

RIPRISTINO TRATTA CALTAGIRONE - GELA DELLA LINEA LENTINI DIRAMAZIONE - GELA STUDIO DI TRASPORTO

Luglio 2022

Indice

1. CONTESTO DI RIFERIMENTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CONTESTO SOCIO-ECONOMICO	3
2.1. <i>BREVE INQUADRAMENTO INFRASTRUTTURALE</i>	<i>4</i>
2.2. <i>INQUADRAMENTO SOCIO-ECONOMICO.....</i>	<i>4</i>
2.2.1 <i>Dati demografici.....</i>	<i>5</i>
2.2.2 <i>Variabili economiche</i>	<i>6</i>
2.2.3 <i>Tasso di motorizzazione</i>	<i>9</i>
2.2.4 <i>Turismo.....</i>	<i>10</i>
3. LA DOMANDA DI TRASPORTO PASSEGGERI REGIONALE	12
3.1. <i>DATI DI TRAFFICO VEICOLARE</i>	<i>12</i>
3.2. <i>DATI DI TRAFFICO TRASPORTO COLLETTIVO SU GOMMA</i>	<i>13</i>
3.3. <i>LA STIMA DELLE MATRICI O/D ATTUALI</i>	<i>14</i>
3.4. <i>LA DOMANDA DI TRASPORTO PASSEGGERI ALLO STATO ATTUALE NELL'AREA DI STUDIO</i>	<i>16</i>
4. DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI STUDIO	20
4.1. <i>GLI SCENARI DEMOGRAFICI.....</i>	<i>20</i>
4.2. <i>LA CONFIGURAZIONE DEI SERVIZI NEGLI SCENARI DI RIFERIMENTO E PROGETTO</i>	<i>22</i>
5. PREVISIONI DEL TRAFFICO FERROVIARIO REGIONALE PASSEGGERI NEGLI SCENARI FUTURI	24
5.1. <i>L'APPARATO METODOLOGICO.....</i>	<i>24</i>
5.2. <i>I RISULTATI OTTENUTI</i>	<i>27</i>
5.3. <i>GLI INDICATORI PER L'ANALISI COSTI-BENEFICI.....</i>	<i>29</i>
APPENDICE METODOLOGICA.....	32

Indice delle Figure

Figura 1-1 Immagine del tratto della linea Caltagirone Gela dove si è verificato il cedimento.....	1
Figura 2-1: Rappresentazione grafica dei comuni appartenenti all'area di studio.....	3
Figura 2-2: Rete viaria di interesse per l'area di studio.....	4
Figura 2-3: Variazione della popolazione in Sicilia su scala comunale dal 2011 al 2019 (fonte: ISTAT).....	5
Figura 2-4: Dinamiche demografiche che si sono registrate nei comuni dell'area di studio.....	6
Figura 2-5: Andamento GDP 2011-2018 per regione Sicilia (fonte: Eurostat).....	7
Figura 2-6: Numero di addetti (imprese e istituzioni) nel 2011 (Fonte: ISTAT).....	7
Figura 2-7: Variazione del numero di addetti (valore assoluto) dal 2001 al 2011.....	8
Figura 2-8: Distribuzione degli addetti (imprese e istituzioni) nella regione Sicilia nel 2011.....	8
Figura 2-9: Numero di veicoli registrati (leggeri e pesanti) (Fonte: Eurostat).....	9
Figura 2-10: Veicoli (leggeri e pesanti) per 1000 abitanti (fonte: Eurostat).....	10
Figura 2-11: Numero di posti letto disponibili nelle strutture ricettive turistiche dal 2015 al 2018. Fonte: Eurostat.....	10
Figura 2-12: Numero di notti annuali trascorse da turisti stranieri nelle strutture ricettive (fonte: Eurostat).....	11
Figura 3-1 Dati di traffico: sezioni di conteggio veicolare (ANAS).....	12
Figura 3-2: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti stradali).....	15
Figura 3-3: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti bus).....	15
Figura 3-4: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti treno).....	16
Figura 3-5: Spostamenti totali generati.....	16
Figura 3-6: Spostamenti totali attratti.....	17
Figura 3-7: Spostamenti prevalenti generati da Caltagirone (Elaborazioni RFI).....	17
Figura 3-8: Spostamenti prevalenti attratti da Caltagirone (Elaborazione RFI).....	18
Figura 3-9: Contributo incrementale agli spostamenti emessi nel comune di Caltagirone.....	18
Figura 3-10: Contributo incrementale agli spostamenti attratti nel comune di Caltagirone.....	19
Figura 4-1: Schema dei servizi secondo l'Accordo Quadro tra Regione Sicilia e RFI per lo scenario di regime (infrastrutture potenziate)...	22
Figura 4-2: Orario dei servizi svolti allo stato attuale (Fonte Trenitalia).....	23
Figura 4-3: Schema dei servizi considerato nello stato di non progetto.....	23
Figura 4-4: Schema dei servizi considerato nello stato di progetto.....	23
Figura 5-1: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale.....	24
Figura 5-2: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale.....	26
Figura 5-3 andamento dei flussi sulle singole tratte.....	28
Figura 5-4: Stima del numero di saliti/discesi medi giornalieri alle diverse fermate.....	29
Figura 5-5 Relazioni maggiormente beneficate dalla realizzazione degli interventi oggetto del presente Studio.....	43
Figura 5-6 Stime della GJT elasticity (fonte: LeighFisher et al.).....	43

Indice delle Tabelle

Tabella 2-1: Elenco dei comuni appartenenti all'area di studio aggregati per territorio provinciale.....	3
Tabella 2-2: Popolazione residente e superficie territoriale dei comuni dell'area di studio (Fonte: ISTAT).....	6
Tabella 2-3: Arrivi e presenze nelle province e nei principali comuni dell'area di studio.....	11
Tabella 3-1 Dati di traffico: Traffico Giornaliero Medio (ANAS).....	13
Tabella 3-2 Dati di traffico – conteggi servizi TP extraurbani su gomma.....	14
Tabella 3-3 Riepilogo delle fonti utilizzate per la ricostruzione delle matrici OD passeggeri.....	15
Tabella 4-1: Stima della popolazione residente nei due comuni principali dell'area di intervento – anno di riferimento 2026.....	21
Tabella 4-2: Stima della popolazione residente nell'area di intervento, suddivisa per classi altimetriche nello scenario centrale – anno di riferimento 2026.....	22
Tabella 5-1: Spostamenti tra diverse aggregazioni di zone dell'area di studio negli scenari NP e P.....	27
Tabella 5-2: andamento dei flussi sulle singole tratte nei diversi scenari e verifiche dei carichi.....	28
Tabella 5-3 Indicatori riferiti al trasporto passeggeri regionale (anno).....	30

1. CONTESTO DI RIFERIMENTO E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Il collegamento Caltagirone-Gela va inquadrato nel contesto dei collegamenti fra versante Jonico e Mediterraneo della regione Sicilia.

L'attuale percorso della linea ferroviaria trae origine dall'unione di diversi tracciati ferroviari storici concepiti a più riprese a partire dalla seconda metà dell'800, per uso e scopi di diversa natura.

Già dopo alcuni anni dalla proclamazione del Regno d'Italia, le ferrovie venivano considerate infrastrutture essenziali per lo sviluppo economico e sociale del territorio. In particolare, per spinta della Camera di Commercio di Catania e di altri imprenditori locali, iniziarono ad essere inaugurate delle tratte per collegare il porto di Catania alle parti più interne dell'isola. Un primo tratto fra Catania e Lentini diramazione fu inaugurato il 1° Luglio del 1869.

Il progetto di estensione del tratto Catania-Lentini fino a Caltagirone iniziò a prendere forma in seguito alle forti richieste degli imprenditori agricoli del Calatino, i quali avrebbero tratto beneficio dall'apertura di nuovi mercati per i loro prodotti ortofrutticoli, potendosi anche avvalere di un collegamento con il porto di Catania. Tramite un accordo di finanziamento che coinvolgeva gli enti locali il progetto prese forma, arrivando a completamento il 31 Ottobre del 1892.

L'ulteriore estensione che avrebbe portato la linea da Caltagirone a Gela sarebbe stata progettata ed approvata quasi vent'anni dopo, nel 1911, sebbene il successivo scoppio del conflitto bellico abbia di fatto bloccato l'esecuzione fattuale del progetto. Dopo una serie di tentativi di ripresa dell'opera, i lavori definitivi sono iniziati nell'Aprile del 1952, per essere portati a compimento nel 1979, anno di effettiva apertura al pubblico.

Secondo i piani, il collegamento avrebbe permesso di aprire un itinerario diretto fra i centri agricoli ed industriali dei comuni di Gela, Modica, Ragusa, Niscemi e Caltagirone, con le aree commerciali di consumo isolate e del continente. A partire dalla sua inaugurazione, la linea ebbe un sostenuto numero di viaggiatori pendolari, legata in buona parte alla presenza del polo petrolchimico di Gela.

La linea è stata interrotta l'8 Maggio 2011 a seguito dell'improvviso cedimento dei piloni di un viadotto ubicato nei pressi di Piano Carbone alla progressiva chilometrica 326+600 della linea (tra Caltagirone e Niscemi), e i collegamenti ferroviari interrotti sono stati assicurati attraverso bus sostituitivi.



Figura 1-1 Immagine del tratto della linea Caltagirone Gela dove si è verificato il cedimento

Prima del crollo che ne ha inibito la fruizione, la linea Caltagirone-Gela era servita da 6 coppie di treni giornalieri sulla relazione Gela - Catania¹, con un tempo di percorrenza medio complessivo pari a oltre 2 ore e mediamente pari a circa 40 minuti sulla tratta interrotta.

Gli obiettivi dello Studio di Traffico oggetto del presente documento sono principalmente finalizzati ad alimentare l'analisi di redditività dell'investimento complessivo necessario a ripristinare la linea.

Lo Studio di Trasporto analizza quindi la componente di domanda passeggeri regionale, particolarmente interessata dall'investimento in analisi².

L'approccio seguito per le previsioni ha previsto l'utilizzazione di uno specifico sistema di modelli di offerta, di domanda, di interazione domanda-offerta, finalizzati alla simulazione del funzionamento del sistema dei trasporti a servizio dell'intera regione siciliana nei differenti scenari futuri che si prefigurano in ragione della evoluzione del contesto socio-economico ed infrastrutturale³.

Il presente documento si compone dei seguenti capitoli:

- Capitolo 2 (*Inquadramento territoriale e contesto socio-economico*), in cui sono esposte alcune considerazioni nel merito dell'inquadramento territoriale, demografico, socio-economico e trasportistico della regione Sicilia e dell'area di studio che potranno risultare utili agli scopi dello Studio rimandando al Piano Integrato delle Infrastrutture e della Mobilità (PIIM) della Regione Sicilia (Aprile 2017) ogni approfondimento;
- Capitolo 3 (*La domanda di trasporto passeggeri regionale*), dove, oltre a descrivere la metodologia utilizzata per la ricostruzione delle matrici origine-destinazione degli spostamenti allo stato attuale, vengono descritti e analizzati gli spostamenti tra le diverse zone di traffico che, più in particolare, beneficeranno dell'intervento oggetto di studio e che interessano le tre modalità di trasporto alternative prese in esame (auto, bus extraurbano, treno);
- Capitolo 4 (*Definizione degli scenari di studio*), in cui vengono principalmente indicate le ipotesi di sviluppo del trasporto ferroviario regionale che sono conseguenti al quadro degli interventi di adeguamento delle infrastrutture programmati e il conseguente potenziamento dei servizi ferroviari nonché gli scenari socio economici che governano le dinamiche di domanda;
- Capitolo 5 (*Previsioni di traffico regionale passeggeri negli scenari futuri*), dove, secondo la metodologia adottata per la stima della domanda di trasporto ferroviaria regionale in ciascuno scenario infrastrutturale e temporale ipotizzato, sono illustrati i principali risultati in termini di spostamenti tra i diversi bacini di traffico. Questo capitolo comprende la definizione ed il valore degli indicatori trasportistici che dovranno essere utilizzati nell'analisi di redditività dell'investimento oggetto di analisi.

Lo Studio di Trasporto si compone infine di una specifica *Appendice Metodologica* dove sono esposti alcuni dettagli della componente modellistica utilizzata ai fini delle previsioni delle dinamiche di mobilità della componente di traffico regionale che, in considerazione delle peculiarità del territorio su cui insiste il collegamento oggetto di analisi, risulta la più significativa ai fini dell'analisi di redditività dell'investimento.

¹ Con servizio nei soli giorni feriali.

² Non vengono ipotizzati eventuali sviluppi di traffici merci anche in considerazione del fatto che lo scalo di Gela ha cessato l'attività. Poiché non è da escludere a priori la possibilità di sviluppo traffici residuali per conto del polo petrolchimico di Gela questa ipotesi rende le analisi cautelative.

³ La componente modellistica, sviluppata nel 2018 dal Dipartimento di Ingegneria dell'Impresa dell'Università di Roma-Tor Vergata, ha consentito di produrre lo Studio di Trasporto utilizzato nell'ambito della Scheda Grande Progetto "Asse Ferroviario Palermo-Catania-Messina. Raddoppio della tratta Bicocca-Catenanuova" formalmente approvata da JASPERS (*JASPERS Independent Quality Review Report* del 21/6/2022).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CONTESTO SOCIO-ECONOMICO

Nel presente capitolo saranno formulate alcune considerazioni nel merito dell'inquadramento territoriale, demografico, socio-economico e trasportistico dell'area geografica particolarmente beneficiata dal progetto in esame, considerazioni che potranno risultare utili agli scopi dello Studio.

Più in particolare, l'area di studio presa in esame unisce i territori amministrativi di 14 comuni compresi fra le provincie di Catania, Caltanissetta e Siracusa. I comuni sono stati selezionati a partire dalle aree isocrone di 15 minuti per spostamenti in auto, generate ponendo come origine le stazioni del tracciato ferroviario compreso fra Scordia e Gela. Di seguito una lista di tutti i comuni facenti parte dell'area di studio con le relative provincie di appartenenza ed una grafica illustrativa.

Tabella 2-1: Elenco dei comuni appartenenti all'area di studio aggregati per territorio provinciale

Catania	Caltanissetta	Siracusa
Militello in Val di Catania	Lentini	Gela
Grammichele	Francofonte	Niscemi
Mineo		
Mazzarrone		
Licodia Eubea		
Palagonia		
San Michele di Ganzaria		
Scordia		
Vizzini		
Caltagirone		

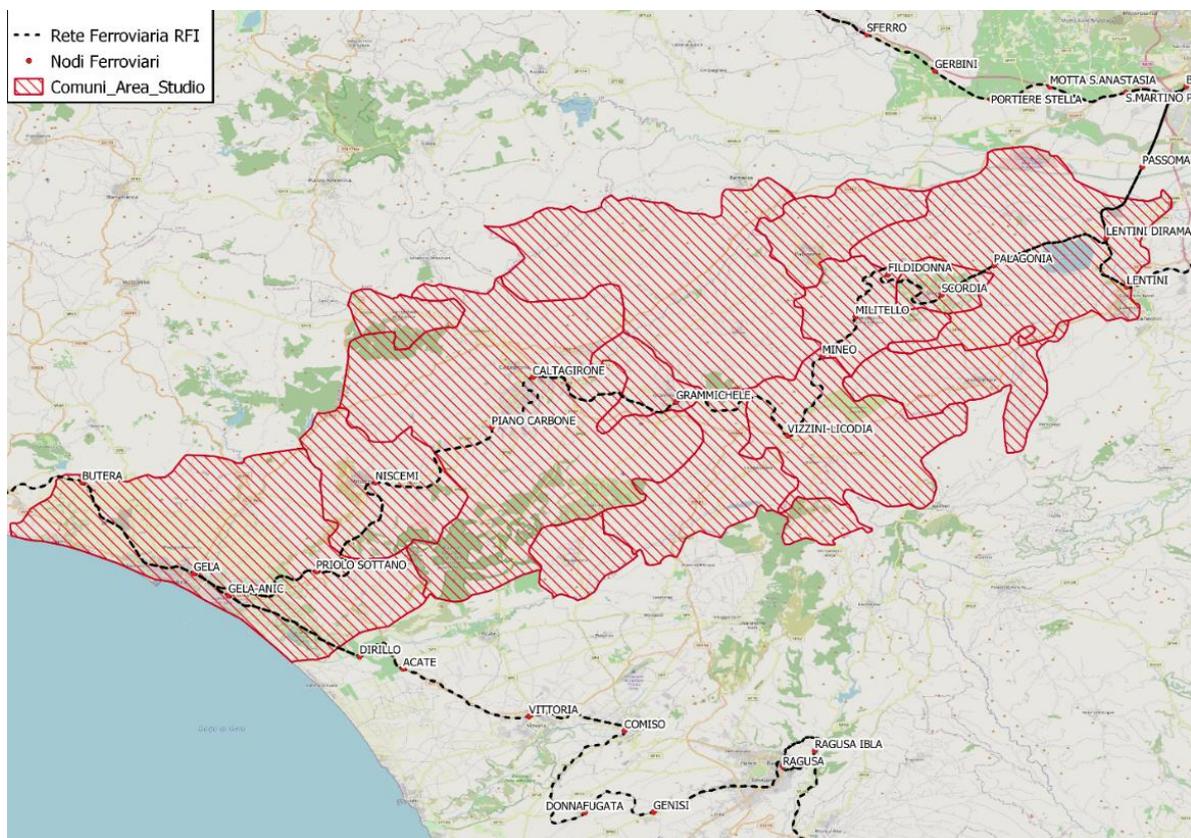


Figura 2-1: Rappresentazione grafica dei comuni appartenenti all'area di studio

2.1. BREVE INQUADRAMENTO INFRASTRUTTURALE

La linea interessata dall'investimento in analisi risulta essere a binario semplice ed è compresa fra le stazioni di Lentini Diramazione e Gela; la lunghezza complessiva del tracciato è di poco superiore ai 110 Km. La linea è non elettrificata, ed è classificata P/C22 per traffico combinato. Il regime di circolazione è di blocco elettrico conta assi, con masse assiali massime C3L (massa per asse 20 t, massa per metro corrente 7.2 t/m con limitazioni).

La rete viaria nell'area di studio non comprende autostrade; sono viceversa presenti strade statali, quali la SS 417 di Caltagirone, la SS 385 di Palagonia, la SS 194 Ragusana e la SS 117bis Centrale Sicula.

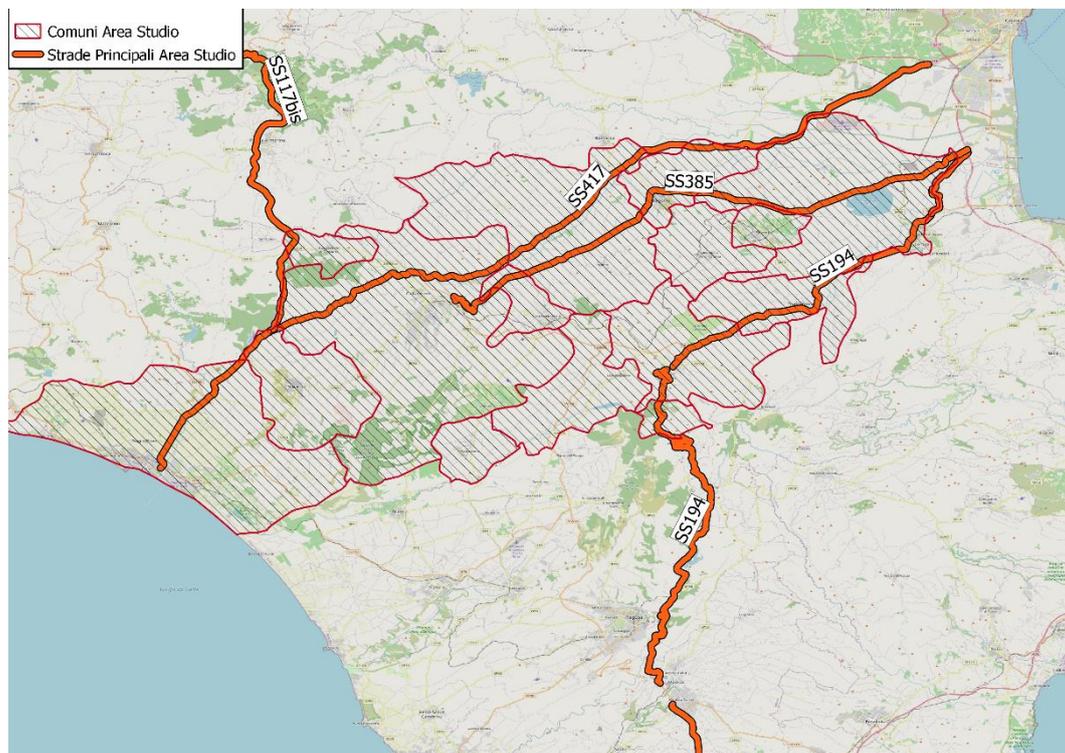


Figura 2-2: Rete viaria di interesse per l'area di studio

2.2. INQUADRAMENTO SOCIO-ECONOMICO

Le variabili che sono state considerate nell'analisi presente in questo paragrafo sono:

- **dati demografici** dell'area di studio che includono anche variazioni delle fasce d'età e *trend* di natalità e mortalità. Queste variabili hanno un riflesso diretto sulla potenzialità di crescita della domanda di trasporto da e verso le località considerate;
- **variabili economiche**, quali il prodotto interno lordo o la composizione e distribuzione del numero di addetti nelle imprese e istituzioni siciliane, che sono strettamente legate alla propensione della popolazione al consumo e alla generazione di traffico da parte di poli logistici e industrie;
- **il tasso di motorizzazione**, in quanto la maggiore o minore propensione all'uso dell'auto privata può comportare una variazione delle quote di domanda di trasporto;
- **indicatori legati alle attività turistiche**, a fronte dell'importante attrattività dei diversi territori dell'area di studio e le conseguenti implicazioni sulla domanda di trasporto.

