpool= carpooling; bikeshar= bikesharing; colpub= collaborazione con enti pubblici)



Analisi inferenziale: clustering, regressione multi-variata e propensity score matching

### *Clustering*

È stata condotta un'analisi di clustering con l'obiettivo di individuare gruppi di rispondenti accomunati da livelli simili di accettabilità degli scenari. Dopo una fase preliminare di analisi di fitness, il numero ottimale di cluster è risultato pari a quattro. Le variabili utilizzate per la suddivisione sono state: provincia, età, genere ed educazione, con centroidi scelti in maniera casuale. I cluster presentano una numerosità abbastanza bilanciata (tra 517 e 568 rispondenti), ad eccezione del terzo che raccoglie 381 soggetti (Figura 55).

Dal punto di vista territoriale, i cluster mostrano profili distinti: il primo è composto esclusivamente da pisani e livornesi, il secondo prevalentemente da fiorentini e pisani, il terzo presenta una composizione eterogenea ma con prevalenza di Pisa e Livorno, mentre il quarto raccoglie solo fiorentini. Con riferimento all'età, il primo cluster raggruppa individui medio-giovani (18–36 anni), il secondo esclusivamente persone anziane, il terzo individui di età intermedia e il quarto ancora medio-giovani. Quanto al genere, nel primo cluster prevalgono le donne, nel secondo la distribuzione è equilibrata, nel terzo dominano gli uomini e nel quarto la distribuzione è paritaria. Infine, in termini di istruzione, i cluster 1 e 2 si caratterizzano per un livello medio-alto, il terzo concentra individui con basso livello di istruzione e il quarto individui con formazione media. Va sottolineato che, nel complesso, il campione risulta comunque più istruito rispetto alla popolazione generale.

#### **Cluster 1 – Donne giovani pisane e livornesi con istruzione medio-alta (n=517)**

Questo gruppo esprime i valori medi più alti in assoluto per lo **scenario contestuale**, con una media di 5,04 (accettabilità pubblica) e 4,82 (utilità individuale). Anche lo **scenario stradale** ottiene punteggi molto elevati (4,61 accettabilità pubblica; 4,84 utilità individuale), anche se con valori mediamente più bassi allo scenario contestuale. Lo **scenario BAU** raccoglie un consenso moderato (4,12 accettabilità pubblica; 3,84 utilità individuale), inferiore rispetto agli altri scenari



ma non così basso come in altri cluster. Nel complesso, il profilo indica un gruppo aperto al cambiamento, che valorizza sia la dimensione collettiva sia quella individuale della mobilità.

**Cluster 2 – Anziani fiorentini e pisani con istruzione medio-alta (n=568)**

Questo cluster è quello con i valori più bassi in generale. Lo **scenario contestuale** rimane l'opzione preferita (4,66 accettabilità pubblica; 4,42 utilità individuale), ma con punteggi inferiori rispetto agli altri cluster. Lo **scenario stradale** raccoglie un consenso moderato (4,21 accettabilità pubblica; 4,44 utilità individuale), mentre lo **scenario BAU** è il meno apprezzato (3,61 accettabilità pubblica; 3,36 utilità individuale). L'atteggiamento complessivo sembra riflettere una posizione più prudente e conservativa, con una minore propensione a percepire forti benefici da nuove politiche di mobilità.

**Cluster 3 – Uomini pisani e livornesi di mezza età con un basso livello di istruzione (n=381)**

In questo gruppo i valori risultano complessivamente intermedi, con una preferenza relativa per lo **scenario stradale**, che raggiunge 4,52 (accettabilità pubblica) e 4,76 (utilità individuale), i valori più alti per utilità individuale in questo cluster. Anche lo **scenario contestuale** ottiene punteggi solidi (4,69 accettabilità pubblica; 4,61 utilità individuale), ma leggermente inferiori rispetto allo scenario stradale. Lo **scenario BAU** resta marginale (4,09 accettabilità pubblica; 3,85 utilità individuale). Il profilo suggerisce una forte dipendenza dal mezzo privato, pur senza un rifiuto delle soluzioni collettive.

**Cluster 4 – Giovani fiorentini con istruzione medio-alta (n=529)**

In questo cluster lo **scenario contestuale** emerge come l'opzione più accettata dal punto di vista collettivo (4,86 accettabilità pubblica), con un consenso superiore a quello registrato per lo **scenario stradale** (4,49 accettabilità pubblica). Per quanto riguarda l'utilità individuale, invece, le due opzioni risultano molto vicine: lo stradale ottiene un valore leggermente più alto (4,77) rispetto al contestuale (4,76). Lo **scenario BAU** raccoglie punteggi intermedi (4,08 accettabilità pubblica; 3,88 utilità individuale), senza spiccare in modo particolare. Nel complesso, il cluster evidenzia una legittimazione sociale dello scenario contestuale, che viene percepito come l'investimento pubblico più appropriato, mentre lo scenario stradale continua a rappresentare una scelta utile a livello personale.



Figura 55: Caratteristiche e profili di accettabilità dei cluster identificati

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
 Numerosità: 517 Caratt socio-demografiche: <ul style="list-style-type: none"><li>• F (prevalente)</li><li>• Età: 18-40</li><li>• Pisa-Livorno</li><li>• Istruzione medio-alta</li></ul> Profilo accettabilità: <ul style="list-style-type: none"><li>• BAU: medio-bassa</li><li>• Stradale: medio-alta</li><li>• Contest: molto alta</li></ul>	 Numerosità: 568 Caratt socio-demografiche: <ul style="list-style-type: none"><li>• M-F</li><li>• Età: 46-60+</li><li>• Firenze-Pisa</li><li>• Istruzione medio-alta</li></ul> Profilo accettabilità: <ul style="list-style-type: none"><li>• BAU: bassa</li><li>• Stradale: medio-bassa</li><li>• Contest: media</li></ul>	 Numerosità: 381 Caratt socio-demografiche: <ul style="list-style-type: none"><li>• M (prevalente)</li><li>• Età: eterogenea</li><li>• Pisa-Livorno</li><li>• Istruzione medio-bassa</li></ul> Profilo accettabilità: <ul style="list-style-type: none"><li>• BAU: medio-bassa</li><li>• Stradale: medio-alta</li><li>• Contest: media</li></ul>	 Numerosità: 529 Caratt socio-demografiche: <ul style="list-style-type: none"><li>• M-F</li><li>• Età: 18-40</li><li>• Firenze</li><li>• Istruzione medio-alta</li></ul> Profilo accettabilità: <ul style="list-style-type: none"><li>• BAU: medio-bassa</li><li>• Stradale: medio-alta</li><li>• Contest: alta</li></ul>

Una seconda analisi di clustering, condotta utilizzando lo stesso set di variabili, ma con centroidi differenti, ha confermato in larga parte i risultati già emersi nella prima. Anche in questo caso emergono quattro profili distinti: un gruppo di donne giovani e istruite, fortemente favorevoli allo scenario contestuale; un cluster di uomini meno istruiti, prevalentemente pisani e livornesi, che riflettono valori in linea con le medie generali; un gruppo di uomini di mezza età con istruzione medio-alta, orientati al cambiamento e con una preferenza marcata per scenari alternativi al mantenimento dello status quo; infine, un cluster composto da anziani, caratterizzati da una maggiore resistenza al cambiamento e da una minore propensione a sostenere nuovi investimenti. Nel complesso, questa seconda analisi conferma la distinzione generazionale e socio-culturale già evidenziata: i giovani e i più istruiti si mostrano più aperti e orientati al contestuale, mentre gli anziani tendono a preferire lo scenario base o a esprimere livelli di accettabilità più bassi in generale.

### Correlazione

La Tabella 6 mostra le correlazioni tra le variabili dipendenti, attitudinali e comportamentali dello studio. Le seguenti osservazioni si possono evincere dalla lettura della tabella:

- **Forte correlazione tra variabili di accettabilità individuale e collettiva:** ad esempio, *accept\_ind\_bau* e *accept\_coll\_bau* sono molto correlate ( $r = 0.77$ ), segno che la percezione individuale e collettiva si muovono insieme.
- **Attitudini specifiche** (es. *att\_car*, *att\_bike*, *att\_pt*) hanno correlazioni deboli o moderate con le accettabilità, indicando che non sono direttamente sovrapponibili ma influenzano in parte le valutazioni. In particolare, *att\_car* e *att\_drive* sono correlate positivamente con l'accettabilità del BAU e dello stradale, mentre *att\_pt*, *att\_bike* e *att\_open\_chang* con quella del BAU e del contestuale.
- **Fiducia nelle istituzioni (att\_trust)** mostra correlazioni positive moderate con tutte le accettabilità, suggerendo un ruolo trasversale.



- Il ruolo delle **comportamentali** è meno netto, con la distanza dai mezzi pubblici che ha in generale correlazioni più basse, indicando legami meno forti con l'accettabilità generale, mentre l'uso della fipili è moderatamente correlato con l'accettabilità dello stradale.

*Tabella 6: Correlazioni tra le variabili dipendenti, attitudinali e comportamentali*

Variabile	acc_bau	acc_trad	acc_cont	ind_bau	ind_trad	ind_cont	att_car	att_cons	att_drive	att_tpt	att_bike	att_rust	att_safe	att_o pen	beh_dist	beh_uso
acc_bau	1.00															
acc_trad	0.21	1.000														
acc_cont	0.13	0.170	1.00													
ind_bau	0.77	0.229	0.11	1.00												
ind_trad	2	6	0													
ind_cont	0.20	0.796	0.20	0.20	1.000											
att_car	0.17	0.149	0.80	0.19	0.231	1.00										
att_cons	0.14	0.203	0.06	0.16	0.183	0.04	1.0									
att_drive	0.07	0.051	0.13	0.07	0.070	0.13	0.1	1.00								
att_pt	0.18	0.258	0.00	0.14	0.245	0.02	0.3	0.05	1.00							
att_bike	0.15	-	0.16	0.21	-	0.24	-	0.04	-	1.						
att_trust	0.13	-	0.16	0.16	0.021	0.22	-	0.09	-	0.	1.00					
att_safe	0.40	0.177	0.17	0.42	0.190	0.25	0.1	0.04	0.16	0.	0.19	1.00				
att_o pen	6	9	1	2	2	29	1	6	25	5	0					
beh_dist	-	0.112	0.16	-	0.133	0.09	0.0	0.34	0.09	-	-	-	1.00			
beh_uso	0.03	6	0.09	9	57	9	0	0.	0.05	0.04	0					
beh_uso	9	3														
beh_uso	1	7	9	8	0.0	7	7	51	4	4	9	0				
beh_uso	4	6	4	9	88	4	7	03	7	5	0.09	3	4	0.15	1.00	0
beh_uso	4	6	4	9	88	4	7	03	7	5	0.09	3	4	0.15	1.00	0

### Regressione multi-variata: analisi dei predittori di accettabilità ed utilità individuale degli scenari

L'analisi di regressione è stata in primis effettuata impiegando tutte le variabili attitudinali e comportamentali come regressori indipendenti, e le variabili socio-demografiche come controlli. L'analisi di multicollinearità ha però mostrato dei valori elevati di multicollinearità ( $>10$ ) nelle socio-demografiche che sono pertanto state escluse nell'elaborazione finale. Inoltre, anche eteroschedasticità e residui non perfettamente normali quali output delle regressioni sono risultati come potenziali problemi. E' stato pertanto scelto di optare per regressioni con errori standard robusti che non richiedono l'assunzione di omoschedasticità, correggendo le stime degli errori standard per tali violazioni.



La Tabella 7 mostra i risultati dell'analisi di regressione, in cui variabili attitudinali e comportamentali sono state utilizzate per predire accettabilità ed utilità individuale dei tre scenari di mobilità. Dalle regressioni emergono alcuni pattern chiari:

- **Attitudine verso le istituzioni (att\_tru\_inst)** è il preditore più robusto e significativo in tutti gli scenari, sempre con coefficienti positivi e altamente significativi ( $p<0.001$ ). Ciò indica che la fiducia nelle istituzioni è un driver centrale di accettabilità e utilità.
- **Attitudine verso la sicurezza (att\_safe)** ha effetti contrastanti: negativa negli scenari BAU (maggiore percezione di sicurezza riduce l'accettabilità/utilità), ma positiva e significativa negli scenari stradale e trasporto pubblico.
- **Attitudine verso l'auto (att\_car)** è sempre positiva e significativa, con maggiore peso nello scenario BAU e stradale.
- **Attitudine verso la guida (att\_drive)** ha un impatto positivo negli scenari BAU e stradale, ma non significativo nel contesto del trasporto pubblico.
- **Attitudine verso i mezzi pubblici (att\_pt)** è positiva negli scenari BAU e trasporto pubblico, ma nulla in quello stradale.
- **Attitudine verso la bicicletta (att\_bike)** è significativa solo negli scenari trasporto pubblico, non negli altri.
- **Attitudine all'apertura al cambiamento (att\_open\_chang)** mostra effetti positivi e significativi soprattutto in BAU (utilità) e trasporto pubblico, mentre è marginale negli altri scenari.
- I **comportamenti dichiarati** (uso dei mezzi pubblici e Fi-Pi-Li) hanno effetti deboli e per lo più non significativi, con l'eccezione dell'uso della Fi-Pi-Li nello scenario stradale, che aumenta accettabilità e utilità.

Nel complesso, **fiducia nelle istituzioni, sicurezza, e attitudini modali specifiche** risultano le leve principali, con variazioni rilevanti a seconda dello scenario.

Tabella 7: Risultati analisi di regressione

Preditore	BAU – Accettabilità	BAU – Utilità	Stradale – Accettabilità	Stradale – Utilità	Contestuale – Accettabilità	Contestuale – Utilità
<b>att_car</b>	0.083 ( $p=0.008$ )	0.148 ( $p=0.000$ )	0.139 ( $p=0.000$ )	0.106 ( $p=0.001$ )	0.079 ( $p=0.009$ )	0.061 ( $p=0.043$ )
<b>att_cons</b>	0.060 ( $p=0.083$ )	0.062 ( $p=0.083$ )	-0.044 ( $p=0.195$ )	-0.021 ( $p=0.521$ )	0.047 ( $p=0.160$ )	0.059 ( $p=0.070$ )
<b>att_drive</b>	0.138 ( $p=0.000$ )	0.074 ( $p=0.009$ )	0.196 ( $p=0.000$ )	0.176 ( $p=0.000$ )	-0.041 ( $p=0.124$ )	-0.012 ( $p=0.658$ )
<b>att_pt</b>	0.056 ( $p=0.025$ )	0.080 ( $p=0.001$ )	-0.007 ( $p=0.797$ )	-0.017 ( $p=0.519$ )	0.057 ( $p=0.014$ )	0.102 ( $p=0.000$ )
<b>att_bike</b>	0.034 ( $p=0.137$ )	0.025 ( $p=0.251$ )	-0.008 ( $p=0.751$ )	0.012 ( $p=0.601$ )	0.062 ( $p=0.004$ )	0.073 ( $p=0.001$ )
<b>att_tru_ins</b>	0.410 ( $p=0.000$ )	0.419 ( $p=0.000$ )	0.149 ( $p=0.000$ )	0.162 ( $p=0.000$ )	0.137 ( $p=0.000$ )	0.198 ( $p=0.000$ )
<b>att_safe</b>	-0.064 ( $p=0.040$ )	-0.142 ( $p=0.000$ )	0.158 ( $p=0.000$ )	0.178 ( $p=0.000$ )	0.220 ( $p=0.000$ )	0.136 ( $p=0.000$ )
<b>att_open_c</b>	0.043 ( $p=0.198$ )	0.114 ( $p=0.001$ )	0.069 ( $p=0.060$ )	0.056 ( $p=0.114$ )	0.097 ( $p=0.003$ )	0.106 ( $p=0.001$ )
<b>hang</b>						



<b>beh_dist_pubblici</b>	0.016 (p=0.658)	-0.020 (p=0.584)	-0.001 (p=0.971)	-0.031 (p=0.417)	0.051 (p=0.150)	0.016 (p=0.646)
<b>beh_uso_fipili</b>	-0.010 (p=0.785)	0.059 (p=0.097)	0.084 (p=0.023)	0.088 (p=0.014)	-0.007 (p=0.843)	-0.027 (p=0.436)
<b>N</b>	1995	1995	1978	1977	1995	1995
<b>R<sup>2</sup></b>	0.195	0.229	0.111	0.111	0.104	0.137

*Propensity-Score Matching: analisi delle caratteristiche attitudinali e comportamentali che influenzano l'accettabilità ed utilità individuale degli scenari*

*Trattamento: elevata attitudine verso l'utilizzo dell'auto (car dependence)*

In riferimento alla variabile att\_car, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano att\_car ≥ 5 (valore soglia=5).

Tabella 8: PSM elevata attitudine all'utilizzo dell'auto

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.308	0.002	694	1388
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	0.332	0.001	694	1388
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.564	0.000	690	1380
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	0.291	0.003	690	1380
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.130	0.128	694	1388
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.109	0.213	694	1388

Il trattamento basato su alta attitudine verso l'auto (att\_car) produce effetti statisticamente significativi negli scenari BAU e Stradale, sia in termini di accettabilità che di utilità (Tabella 8).