2.2.1 DATI DEMOGRAFICI

La popolazione residente dell'intera regione siciliana è all'incirca pari a 5 milioni di abitanti⁴. Considerando l'estensione territoriale, emerge una densità media regionale di 196 abitanti/kmq.

Le informazioni al riguardo dei dati demografici per l'intera isola mostrano un peso specifico decisamente più sbilanciato verso Catania, che da sola ammonta al 22% della popolazione isolana. Ugualmente, i valori di densità abitativa si attestano a 310 abitanti/kmq per Catania (la più alta della regione), 188 ab/kmq per Siracusa e 123 ab/kmq per Caltanissetta.

Analizzando l'andamento temporale della popolazione, si evince che il numero di residenti regionali 2011 ha subito complessivamente una leggera flessione dal 2011 al 2019 seppure non con una tendenza costante. Infatti, dopo il picco positivo raggiunto nel 2014 (+1.8% rispetto al 2011), negli ultimi anni si è registrato un lieve trend negativo (-1.9% dal 2014 al 2019).

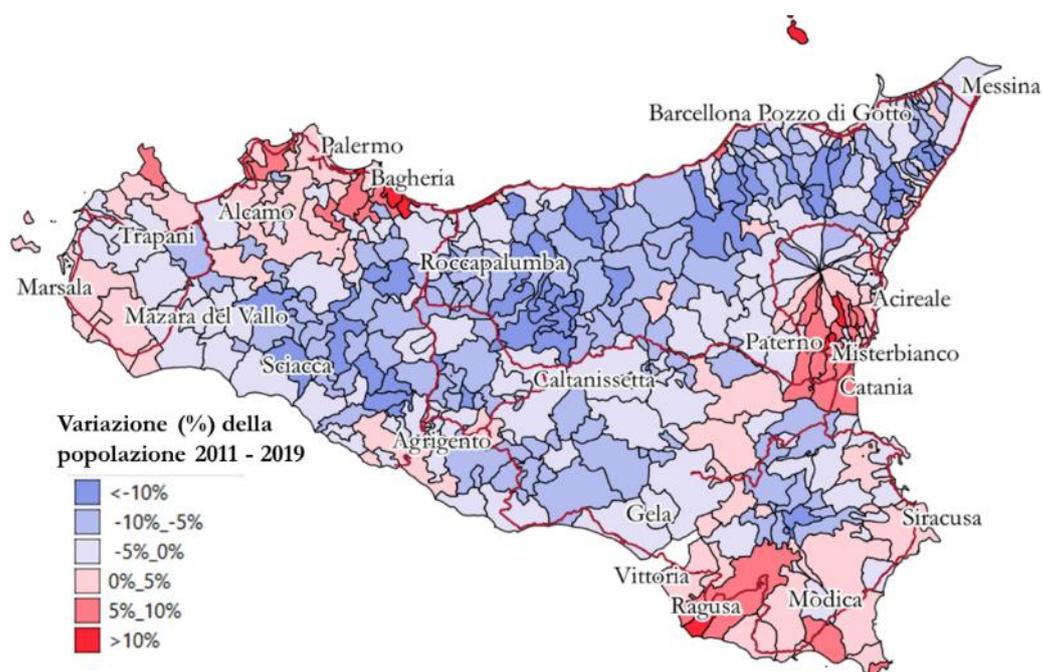


Figura 2-3: *Variazione della popolazione in Sicilia su scala comunale dal 2011 al 2019 (fonte: ISTAT)*

Se a livello regionale non sono state avvertite importanti variazioni demografiche, si sono invece registrati andamenti differenti tra le singole aree provinciali. Dal 2011 al 2019 la popolazione è aumentata nella provincia di Catania (+2.7%), è rimasta pressoché invariata nella provincia di Siracusa ed è diminuita nella provincia di Caltanissetta (-3.9%).

L'area di studio presa in considerazione comprende come già visto 14 comuni appartenenti unicamente alle tre provincie di Caltanissetta, Siracusa e Catania. Nelle raffigurazioni sottostanti è riportata la distribuzione dei residenti, la superficie territoriale e la densità abitativa rispetto al totale regionale.

L'ulteriore analisi ristretta unicamente all'area di studio mostra un calo generalizzato della popolazione in tutti i comuni, fatta eccezione per quello di Mineo.

⁴ 4999891 abitanti al 1 gennaio 2019, fonte dati ISTAT

Tabella 2-2: Popolazione residente e superficie territoriale dei comuni dell'area di studio (Fonte: ISTAT)

Provincia	Residenti al 1 gennaio 2019		Superficie (kmq)	
	Totale	Percentuale	Totale	Percentuale
Gela	72.890	29.75	279.2	15.76
Niscemi	26.247	10.7	96.8	5.46
Militello in Val di Catania	7.102	2.9	62.4	21.63
Grammichele	12.891	5.26	31	1.75
Mineo	5.348	2.18	246.3	13.9
Mazzarrone	3.995	1.61	34.7	1.96
Licodia Eubea	2.980	1.22	112.4	6.35
Palagonia	16.349	6.67	57.8	3.26
San Michele di Ganzaria	3.140	1.28	25.8	1.46
Scordia	16.562	6.76	24.3	1.37
Vizzini	5.949	2.43	126.7	7.15
Caltagirone	36.655	14.96	383.4	21.63
Lentini	22.583	9.22	216.8	12.23
Francofonte	12.389	5.06	74.2	4.19

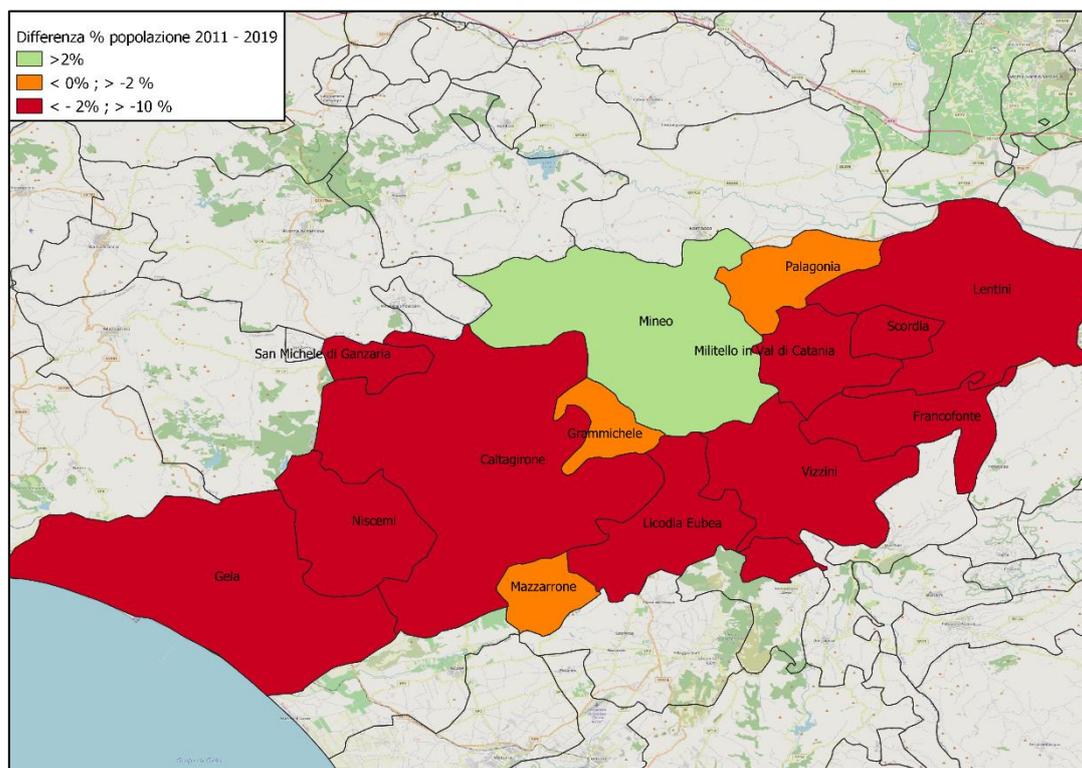


Figura 2-4: Dinamiche demografiche che si sono registrate nei comuni dell'area di studio

2.2.2 VARIABILI ECONOMICHE

A differenza del trend nazionale, l'andamento del Prodotto Interno Lordo delle Isole maggiori del Paese, ed in particolare quello della regione Sicilia che, dopo la caduta a seguito della crisi economica del 2009, ha visto una fase di crescita seppur non raggiungendo ancora i valori pre-crisi. Come emerge dalla seguente figura, dal 2014, momento in cui si è toccato il valore più basso di PIL degli ultimi dieci anni, al 2018, ultimo dato disponibile uniformato a livello europeo, la crescita è stata complessivamente del +2.4%.

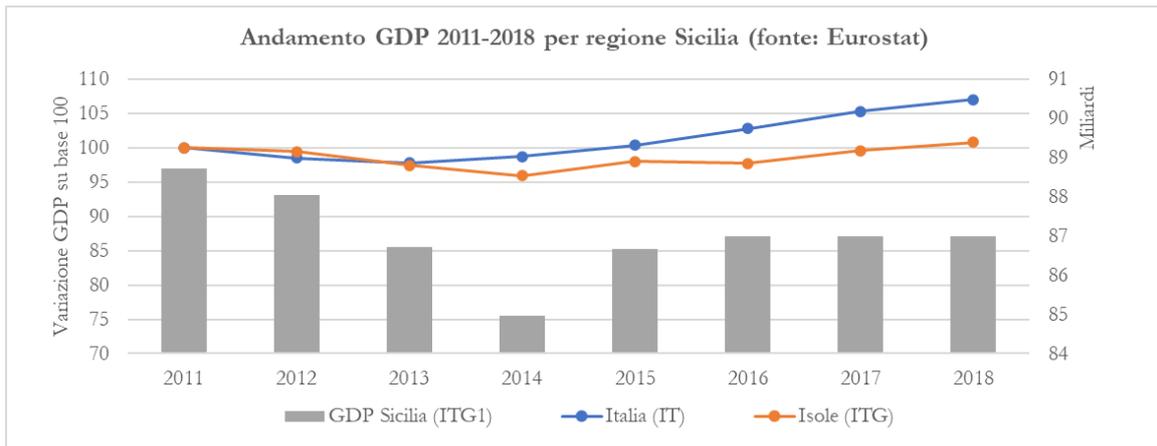


Figura 2-5: Andamento GDP 2011-2018 per regione Sicilia (fonte: Eurostat)

Per la valutazione della distribuzione e all'andamento delle attività economiche nell'area di studio e di intervento, si considera il numero degli addetti sul territorio al 2011 e la loro categoria di attività (Censimento Industria e Servizi Istat, 2011). Tali dati raffigurano una situazione parallela a quella della distribuzione della popolazione: zone a maggior attività economica sono infatti quelle caratterizzate da più residenti.

Inoltre, analizzando l'evoluzione del dato nel tempo, ovvero negli anni dal 2001 al 2011, emerge un consolidamento della crescita del numero di addetti nelle medesime zone in cui è presente una maggiore concentrazione di attività.

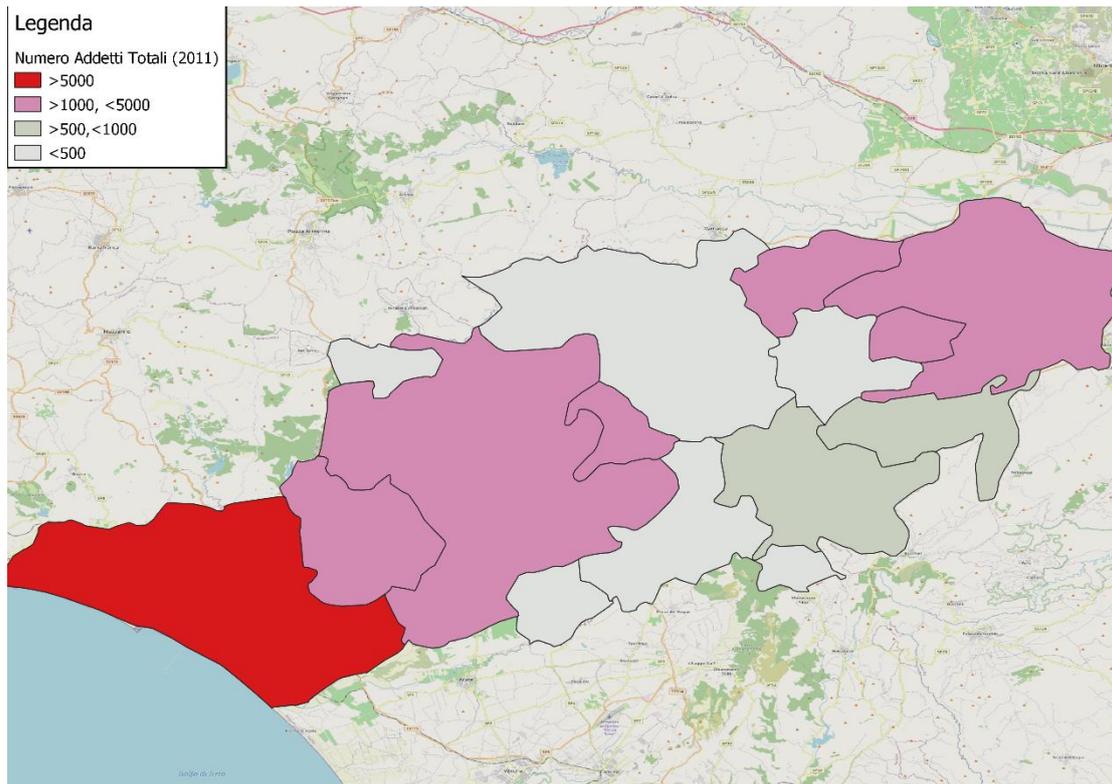


Figura 2-6: Numero di addetti (imprese e istituzioni) nel 2011 (Fonte: ISTAT)

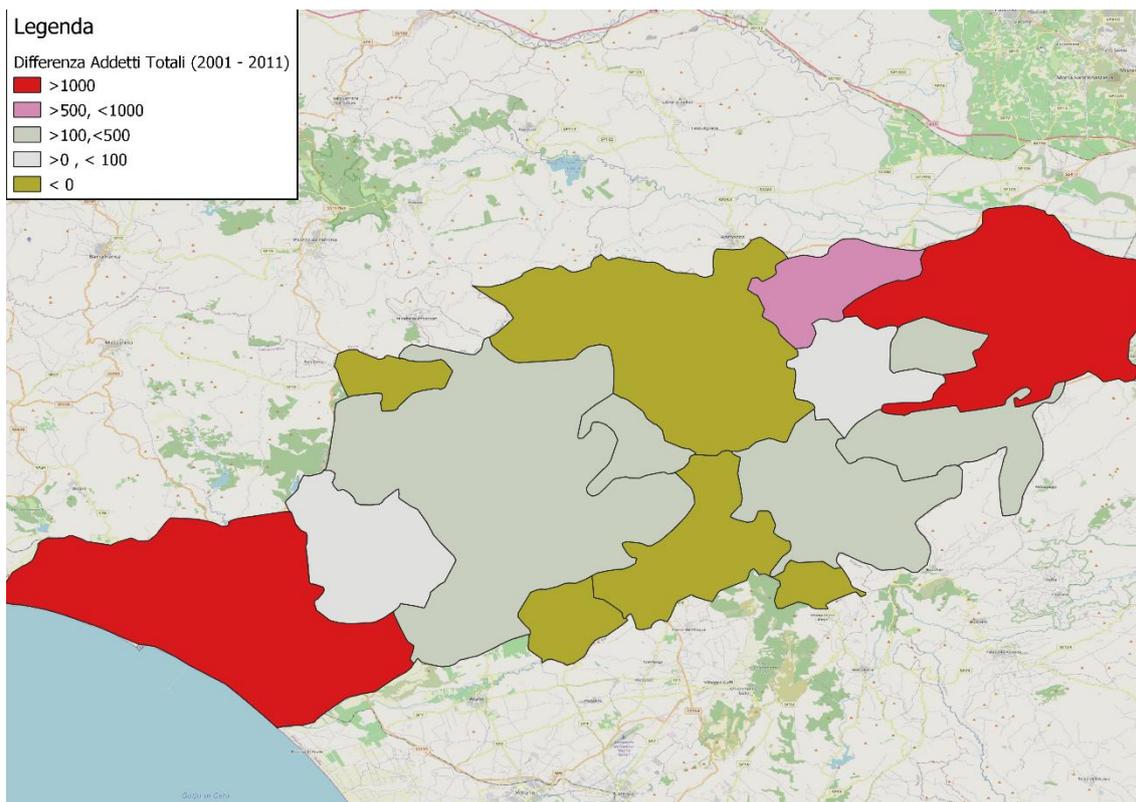


Figura 2-7: Variazione del numero di addetti (valore assoluto) dal 2001 al 2011

Analizzando la suddivisione degli addetti in base alla categoria delle attività, si ottiene la situazione mostrata nella figura seguente. A livello medio regionale, il 26% degli addetti è impiegato nel settore del commercio (al dettaglio e all'ingrosso), il 14% nell'ambito della sanità e dell'assistenza sociale, l'11% nelle attività manifatturiere e l'11 nel settore delle costruzioni.

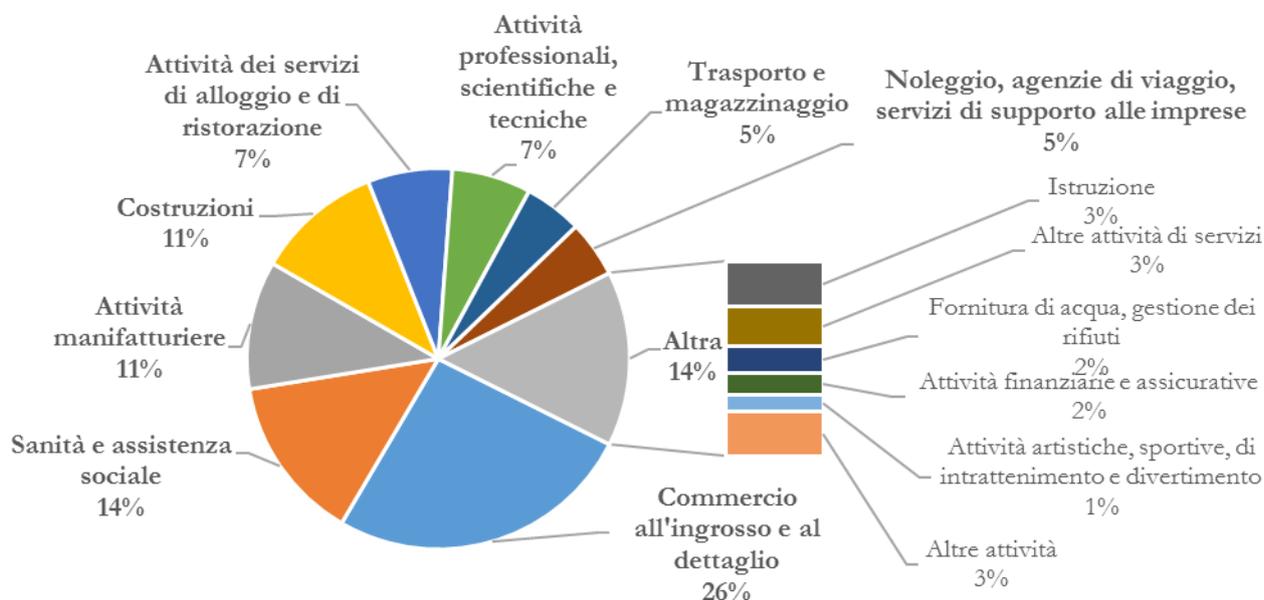


Figura 2-8: Distribuzione degli addetti (imprese e istituzioni) nella regione Sicilia nel 2011

Dall'analisi della distribuzione del numero degli addetti a livello comunale categorizzati in base alla tipologia delle attività delle imprese a cui fanno riferimento, secondo i dati del Censimento ISTAT 2011, si evince che l'industria tradizionale appare prevalentemente concentrata nei pressi di Catania, così come l'industria alimentare, l'industria chimica, della gomma e plastica ed il settore terziario (quest'ultimo in verità presente in maggior misura nelle realtà

comunali in generale). Al contrario, nell'area di Gela tradizionalmente a vocazione industriale emerge una modesta specializzazione terziaria.

I dintorni di Gela e il siracusano sono altresì caratterizzati dall'estrazione e di conseguenza dalla lavorazione del petrolio.

Le attività alberghiere e turistiche sono prevalenti lungo le zone marittime ed in particolare lungo le coste ioniche e tirreniche. I servizi commerciali sono presenti in maniera omogenea sull'intero territorio regionale, mentre i servizi di trasporto si concentrano nell'area Catanese, così come il settore dei servizi di intermediazione finanziaria. Da sottolineare, infine, come il tessuto imprenditoriale siciliano sia caratterizzato da una prevalente presenza di piccole imprese (oltre il 90% delle imprese attive conta meno di 10 addetti) disperse sul territorio e non raggruppabili, nella maggior parte dei casi, in distretti industriali.

2.2.3 TASSO DI MOTORIZZAZIONE

Al fine di comprendere la struttura della domanda di mobilità regionale, si riportano informazioni relative al numero di veicoli leggeri, di veicoli pesanti e del tasso di motorizzazione, in base al dato più aggiornato delle statistiche Eurostat.

In particolare, il numero di veicoli registrati in Sicilia ha subito, nei dieci anni dal 2008 al 2017, una crescita (+8.0%) superiore a quella della media nazionale (+6.7%) e a quella dell'Italia meridionale non insulare (+5.9%).

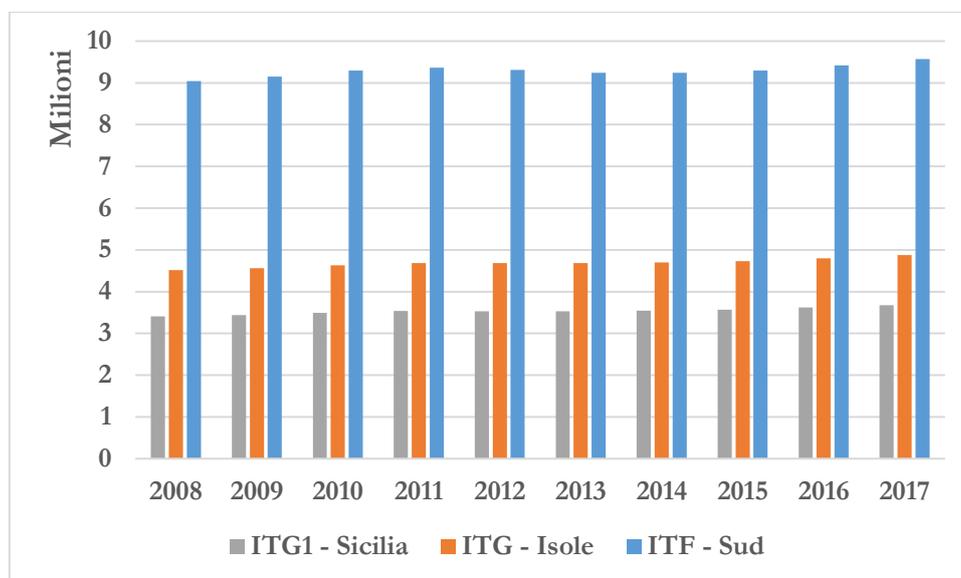


Figura 2-9: Numero di veicoli registrati (leggeri e pesanti) (Fonte: Eurostat)

Rapportando inoltre il dato al numero dei residenti, emerge che in Sicilia il tasso di motorizzazione tra il 2008 e il 2017 ha registrato una crescita rilevante (+6%) riportando nel 2017 un valore di 727 veicoli per 1000 abitanti. Questo andamento si pone in leggera controtendenza rispetto al dato medio nazionale che nello stesso periodo, a fronte di leggere oscillazioni, ha mostrato un rialzo del 3%. Nelle regioni del Sud (ad eccezione delle isole) si è registrata una crescita analoga a quanto accaduto per la Sicilia, ma presentando quote in valore assoluto inferiori (mediamente 5.8% in meno del dato siciliano).

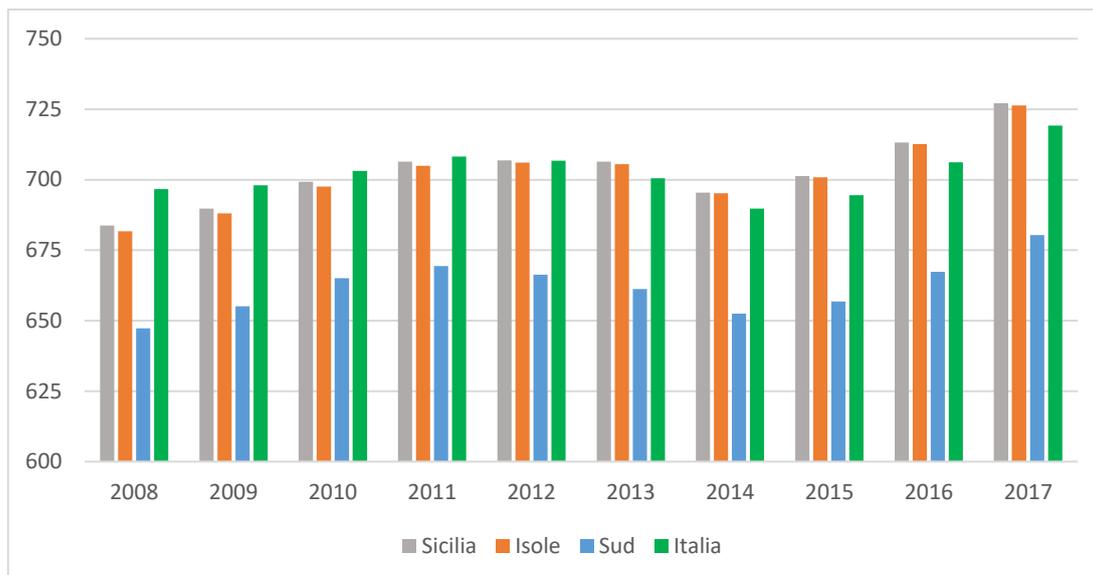


Figura 2-10: Veicoli (leggeri e pesanti) per 1000 abitanti (fonte: Eurostat)

2.2.4 TURISMO

La Sicilia presenta una forte vocazione turistica. In particolare, tra le regioni dell'Italia meridionale e isole, la Sicilia risulta una di quelle che più ha attratto turisti nel 2018 registrando un numero di "notti" trascorse da turisti stranieri nelle strutture ricettive pari a quasi 7 milioni e 700 mila, superiori ai valori di Puglia e Calabria. Al contrario, la capacità di ospitare flussi turistici, determinata tramite il numero di posti disponibili nelle strutture alberghiere o simili, risulta in qualche maniera modesta rispetto alle restanti regioni del Mezzogiorno. Ciononostante, la capacità ricettiva, sempre in termini di posti letto disponibili, in Sicilia ha subito dal 2014 al 2018 un incremento medio del 6.3%.

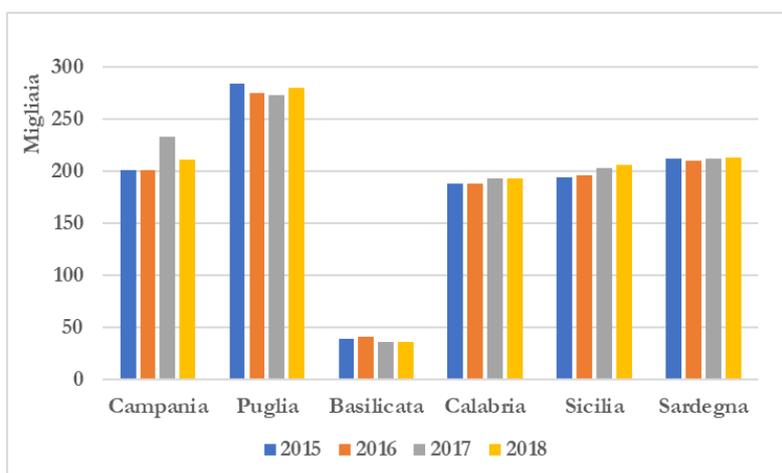


Figura 2-11: Numero di posti letto disponibili nelle strutture ricettive turistiche dal 2015 al 2018. Fonte: Eurostat

Restringendo l'attenzione all'area studio di progetto, si evince dalla tabella sottostante riferita all'anno 2019 che le provincie di appartenenza dei comuni mostrano delle chiare differenze nell'ordine di grandezza degli arrivi e le presenze negli esercizi turistici attivi, con la provincia di Catania che ha un netto vantaggio in termini di valore assoluto.

Tuttavia, i due comuni di maggior interesse dell'area (Gela e Caltagirone) registrano dei numeri molto vicini in entrambe le categorie, differendo più che altro in termini di peso specifico relativo alla loro area provinciale. Infatti, il comune di Gela assorbe quasi un quinto del traffico turistico totale della provincia, contrapposto a Caltagirone che è più vicino al 2% del totale.

Tabella 2-3: Arrivi e presenze nelle province e nei principali comuni dell'area di studio

Provincia	Comune	Arrivi Totali	Presenze Totali
Caltanissetta		61'437	239'189
	Gela	12'330	42'267
Catania		922'108	2'150'600
	Caltagirone	20'455	45'757
Siracusa		443'490	1'375'062

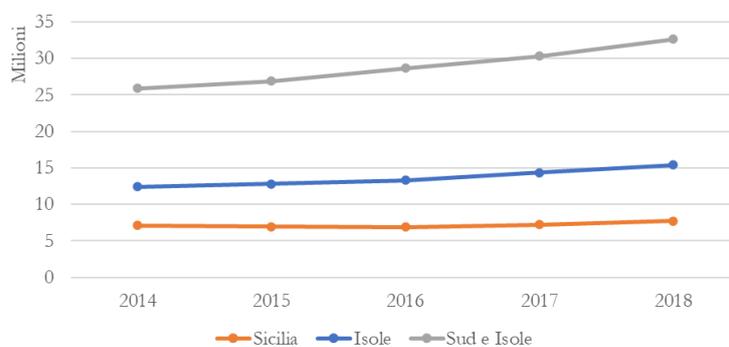


Figura 2-12: Numero di notti annuali trascorse da turisti stranieri nelle strutture ricettive (fonte: Eurostat)

3. LA DOMANDA DI TRASPORTO PASSEGGERI REGIONALE

In questo paragrafo, dopo avere definito i dati di traffico utilizzati per la ricostruzione delle matrici O/D totali degli spostamenti per l'intero territorio isolano, viene esposta la metodologia di correzione delle matrici di base (ISTAT⁵) attraverso i dati di traffico. Questa metodologia permette di ottenere una stima delle matrici degli spostamenti O/D che tengano conto delle altre motivazioni di viaggio (affari/business, turismo e svago, affari personali) superando così i limiti "strutturali" delle matrici di base Istat unicamente riferite ai motivi di lavoro e studio.

Si anticipa che la diversa datazione dei dati utilizzati dipende dalle difficoltà di reperimento degli stessi. Considerando accettabile l'ipotesi che il fenomeno di mobilità dell'isola non sia mutato nel corso dell'ultimo decennio in conseguenza del fatto che non si sono registrati particolari variazioni dell'assetto delle infrastrutture di trasporto, è possibile affermare che la diversa datazione delle informazioni di base non produca distorsioni alla ricostruzione delle matrici O/D di riferimento.

Il capitolo si conclude con una breve rappresentazione della domanda allo stato attuale secondo la ricostruzione effettuata della stessa.

3.1. DATI DI TRAFFICO VEICOLARE

I dati sul traffico veicolare sono costituiti dai conteggi di traffico disponibili per l'area di studio forniti dall'ANAS (Direzione Centrale Ricerca e Nuove Tecnologie – Unità Viabilità e Sicurezza – Sezione Traffico e Sicurezza Stradale). Ai fini della ricostruzione della matrice O/D totale, in considerazione dei restanti dati di traffico disponibili per le altre modalità di trasporto, si è deciso di utilizzare quelli riferiti all'anno 2012 in quanto compatibili con la datazione dei dati di domanda ISTAT.

I dati sul traffico veicolare si riferiscono, in particolare, a 121 postazioni di rilievo, aggregate in 46 differenti itinerari, di cui 47 di diretto interesse per la ricostruzione degli spostamenti su trasporto privato nell'area di intervento.

La localizzazione ed i valori di TGM per ognuna delle postazioni di cui sopra è riportata nella Tabella 3-1, mentre nella seguente illustrazione sono riportati i valori di TGM per le 47 sezioni di diretto interesse per la ricostruzione degli spostamenti su trasporto privato nell'area di intervento.

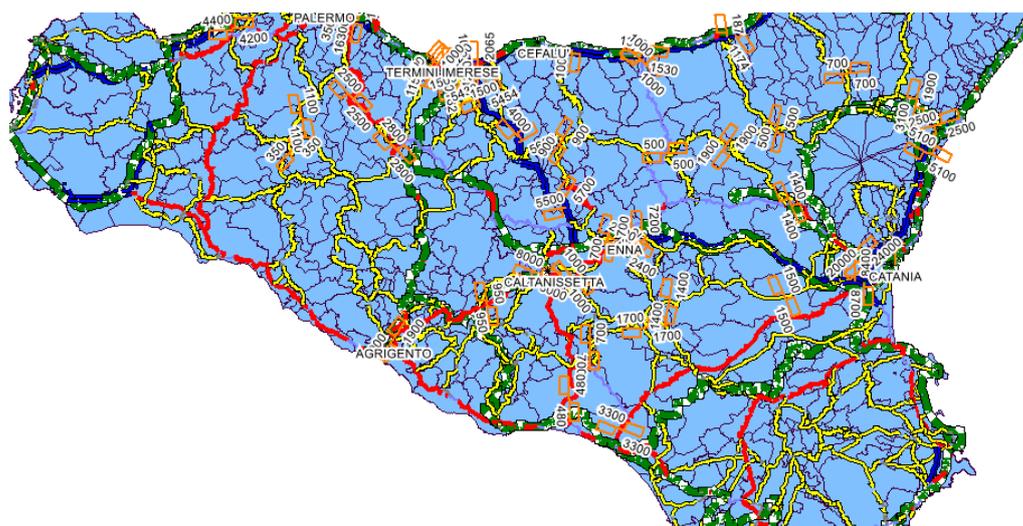


Figura 3-1 Dati di traffico: sezioni di conteggio veicolare (ANAS)

⁵ 15° Censimento della popolazione e delle abitazioni 2011, informazioni relative agli spostamenti per motivi di lavoro o di studio della popolazione residente in famiglia o in convivenza, rilevata al 15° Censimento generale della popolazione (9 ottobre 2011); le informazioni sono relative a individui che hanno dichiarato di recarsi giornalmente al luogo abituale di studio o di lavoro partendo dall'alloggio di residenza e di rientrare giornalmente nello stesso.

Tabella 3-1 Dati di traffico: Traffico Giornaliero Medio (ANAS)

Postaz.	Strada	Km	Comune	Provincia	TGM
1859	A19	6.283	Bagheria	Palermo	36536
1860	A19	25.723	Termini Imerese	Palermo	25557
1861	A19	54.399	Scillato	Palermo	4554
1862	A19	72.093	Polizzi Generosa	Palermo	10435
1864	A19	123.085	Enna	Enna	14567
1865	A19	188.848	Misterbianco	Catania	18938
10062	A19	92.112	Alimena	Palermo	12277
1855	A29	13.192	Carini	Palermo	22927
2001	A29	47.143	Alcamo	Trapani	19646
3226	A29	7.604	Carini	Palermo	20116
10063	A29	64.027	Calatafimi-Segesta	Trapani	9501
10066	A29	107.467	Mazara del Vallo	Trapani	8134
900000	A29dir	8.934	Calatafimi-Segesta	Trapani	11177
900021	A29dir	28.638	Paceco	Trapani	9309
10050	A29racc	1.140	Cinisi	Palermo	12300
779	SS113	8.034	Messina	Messina	2056
780	SS113	20.579	Messina	Messina	8776
782	SS113	47.483	Barcellona Pozzo di Gotto	Messina	13540
783	SS113	72.972	Patti	Messina	2190
784	SS113	90.020	Piraino	Messina	6908
786	SS113	124.222	Sant'Agata di Militello	Messina	4459
787	SS113	154.460	Reitano	Messina	3097
788	SS113	177.007	Pollina	Palermo	2169
790	SS113	212.622	Termini Imerese	Palermo	2214
796	SS113	311.009	Partinico	Palermo	9281
797	SS113	343.032	Calatafimi-Segesta	Trapani	1307
798	SS113	366.393	Erice	Trapani	2274
3116	SS113	241.683	Santa Flavia	Palermo	2634
3118	SS113	274.804	Palermo	Palermo	7481
3209	SS113	97.973	Naso	Messina	10779
10049	SS113	16.333	Messina	Messina	934
799	SS113dir	25.092	Messina	Messina	3096
900002	SS114	72.870	Riposto	Catania	11450
809	SS115	14.151	Trapani	Trapani	4393
810	SS115	44.211	Petrosino	Trapani	10538
815	SS115	162.429	Siculiana	Agrigento	5674
820	SS115	275.781	Gela	Caltanissetta	3896
821	SS115	287.495	Acate	Ragusa	5083
825	SS115	394.992	Siracusa	Siracusa	7049
3213	SS115	56.257	Mazara del Vallo	Trapani	2962
3216	SS115	133.530	Sciacca	Agrigento	9395
3218	SS115	236.890	Licata	Agrigento	6157
3120	SS115quater	0.934	Agrigento	Agrigento	18177
828	SS116	3.792	Randazzo	Catania	1473
830	SS117	3.060	Reitano	Messina	2107
831	SS117	55.174	Nicosia	Enna	1157
832	SS117bis	41.582	Enna	Enna	4620
834	SS117bis	53.289	Piazza Armerina	Enna	3578
835	SS117bis	83.277	Gela	Caltanissetta	7228
836	SS118	23.690	Corleone	Palermo	2308
837	SS118	46.091	Corleone	Palermo	744
838	SS118	143.205	Joppolo Giancaxio	Agrigento	8544
839	SS119	7.145	Alcamo	Trapani	1484
840	SS119	46.073	Santa Ninfa	Trapani	2914
841	SS120	1.746	Termini Imerese	Palermo	3533
842	SS120	74.198	Petralia Soprana	Palermo	2042
843	SS120	133.758	Troina	Enna	4017
844	SS120	174.509	Bronte	Catania	1033
846	SS120	208.162	Piedimonte Etneo	Catania	6393
847	SS121	7.959	Motta Sant'Anastasia	Catania	49771
848	SS121	140.387	Santa Caterina Villarmosa	Caltanissetta	514
849	SS121	98.054	Enna	Enna	1582
850	SS121	127.210	Santa Caterina Villarmosa	Caltanissetta	596
851	SS121	215.817	Vicari	Palermo	5520
852	SS121	249.083	Misilmeri	Palermo	22872
3498	SS121	34.673	Biancavilla	Catania	3130
853	SS122	7.848	Agrigento	Agrigento	4151
854	SS122	53.058	Caltanissetta	Caltanissetta	2033
855	SS122	75.249	Caltanissetta	Caltanissetta	692
858	SS123	15.034	Campobello di Licata	Agrigento	1191
859	SS124	9.070	Caltagirone	Catania	2491
860	SS124	27.354	Grammichele	Catania	1789
861	SS124	94.050	Palazzolo Acreide	Siracusa	1064