- In **BAU**, l'effetto medio del trattamento sugli individui trattati (ATET) è di circa +0.31 / +0.33, indicando che chi ha alta attitudine verso l'auto mostra maggiore accettabilità e percezione di utilità rispetto ai controlli, a parità di caratteristiche socio-demografiche.
- Nello scenario **Stradale**, l'effetto è ancora più marcato per l'accettabilità (+0.56) e positivo anche per l'utilità (+0.29), sempre con significatività elevata (p<0.01).
- Nel caso del **Contestuale**, invece, gli effetti sono positivi ma non significativi (ATET ~0.11–0.13, p>0.1), suggerendo che l'attitudine verso l'auto non incide sulla valutazione di scenari di mobilità collettiva una volta controllate le variabili socio-demografiche.

In sintesi, il PSM conferma che la car dependence si traduce in un sostegno maggiore agli scenari che includono l'uso dell'auto (BAU e Stradale), mentre non ha un effetto significativo sugli scenari che privilegiano il trasporto pubblico.

*Trattamento: elevato utilizzo della Fi-Pi-Li (uso\_fipili)*

In riferimento alla variabile uso\_fipili, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che usano l'infrastruttura più di due volte a settimana (valore soglia=2).



Tabella 9: PSM elevato utilizzo della Fi-Pi-Li

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.350	0.001	879	1,758
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	0.633	0.000	879	1,758
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.246	0.017	871	1,742
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	0.225	0.019	871	1,742
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.017	0.864	879	1,758
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.032	0.750	879	1,758

Il PSM mostra che l'uso della FiPiLi ha un impatto rilevante sugli scenari BAU e Stradale, mentre non emerge alcun effetto negli scenari di potenziamento dei trasporti pubblici (Tabella 9).

- In **BAU**, l'effetto medio del trattamento è molto forte: +0.35 sull'accettabilità collettiva e +0.63 sull'accettabilità individuale, entrambi altamente significativi ( $p<0.01$ ). Ciò indica che gli utenti abituali di FiPiLi tendono a sostenere in misura maggiore lo scenario di mantenimento dello status quo, mostrando da una parte un maggiore attaccamento all'infrastruttura necessaria, dall'altra suggerendo una forma di inerzia al cambiamento.
- In **Stradale**, gli effetti sono positivi ma più contenuti: +0.25 (collettiva) e +0.23 (individuale), con significatività al 5%. Anche qui, l'abitudine all'uso della FiPiLi aumenta la propensione a giudicare accettabile lo scenario con infrastrutture stradali potenziate.
- Nello scenario **Contestuale**, invece, gli ATET sono prossimi a zero e statisticamente non significativi ( $p>0.7$ ), a conferma che il comportamento di utilizzo della FiPiLi non influenza la valutazione di soluzioni orientate al trasporto collettivo.

Nel complesso, l'**uso della FiPiLi** rafforza il sostegno agli scenari BAU e stradale in continuità con la car dependence, mentre non condiziona la valutazione degli scenari alternativi basati sul trasporto pubblico.

#### Trattamento: elevata attitudine all'apertura al cambiamento (att\_open\_chang)

In riferimento alla variabile att\_open\_chang, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano  $\text{att\_open\_chang} \geq 4,5$  (valore soglia=4,5).

Tabella 10: PSM elevata attitudine all'apertura al cambiamento

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.470	0.000	764	1,528
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	0.638	0.000	764	1,528
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.297	0.002	757	1,514
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	0.323	0.001	757	1,514
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.355	0.000	764	1,528
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.469	0.000	764	1,528

Il PSM mostra che l'apertura al cambiamento ha un impatto positivo e statisticamente significativo in tutti gli scenari considerati (Tabella 10).



- In **BAU**, l'effetto è particolarmente elevato (+0.47 sulla collettiva e +0.64 sull'individuale, entrambi con  $p<0.001$ ), a indicare che le persone aperte al cambiamento sono più propense a giudicare accettabile anche lo scenario di mantenimento dello status quo. Questa evidenza, seppur contorta, ad una prima lettura, è giustificata nella generale maggiore propensità all'accettazione delle persone aperte al cambiamento.
- Nello scenario **Stradale**, gli effetti restano significativi ma più contenuti (+0.30 e +0.32, con  $p<0.01$ ), suggerendo un sostegno moderato ma comunque chiaro agli interventi infrastrutturali da parte di chi è aperto al cambiamento.
- Infine, nello scenario **Contestuale**, gli effetti sono nuovamente consistenti (+0.36 e +0.47, entrambi con  $p<0.001$ ), confermando che l'apertura al cambiamento favorisce l'accettazione di soluzioni orientate a una mobilità alternativa.

In sintesi, l'apertura al cambiamento rappresenta un preditore solido e trasversale dell'accettabilità, con effetti più forti nello scenario BAU e Contestuale, e meno marcati ma comunque significativi nello scenario Stradale.

#### *Trattamento: elevata fiducia nelle istituzioni (att\_tru\_inst)*

In riferimento alla variabile att\_tru\_inst, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano att\_tru\_inst  $\geq 4,5$  (valore soglia=4,5).

Tabella 1112: PSM elevata fiducia nelle istituzioni

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.996	0.000	724	1,448
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	1.160	0.000	724	1,448
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.493	0.000	721	1,442
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	0.441	0.000	721	1,442
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.488	0.000	724	1,448
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.625	0.000	724	1,448

Il PSM mostra che la fiducia nelle istituzioni ha un impatto molto consistente e positivo sull'accettabilità degli scenari, sia collettiva sia individuale, in tutti i contesti considerati (Tabella 11).

- In **BAU**, gli effetti sono molto elevati: +0.996 sull'accettabilità collettiva e +1.16 sull'individuale ( $p<0.001$ ), indicando che chi ha maggiore fiducia nelle istituzioni sostiene fortemente lo scenario di mantenimento dello status quo.
- Nello scenario **Stradale**, gli ATET restano positivi e significativi, seppur più moderati: +0.49 (collettiva) e +0.44 (individuale), mostrando che la fiducia nelle istituzioni favorisce anche l'accettazione di interventi infrastrutturali stradali.
- Negli scenari **Contestuali**, l'effetto è ancora positivo e significativo (+0.49 collettiva e +0.63 individuale), confermando che la fiducia nelle istituzioni aumenta la propensione ad accettare anche scenari orientati al trasporto collettivo.



In sintesi, la fiducia nelle istituzioni si mostra un fattore trasversale che incrementa l'accettazione di tutte le tipologie di scenario, con effetti più marcati sugli scenari individuali. La fiducia nelle istituzioni assume pertanto le caratteristiche di un enabler generale verso l'accettabilità di qualsiasi tipo di intervento pubblico sulla mobilità.

#### *Trattamento: elevata attitudine alla sicurezza nei trasporti (att\_safe)*

In riferimento alla variabile att\_safe, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano  $\text{att\_safe} \geq 6$  (valore soglia=6).

*Tabella 13: PSM elevata attitudine alla sicurezza nei trasporti*

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	-0.232	0.022	828	1,656
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	-0.325	0.002	828	1,656
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.338	0.000	820	1,640
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	0.392	0.000	820	1,640
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.404	0.000	828	1,656
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.151	0.095	828	1,656

Il PSM (Tabella 12) mostra che l'attitudine alla sicurezza influenza l'accettabilità dei tre scenari in modo differente rispetto alle precedenti variabili attitudinali:

- Nel **BAU**, gli individui che richiedono maggiore sicurezza tendono a rifiutare lo scenario di mantenimento dello status quo, con effetti negativi significativi sia sull'accettabilità collettiva (-0.23,  $p < 0.05$ ) sia individuale (-0.33,  $p < 0.01$ ). Ciò suggerisce che lo scenario BAU viene percepito come meno sicuro e quindi meno desiderabile da chi pone attenzione alla sicurezza nei trasporti.
- Nello scenario **Stradale** la richiesta di maggiore sicurezza è associata a un aumento dell'accettabilità dello scenario stradale (+0.34 collettiva, +0.39 individuale,  $p < 0.01$ ). Questo può riflettere la percezione che infrastrutture automobilistiche migliorate e maggiori controlli possano incrementare la sicurezza percepita.
- Nel **Contestuale**, l'effetto è positivo sull'accettabilità collettiva (+0.40,  $p < 0.01$ ) e marginale sull'individuale (+0.15,  $p \approx 0.10$ ). Ciò indica che le persone orientate alla sicurezza valutano favorevolmente scenari che prevedono interventi strutturali sul trasporto pubblico e misure di sicurezza, soprattutto in chiave collettiva.

#### *Trattamento: elevata attitudine al trasporto pubblico (att\_pt)*

In riferimento alla variabile att\_pt, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano  $\text{att\_pt} \geq 3,5$  (valore soglia=3,5).

*Tabella 14: PSM elevata attitudine al trasporto pubblico*

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.257	0.020	895	1,790
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	0.452	0.000	895	1,790



<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	-0.250	0.012	890	1,780
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	-0.133	0.146	890	1,780
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.405	0.000	895	1,790
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.650	0.000	895	1,790

Il PSM indica che l'attitudine positiva al trasporto pubblico influenza in maniera significativa l'accettabilità degli scenari, ma con effetti differenziati a seconda del contesto (Tabella 13).