Postaz.	Strada	Km	Comune	Provincia	TGM
1032	SS185	62.749	Gaggi	Messina	6057
3220	SS185	52.601	Francavilla di Sicilia	Messina	5402
1034	SS186	22.395	Borgetto	Palermo	2095
3221	SS186	11.014	Monreale	Palermo	5574
3222	SS187	30.333	Castellammare del Golfo	Trapani	4179
1039	SS188	54.490	Partanna	Trapani	3540
1040	SS188	82.985	Sambuca di Sicilia	Agrigento	854
1887	SS189	2.990	Vicari	Palermo	6159
1048	SS190	6.865	Delia	Caltanissetta	2854
1050	SS190	64.877	Gela	Caltanissetta	1243
3225	SS190	18.412	Sommatino	Caltanissetta	2517
1052	SS191	47.238	Mazzarino	Caltanissetta	1986
1053	SS192	38.208	Agira	Enna	549
1054	SS192	67.447	Paternò	Catania	11646
10061	SS192	43.619	Catenanuova	Enna	17919
1057	SS194	34.715	Francofonte	Siracusa	6256
1058	SS194	52.295	Licodia Eubea	Catania	384
1059	SS194	68.838	Giarratana	Ragusa	1855
1278	SS284	5.293	Bronte	Catania	3296
1279	SS284	32.745	Adrano	Catania	11817
1281	SS285	23.644	Caccamo	Palermo	690
1283	SS286	33.032	Geraci Siculo	Palermo	461
1285	SS287	18.268	Noto	Siracusa	1331
3117	SS287	1.463	Noto	Siracusa	3922
1286	SS288	11.684	Ramacca	Catania	3123
1287	SS288	46.722	Aidone	Enna	3025
1288	SS289	5.286	Acquedolci	Messina	942
1289	SS289	44.917	San Teodoro	Messina	209
1290	SS290	10.670	Alimena	Palermo	1247
1291	SS290	37.353	Villarosa	Enna	283
1484	SS385	10.858	Lentini	Siracusa	2995
1485	SS385	39.979	Mineo	Catania	3133
1486	SS385	53.462	Caltagirone	Catania	1736
1487	SS386	23.688	Villafranca Sicula	Agrigento	276
1526	SS410	1.118	Favara	Agrigento	288
1527	SS410	15.204	Naro	Agrigento	2336
3121	SS417	69.511	Catania	Catania	9728
3122	SS514	18.670	Chiaromonte Gulfi	Ragusa	5223
1751	SS557	2.289	Campobello di Licata	Agrigento	4771
1757	SS561	8.185	Enna	Enna	4673
3223	SS624	79.415	Sciacca	Agrigento	3506
10042	SS624	24.997	San Giuseppe Jato	Palermo	6433
2006	SS626	1.597	Caltanissetta	Caltanissetta	2392
3465	SS626	54.807	Butera	Caltanissetta	1020
3475	SS626	29.670	Riesi	Caltanissetta	1663
3466	SS640	60.126	Caltanissetta	Caltanissetta	15722
3123	SS643	11.662	Polizzi Generosa	Palermo	849
3124	SS644	1.392	Campobello di Licata	Agrigento	4257

3.2. DATI DI TRAFFICO TRASPORTO COLLETTIVO SU GOMMA

Per quanto riguarda i servizi di TP su gomma, i dati di interesse sono relativi agli spostamenti inter-comunali su bus extraurbano.

I dati di traffico passeggeri sui servizi di TP su gomma si riferiscono a dati eterogenei acquisiti da diverse fonti.

Tra i dati di partenza acquisiti è possibile citare i conteggi su alcune linee di bus extraurbani della direttrice oggetto di studio, effettuati nell'ambito di un precedente studio (Italferr 2010) e alcuni dati di domanda aggregati per capoluogo di provincia forniti da uno studio della Regione Sicilia, da cui è possibile ottenere alcune prime indicazioni sulle caratteristiche di generazione ed attrazione degli spostamenti TP su gomma, anche in relazione ai servizi offerti. I suddetti dati sono altresì integrati ed aggiornati con quelli acquisiti nell'ambito di una specifica campagna di interviste e conteggi di flussi ai principali terminali bus dell'area di intervento (11 fermate distribuite in 8 comuni), effettuata in occasione dello Studio di Fattibilità del 2013 citato in premessa. La seguente tabella riporta una sintesi dei passeggeri saliti e discesi alle fermate registrati nei due giorni di rilievo nell'ambito della citata campagna di indagini.

Tabella 3-2 Dati di traffico – conteggi servizi TP extraurbani su gomma

Comune	Fermata	24 set 2013		26 set 2013	
		Saliti	Discesi	Saliti	Discesi
Caltanissetta	Via Rochester	517	415	593	386
Catenanuova	Piazza VIII Marzo	12	21	14	20
Enna Alta	Viale Diaz	85	82	103	74
Enna Bassa	Piazza Bernini	123	97	121	86
Lercara	Bivio Lercara	129	105	144	111
Messina	Piazza della Repubblica	417	416	438	412
Palermo	Cairolì	449	433	492	499
	Gregorio	125	113	134	119
	Via Balsamo	175	183	184	206
	Via Oreto	51	55	55	71
	<i>totale</i>	800	784	865	895
Termini Imerese	Piazza S. Antonio	0	43	3	50
TOTALE		2.083	1.963	2.281	2.034

3.3. LA STIMA DELLE MATRICI O/D ATTUALI

Il livello e la distribuzione della domanda degli spostamenti è stata definita sulla base dei dati disponibili da fonte e dalle analisi dell'offerta, integrati con le indagini campionarie ed i conteggi effettuati a supporto del precedente studio appena descritti; il complesso di tali informazioni ha consentito di ricostruire le matrici O/D totali per modo di trasporto nel giorno feriale medio. Il prospetto di Tabella 3-3 illustra il complesso delle fonti utilizzate per la ricostruzione delle matrici OD passeggeri. Ancorché le fonti dei dati di traffico risultino datate (la più recente risale al 2013), si ritiene che queste siano in grado di rappresentare un adeguato e completo quadro della domanda, consentendo così di superare i limiti strutturali delle fonti ISTAT che, come noto, consentono di ricostruire parzialmente il fenomeno. Come anticipato è stata quindi assunta valida l'ipotesi che le dinamiche di mobilità non abbiano subito nel tempo sensibili variazioni.

La tecnica utilizzata è quella della ricostruzione delle matrici OD iniziali (acquisite da fonte) a partire da conteggi di flussi disponibili. L'obiettivo di questa procedura è quello di migliorare la stima della matrice O/D combinando in modo statisticamente efficiente i conteggi di traffico con tutte le altre informazioni disponibili, tra cui i flussi ottenuti da modello.

Il metodo di correzione utilizzato è quello dei Minimi Quadrati Generalizzati (GLS) che stima gli elementi incogniti della matrice O/D d_{ij} ricavando i valori che rendono minima la somma degli scarti quadratici rispetto alla stima iniziale di tali elementi \hat{d}_{ij} e che, assegnati contestualmente alla rete, producono dei flussi f_i che minimizzano gli scostamenti rispetto ai flussi misurati \hat{f}_i .

Il processo consente quindi di determinare i valori "corretti" \hat{d}_{ij} della matrice O/D e conduce, "per costruzione", ad un significativo \hat{f}_i tra i flussi osservati e quelli provenienti dal processo di assegnazione della domanda "corretta", come meglio evidenziato nelle seguenti illustrazioni.

Tabella 3-3 Riepilogo delle fonti utilizzate per la ricostruzione delle matrici OD passeggeri

fonte	modi di trasporto	anno di riferimento	dato
ISTAT	tutti	2001	Matrici origine-destinazione degli spostamenti per motivi di lavoro o di studio della popolazione residente in famiglia, rilevata con il modello CP.1 al 14° Censimento generale della popolazione (21 ottobre 2001)
ANAS	Trasporto passeggeri auto privata	2012	Traffico Giornaliero Medio distinto per:
			<ul style="list-style-type: none"> • mese
			<ul style="list-style-type: none"> • giorno (lun ÷ dom) • postazione di rilevamento (121)
Trenitalia	Trasporto passeggeri ferroviario regionale	2012	Numero di passeggeri saliti + discesi Trasporto Regionale in tutti gli impianti abilitati al traffico passeggeri in un giorno tipo dei mesi di marzo, luglio e novembre.
Trenitalia	Trasporto passeggeri ferroviario media-lunga percorrenza	2012	Movimento passeggeri di media-lunga percorrenza in ciascun mese nelle stazioni di: Catania Centrale, Palermo Centrale, Messina Centrale, Siracusa, Milazzo, Barcellona-Castroreale, Capo d'Orlando-Naso, Taormina-Giardini, S. Agata di Militello, Acireale, Augusta.
Indagine RFI	Trasporto passeggeri TPL su gomma	2013	Conteggio dei viaggiatori in salita e/o discesa su un insieme di autolinee, con indicazione, su alcune di queste, del livello di riempimento del mezzo;
ISTAT	-	1991 – 2001 - 2011	Dati demografici e occupazionali

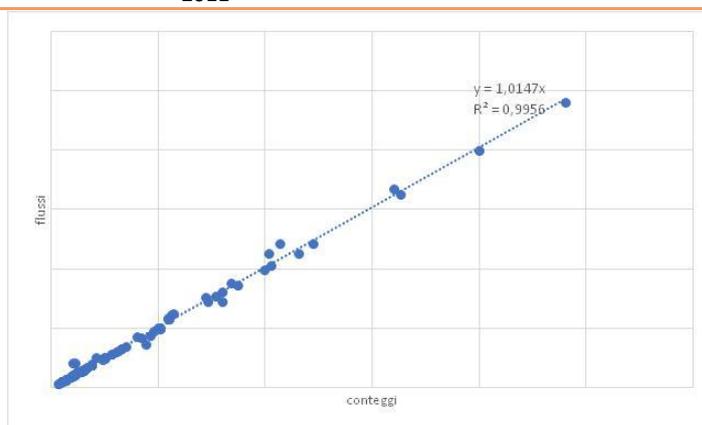


Figura 3-2: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti stradali)

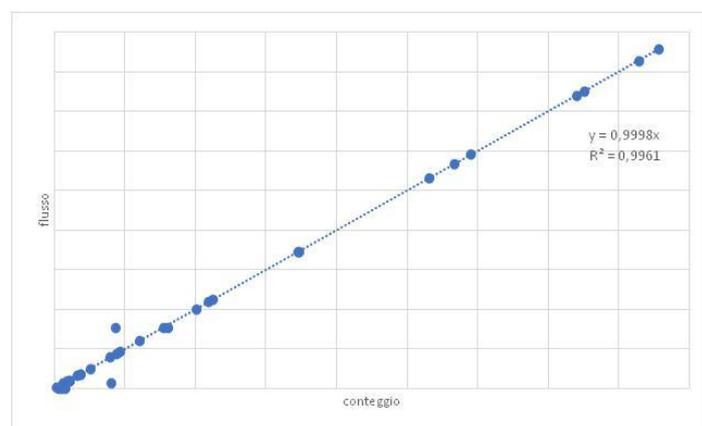


Figura 3-3: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti bus)

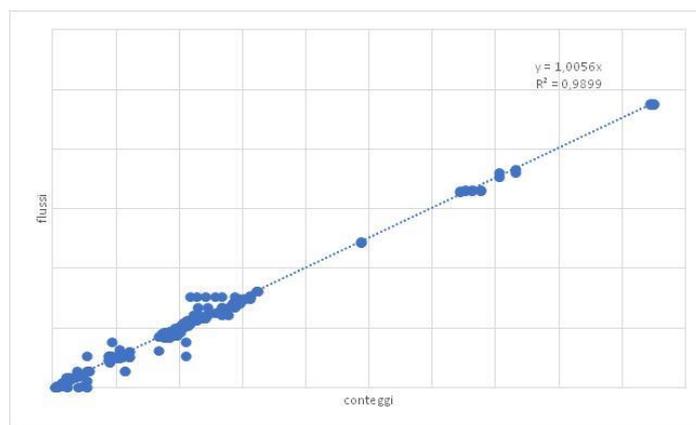


Figura 3-4: Validazione del processo di correzione della matrice O/D di partenza (flussi utenti treno)

3.4. LA DOMANDA DI TRASPORTO PASSEGGERI ALLO STATO ATTUALE NELL'AREA DI STUDIO

Una serie di grafiche riassuntive sono state generate per presentare i tratti caratteristici della mobilità locale al livello dell'area di studio. I dati di domanda utilizzati per le rappresentazioni di seguito riportate sono basati su elaborazioni delle matrici ricostruite come meglio rappresentato nei precedenti paragrafi che, come ampiamente descritto, considerano come punto di partenza le matrici intercomunali degli spostamenti ISTAT (2011), successivamente corrette con i conteggi di traffico.

I tematismi generati di seguito in particolare illustrano i volumi di spostamenti generati ed attratti all'interno e nei dintorni dell'area presa in esame. Risulta evidente che gli spostamenti si concentrano in corrispondenza dei capoluoghi di provincia (Catania e Siracusa), mentre all'interno dell'area di studio si verificano maggiori spostamenti in corrispondenza dei comuni di Lentini, Caltagirone, Niscemi e Gela sebbene in scala molto ridotta.

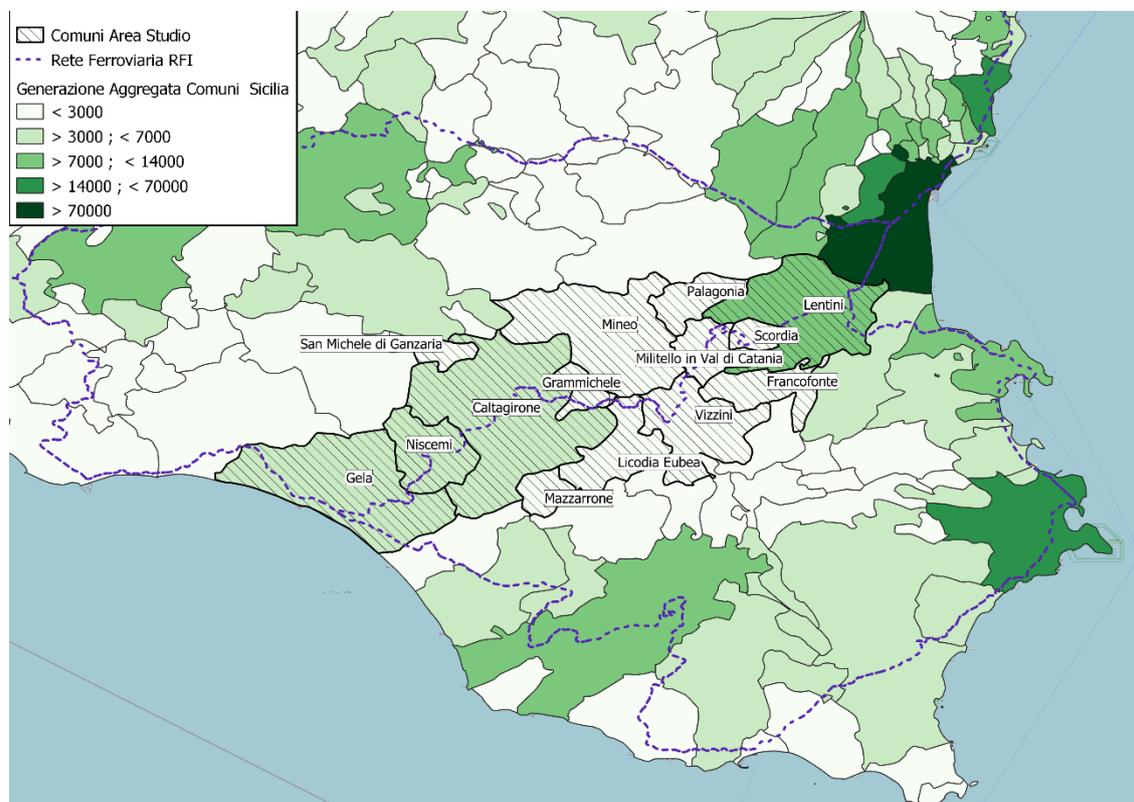


Figura 3-5: Spostamenti totali generati

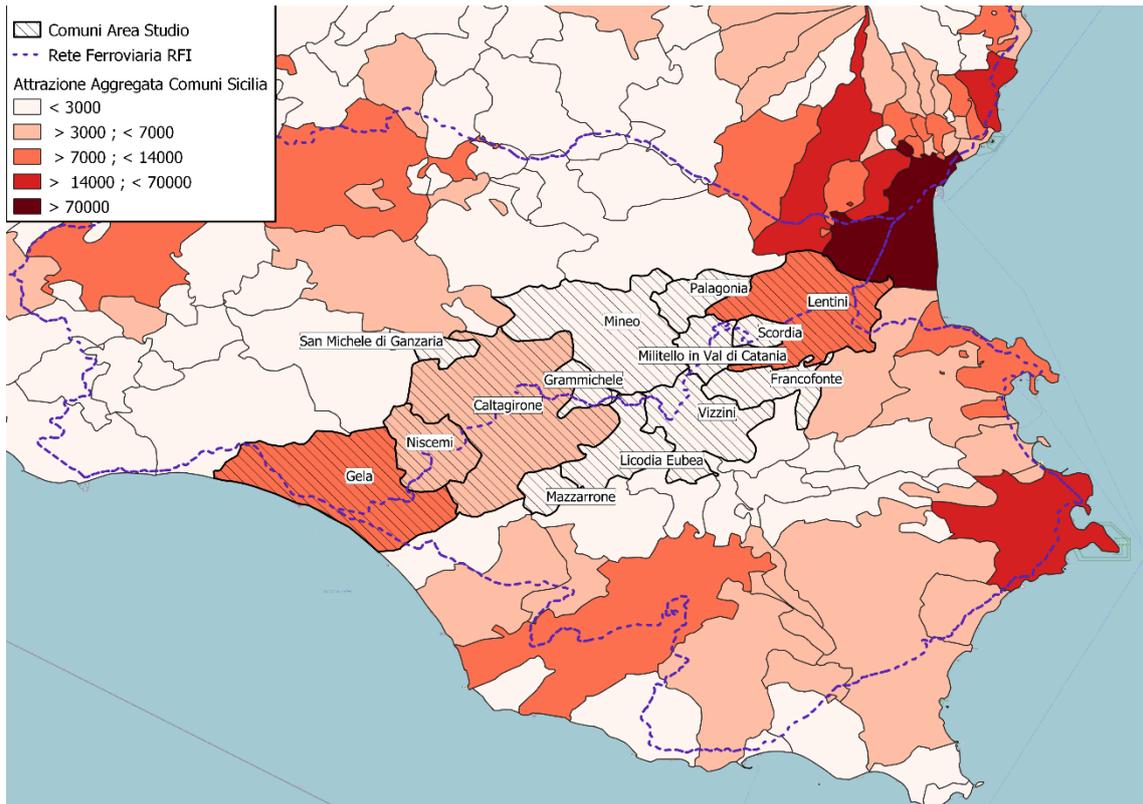


Figura 3-6: Spostamenti totali attratti

Può altresì risultare utile, ai fini dell'inquadramento della domanda, una rappresentazione di questa attraverso linee di desiderio (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) dove lo spessore è proporzionale al numero di spostamenti totali sulla coppia origine-destinazione (riportato come somma dei valori per entrambe le direzioni). Gli spostamenti totali rappresentano la somma dei 3 modi: Auto, Tp su gomma e Treno.

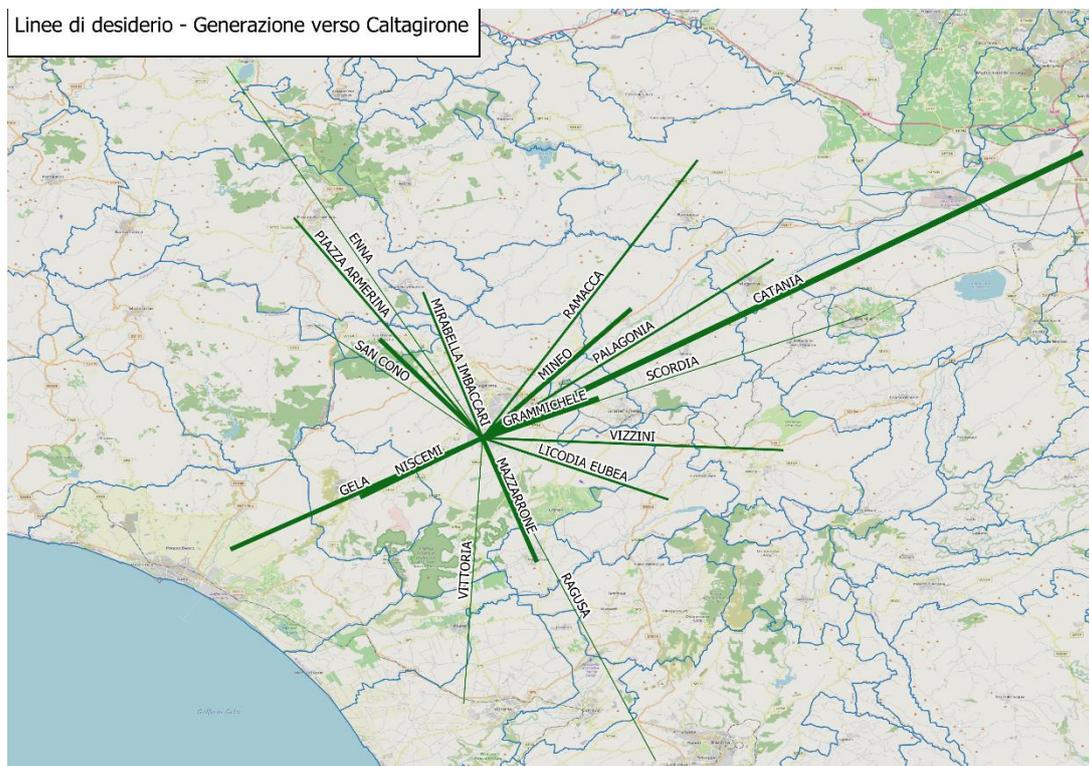


Figura 3-7: Spostamenti prevalenti generati da Caltagirone (Elaborazioni RFI)

Le linee di desiderio sono state generate prendendo come riferimento Caltagirone essendo uno dei comuni principali dell'area di studio ed essendo anche posizionato in maniera pressoché baricentrica all'interno di essa. Sia nel caso della generazione che dell'attrazione, i segmenti mostrati considerando quei comuni che cumulativamente rappresentano il bacino di interesse principale del comune; gli spostamenti rappresentati in grafica rappresentano infatti circa l'80% del totale di tutti gli spostamenti attratti o generati da Caltagirone. In entrambi i casi questa percentuale è raggiunta attraverso il contributo degli spostamenti di soli circa 20 comuni. I grafici cumulativi riportati di seguito mostrano chiaramente come oltre a questa soglia il contributo dei restanti comuni sia praticamente residuale.

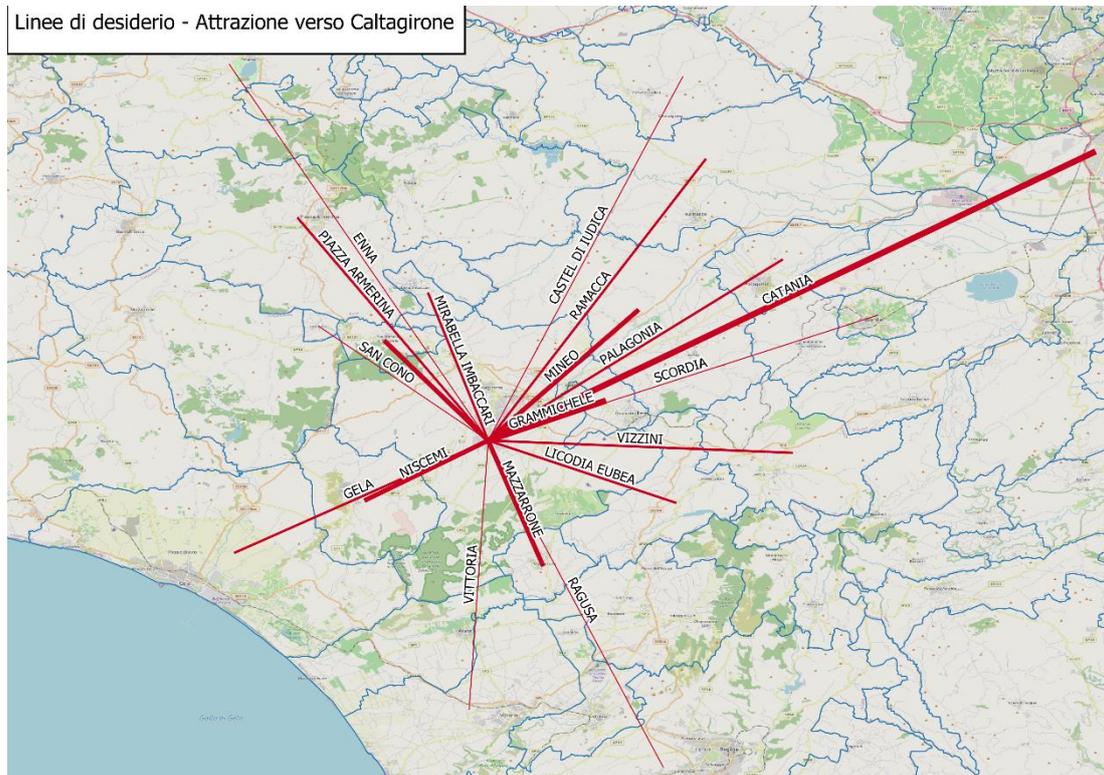


Figura 3-8: Spostamenti prevalenti attratti da Caltagirone (Elaborazione RFI)

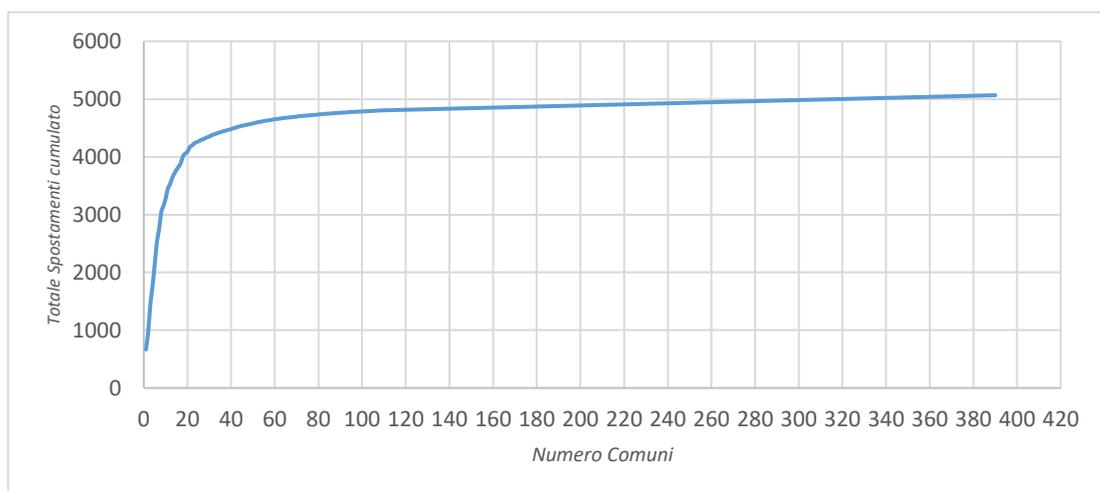


Figura 3-9: Contributo incrementale agli spostamenti emessi nel comune di Caltagirone

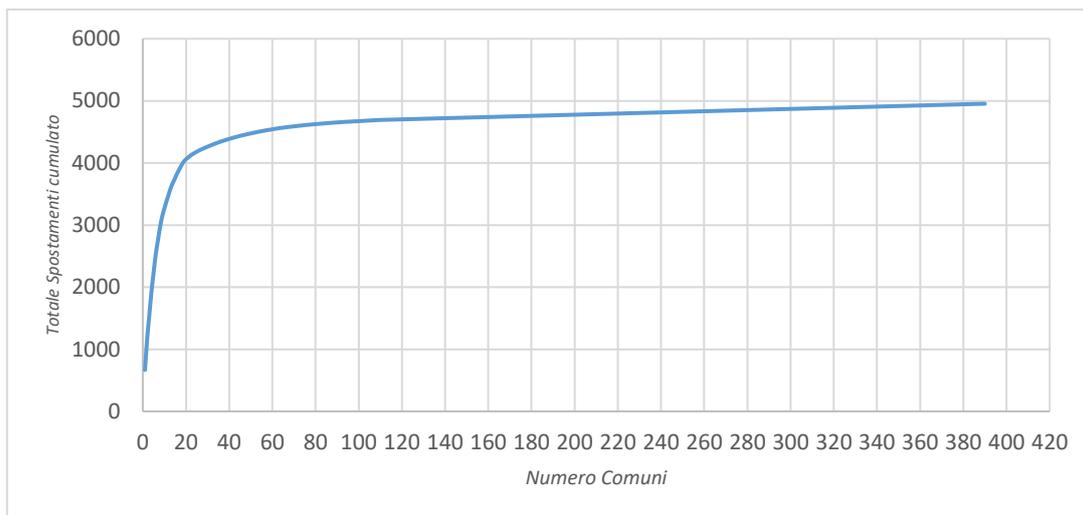


Figura 3-10: Contributo incrementale agli spostamenti attratti nel comune di Caltagirone

Per quanto riguarda la ripartizione modale della domanda ISTAT per l'area di interesse, gli spostamenti totali precedentemente descritti possono essere suddivisi tra tre modalità disponibili: trasporto privato (autovettura sia come conducente che come passeggero), trasporto collettivo su gomma (TP gomma) e su ferro (TP ferro).

In relazione al totale degli spostamenti fra i comuni facenti parte dello studio, il trasporto privato registra una quota modale del 77% circa, mentre per la restante quota si assiste ad uno sbilanciamento a favore del TP gomma (22%).

È bene ricordare che le percentuali di ripartizione modale calcolate su altre tratte regionali per le relazioni origine-destinazione più significative (cioè quelle con più di 20 spostamenti giornalieri) assumono valori via via differenti in relazione all'offerta di infrastrutture e servizi di trasporto e quindi alla competizione tra i modi. Per portare alcuni esempi rappresentativi, il TP ferro vanta percentuali di ripartizione modale consistenti (superiori al 25%) sull'asse Cefalù-Termini Imerese-Palermo.

4. DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI STUDIO

Come anticipato al Capitolo 1, il documento ha come a oggetto l'analisi degli impatti sulla mobilità di trasporto generati dalla riapertura di una parte della linea ferroviaria Caltagirone-Gela, al fine di contribuire alla analisi di redditività dell'investimento.

Sono stati quindi confrontati i seguenti due scenari:

- il primo scenario, definito “do-nothing” (ovvero di non progetto) considera l'attuale situazione della linea interrotta ed integrata da bus sostitutivi per la tratta di riferimento. Lo studio dello scenario attuale è necessario per avere un riferimento sugli effetti sul sistema di trasporto nel caso non venga effettuato l'intervento;
- il secondo scenario, di progetto, dove per il collegamento Caltagirone-Gela è prevista la riattivazione della linea interrotta in relazione all'orizzonte temporale di riferimento in cui è prevista l'ultimazione delle relative opere (2026).

Negli scenari sono stati considerati i potenziamenti ferroviari e stradali già programmati e i servizi ferroviari prevedibili per l'orizzonte temporale considerato.

L'apparato modellistico utilizzato risulta altresì influenzato anche dalle dinamiche demografiche che si registrano nei diversi comuni dell'isola e, in particolare, dal numero di residenti per fascia di età, elemento che genera influenza nei modelli di emissione degli spostamenti. Le ipotesi demografiche considerate nell'orizzonte temporale di riferimento delle previsioni sono ovviamente uguali per gli scenari di riferimento e progetto.

Nei prossimi paragrafi sono quindi esposte nel dettaglio le ipotesi di scenario considerate distinguendo quelle riferite alle dinamiche demografiche da quelle associate alla configurazione dei servizi ferroviari.

4.1. GLI SCENARI DEMOGRAFICI

In questo paragrafo si riporta la stima della popolazione totale per diversi anni di riferimento, analizzando i dati forniti da Demo Istat (demo.istat.it). La popolazione costituisce infatti, come meglio rappresentato in appendice metodologica, la variabile che influenza la mobilità di trasporto passeggeri e la sua stima negli scenari futuri sarà utilizzata nell'ambito delle previsioni della domanda di trasporto.

Le previsioni demografiche, in termini di popolazione totale regionale nei diversi scenari di proiezione dell'Istat sono predisposte in ragione di standard metodologici riconosciuti in campo internazionale. In particolare, si ricorre al cosiddetto modello per componenti (*cohort component model*), secondo il quale la popolazione, tenuto conto del naturale processo di avanzamento dell'età, si modifica da un anno al successivo sulla base del saldo naturale (differenza tra nascite e decessi) e del saldo migratorio (differenza tra movimenti migratori in entrata e in uscita).

Le previsioni rilasciate dall'Istat restituiscono il disegno dell'evoluzione demografica futura del Paese nel breve, medio e lungo termine. Pur tuttavia, i dati di lungo termine vanno trattati con estrema cautela. Le previsioni demografiche divengono, infatti, tanto più incerte quanto più ci si allontana dalla base di partenza, in particolar modo in realtà geografiche di piccole dimensioni. Per tale motivo, fatta eccezione che per questa parte introduttiva, non sarà sviluppato, nel prosieguo del capitolo, alcun approfondimento riferito all'orizzonte di lungo termine.

Le previsioni sono articolate secondo tre distinti scenari. Con il primo di essi, lo scenario centrale, viene fornito un set di stime puntuali ritenute “verosimili” che, costruite in base alle recenti tendenze demografiche, rappresentano quelle di maggiore interesse. Accanto allo scenario considerato più “probabile” sono stati costruiti due scenari alternativi che hanno il ruolo di disegnare il campo dell'incertezza futura. Tali due scenari, denominati rispettivamente basso e alto, sono impostati definendo una diversa evoluzione per ciascuna componente demografica rispetto allo scenario centrale. Le due varianti tracciano idealmente un percorso alternativo, dove ciascuna componente apporterà maggiore (scenario alto) o minore (scenario basso) consistenza alla popolazione. Per lo scenario alto ciò significa fecondità, sopravvivenza e flussi migratori (interni e con l'estero) più sostenuti, mentre vale esattamente l'opposto nello scenario basso. Entrambi sono da intendersi esclusivamente come

alternative “plausibili”: nessuno dei due, infatti, può vedersi attribuito il significato di limite potenziale (superiore o inferiore) allo sviluppo della popolazione.

Gli scenari evolutivi della popolazione totale sono riferiti al 2026, anno presunto di attivazione del nuovo tratto Caltagirone-Gela.

Il totale della popolazione della Regione Sicilia, secondo le stime effettuate dall'Istat è in decremento in tutti gli scenari considerati, con un valore medio che si attesta intorno al -2.6 % al 2026 comparato con l'anno 2021. A partire dalla stima del valore della popolazione totale nello scenario centrale all'anno 2026, Istat stessa stima la popolazione totale a livello comunale, ottenuta come proiezione dei valori della popolazione totale negli anni utilizzando i dati della popolazione intercensuaria (Fonte: Demo Istat).

Nella seguente tabella si riportano, per i comuni appartenenti all'area di studio, i valori della popolazione attiva (fascia d'età 15 – 64) al 2011, al 2021 e la stima al 2026 e la variazione percentuale tra questi ultimi due scenari. Come si noterà si stima una netta riduzione di popolazione in quasi tutti i comuni.

Tabella 4-1: Stima della popolazione residente nei due comuni principali dell'area di intervento – anno di riferimento 2026.

Comuni	Popolazione al 2011	Popolazione al 2021	Stima popolazione al 2026	Variazione % 2026-2021
Gela	50.722	47.585	45.262	-4.88
Niscemi	18.013	16.264	16.135	-0.8
Caltagirone	25.136	23.253	23.338	0.37
Grammichele	8.528	7.789	7.764	-0.32
Licodia Eubea	1.975	1.791	2.011	12.29
Militello in Val di Catania	5.109	4.291	3.930	-8.42
Mineo	3.247	3.205	3.573	11.49
Palagonia	10.996	10.327	10.813	4.71
San Michele di Ganzaria	2.250	1.818	1.700	-6.47
Scordia	11.777	10.604	10.076	-4.98
Vizzini	4.255	3.633	3.407	-6.23
Mazzarrone	5.568	2.554	2.726	6.75
Francofonte	8.432	7.445	7.066	-5.09
Lentini	15.848	13.640	12.611	-7.55

Gli stessi valori dei comuni facenti parte dell'area di studio sono stati aggregati per classi altimetriche, come riportato nella successiva tabella.

Nell'anno di riferimento 2026 si evidenzia una forte riduzione di popolazione in ciascuna classe altimetrica dei comuni dell'area di intervento, con la collina litoranea che registra il risultato peggiore (-16,2%) ed un valore medio di -10,9%).

Tabella 4-2: Stima della popolazione residente nell'area di intervento, suddivisa per classi altimetriche nello scenario centrale – anno di riferimento 2026.

Classe altimetrica	Popolazione al 2011	Stima popolazione al 2026	Variazione % 2026-2011
Collina interna	93.854	85.473	-8,9%
Collina litoranea	8.432	7.066	-16,2%
Pianura	66.570	57.872	-13,1%
Totale area di intervento	168.856	150.412	-10,9%

4.2. LA CONFIGURAZIONE DEI SERVIZI NEGLI SCENARI DI RIFERIMENTO E PROGETTO

Il potenziamento infrastrutturale previsto nella Regione è strettamente legato all'obiettivo di migliorare il servizio ferroviario nel suo complesso. In tale ottica, già nel 2017 è stato sottoscritto l'Accordo Quadro tra la Regione Sicilia e RFI che definisce la tipologia e la frequenza dei servizi che verranno attivati sulle diverse tratte della rete siciliana a fronte di una serie di implementazioni infrastrutturali.