- In **BAU**, gli effetti sono positivi e significativi: +0.26 sull'accettabilità collettiva e +0.45 sull'individuale ( $p<0.05$  e  $p<0.01$ ), suggerendo che chi ha maggiore propensione per il trasporto pubblico è più favorevole anche allo scenario di mantenimento dello status quo.
- Nello scenario **Stradale**, gli effetti sono negativi per l'accettabilità collettiva (-0.25,  $p<0.05$ ) e non significativi per l'individuale (-0.13,  $p>0.1$ ). Ciò indica che gli individui favorevoli al trasporto pubblico tendono a disapprovare interventi basati sul potenziamento delle infrastrutture stradali, soprattutto sul piano collettivo.
- Nello scenario **Contestuale**, gli ATET sono fortemente positivi e significativi (+0.41 e +0.65,  $p<0.001$ ), confermando che un'attitudine positiva al trasporto pubblico favorisce l'accettazione delle soluzioni orientate alla mobilità collettiva.

La propensione per il trasporto pubblico pertanto rafforza l'accettazione degli scenari coerenti con la mobilità collettiva, riducendo invece il sostegno agli scenari stradali.

#### *Trattamento: elevata attitudine all'uso della bicicletta (att\_bike)*

In riferimento alla variabile *att\_bike*, sono stati considerati soggetti trattati tutti coloro che avevano *att\_bike*  $\geq 4$  (valore soglia=4).

*Tabella 15: PSM elevata attitudine all'uso della bicicletta*

Scenario / Outcome	ATET	p-value	Trattati	Matched
<b>BAU – Accettabilità collettiva</b>	0.511	0.000	943	1,886
<b>BAU – Accettabilità individuale</b>	0.552	0.000	943	1,886
<b>Stradale – Accettabilità collettiva</b>	0.090	0.343	937	1,874
<b>Stradale – Accettabilità individuale</b>	-0.032	0.735	937	1,874
<b>Contestuale – Accettabilità collettiva</b>	0.423	0.000	943	1,886
<b>Contestuale – Accettabilità individuale</b>	0.547	0.000	943	1,886

Il PSM evidenzia che l'attitudine all'uso della bicicletta ha effetti positivi e significativi principalmente negli scenari BAU e Contestuali, mentre negli scenari Stradale l'effetto è trascurabile e non significativo (Tabella 14).

- In **BAU**, chi utilizza abitualmente la bicicletta mostra una maggiore accettazione degli scenari: +0.51 sull'accettabilità collettiva e +0.55 su quella individuale ( $p<0.001$ ).
- Nello scenario **Stradale**, invece, gli effetti sono prossimi a zero e non significativi, sia collettivamente (+0.09,  $p=0.34$ ) sia individualmente (-0.03,  $p=0.73$ ), suggerendo che



l'uso della bici non influenza la percezione positiva di scenari con potenziamento delle infrastrutture stradali.

- Nello scenario **Contestuale**, l'effetto torna positivo e significativo (+0.42 collettiva e +0.55 individuale,  $p<0.001$ ), indicando che chi è abituato all'uso della bicicletta tende a sostenere scenari orientati al trasporto collettivo o alla mobilità sostenibile, favorendo essi anche la mobilità integrata tra mezzi pubblici e bicicletta.

In sintesi, l'attitudine alla bici rafforza l'accettazione di scenari coerenti con modalità di mobilità sostenibile, ma non influenza gli scenari focalizzati sulle infrastrutture stradali.



## Linee guida per l'implementazione della mobilità sostenibile nella Regione Toscana

L'analisi congiunta dei dati del questionario cittadini, articolata in una cluster analysis esplorativa (Figura 56) e in successive analisi inferenziali (correlazioni, regressioni multivariate e PSM), consente di delineare in modo integrato come le caratteristiche socio-demografiche, comportamentali e attitudinali influenzino l'accettabilità dei tre scenari di mobilità. La cluster analysis permette di identificare segmenti di popolazione con profili distinti, evidenziando linee di frattura generazionali e socio-culturali, mentre la regressione consente di verificare in modo sistematico il contributo predittivo delle diverse variabili individuali all'accettabilità degli scenari, approfondendo i meccanismi sottostanti ai pattern emersi nei cluster.

Per quanto riguarda lo **Scenario BAU**, la cluster analysis mostra che esso non gode di forte consenso in nessun gruppo, risultando solo relativamente più tollerato tra anziani e individui con livelli d'istruzione più bassi, che tendono a mostrare maggiore conservatorismo o minore propensione al cambiamento. Tuttavia, resta sempre l'opzione meno apprezzata, segnalando una scarsa legittimazione pubblica allo status quo. L'analisi multivariata conferma e amplia questo quadro: l'accettabilità del BAU è associata a quasi tutte le variabili comportamentali e attitudinali considerate (uso della FiPiLi, car dependence, attitudine alla bici, apertura al cambiamento, fiducia nelle istituzioni, attitudine al trasporto pubblico), ad eccezione dell'attitudine alla sicurezza nei trasporti. In particolare, chi mostra atteggiamenti positivi generalizzati verso la mobilità e le istituzioni tende ad approvare anche lo scenario BAU, indipendentemente dalla sua configurazione specifica. La minore accettabilità tra chi attribuisce alta importanza alla sicurezza segnala invece che l'attuale sistema è percepito come insoddisfacente sotto questo profilo, suggerendo la necessità di interventi mirati a migliorare la sicurezza percepita.

Lo **Scenario Stradale** raccoglie il sostegno principale tra uomini di mezza età, con livelli di istruzione generalmente più bassi, e tra liberi professionisti o gruppi fortemente legati all'uso dell'auto, che esprimono valori elevati di utilità individuale. La regressione mostra un pattern coerente: l'uso della FiPiLi ne incrementa moderatamente l'accettabilità, la dipendenza dall'auto la aumenta in modo significativo, mentre l'attitudine alla bici non ha effetti rilevanti e quella al trasporto pubblico può avere effetti negativi. Questi risultati indicano che lo scenario stradale è valutato positivamente da soggetti con pratiche consolidate di mobilità privata e orientamenti meno favorevoli alle alternative collettive, confermando che il consenso proviene da sottogruppi con esigenze e comportamenti specifici piuttosto che da un orientamento positivo generalizzato.

Infine, lo **Scenario Contestuale** ottiene il più ampio consenso pubblico in quasi tutti i cluster, soprattutto tra giovani e individui più istruiti, che lo percepiscono come l'investimento istituzionale più appropriato, capace di combinare benefici collettivi e individuali. Anche nei cluster meno favorevoli (anziani e soggetti con istruzione medio-bassa) rimane l'opzione più



apprezzata, sebbene con livelli inferiori. L'analisi inferenziale conferma questo profilo "progressista": l'accettabilità dello scenario contestuale è fortemente associata a attitudini pro-ambientali e favorevoli alla mobilità alternativa (uso della bici, trasporto pubblico, apertura al cambiamento), mentre la dipendenza dall'auto non è significativa. Inoltre, l'aumento percepito di sicurezza nei trasporti suggerisce che il potenziamento del trasporto pubblico è visto come risposta efficace alle criticità infrastrutturali e di traffico.

*Figura 56: Panoramica dei principali risultati del progetto SAMPLE. Nota: i livelli medi di accettabilità ed utilità degli scenari sono stati convertiti in percentuali per facilità di lettura da un'originale scala Likert 1-7*

Cluster C1	Cluster C2	Cluster C3	Cluster C4
<b>Cluster C1</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>26% campione</li> <li>F (prevalente)</li> <li>Età: 18-40</li> <li>Pisa-Livorno</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>	<b>Cluster C2</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>28% campione</li> <li>M-F</li> <li>Età: 46-60+</li> <li>Firenze-Pisa</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>	<b>Cluster C3</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>19% campione</li> <li>M (prevalente)</li> <li>Età: 18-60</li> <li>Pisa-Livorno</li> <li>Istruzione medio-bassa</li> </ul>	<b>Cluster C4</b>  <ul style="list-style-type: none"> <li>27% campione</li> <li>M-F</li> <li>Età: 18-40</li> <li>Firenze</li> <li>Istruzione medio-alta</li> </ul>
Scenario BAU	Scenario Stradale	Scenario Contestuale	
Rilevazione <b>cittadini</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>57%</b></li> <li>Utilità individuale <b>53%</b></li> </ul> Rilevazione <b>imprese</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>30,6%</b> campione</li> </ul> Accettabilità nei cluster: <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → medio-bassa</li> <li>C2 → bassa</li> <li>C3 → medio-bassa</li> <li>C4 → medio-bassa</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: nessuna	Rilevazione <b>cittadini</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>64%</b></li> <li>Utilità individuale <b>67%</b></li> </ul> Rilevazione <b>imprese</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>35,8%</b> campione</li> </ul> Accettabilità nei cluster: <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → medio-alta</li> <li>C2 → medio-bassa</li> <li>C3 → medio-alta</li> <li>C4 → medio-alta</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: <b>industria</b>	Rilevazione <b>cittadini</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Accettabilità collettiva: <b>69%</b></li> <li>Utilità individuale <b>66%</b></li> </ul> Rilevazione <b>imprese</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>Preferito dal <b>33,6%</b> campione</li> </ul> Accettabilità nei cluster: <ul style="list-style-type: none"> <li>C1 → molto alta</li> <li>C2 → media</li> <li>C3 → media</li> <li>C4 → alta</li> </ul> Preferenza settoriale imprese: <b>servizi/commercio/istruzione/sanità</b>	