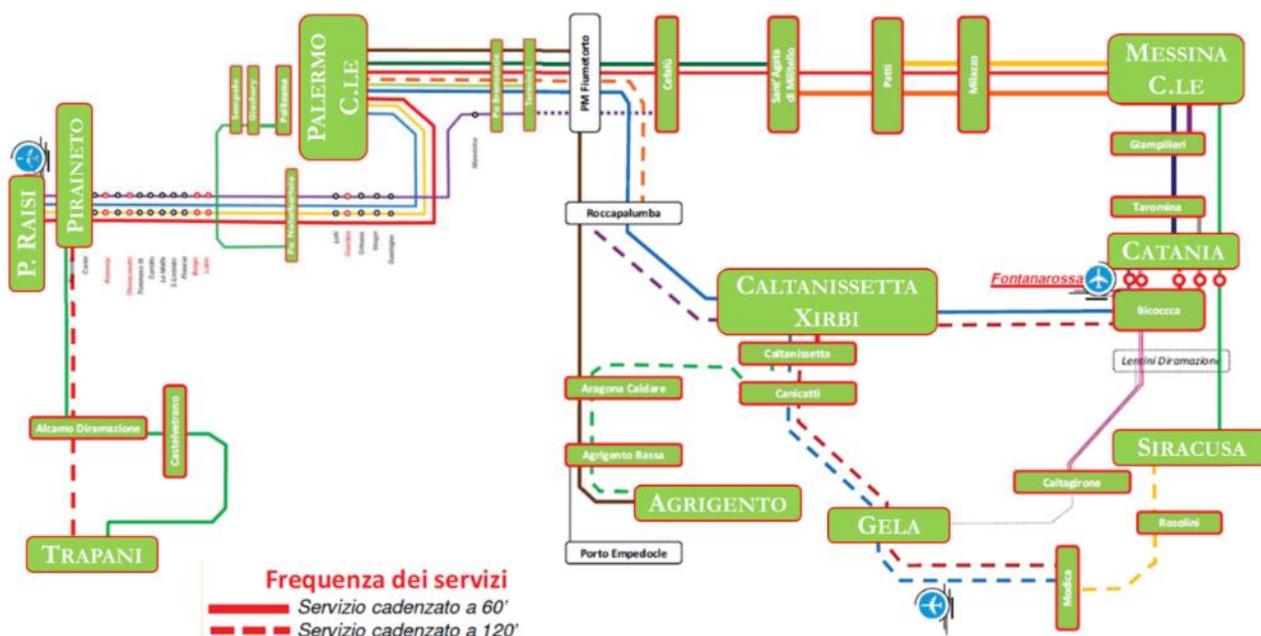


Figura 4-1: Schema dei servizi secondo l'Accordo Quadro tra Regione Sicilia e RFI per lo scenario di regime (infrastrutture potenziate)

Tuttavia, come si noterà dalla precedente illustrazione che è tratta dall'Accordo Quadro in vigore, non è possibile contare su una configurazione dei servizi sulla intera linea tra Lentini Diramazione e Gela in quanto all'epoca non era prevista nella programmazione vigente.

Il modello di esercizio considerato ai fini del presente studio nella situazione di progetto è quindi quello che risultava presente prima dell'interruzione della linea (6 coppie giornaliere). Più in particolare, facendo anche riferimento alla seguente illustrazione, l'ipotesi considerata è di ripristino integrale della situazione pre-incidentale riferita all'anno 2011, con lo stesso numero di frequenze di linea giornaliere.

Nel seguito sono riportate le ipotesi assunte nei due scenari. In quello di non progetto si noterà la presenza di due coppie di bus che effettuano servizio sulla tratta interrotta.

Km	Stazione	⌘	🚋	⌘	🚋	⌘	⌘	🚋
		21901	PA803	21903	PA801	21905	21907	PA805
		2 1	2 1 2 3	2 1	2 1	2 1	2 1	2 1
0	Catania Centrale	† 09.10	·	× 14.08	·	† 15.00	× 19.15	·
38	Scordia	{ 09.46	·	{ 14.41	·	{ 15.33	{ 19.52	·
53	Militello	{ 10.06	·	{ 15.02	·	{ 15.53	{ 20.12	·
66	Vizzini-Licodia	{ 10.22	·	{ 15.18	·	{ 16.09	{ 20.28	·
78	Grammichele	{ 10.35	·	{ 15.32	·	{ 16.22	{ 20.41	·
91	Caltagirone	† 10.50	{ 14.10	× 15.47	× 15.54	† 16.37	× 20.56	× 21.03
112	Niscemi	·	{ 14.41	·	{ 16.24	·	·	{ 21.34
137	Gela	a ·	{ 15.08	·	× 16.51	·	·	× 22.00

Figura 4-2: Orario dei servizi svolti allo stato attuale (Fonte Trenitalia)

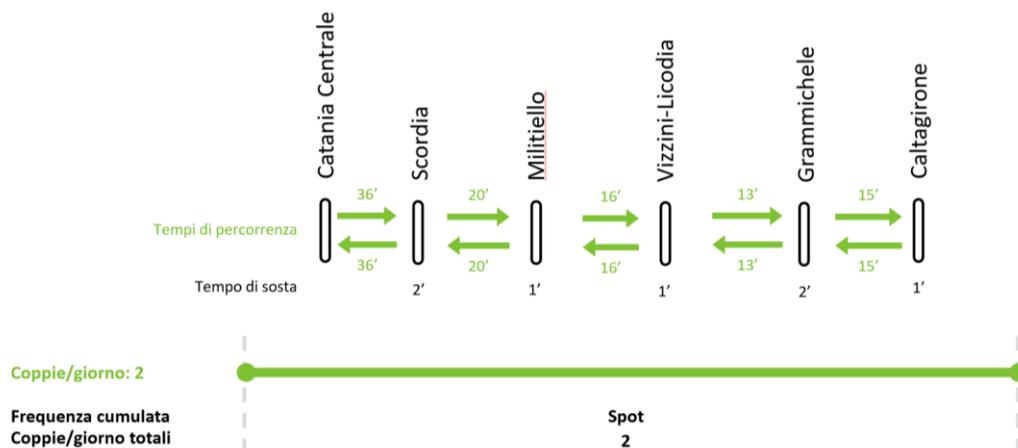


Figura 4-3: Schema dei servizi considerato nello stato di non progetto

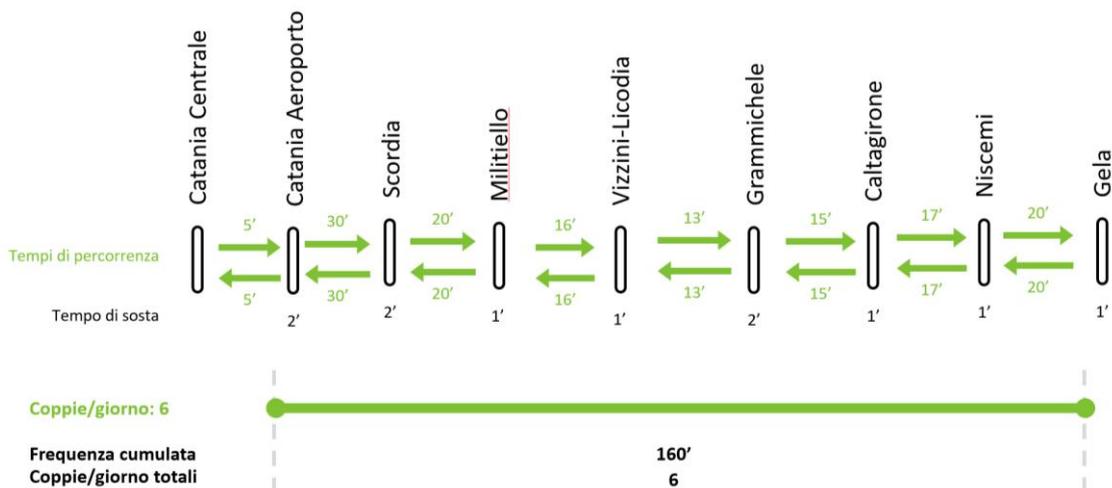


Figura 4-4: Schema dei servizi considerati nello stato di progetto

Il servizio ipotizzato Catania-Gela, oltre a ripristinare un collegamento già esistente, aggiunge al suo percorso anche una fermata per l'aeroporto di Catania Fontanarossa che già oggi presenta una specifica fermata ferroviaria.

Il servizio prevede la presenza di 6 coppie giorno e sebbene perlopiù ricalcabile alla situazione pre-incidentale, subirà alcune modifiche per le stazioni di stop dalle quali sarà esclusa Lentini Diramazione.

5. PREVISIONI DEL TRAFFICO FERROVIARIO REGIONALE PASSEGGERI NEGLI SCENARI FUTURI

5.1. L'APPARATO METODOLOGICO

Le previsioni del traffico sui servizi ferroviari regionali si basano su un apparato metodologico, messo specificatamente a punto per Studi condotti da RFI in ambito regionale siciliano, che traggono origine dalla ricostruzione delle matrici origine-destinazione degli spostamenti tra le diverse zone di traffico attraverso i dati ISTAT e le altre fonti disponibili secondo quanto già illustrato in precedenza al Capitolo 3.

La valutazione dei carichi sulla rete di trasporto ha utilizzato la “canonica” metodologia basata sulla individuazione delle componenti tecniche e socio-economiche atte a connotare il sistema di mobilità a servizio di un determinato contesto territoriale e sulla simulazione delle interazioni tra le citate componenti, così come sintetizzato nella seguente figura.

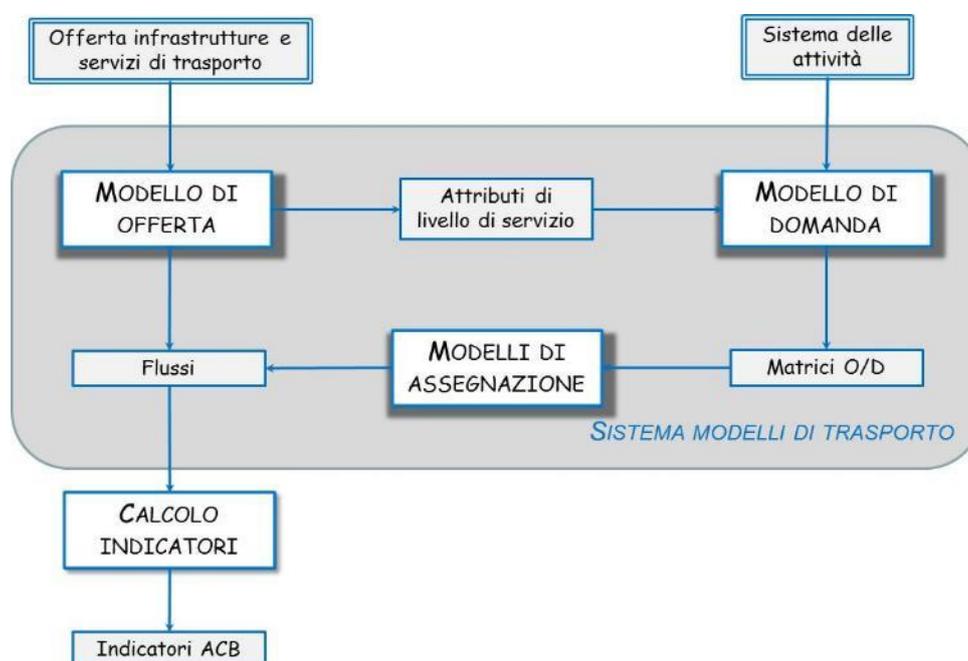


Figura 5-1: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale

L'apparato in questione e, in particolare, l'impianto modellistico finalizzato alla previsione della domanda futura è stato condizionato dalla necessità di garantire un livello minimo di dettaglio della segmentazione della domanda di trasporto così come suggerito, al § 3.7.2.1, dalle *Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche*⁶.

Sono stati quindi sviluppati tre sistemi di modelli di domanda (generazione, distribuzione e scelta modale), specifici per i tre motivi di spostamento considerati: lavoro, studio e altri motivi.

Più in particolare, i dati ISTAT 2011 hanno permesso di determinare 6 matrici O/D specifiche dei motivi di lavoro e studio e delle tre modalità di trasporto (auto, bus e treno).

Per ottenere le matrici modali per “altri motivi”, non considerati nelle matrici ISTAT, si è proceduto come segue:

⁶ “Ai fini della stima degli impatti diretti interni, la domanda di trasporto dovrà essere segmentata, tenendo presente che per ciascun segmento dovrà essere utilizzato uno specifico parametro del Valore del Tempo (VoT – Value of Time). Un livello di segmentazione minima terrà distinguere tra:

- spostamenti sistematici per motivi di studio e/o lavoro (commuting);
- spostamenti occasionali per lavoro/affari (business);
- spostamenti occasionali per altri motivi (formazione, svago e tempo libero, ...).”

- le matrici modali totali ISTAT sono state sommate, con lo scopo di ottenere le tre matrici O/D modali per il motivo lavoro + studio;
- ciascuna matrice modale lavoro + studio è stata allineata, con una procedura di correzione, ai conteggi di traffico indicati in precedenza, che comprendono quindi anche spostamenti per tutti gli altri motivi non contemplati nella matrice ISTAT originaria, ottenendo la matrice modale corretta lavoro + studio + altri motivi;
- la differenza tra la matrice modale così corretta (lavoro + studio + altri motivi) e la matrice modale lavoro + studio fornisce la matrice modale “altri motivi”.

È utile ancora una volta precisare come gli “altri motivi” comprendano tutte le altre motivazioni di viaggio (business/affari, tempo libero, turismo/ svago, affari personali) non contemplati nelle matrici Istat.

Le matrici O/D per modo (auto, bus extraurbano, treno) e motivo (lavoro, studio e altri motivi) ottenute da quanto descritto in precedenza, rappresentano l’input per la calibrazione aggregata del sistema di modelli di generazione, distribuzione e scelta modale specifico di ciascun motivo di spostamento.

La procedura di calibrazione aggregata consente di stimare i valori dei parametri dei modelli dettagliati nell’appendice metodologica. Dato uno scenario futuro, i modelli calibrati possono essere quindi applicati per ottenere le matrici O/D future per modo e motivo.

La metodologia di previsione della domanda di trasporto utilizza quindi il sistema di modelli di domanda di emissione, distribuzione e scelta modale specifico dei tre diversi motivi di viaggio considerati (lavoro, studio e altri motivi) che permette di ottenere le future matrici O/D giornaliere distinte per le tre modalità di trasporto (auto, bus extraurbano, treno). Come anticipato in premessa, la metodologia è stata utilizzata da RFI nello Studio di Trasporto prodotto nell’ambito della Scheda Grande Progetto “Asse Ferroviario Palermo-Catania-Messina. Raddoppio della tratta Bicozza-Catenanuova” ed è stata formalmente approvata da JASPERS (*JASPERS Independent Quality Review Report* del 21/6/2022).

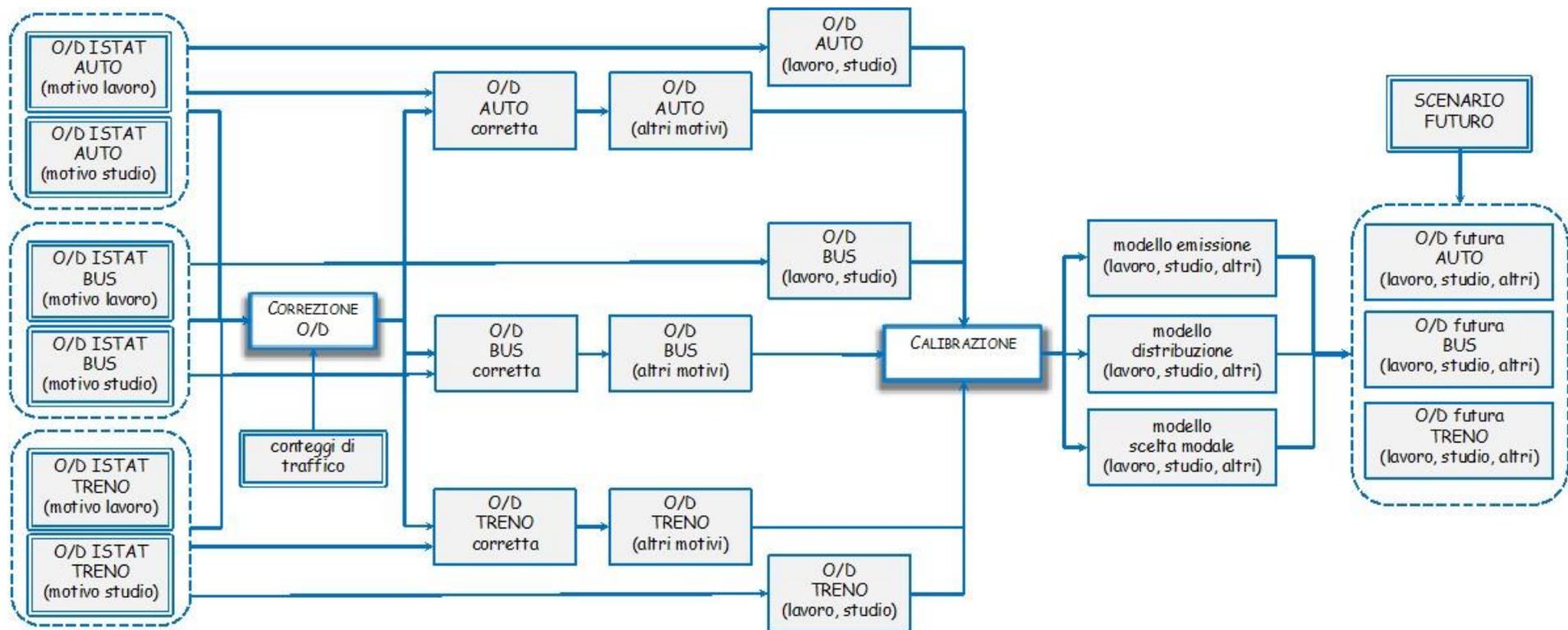


Figura 5-2: Schematizzazione della metodologia utilizzata per la previsione dei traffici relativi alla componente regionale

5.2. I RISULTATI OTTENUTI

In questo capitolo sono riepilogati i principali risultati ottenuti nel corso delle simulazioni di traffico eseguite tenendo come riferimento l'orizzonte temporale (2026).

Una possibile sintesi dei risultati dell'applicazione del modello di domanda per i due scenari di non progetto (NP) e progetto (P) è riportata nelle seguenti tabelle che descrivono il valore degli spostamenti che avvengono tra due diverse aggregazioni di zone di traffico: la prima è costituita dalle zone appartenenti all'area di Studio (AS) mentre la seconda comprende le restanti zone del territorio siciliano (Resto) che presentano spostamenti con le zone AS.

Tabella 5-1: Spostamenti tra diverse aggregazioni di zone dell'area di studio negli scenari NP e P

Spostamenti NP		Auto		Bus		Treno		Totale
Origine - Destinazione	Valore	%	Valore	%	Valore	%	Valore	
AS - AS	15.942	83,7%	3.072	16,1%	33	0,2%	19.047	
AS - Resto	25.535	84,1%	3.754	12,4%	1.069	3,5%	30.358	
Resto - AS	25.535	84,1%	3.754	12,4%	1.069	3,5%	30.358	

Spostamenti P		Auto		Bus		Treno		Totale
Origine - Destinazione	Valore	%	Valore	%	Valore	%	Valore	
AS - AS	15.113	79,3%	2.735	14,4%	1.199	6,3%	19.047	
AS - Resto	24.613	81,1%	3.614	11,9%	2.131	7,0%	30.358	
Resto - AS	24.613	81,1%	3.614	11,9%	2.131	7,0%	30.358	

Le tabelle mostrano un elevato incremento della modalità treno per le relazioni interne all'area di studio, passando da una quota modale appena superiore allo 0.2% a più del 6%, corrispondente ad un incremento del valore assoluto di diverse centinaia di spostamenti giornalieri.

Allo stesso modo risultano praticamente raddoppiati anche i volumi degli spostamenti della modalità treno nella situazione di progetto fra zone interne all'area di studio ed esterne. Esaminando inoltre i valori assoluti degli spostamenti per auto e bus in situazioni di non progetto e progetto, si nota un cambiamento della quota modale per entrambi i modi. La quota legata all'auto risulta perciò essere l'84 % del totale in situazione di non progetto contro un 80.6 % nella situazione di progetto. Stessa tendenza decrescente è registrata per la quota bus che passa da 13.3 % a 12.5 %.

Sono state analizzate inoltre le caratteristiche di carico dei servizi sulle diverse tratte di cui si compone la linea tra Catania e Gela. La tabella di seguito riporta e confronta i carichi stimati per gli scenari di non progetto e progetto, specificando inoltre i fattori di carico relativi a ciascuna tratta. Questi ultimi sono calcolati ipotizzando che nella situazione di progetto (dove si ricorda che i servizi presentano una frequenza di 6 coppie di corse giornaliere), il servizio ferroviario sia prodotto con convogli ATR220 (Swing), con capacità di 305 (totali, di cui 155 a sedere).

La Figura 5-3 andamento dei flussi sulle singole tratte mostra un sostanziale incremento dei flussi passeggeri sulla linea presa in considerazione tra la situazione di non progetto e progetto che non si limita unicamente al tratto riaperto dall'intervento, bensì all'intera estensione della tratta. I valori dei fattori di carico sull'intera tratta risultano non essere mai inferiori a 0.47, con un picco di 0.69 localizzato nel tratto finale fra Niscemi e Gela. Da tali valori emerge quindi una buona propensione all'utilizzo omogeneo della linea lungo tutto il percorso.

Tabella 5-2: andamento dei flussi sulle singole tratte nei diversi scenari e verifiche dei carichi

Tratta	NP	P	Δ	Carico medio (P)	Fattore Carico (P)
CATANIA CENTRALE-CATANIA FONTANAROSSA	258	1194	936	199	0.65
CATANIA FONTANAROSSA-SCORDIA	133	1093	960	182	0.6
SCORDIA-MILITELLO	101	972	871	161	0.53
MILITELLO-VIZZINI	94	928	834	154	0.51
VIZZINI-GRAMMICHELE	55	859	804	143	0.47
GRAMMICHELE-CALTAGIRONE	34	863	829	144	0.47
CALTAGIRONE-NISCEMI	-	860	860	143	0.47
NISCEMI-GELA	-	1256	1256	209	0.69

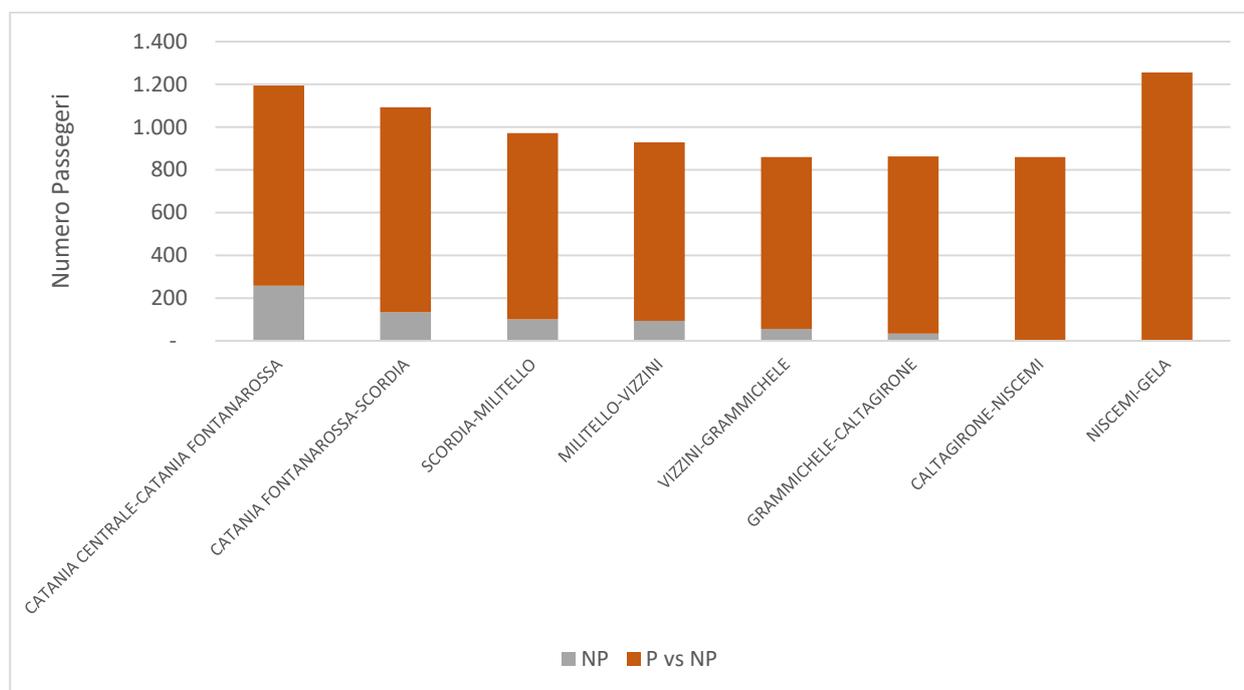


Figura 5-3 andamento dei flussi sulle singole tratte

A complemento dei dati sopra presentati di seguito è mostrato il numero di saliti e discesi per ciascuna fermata dei servizi Catania – Gela su entrambe le direzioni.

La Figura 5-4: Stima del numero di saliti/discesi medi giornalieri alle diverse fermate mostra come, fatta eccezione per Catania vista anche la sua maggiore dimensione, il tratto maggiormente utilizzato risulti quello fra Caltagirone e Gela. In particolare, il tratto fra Niscemi e Gela appare particolarmente frequentato, con una quota significativa di saliti e discesi fra le due stazioni. Stesso tipo di tendenza, seppure in misura minore, è mostrata fra le stazioni di Caltagirone e Catania con Gela.

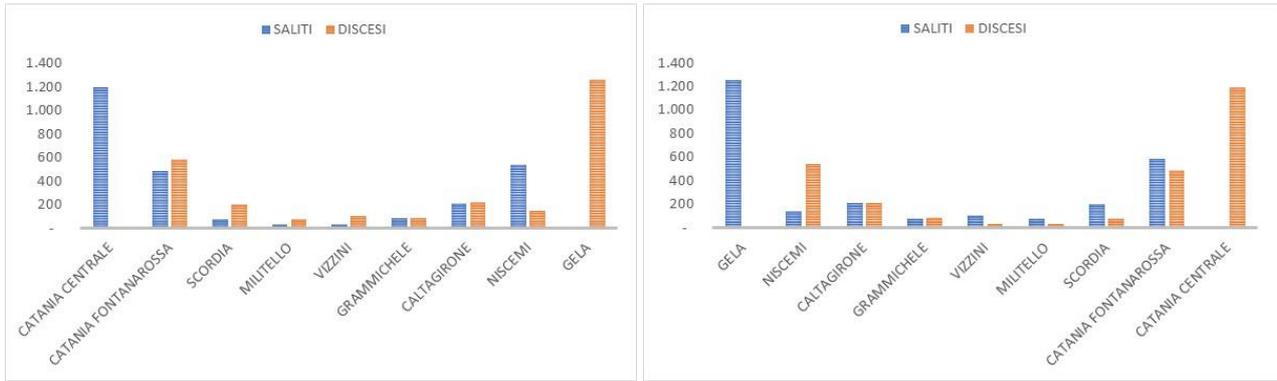


Figura 5-4: Stima del numero di saliti/discesi medi giornalieri alle diverse fermate

5.3. GLI INDICATORI PER L'ANALISI COSTI-BENEFICI

L'apparato modellistico posto in atto per la valutazione degli effetti prodotti dall'investimento in analisi sul traffico regionale ha altresì consentito di valutare una serie di indicatori utilizzati, nello specifico, nella analisi di redditività dell'investimento in esame, analisi non oggetto del presente documento.

Più in particolare, sono stati utilizzati i seguenti elementi provenienti dalla applicazione dell'intera catena modellistica in ciascuno scenario analizzato (Non Progetto - NP e Progetto - P) per l'orizzonte temporale preso in esame (2026):

$d_{od, strada}^{P,a}$, $d_{od, strada}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone od su modo stradale, espressa in numero di passeggeri giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno a

$\bar{d}_{od, strada}^{P,a}$, $\bar{d}_{od, strada}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone od su modo stradale, espressa in numero di veicoli giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno a

$d_{od, bus}^{P,a}$, $d_{od, bus}^{NP,a}$ valore della domanda sulla coppia di zone od su modo bus, espressa in numero di passeggeri giornalieri, negli scenari NP e P e all'anno a

$T_{od, strada}^{P,a}$, $T_{od, strada}^{NP,a}$ valore del tempo di percorrenza per la coppia di zone od su strada, espressa in numero di ore, negli scenari NP e P e all'anno a

$D_{od, strada}$ valore della distanza su rete stradale per la coppia di zone od

D_l lunghezza del singolo arco l della rete stradale

$NT_r^{s,a}$ numero di treni giornalieri circolanti sulla singola relazione r nello scenario s (P, NP) nell'anno a

$D_r^{s,a}$ distanza su rete ferroviaria della relazione r nello scenario s (P, NP) nell'anno a

$f_l^{s,a}$ flusso passeggeri su ciascun arco l della rete ferroviaria nello scenario s (P, NP) nell'anno a

$t_l^{s,a}$ tempo di percorrenza dei servizi ferroviari su ciascun arco l della rete ferroviaria nello scenario s (P, NP) nell'anno a

Il seguente schema espone, per ciascun indicatore considerato, il criterio con cui lo stesso è stato valutato attraverso i risultati del sistema dei modelli. Gli indicatori sono originariamente determinati con riferimento ad un giorno medio annuo e riportati all'intero anno considerando un numero di giorni annuo pari a 300.

Indicatori riferiti alla modalità stradale	
Pax-h	sommatoria, per ciascuna coppia O/D, dei prodotti tra la differenza dei tempi di percorrenza su strada (Progetto - Non Progetto) sulla coppia O/D e la

	relativa componente di domanda stradale (espressa in numero di passeggeri) nella situazione di progetto (utenti conservati)	$\sum_{\forall od} (T_{od, strada}^{P,a} - T_{od, strada}^{NP,a}) d_{od, strada}^{P,a}$
Veicoli.km	sommatoria, per ciascuna coppia O/D, dei prodotti tra la differenza (progetto - non progetto) dei flussi di domanda (espressi in numero di veicoli) sulla coppia O/D per la relativa distanza su rete stradale	$\sum_{\forall od} (\bar{d}_{od, strada}^{P,a} - \bar{d}_{od, strada}^{NP,a}) D_{od, strada}$
Indicatori riferiti alla modalità ferroviaria		
Treni.km	differenza del numero dei treni-km associati agli scenari di progetto e non progetto. Per ciascuno scenario il numero di treni-km è valutato sulla base delle ipotesi di esercizio considerate, attraverso la somma dei prodotti del numero di treni su ciascuna relazione e la distanza della relazione stessa	$\sum_{\forall r} NT_r^{P,a} D_r^{P,a} - \sum_{\forall r} NT_r^{NP,a} D_r^{NP,a}$
Passeggeri.h (conservati)	sommatoria dei prodotti tra la matrice O/D ferroviaria nella situazione di non progetto per la differenza dei tempi di percorrenza (non progetto - progetto)	$\sum_{\forall l} (t_l^{NP,a} - t_l^{P,a}) D_{od, ferro}^{NP,a}$
Passeggeri.h (incrementali)	sommatoria dei prodotti tra la differenza delle matrici O/D ferroviarie (progetto - non progetto) per la differenza dei tempi di percorrenza (non progetto - progetto)	$\sum_{\forall l} (D_{od}^{P,a} - D_{od}^{NP,a}) (t_l^{NP,a} - t_l^{P,a})$
Indicatori riferiti alla modalità ferroviaria		
Bus.km	come indicato in nota Errore. Il segnalibro non è definito. la variazione dei bus-km è stata effettuata <i>ex-post</i> tenendo sotto controllo le variazioni del numero di passeggeri-km sulla stessa modalità. noti i valori del numero di passeggeri-km (derivanti da modello) e bus-km nella situazione di non progetto NP (pari a 206'594 bus-km/giorno) il loro rapporto produce una stima del coefficiente di occupazione medio dei bus che è stato utilizzato per valutare il numero dei bus-km nella situazione di progetto	$NBUS^{NP} * Dist$

La seguente tabella espone infine il valore degli indicatori riferiti all'anno di simulazione (2026) considerato ai fini dell'ACB. Ai fini di riportare all'intero anno il valore dei citati indicatori è stato considerato un numero di giorni annuo pari a 300.

Tabella 5-3 Indicatori riferiti al trasporto passeggeri regionale (anno)

		2026
stradale	pax-h	-29.260

	veic-km	-39.871.428
ferroviaria	treni-km	374.662
	pax-h conservati	679.797
	pax-h incrementali	1.573.037
bus	bus-km	-79.200

APPENDICE METODOLOGICA

Le analisi e le previsioni di traffico sono state ottenute attraverso l'applicazione di una metodologia (si vedano le *Figura 5-1* e *Figura 5-2*) basata su un sistema di modelli matematici in grado di simulare il funzionamento del sistema dei trasporti, che è stata implementata per riprodurre l'interazione tra la domanda di mobilità e l'offerta trasporto con lo scopo di calcolare i traffici negli scenari simulati nonché gli indicatori che saranno utilizzati nell'ambito dell'Analisi Costi benefici, non oggetto del presente rapporto.

Di seguito sono descritti nel dettaglio le singole componenti del sistema dei modelli messi a punto nonché elementi atti a valutare la loro capacità di riprodurre il fenomeno di mobilità oggetto di analisi.

A_1 Il modello di offerta

Il modello di offerta consente di rappresentare il sistema dei trasporti attuale e futuro dell'intero territorio regionale siciliano, di calcolare le prestazioni ed i livelli di servizio offerti, nonché di analizzare il funzionamento del sistema di offerta, impegno di infrastrutture, servizi di trasporto ed eventuali criticità.

L'offerta di trasporto viene quindi modellizzata attraverso la costruzione di un modello di rete, costituito da uno o più grafi (tanti quanti sono i modi di trasporto considerati) e dalle funzioni di costo associate ai suoi archi. Ogni grafo si compone di elementi fondamentali quali:

- i centroidi, ovvero i poli generatori/attrattori della domanda di trasporto;
- i nodi, ovvero i punti che non hanno associato alcun potenziale di attrazione o generazione ed hanno invece funzione di consentire una riproduzione il più possibile fedele della rete, attraverso la rappresentazione delle intersezioni stradali e le fermate del trasporto collettivo;
- gli archi, ovvero i collegamenti tra i nodi, che rappresentano le infrastrutture di trasporto della rete stradale e/o le linee del trasporto collettivo.

Nel caso di studio, il grafo della rete di trasporto stradale attuale, è costituito dagli elementi di seguito riportati:

- 384 centroidi (che rappresentano una suddivisione del territorio principalmente di livello comunale), di cui circa 221 interni all'area di intervento e 163 nel resto della Sicilia e del Paese;
- circa 16'500 archi che rappresentano la rete stradale primaria dell'area di studio atti a garantire gli spostamenti inter-comunali (di cui circa 900 rappresentano archi connettori che servono per la connessione dei centroidi al grafo);
- circa 5'500 nodi che rappresentano punti di notevole interesse per la rete stradale (svincoli, intersezioni, ecc.).

Agli archi stradali sono associate una serie di caratteristiche sia fisiche che funzionali quali:

- la lunghezza;
- la direzione dei flussi;
- il numero delle corsie;
- la classe funzionale della strada;
- la capacità (veicoli/ora);
- la velocità a flusso nullo (km/h);
- i conteggi di traffico eventualmente disponibili;
- i toponimi e una serie di altre informazioni.

Nel caso in esame la rete viaria è stata modellizzata trascurando tutti gli elementi classificabili come "viabilità locale", e considerando dunque i soli elementi appartenenti alla viabilità principale utile alla rappresentazione dei principali collegamenti inter-comunali. La figura seguente riporta una rappresentazione del grafo della rete stradale attuale.

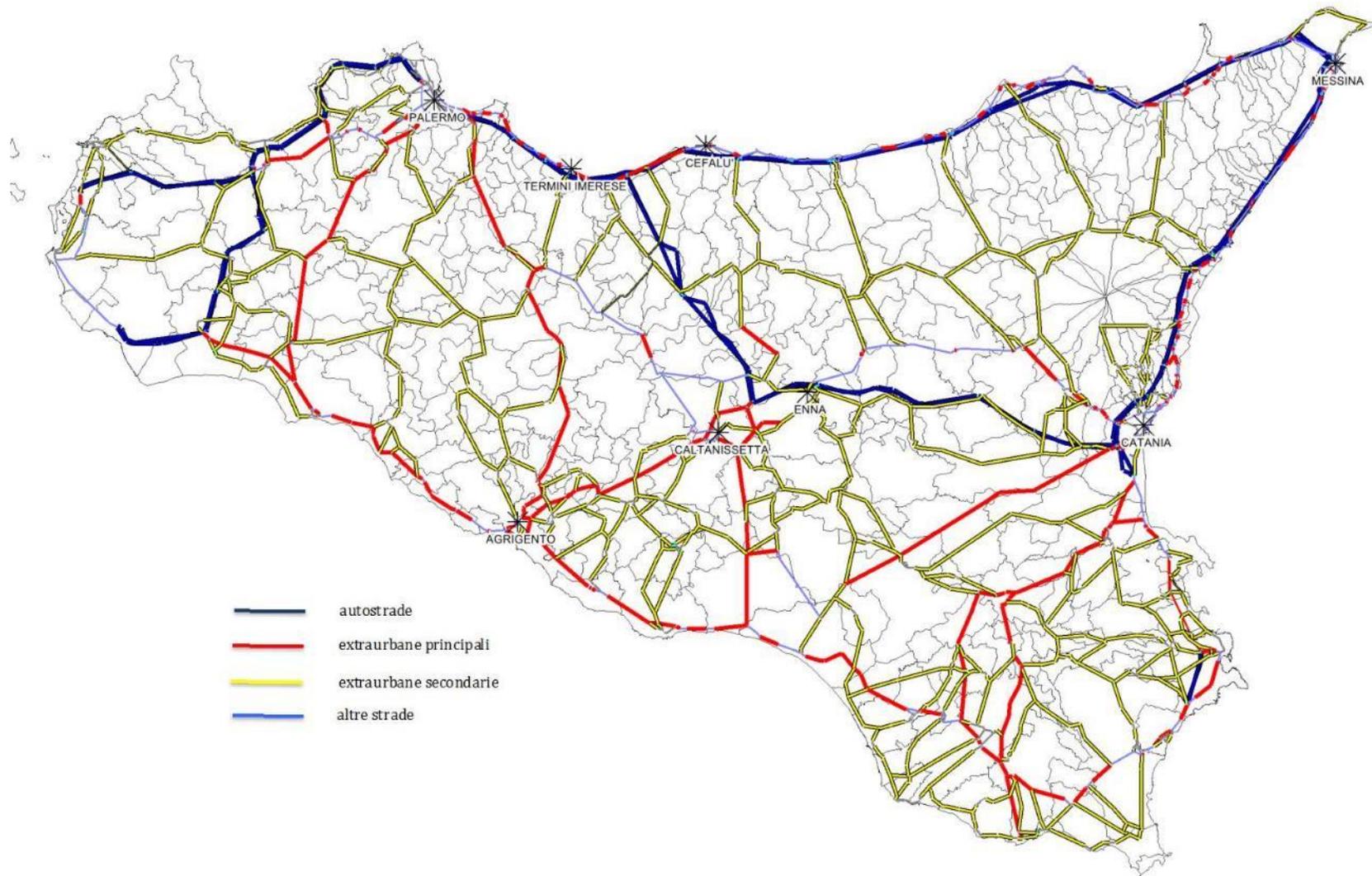


Figura A.1 - Scenario attuale: grafo stradale

Costruito il grafo stradale, il modello di rete stradale viene messo a punto attraverso l'associazione di una funzione di deflusso per ogni arco della rete. Queste funzioni sono delle relazioni matematiche che consentono di calcolare il tempo di percorrenza degli archi ed il tempo necessario per effettuare le possibili manovre ai nodi in funzione delle caratteristiche infrastrutturali e di traffico degli archi.

Ciascuna infrastruttura stradale è caratterizzata da un funzionamento tipico che è riassunto nella specifica curva di deflusso, che pone in relazione la velocità media di percorrenza, e quindi il tempo medio di percorrenza, con il livello di utilizzazione dell'infrastruttura stessa (condizioni di deflusso). La forma funzionale delle curve di deflusso utilizzate è del tipo BPR⁷, la cui espressione generale è:

$$t^{BPR}(q) = t_0 \left[1 + \alpha \cdot \left(\frac{q}{n \cdot C} \right)^\beta \right] \quad (A.1)$$

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo t_0 per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso q , dalla capacità $n \cdot C$ dell'arco stesso (n rappresenta il numero di corsie per senso di marcia, C la capacità per corsia) e da due parametri α e β che sottintendono un insieme di fattori funzionali dell'arco (caratteristiche geometriche, condizioni d'uso, ecc.).

Per quanto riguarda la rete delle linee di trasporto collettivo, è stato considerato:

- un sottosistema di linee di superficie su gomma;
- un sottosistema di linee ferroviarie.

Questi sottosistemi sono costituiti dalla:

- rete dei servizi ferroviari di interesse per l'area di intervento.
- rete di servizi su gomma (bus extraurbani) che collegano i principali poli di interesse nell'area di cui sopra.