In sintesi, la combinazione tra cluster analysis e regressione multivariata consente di passare da una segmentazione socio-demografica e culturale a una comprensione più profonda dei fattori comportamentali e attitudinali che guidano l'accettabilità dei tre scenari. Mentre il BAU riflette un orientamento positivo generalizzato ma mostra limiti legati alla sicurezza, Stradale e Contestuale rispondono a logiche più specifiche: il primo è sostenuto da gruppi con pratiche consolidate di mobilità privata, il secondo da gruppi giovani, istruiti e aperti al cambiamento. Questa integrazione metodologica permette di affinare strategie di policy e comunicazione: lo scenario BAU può fungere da base per interventi trasversali di miglioramento della sicurezza, mentre la promozione di scenari stradali o sostenibili dovrebbe essere mirata a segmenti specifici della popolazione, considerando tanto le caratteristiche socio-demografiche quanto quelle comportamentali e valoriali.

## Implicazioni di policy

L'analisi evidenzia come l'attuale assetto infrastrutturale (scenario BAU) non raccolga ampi consensi, soprattutto a causa delle preoccupazioni legate alla sicurezza stradale. Ciò rende



urgenti misure concrete volte sia a rendere più sicure le infrastrutture esistenti, sia a favorire lo spostamento verso modalità di trasporto intrinsecamente più sicure, in base a quale delle due opzioni possa offrire risultati più certi e duraturi. In questo quadro emerge anche una distinzione di natura generazionale: le fasce più giovani mostrano una forte preferenza per lo scenario Contestuale, orientato a una mobilità sostenibile, integrata e tecnologicamente evoluta, mentre una parte significativa della popolazione più matura tende a sostenere lo scenario Stradale, in particolare la realizzazione della terza corsia sulla FI-PI-LI. La programmazione degli interventi, in una direzione o nell'altra, dovrebbe dunque tenere conto dei tempi di realizzazione e della necessità di garantire coerenza tra benefici attesi e benefici effettivamente percepiti, in modo da rispondere in maniera equilibrata alle aspettative delle diverse generazioni e dei diversi portatori di interesse.

Diversamente da quanto ci si sarebbe potuti attendere alla luce della diffusa dipendenza dall'auto privata, i risultati mostrano come lo scenario di potenziamento Stradale non incontri un consenso generalizzato. Sebbene venga percepito come utile sul piano individuale, non è considerato altrettanto efficace nel generare benefici collettivi. Lo scenario Contestuale, al contrario, viene riconosciuto come più idoneo a produrre vantaggi per la collettività, anche grazie alla maggiore flessibilità progettuale che lo caratterizza. Esso, infatti, prevede investimenti modulari e progressivi da realizzarsi su un orizzonte temporale più ampio, permettendo una distribuzione più sostenibile delle risorse pubbliche e offrendo nel contempo la possibilità di monitorare e correggere progressivamente le misure in base ai feedback della popolazione. Questo approccio dilatato nel tempo consente anche alla cittadinanza di adattare gradualmente le proprie abitudini, favorendo una conversione culturale verso forme di mobilità alternativa, sostenibile e intermodale. In tal senso, lo scenario Contestuale risulta più facilmente implementabile da parte dei decisori pubblici, poiché non richiede un impegno infrastrutturale immediato, ingente e non riconvertibile, ma un percorso graduale che consente aggiustamenti successivi e una gestione più dinamica del cambiamento.

Le misure previste nello scenario Contestuale – come sconti tariffari, potenziamento della rete ferroviaria, promozione dell'intermodalità bici-treno, creazione di hub di interscambio e sperimentazioni di sistemi MaaS (Mobility as a Service) – si prestano a configurazioni flessibili e a un'implementazione progressiva, rendendo possibile una politica dei trasporti più sperimentale, adattiva e coerente con i principi della sostenibilità. La scelta fra i due scenari, tuttavia, non è solo tecnica ma riflette una precisa visione di sviluppo economico e territoriale. L'orientamento verso un'economia della conoscenza e dell'innovazione, ad esempio, appare strettamente connesso alla capacità di offrire soluzioni di mobilità sostenibili e integrate, un aspetto per il quale i cittadini con livelli di istruzione più elevati mostrano una chiara preferenza. Un sistema di trasporti pubblici efficiente e intermodale diviene così un elemento strategico per attrarre e trattenere capitale umano qualificato. Non a caso, i settori produttivi che più sostengono lo scenario Contestuale sono quelli dei servizi, dell'istruzione e della sanità, mentre il comparto manifatturiero – più legato all'economia tradizionale – tende a favorire lo scenario Stradale. Tuttavia, anche questo settore potrebbe trarre benefici indiretti dal Contestuale, ad



esempio grazie alla riduzione degli spostamenti privati, che libererebbe capacità per il trasporto merci su gomma e migliorerebbe il coordinamento tra le diverse modalità di trasporto.

Infine, va considerato che un intervento infrastrutturale massiccio, come l'ampliamento della FI-PI-LI, pur volto a migliorare la sicurezza, potrebbe generare effetti paradossali, come quello descritto dal paradosso di Braess, secondo cui l'aumento della capacità stradale rischia di peggiorare la fluidità complessiva del traffico. Alla luce di queste considerazioni, lo scenario Contestuale emerge come l'opzione più coerente con una strategia di sviluppo sostenibile: consente investimenti graduali e reversibili, accompagna il cambiamento culturale dei cittadini, riduce i rischi di lock-in infrastrutturale e rafforza la competitività economica del territorio attraverso una mobilità più sicura, efficiente e rispettosa dell'ambiente.

### Due studi indipendenti, una stessa direzione per la mobilità toscana

A rafforzare ulteriormente le conclusioni dello studio SAMPLE si aggiungono le evidenze emerse da un'analisi completamente indipendente, condotta da Metropolitana Milano S.p.A. (MM, 2024) per il Comune di Livorno ("Sistema Tranviario di Area Vasta Livorno-Pisa-Lucca e Aree Metropolitane", presentato in un box nella sezione *Analisi del Contesto*). Tale studio giunge infatti a risultanze fortemente allineate con quelle di questo progetto, mostrando come la direzione strategica più appropriata per la mobilità toscana sia quella di un potenziamento progressivo, modulare e intermodale del trasporto pubblico, piuttosto che interventi infrastrutturali rigidi e ad alto impatto.

In primo luogo, MM S.p.A. sottolinea come il **rafforzamento del sistema ferroviario esistente** tra Livorno, Pisa e Lucca rappresenti l'alternativa più efficiente per sostenere lo sviluppo socioeconomico dell'area, valorizzando le economie di scala e sfruttando una rete già strutturata e radicata. Questa considerazione è perfettamente coerente con le conclusioni dello scenario Contestuale, che propone di potenziare la rotaia esistente investendo su modalità di trasporto più sicure, sostenibili e integrate, invece di espandere la capacità stradale con interventi ad alto costo e scarsa reversibilità.

Lo studio di MM evidenzia inoltre che gli interventi programmati da RFI in Toscana non risultano sufficienti a realizzare pienamente questo obiettivo di riequilibrio modale, segnalando quindi la **necessità di ulteriori investimenti nel trasporto pubblico**, sia su rotaia sia su sistemi complementari. Anche questa conclusione rinforza il quadro delineato dal SAMPLE: per ottenere un cambiamento effettivo nelle abitudini di mobilità della popolazione e nella qualità del servizio, è necessario superare lo status quo rappresentato dallo scenario BAU con scelte mirate e continuative, non interventi episodici né limitati all'infrastruttura stradale.

Un ulteriore punto di convergenza tra i due studi riguarda il tema della **modularità dell'intervento**. MM struttura, infatti, la proposta tranviaria e ferroviaria in una sequenza di macro-fasi tra loro interdipendenti, ciascuna associata a livelli diversi di investimento e benefici. Questa impostazione è identica alla logica dello scenario Contestuale, che prevede interventi progressivi e adattivi, facilmente scalabili e compatibili con un monitoraggio continuo degli



effetti. Ciò contrasta con la natura rigida degli investimenti infrastrutturali stradali, i quali richiedono impegni immediati, elevati e non reversibili.

Entrambi gli studi convergono anche sulla constatazione che qualsiasi intervento di potenziamento del trasporto pubblico richiede **una cooperazione multilivello tra attori pubblici e privati**, con un ruolo particolarmente rilevante di RFI. Di conseguenza, diventa indispensabile un rafforzamento del dialogo territoriale e istituzionale, un aspetto pienamente coerente con lo scenario Contestuale, che prevede misure integrate, intersetoriali e più complesse dal punto di vista regolatorio rispetto all'ampliamento stradale.

Coerentemente con quanto sottolineato in SAMPLE, MM riconosce che **ogni potenziamento del trasporto pubblico deve essere intrinsecamente intermodale**, poiché sistemi di lungo raggio come tranvie o ferrovie non possono risultare efficaci senza una piena integrazione con il trasporto urbano e interurbano, inclusi bici, bus, micromobilità e nodi di scambio, particolarmente nel vasto entroterra rurale toscano. Questo elemento rafforza il valore dell'approccio Contestuale, che già integra misure di intermodalità, MaaS e accessibilità diffusa.

Infine, lo studio di MM mette in evidenza come il potenziamento del trasporto pubblico sia inevitabilmente connesso a **processi di trasformazione e rigenerazione urbana**, aprendo l'opportunità di riconvertire spazi oggi destinati all'auto in aree per pedoni, biciclette e verde urbano. Anche questa prospettiva si sovrappone in modo diretto con gli esiti dello scenario Contestuale, che riconosce la mobilità sostenibile non solo come un insieme di scelte tecniche, ma come una leva per la qualità urbana, il benessere dei cittadini e l'attrattività territoriale.

Nel complesso, la convergenza tra lo studio SAMPLE e il rapporto di MM conferma che due analisi indipendenti, realizzate in contesti simili e tempistiche simili ma con metodologie diverse, giungono alla medesima conclusione: il futuro della mobilità toscana non passa dall'espansione dell'infrastruttura stradale, ma da un sistema pubblico potenziato, intermodale, progressivo e capace di generare valore sociale, economico e ambientale nel tempo. Questa convergenza rafforza in modo sostanziale la credibilità delle raccomandazioni proposte e l'urgenza di intraprendere un cambiamento strutturale nelle politiche di mobilità regionale.

## Roadmap di implementazione dello Scenario Contestuale

### Breve termine (0-3 anni)

#### *Challenges*

- Scarsa qualità e frequenza del trasporto pubblico nelle aree suburbane e rurali.
- Frammentazione istituzionale tra enti urbani, provinciali e regionali, nonché soggetti privati addetti alla governance della mobilità pubblica.
- Necessità di avviare una governance unica e integrata della mobilità regionale.
- Mancanza di hub ed infrastrutture intermodali di collegamento rapido.

#### *Actions*



- Miglioramento del trasporto pubblico locale nelle **aree periferiche** (linee suburbane, servizi a chiamata, estensione orari).
- Costituzione operativa di **Toscana Strade** come ente di gestione integrata della mobilità regionale.
- Avvio del **raddoppio della tratta ferroviaria Pisa–Firenze** per aumentare capacità e frequenza.
- Realizzazione dei primi **hub intermodali**:
  - Grande hub “Pisa Sud–Stazione”
  - Hub minori in corrispondenza delle uscite FIPILI.
- Copertura regionale della **sovratassa Trenitalia per il trasporto bici**.
- Prime campagne di comunicazione e sensibilizzazione sulla mobilità sostenibile.

#### Medio termine (3-7 anni)

##### Challenges

- Resistenze culturali e abitudini consolidate nella popolazione verso la mobilità privata.
- Necessità di introdurre la **shared mobility** senza indebolire il trasporto pubblico.
- Mancanza di regole e incentivi per l'integrazione pubblico–privato.
- Conflitti di spazio tra mobilità privata e usi urbani più sostenibili.
- Necessità di connessioni rapide con i principali poli di scambio (aeroporto, città universitarie, ecc.).

##### Actions

- Gestione da parte di **Toscana Strade** della transizione verso la mobilità alternativa (coordinamento MaaS).
- Introduzione di **regolamenti per PPP (Public–Private Partnerships)** nel settore mobilità.
- Implementazione del **Sustainable Mobility Package**, con incentivi alle imprese e ai cittadini per scelte di trasporto sostenibili.
- Politiche di ri-allocazione dello spazio urbano e gestione dei **conflitti spaziali** tra le varie modalità di trasporto:
  - Corsie preferenziali
  - Zona 30 in ambito urbano
  - Riduzione dei parcheggi in superficie a favore della creazione di spazi verdi e ricreativi.
- Potenziamento ferroviario **Lucca–Pisa–Livorno** o avvio della costruzione della metropolitana di superficie (vedi progetto MM SpA).
- Creazione del **collegamento ferroviario veloce Pisa aeroporto–Firenze**, con funzione di navetta regionale, per favorire la mobilità pubblica in uscita/entrata dall'hub aeroportuale principale toscano.
- Sviluppo della **rete regionale MaaS** e inizio digitalizzazione dell'offerta di trasporto integrata.

#### Lungo termine (oltre 7 anni)

##### Challenges



- Radicamento duraturo di nuove abitudini di mobilità sostenibile, anche con riferimento alla digitalizzazione.
- Integrazione della mobilità con la pianificazione urbana e territoriale.
- Adeguamento normativo, fiscale e infrastrutturale per la transizione completa.

#### Actions

- Consolidamento del cambiamento comportamentale verso la mobilità sostenibile.
- Riforma integrata della pianificazione territoriale e urbana:
  - Aggiornare i **piani regolatori e urbanistici** affinché privilegino densità abitativa ed accessibilità del trasporto pubblico;
  - Introdurre **linee guida architettoniche** che favoriscono accessibilità pedonale e ciclabile, spazi verdi e di prossimità, e connessioni intermodali;
  - Rivedere **tassazione immobiliare e property taxes** per premiare localizzazioni sostenibili (vicinanza a stazioni, ridotto uso dell'auto privata);
  - Aggiornare **codice costruzioni e standard edilizi** per includere dotazioni obbligatorie di mobilità sostenibile (bike parking, spazi condivisi, punti di ricarica elettrica).
- Estensione del sistema **MaaS** a scala regionale con un'unica piattaforma integrata (digitalizzazione del servizio di mobilità).
- Valutazione di nuove linee ferroviarie o tranviarie metropolitane e connessioni con poli produttivi e universitari.

Figura 57: Roadmap per la mobilità sostenibile in Toscana





## Conclusioni

Il progetto **SAMPLE**, realizzato nell’ambito della Convenzione tra la Scuola Superiore Sant’Anna – Istituto di Management e la Camera di Commercio della Toscana Nord-Ovest, ha perseguito quattro obiettivi principali: (i) mappare criticità e desiderata degli stakeholder rilevanti per la mobilità regionale; (ii) individuare proposte di intervento e costruire scenari coerenti; (iii) analizzare fattori attitudinali, comportamentali e socio-demografici che influenzano l’accettabilità degli scenari tra cittadini e imprese; (iv) tradurre le evidenze in raccomandazioni di policy per la programmazione regionale.

Lo studio ha permesso di identificare tre potenziali scenari di intervento: BAU (mantenimento dello status quo), Potenziamento Stradale e Potenziamento Contestuale. I risultati segnalano l’urgenza di interventi pubblici, in particolare per rispondere a criticità di sicurezza, ma mostrano anche l’assenza di un consenso netto su una singola direzione progettuale. Lo scenario contestuale ottiene maggiore legittimazione collettiva, soprattutto tra i giovani e i soggetti più istruiti, ed è favorito da attitudini pro-trasporto pubblico, pro-bici e apertura al cambiamento. Lo scenario stradale, invece, offre vantaggi percepiti a livello individuale ed è preferito da persone di mezza età con livelli di istruzione più bassi; la dipendenza dall’auto e l’uso frequente della FI-PI-LI ne accrescono l’attrattiva. Sul fronte aziendale, l’industria tende a privilegiare lo Stradale, mentre commercio, servizi, istruzione e sanità mostrano orientamento verso il Contestuale.

Il presente studio, seppur preliminare, si caratterizza per un approccio metodologico rigoroso che combina strumenti qualitativi e quantitativi al fine di restituire un quadro articolato e robusto delle dinamiche in esame, che potrebbe essere utilmente ulteriormente esteso in futuro. L’integrazione della letteratura con evidenze empiriche ha permesso di cogliere e comprendere tendenze significative e, quindi, di fornire indicazioni utili a supporto della programmazione regionale. Al tempo stesso, è importante evidenziare alcune limitazioni che invitano ad una lettura prudente dei risultati: il campione quantitativo, pur numeroso, non è stratificato secondo criteri di rappresentatività della popolazione toscana; l’analisi si basa su dati cross-sectional e su tecniche osservazionali che, sebbene rafforzino l’affidabilità delle inferenze, non eliminano del tutto il rischio di confondimento non osservato; inoltre, alcune evidenze settoriali devono essere considerate con cautela a causa della dimensione ridotta del campione imprese e del fenomeno della autoselezione dei rispondenti invitati a rispondere all’indagine.

Lo studio SAMPLE apre nuove direzioni di ricerca sui trasporti dell’area Toscana e più in generale sulla mobilità sostenibile. Nel breve termine, futuri studi dovrebbero comprendere meglio le esigenze di trasporto pubblico delle aree suburbane, in particolare quelle a bassa densità di popolazione, al fine di limitare la dipendenza dall’uso dei mezzi privati e di scongiurare un’eventuale penalizzazione di questa fascia di popolazione nella transizione alla mobilità alternativa. Nel medio-lungo termine, studi di carattere interdisciplinare potrebbero analizzare le connessioni tra mobilità sostenibile ed urbanistica, per identificare le necessità di riconversione dello spazio urbano nella transizione dalla mobilità tradizionale alla mobilità dolce. Ciò avrebbe il potenziale di studiare forme di mobilità che apportano non solo una maggior efficienza, ma anche un maggior benessere al cittadino. Inoltre, il cambiamento



comportamentale auspicato nella transizione alla mobilità alternativa proposta da SAMPLE apre allo studio delle dinamiche di stratificazione dei comportamenti nelle abitudini dei singoli cittadini: questa direzione di ricerca, se focalizzata in ambito mobilità, ha il potenziale di facilitare e massimizzare i benefici della transizione auspicata.



## Bibliografia

- Abou-Zeid, M., & Ben-Akiva, M. (2012). Travel mode switching: Comparison of findings from two public transportation experiments. *Transport Policy*, 24, 48-59.
- Ajanovic, A., & Haas, R. (2018). Economic prospects and policy framework for hydrogen as fuel in the transport sector. *Energy Policy*, 123, 280–288.
- Amirkiaee, S. Y., & Evangelopoulos, N. (2018). Why do people rideshare? An experimental study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 55, 9-24.
- ANAS (2025). *Emilia Romagna, ANAS: nuova fase dei lavori di ammodernamento della ss 67 "tosco romagnola" nel comune di Ravenna*. <https://www.stradeanas.it/it/emilia-romagna-anas-nuova-fase-dei-lavori-di-ammodernamento-della-ss-67-tosco-romagnola-nel-comune>
- Bahamonde-Birke, F. J., Frowijn, L., van Gils, C., Helmink, R. D. W., Henkus, S., van der Hoeven, S., Mathilde Kolkman, O., van Onzen, T., Ronteltap, L., Wehl, D. E., & Ettema, D. F. (2023). Am I willing to replace my car with a MaaS subscription? An analysis of the willingness of Dutch citizens to adopt MaaS and the triggers affecting their choices. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 176, 103816. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103816>
- Bahamonde-Birke, F. J., Geigenmüller, I. M., Mouter, N., van Lierop, D. S., & Ettema, D. F. (2024). How do I want the city council to spend our budget? Conceiving MaaS from a citizen's perspective ... (as well as biking infrastructure and public transport). *Transport Policy*, 145, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.09.009>
- Banar, M., & Özdemir, A. (2015). An evaluation of railway passenger transport in Turkey using life cycle assessment and life cycle cost methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 41, 88-105.
- Barr, L. C. (2000). Testing for the significance of induced highway travel demand in metropolitan areas. *Transportation Research Record*, 1706(1), 1-8.
- Biehl, A., Chen, Y., Sanabria-Véaz, K., Uttal, D., & Stathopoulos, A. (2019). Where does active travel fit within local community narratives of mobility space and place? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 123, 269–287. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.023>
- Boretti, A. (2024). Advancements in E-Fuel combustion systems for a sustainable energy future. *International Journal of Hydrogen Energy*, 79, 258-266.
- Braess, D. (1968). Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung. *Unternehmensforschung*, 12, 258-268.
- Butler, L., Yigitcanlar, T., & Paz, A. (2021). Barriers and risks of Mobility-as-a-Service (MaaS) adoption in cities: A systematic review of the literature. *Cities*, 109, 103036. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103036>



Cao, X. (2010). Exploring causal effects of neighborhood type on walking behavior using stratification on the propensity score. *Environment and Planning a Economy and Space*, 42(2), 487–504. <https://doi.org/10.1068/a4269>

Cao, J., & Cao, X. (2014). The impacts of LRT, neighbourhood characteristics, and self-selection on auto ownership: Evidence from Minneapolis-St. Paul. *Urban Studies*, 51(10), 2068-2087.

Chang, Y., Lei, S., Teng, J., Zhang, J., Zhang, L., & Xu, X. (2019). The energy use and environmental emissions of high-speed rail transportation in China: A bottom-up modeling. *Energy*, 182, 1193-1201.

Chen, C. F., & Chao, W. H. (2011). Habitual or reasoned? Using the theory of planned behavior, technology acceptance model, and habit to examine switching intentions toward public transit. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 14(2), 128-137.

Cheng, Y. H. (2010). Exploring passenger anxiety associated with train travel. *Transportation*, 37, 875-896.

Cooney, G., Hawkins, T. R., & Marriott, J. (2013). Life cycle assessment of diesel and electric public transportation buses. *Journal of Industrial Ecology*, 17(5), 689-699.

Corriere Fiorentino (2022). *Video-viaggio sulla FiPiLi: sopraelevate, case e gallerie. Terza corsia a quale costo?* <https://video.corrierefiorentino.corriere.it/video-viaggio-fipili-sopraelevate-case-gallerie-terza-corsia-quale-costo/2ab498b8-7aac-11ed-af0d-6a1578a6bf54?utm>

Dacko, S. G., & Spalteholz, C. (2014). Upgrading the city: Enabling intermodal travel behaviour. *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 222–235. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.039>

d'Amore, F., Nava, A., Colbertaldo, P., Visconti, C. G., & Romano, M. C. (2023). Turning CO<sub>2</sub> from fuel combustion into e-Fuel? Consider alternative pathways. *Energy Conversion and Management*, 289, 117170.

Daniel, A. D., Junqueira, M., & Rodrigues, J. C. (2022). The influence of a gamified application on soft mobility promotion: An intention perspective. *Journal of Cleaner Production*, 351, 131551. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131551>

De Bortoli, A., & Christoforou, Z. (2020). Consequential LCA for territorial and multimodal transportation policies: method and application to the free-floating e-scooter disruption in Paris. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122898.

de Melo, L. E. A., Sinval, J., & Isler, C. A. (2025). Prospective avenues in travel behavior research supported by the cognitive dissonance theory: A scoping review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 109, 501-519.

Downs, A. (1962). The law of peak-hour expressway congestion. *Traffic Quarterly*, 16(3).



Duranton, G., & Turner, M. A. (2011). The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities. *American Economic Review*, 101(6), 2616-2652.

EEA (2023). *Transport and environment report 2022, Digitalisation in the mobility system: challenges and opportunities*.

Esztergár-Kiss, D., Tordai, D., & Lopez Lizarraga, J. C. (2022). Assessment of travel behavior related to e-scooters using a stated preference experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 166, 389–405. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.11.010>

EUCRA. (2022). *Transport and environment report 2022 Digitalisation in the mobility system: challenges and opportunities*.

Firenze News (2025). *Allarme ingegneri sulla FI-PI-LI: “Rischio strada obsoleta con l'ampliamento del porto di Livorno”*. <https://www.firenenews.net/2025/03/07/allarme-ingegneri-sulla-fi-pi-li-rischio-strada-obsoleta-con-lampliamento-del-porto-di-livorno/>

Firenze Today (2025, 1 maggio). *Tutti al mare per il 1° maggio: lunghe code in Fi-Pi-Li e A11*. <https://www.firenetoday.it/cronaca/traffico-primo-maggio-direzione-mare-fipili-a11.html>

François, C., Gondran, N., & Nicolas, J. P. (2021). Spatial and territorial developments for life cycle assessment applied to urban mobility—case study on Lyon area in France. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 543-560.

Fujii, S., & Kitamura, R. (2003). What does a one-month free bus ticket do to habitual drivers? An experimental analysis of habit and attitude change. *Transportation*, 30, 81-95.

Ho, C. Q., & Tirachini, A. (2024). Mobility-as-a-Service and the role of multimodality in the sustainability of urban mobility in developing and developed countries. *Transport Policy*, 145, 161-176.

Hymel, K. (2019). If you build it, they will drive: Measuring induced demand for vehicle travel in urban areas. *Transport policy*, 76, 57-66.

IEA (2023). *Global EV Outlook 2023. Catching up with climate ambitions*. Retrieved at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/dacf14d2-eabc-498a-8263-9f97fd5dc327/GEVO2023.pdf>

IEA (2024a). *Global EV Outlook 2024. Moving towards increased affordability*. Retrieved at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>

IEA (2024b). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028*. Retrieved at: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>

InToscana (2024). *Ferrovie, avanti il potenziamento delle infrastrutture toscane*. <https://www.intoscana.it/it/ferrovie-avanti-il-potenziamento-delle-infrastrutture-toscane/>



Jeyaseelan, T., Ekambaram, P., Subramanian, J., & Shamim, T. (2022). A comprehensive review on the current trends, challenges and future prospects for sustainable mobility. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112073.

Jie, F., Standing, C., Biermann, S., Standing, S., & Le, T. (2021). Factors affecting the adoption of shared mobility systems: Evidence from Australia. *Research in Transportation Business & Management*, 41, 100651. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100651>

Kallio, H., Pietilä, A.-M., Johnson, M. & Kangasniemi, M. (2016) Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954– 2965.

Karlsson, I. C. M., Mukhtar-Landgren, D., Smith, G., Koglin, T., Kronsell, A., Lund, E., Sarasini, S., & Sochor, J. (2020). Development and implementation of Mobility-as-a-Service – A qualitative study of barriers and enabling factors. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 283–295. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.028>

Kent, J. L. (2025). Car ownership through the parenting journey and beyond. *Travel Behaviour and Society*, 40, 101011.

Kim, J., Schmöcker, J. D., Fujii, S., & Noland, R. B. (2013). Attitudes towards road pricing and environmental taxation among US and UK students. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 48, 50-62.

Leichter, M., Hackenhaar, I., & Passuello, A. (2021). Public Bus Transportation System Environmental Impact Projections Regarding Different Policy Scenarios—A LCA Study. *Infrastructures*, 6(12), 169.

Mak, V., Seale, D. A., Gisches, E. J., Yang, R., Cheng, M., Moon, M., & Rapoport, A. (2018). The Braess paradox and coordination failure in directed networks with mixed externalities. *Production and Operations Management*, 27(4), 717-733.

Maltese, I., Gatta, V., & Marcucci, E. (2021). Active Travel in Sustainable Urban Mobility Plans. An Italian overview. *Research in Transportation Business & Management*, 40, 100621. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100621>

Mangones, S. C., Jaramillo, P., Rojas, N. Y., & Fischbeck, P. (2020). Air pollution emission effects of changes in transport supply: the case of Bogotá, Colombia. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 35971-35978.

Mattioli, G., Roberts, C., Steinberger, J. K., & Brown, A. (2020). The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy research & social science*, 66, 101486.

McQueen, M., & Clifton, K. J. (2022). Assessing the perception of E-scooters as a practical and equitable first-mile/last-mile solution. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 165, 395–418. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.09.021>



Melo, P. C., Graham, D. J., & Canavan, S. (2012). Effects of road investments on economic output and induced travel demand: evidence for urbanized areas in the United States. *Transportation research record*, 2297(1), 163-171.

Meng, M., Rau, A., & Mahardhika, H. (2018). Public transport travel time perception: Effects of socioeconomic characteristics, trip characteristics and facility usage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 114, 24-37.

Metropolitana Milano (MM Spa) (2024). *SISTEMA TRANVIARIO DI AREA VASTA LIVORNO-PISA-LUCCA E AREE METROPOLITANE. Studio di fattibilità tecnico-economica: Relazione illustrativa.* [https://livorno.trasparenza-valutazione-merito.it/web/trasparenza/papca-sa-/papca/display/167898?p\\_p\\_state=maximized](https://livorno.trasparenza-valutazione-merito.it/web/trasparenza/papca-sa-/papca/display/167898?p_p_state=maximized)

Mokhtarian, P. L. (2019). Subjective well-being and travel: Retrospect and prospect. *Transportation*, 46, 493-513.

Nesheli, M. M., Ceder, A. A., Ghavamirad, F., & Thacker, S. (2017). Environmental impacts of public transport systems using real-time control method. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 51, 216-226.

Noland, R. B. (2001). Relationships between highway capacity and induced vehicle travel. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35(1), 47-72.

Olabi, A. G., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T., Alami, A. H., Alkhalidi, A., Hassan, M. M., & Sayed, E. T. (2023). Strength, weakness, opportunities, and threats (SWOT) analysis of fuel cells in electric vehicles. *International journal of hydrogen energy*, 48(60), 23185-23211.

Pala, M. G., Baltazar, S., Liu, P., Sellier, H., Hackens, B., Martins, F., ... & Huant, S. (2012). Transport inefficiency in branched-out mesoscopic networks: An analog of the Braess paradox. *Physical review letters*, 108(7), 076802.

Perroy, B., Gurchani, U., & Casati, R. (2024). Disorientation and time distortions during the metro commute: An analysis of 456 responses to a questionnaire distributed in real time on Twitter during traffic disruptions in the Paris area. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 77(9), 1911-1922.

Pramuanjaroenkit, A., & Kakaç, S. (2023). The fuel cell electric vehicles: The highlight review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(25), 9401-9425.

Rai, A. K., Al Makishah, N. H., Wen, Z., Gupta, G., Pandit, S., & Prasad, R. (2022). Recent developments in lignocellulosic biofuels, a renewable source of bioenergy. *Fermentation*, 8(4), 161.

Ratering, C., van der Heijden, R., & Martens, K. (2024). Therapists' perspectives on experience and treatment of mobility-related anxiety disorders. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 107, 39-51.



Regione Toscana (2023). *Servizi all'infanzia, istruzione e formazione professionale: dati Toscana 2023.*

<https://www.regione.toscana.it/-/servizi-all-infanzia-istruzione-e-formazione-professionale-dati-toscana-2023>

Regione Toscana (2024). *Documento di monitoraggio del piano regionale integrato infrastrutture e mobilità (PRIIM) 2024.*

Regione Toscana. (2025). *Sistema di monitoraggio automatizzato dei flussi di traffico sulle strade regionali. Annualità: 2019–2024*

Roberto, F. J., Ribeiro, J. B., & Durães, L. (2025). e-Fuel production process technologies and trends: A bibliometric-based review. *Energy Reports*, 13, 3351-3368.

Schikofsky, J., Dannewald, T., & Kowald, M. (2020). Exploring motivational mechanisms behind the intention to adopt mobility as a service (MaaS): Insights from Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 131, 296-312.

Tertoolen, G., Van Kreveld, D., & Verstraten, B. (1998). Psychological resistance against attempts to reduce private car use. *Transportation research part A: Policy and practice*, 32(3), 171-181.

Trevisan, L., & Bordignon, M. (2020). Screening Life Cycle Assessment to compare CO<sub>2</sub> and Greenhouse Gases emissions of air, road, and rail transport: An exploratory study. *Procedia CIRP*, 90, 303-309.

Turchi, F. (2023, 10 maggio). Incubo Fi-Pi-Li, per un incidente viabilità in tilt e zero assistenza: il caos tra Pontedera e Ponsacco. *Il Tirreno*.

<https://www.iltirreno.it/pontedera/cronaca/2023/05/10/news/trappola-fi-pi-li-1.100300912>

Van Eenoo, E. (2025). Car dependence in research: navigating its contemporary relevance. *Transport Reviews*, 1-19.

Volker, J. M., Lee, A. E., & Handy, S. (2020). Induced vehicle travel in the environmental review process. *Transportation Research Record*, 2674(7), 468-479.

Wang, Y., Wang, S., Wang, J., Wei, J., & Wang, C. (2020). An empirical study of consumers' intention to use ride-sharing services: using an extended technology acceptance model. *Transportation*, 47, 397-415.

Whitmarsh, L., Swartling, Å. G., & Jäger, J. (2009). Participation of experts and non-experts in a sustainability assessment of mobility. *Environmental Policy and Governance*, 19(4), 232–250. <https://doi.org/10.1002/eet.513>

Yan, X., Levine, J., & Zhao, X. (2019). Integrating ridesourcing services with public transit: An evaluation of traveler responses combining revealed and stated preference data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 105, 683–696.

<https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.07.029>



Yan, X., Zhao, X., Han, Y., Hentenryck, P. van, & Dillahunt, T. (2021). Mobility-on-demand versus fixed-route transit systems: An evaluation of traveler preferences in low-income communities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 148, 481–495. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.03.019>

Ye, J., Zheng, J., & Yi, F. (2020). A study on users' willingness to accept mobility as a service based on UTAUT model. *Technological Forecasting and Social Change*, 157, 120066.

Youn, H., Gastner, M. T., & Jeong, H. (2008). Price of anarchy in transportation networks: efficiency and optimality control. *Physical review letters*, 101(12), 128701.