Per quanto riguarda l'offerta attuale, il grafo del trasporto pubblico attuale rappresenta un'offerta di 37 linee, di cui 14 individuano il servizio di trasporto pubblico su ferro (per un totale di 162 treni giornalieri) e 22 rappresentano il servizio di trasporto pubblico su gomma (per un totale di circa 240 corse al giorno) di interesse nell'area di intervento per il collegamento dei comuni interessati con i principali poli attrattori ed i poli attrattori tra loro.

L'offerta attuale dei servizi di trasporto collettivo viene effettuata su di una rete infrastrutturale su ferro che si sviluppa per circa 720 km e su 1.400 km di strade utilizzate dai bus extraurbani.

Nel modello di offerta di trasporto pubblico, alle linee sono associate una serie di informazioni quali:

- la lunghezza;
- la velocità commerciale;
- il tipo di servizio;
- la frequenza del servizio;
- i toponimi delle fermate ed i relativi codici di corrispondenza ai nodi della rete.

⁷ Bureau of Public Roads, Traffic Assignment Manual, U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964.

A_2 Il modello di domanda

La previsione della domanda di trasporto viene effettuata utilizzando un sistema di modelli ad aliquote parziali costituito da un modello di emissione o generazione, un modello di distribuzione ed un modello di scelta modale che, caratterizzato per motivo dello spostamento, consente di ottenere:

$$d_{od}(s,m) = d_o(s) p(d/os) p(m/ods)$$

dove:

$d_{od}(s,m)$ è numero di spostamenti tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s utilizzando il modo di trasporto m ;

$d_o(s)$ è numero di spostamenti emessi dall'origine o per il motivo s ;

$p(d/os)$ è l'aliquota di spostamenti che arrivano nella destinazione d partendo dall'origine o per il motivo s ;

$p(m/ods)$ è l'aliquota di spostamenti tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s che utilizza il modo di trasporto m .

La previsione viene fatta per un periodo temporale di riferimento b , che qui di seguito viene sottinteso per semplificare la formulazione e non appesantire inutilmente la lettura della stessa.

Qui di seguito viene sinteticamente riportata la specificazione dei modelli di emissione, distribuzione e scelta modale.

Modelli di emissione

I modelli di emissione adottati sono del tipo indice per categoria. Le categorie di utenti considerate sono quelle riconducibili al motivo di spostamento s .

Il numero di spostamenti emessi dall'origine o per il motivo s , $d_o(s)$, può essere calcolato come:

$$d_o(s) = \sum_i X_o^i m^i(s)$$

dove:

X_o^i è il numero di utenti della categoria i che si trovano nella zona di origine o ;

$m^i(s)$ è indice medio di spostamenti effettuati dagli individui della categoria i per il motivo s .

La specificazione degli attributi ed i valori degli indici adottati per i tre motivi di spostamento s considerati (lavoro, studio e altri motivi) sono riportati in un successivo paragrafo.

Modelli di distribuzione

In generale, i modelli di distribuzione adottati sono del tipo vincolato in destinazione.

L'aliquota di spostamenti che arrivano nella destinazione d partendo dall'origine o per il motivo è data da:

$$p(d/os) = A_d^{\beta_1} C_{od}^{-\beta_2} / \sum_{d'} A_{d'}^{\beta_1} C_{od'}^{-\beta_2}$$

dove:

A_d è la variabile di attrazione associata alla destinazione d ;

C_{od} è la variabile di separazione o costo tra l'origine o e la destinazione d ;

β_1 e β_2 sono i parametri del modello;

la sommatoria è estesa a tutte le destinazioni d' dell'area di studio.

Tuttavia, per l'applicazione al caso di studio, si dovrebbe avere una previsione della capacità attrattiva delle zone e quindi una previsione di addetti di dettaglio per i settori riconducibili ai motivi lavoro, studio e altri. Stante l'evidente approssimazione che si avrebbe per la stima di queste variabili al futuro, in fase di applicazione si è ritenuto che l'attuale capacità attrattiva delle zone non cambi e pertanto l'aliquota di spostamenti che arrivano nella destinazione d partendo dall'origine o per il motivo s può essere ottenuta come:

$$p(d/os) = D_{od} / \sum_{d'} D_{od'}$$

dove D_{od} è il valore della domanda tra l'origine o e la destinazione d ricavato dalle matrici attuali.

Modelli di scelta modale

I modelli di scelta modale adottati sono del tipo logit gerarchizzato che considera come alternative modali m l'autovettura, il bus extraurbano ed il treno; questi ultimi due facenti parte di un gruppo "trasporto collettivo" (vedi figura A.2).

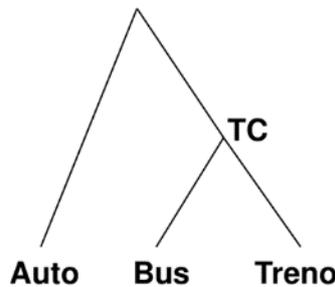


Figura A.2 – Modello di scelta modale: gerarchizzazione ed alternative

L'aliquota di spostamenti tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s che utilizza il modo di trasporto m può essere calcolata come:

$$p(m/ods) = p(g/ods) p(m/gods) = [\exp(\delta Y_g^s) / \sum_{g'} \exp(\delta Y_{g'}^s)] [\exp(V_{odm}^s) / \sum_{m'} \exp(V_{odm'}^s)]$$

dove:

$Y_g^s = \ln \sum_{m' \in g} \exp(V_{odm'}^s)$ è la variabile logsum relativa al gruppo g (Trasporto Collettivo) di alternative modali bus e treno;

δ è il parametro di struttura del modello logit gerarchizzato (nested);

V_{odm}^s è la funzione di utilità relativa al modo m appartenente al gruppo g per spostarsi tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s .

L'utilità sistematica V_{odm}^s associata alla generica alternativa m per spostarsi tra l'origine o e la destinazione d per il motivo s è assunta essere una funzione lineare degli attributi $X_{k,m}^{od}$, ovvero:

$$V_{odm}^s = \beta_k X_{k,m}^{od}$$

dove i β_k rappresentano i parametri del modello.

La specificazione degli attributi ed i parametri adottati per i tre motivi di spostamento s considerati (lavoro, studio e altri motivi) sono riportati nel paragrafo A_5.

A_3 Il modello di interazione domanda-offerta

I modelli di assegnazione simulano come la domanda O/D ed i flussi sui diversi percorsi impegnano i diversi elementi del sistema di offerta. Essi permettono di calcolare i flussi di traffico, ossia il numero di utenti che in prefissati periodi della giornata utilizzano ciascun arco della rete rappresentativa dell'offerta di trasporto,

sia in termini di passeggeri trasportati dal sistema di trasporto pubblico che in termini di veicoli che impegnano le infrastrutture stradali.

La variabile che deve essere minimizzata nella fase d'assegnazione è il costo generalizzato del trasporto, calcolato come media pesata del tempo complessivo di percorrenza dell'utente e del costo monetario.

La procedura di assegnazione per il trasporto collettivo consente di calcolare:

- passeggeri saliti e discesi ad ogni fermata ed ogni linea della rete del trasporto collettivo;
- passeggeri a bordo di ogni linea.

Per quanto riguarda la rete stradale, il modello di assegnazione utilizzato è un modello di carico della rete, che consente di calcolare i flussi sugli archi della rete come risultato di un modello di scelta del percorso

Per una valutazione sintetica della prestazione delle reti, per ogni scenario, è possibile calcolare degli indicatori sintetici di prestazione, tra i quali il numero di passeggeri-h e di passeggeri-km, suddivisi per modo di trasporto.

A_4 La calibrazione aggregata del sistema di modelli

Prima di essere applicato per la previsione di scenari futuri, il sistema di modelli matematici per la simulazione del sistema dei trasporti deve essere *calibrato*, ovvero devono essere stimati i suoi coefficienti o parametri, e *validato*, ovvero deve essere provata la sua capacità di riprodurre il fenomeno di mobilità osservato attraverso i dati disponibili (scenario attuale). Un buon sistema di modelli è di solito il risultato di un processo “*trial and error*” in cui il ciclo specificazione, calibrazione e verifica viene ripetuto più volte fino al raggiungimento di un modello statisticamente “soddisfacente”. Nel prosieguo vengono sinteticamente descritti i risultati delle suddette fasi per il modello di offerta e per il sistema di modelli di domanda.

• Calibrazione aggregata modello di offerta

Il modello di offerta di trasporto stradale⁸ descritto al §A_1 è stato calibrato in modo aggregato modificando i parametri delle funzioni di costo (relazione A.1) associate agli archi di rete in modo da riprodurre il più fedelmente possibile le prestazioni della rete stradale in termini di costo generalizzato per le principali coppie origine-destinazione (O/D) dell'area d'interesse.

In relazione al prevalente contesto extraurbano di rappresentazione del fenomeno di mobilità in esame, dove è possibile ipotizzare l'assenza di congestione sulla rete regionale, per i tempi O/D rilevati si è fatto riferimento alle principali banche dati disponibili per l'area di studio. In particolare, si è fatto riferimento prestazioni fornite da Google MapsTM. Nella figura A.4 è riportato il risultato delle verifiche effettuate circa la capacità riproduttiva dei modelli di offerta per la rete stradale.

⁸ Per il modello di offerta ferroviario, essendo questo basato sull'orario, abbiamo una riproduzione fedele alla realtà che non rende necessaria una specifica fase di calibrazione.

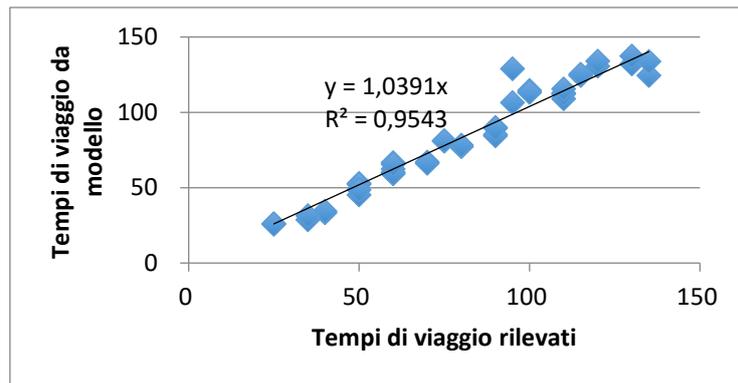


Figura A.4 – Verifica della capacità riproduttiva dei tempi O/D su strada

La bontà della capacità riproduttiva del modello è testimoniata dall'alto valore del coefficiente di determinazione R^2 , di poco superiore a 0,95.

- **La calibrazione aggregata dei modelli di domanda**

Prendendo ad esempio il modello di ripartizione modale di cui al paragrafo A_2, esso può essere visto come una relazione matematica che fornisce la probabilità $p(m) = \Psi(\mathbf{X}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\theta})$ che un determinato decisore che si sposta utilizzi il modo m in funzione del vettore (\mathbf{X}) degli attributi di tutte le alternative disponibili per ciascuna relazione O/D e dei vettori di parametri relativi alla utilità sistematica ($\boldsymbol{\beta}$) e alla funzione di probabilità congiunta dei residui aleatori ($\boldsymbol{\theta}$).

La dipendenza delle probabilità di scelta da \mathbf{X} e $\boldsymbol{\beta}$ avviene attraverso le funzioni di utilità sistematica, assunte essere combinazioni lineari degli attributi $X_{k,m}^{c,od}$ (o loro trasformazioni funzionali) con coefficienti dati dai parametri $\beta_{k,m}$:

$$V_m^c = \sum_k \hat{a}_k b_{k,m} \times X_{k,m}^{c,od}$$

La dipendenza dai parametri strutturali $\boldsymbol{\delta}$ avviene, invece, attraverso la forma funzionale dello specifico modello utilizzato (nested-logit) che a sua volta dipende dalla funzione di distribuzione di probabilità congiunta (Gumbel) dei residui aleatori $\boldsymbol{\varepsilon}$.

Quindi, calibrare il modello significa ottenere delle stime dei coefficienti $\beta_{k,m}$, componenti del vettore $\boldsymbol{\beta}$, e del coefficiente δ sulla base delle scelte rilevate.

I modelli di domanda, una volta specificati, possono essere visti come delle funzioni che mettono in relazione il vettore di domanda con le variabili del sistema di attività \mathbf{SE} e del sistema di trasporto \mathbf{T} tramite il vettore di parametri incogniti $\boldsymbol{\beta}$:

$$\mathbf{d} = \mathbf{d}(\mathbf{SE}, \mathbf{T}, \boldsymbol{\beta})$$

Per una data configurazione dei due sistemi, ovvero per dati valori di \mathbf{SE} e \mathbf{T} , l'espressione precedente può essere considerata come una relazione fra la domanda e il vettore incognito $\boldsymbol{\beta}$.

Il vettore di domanda relativa al modo m ottenuto attraverso il modello può essere espresso come:

$$d_m = d_m(\mathbf{SE}, \mathbf{T}, \boldsymbol{\beta}).$$

Per la stima dei parametri è stata adottata come specificazione quella dei Minimi Quadrati Generalizzati Non Lineari (NLGS) che, in forma semplificata, può essere scritta come:

$$\beta^* = \arg \min_{\beta \in S_B} \sum_{OD} \sum_m \frac{(d_{OD,m}(\beta) - \hat{d}_{OD,m})^2}{\sigma_{OD,m}^2}$$

dove:

- β è il valore corrente del vettore dei parametri;
- S_B il suo insieme di fattibilità, derivante da vincoli (ad esempio) di non positività per i parametri degli attributi di “costo” quale tempo di viaggio, costo monetario;
- $\hat{d}_{OD,m}$ è la domanda relativa all’alternativa modale m disponibile da “fonte”;
- $d_{OD,m}$ è la domanda da stimare funzione del vettore di parametri da stimare;
- $\sigma_{OD,m}^2$ è la varianza di ogni termine dell’equazione.

Sulla scorta delle informazioni disponibili i parametri β ed il relativo parametro di struttura δ stimati mediante il procedimento su menzionato hanno permesso di definire le seguenti relazioni che determinano le utilità sistematiche di ciascun modo di trasporto:

$$\begin{aligned} V_{\text{auto}} &= -\beta_{T_{\text{auto}}} * T_{\text{auto}} - \beta_{C_{\text{auto}}} * C_{\text{auto}} \\ V_{\text{bus}} &= -\beta_{T_{\text{bus}}} * T_{\text{bus}} - \beta_{C_{\text{bus}}} * C_{\text{bus}} - \beta_{\text{bus}} \\ V_{\text{treno}} &= -\beta_{T_{\text{treno}}} * T_{\text{treno}} - \beta_{C_{\text{treno}}} * C_{\text{treno}} - \beta_{\text{treno}} \end{aligned}$$

in cui:

- T_{auto} è il tempo di viaggio in auto sulla relazione od considerata (minuti);
- T_{bus} è il tempo di viaggio in bus sulla relazione od considerata (minuti) comprensivo del distanziamento temporale medio;
- T_{treno} è il tempo di viaggio in treno sulla relazione od considerata (minuti) comprensivo del distanziamento temporale medio;
- C_{auto} è il costo di viaggio in auto sulla relazione od considerata (euro);
- C_{bus} è il costo di viaggio in bus sulla relazione od considerata (euro);
- C_{treno} è il costo di viaggio in treno sulla relazione od considerata (euro).

Una volta terminata la fase di specificazione e calibrazione occorre procedere alla fase di validazione. In questa fase si è verificato la ragionevolezza e la significatività dei parametri stimati, la capacità del modello di riprodurre la mobilità attuale e, infine, si verificano le ipotesi alla base della forma funzionale assunta per il modello.

Tutte queste verifiche vengono condotte attraverso una serie di indicatori, o più propriamente statistiche, utilizzando degli appositi test. Nella figura A.8 si riportano i risultati aggregati dati dall’applicazione del modello al caso in esame. I risultati stimati dal modello sono molto prossimi a quelli da fonte come si può evincere dal valore prossimo all’unità assunto dal coefficiente di determinazione.

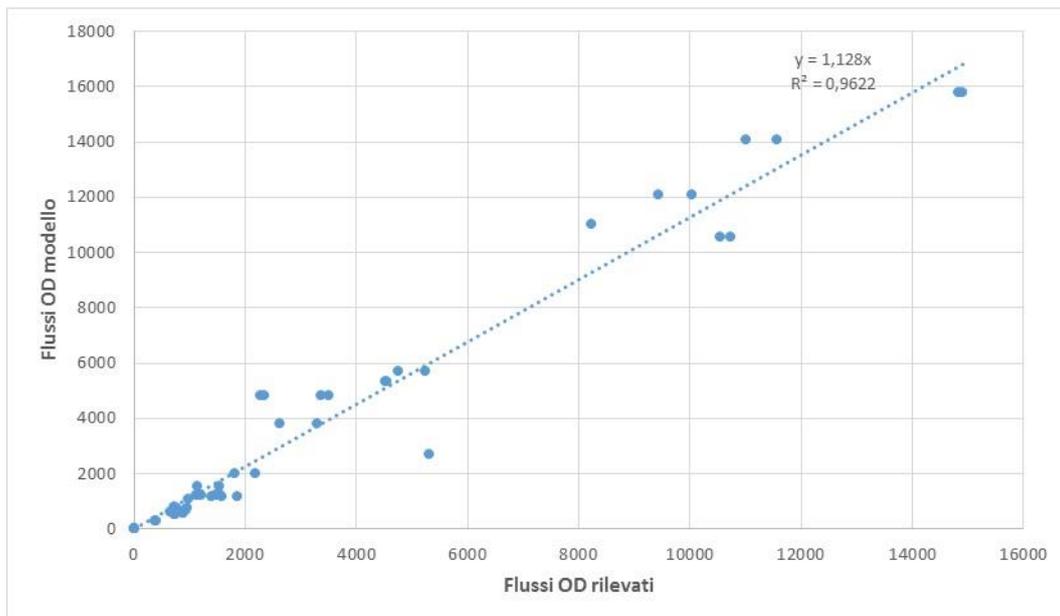


Figura A.8 – Validazione del sistema di modelli nel suo complesso

- **Specificazione degli attributi e parametri adottati nel sistema di modelli**

Tabella A.1 Modelli di emissione – attributi e parametri

motivo	zona	$X_{i_0}^z$	$m^i(s)$	R^2
lavoro	comuni grandi (pop >=5000 ab.)	popolazione 30-64 anni	0.3	0.68
lavoro	comuni piccoli (pop <5000 ab.)	popolazione 30-64 anni	0.363	0.63
studio	comuni grandi (pop >=5000 ab.)	popolazione 15-29 anni	0.34	0.49
studio	comuni piccoli (pop <5000 ab.)	popolazione 15-29 anni	0.38	0.58
altri	comuni grandi (pop >=5000 ab.)	popolazione 15-64 anni	0.042	0.48
altri	comuni piccoli (pop <5000 ab.)	popolazione 15-64 anni	0.096	0.13

A_5 Il modello di scelta modale

Il modello di scelta modale utilizzato per le previsioni è stato ricavato con la metodologia descritta nei capitoli 3 e 7 e in questa appendice metodologica, riproducendo la ripartizione modale del sistema dei trasporti a scala regionale della Sicilia al 2013. Il modello è un *nested-logit* con la struttura riportata in Fig. A.2 e con i coefficienti degli attributi delle funzioni di utilità riportati nella seguente tabella.

Tabella A.2 Modelli di scelta modale – attributi e parametri

<i>attributo/motivo</i>	<i>u.m.</i>	<i>lavoro</i>	<i>studio</i>	<i>altri</i>
<i>tempo totale di viaggio auto</i>	min	-0.031	-0.06	-0.041
<i>costo monetario auto</i>	€	-0.047	-0.094	-0.057
<i>tempo totale di viaggio bus</i>	min	-0.022	-0.012	-0.032
<i>costo monetario bus</i>	€	-0.047	-0.025	-0.057
<i>Costante Specifica Alternativa bus</i>		-6.131	-1.805	-3.831
<i>tempo totale di viaggio treno</i>	min	-0.025	-0.025	-0.025
<i>costo monetario treno</i>	€	-0.084	-0.05	-0.074
<i>Costante Specifica Alternativa treno</i>		-4.284	-1.184	-0.984
<i>parametro di struttura</i>		0.456	0.456	0.356
<i>r²</i>		0.397	0.398	0.887

A_6 Elasticità

Ai fini della stima dell'elasticità è stata eseguita la valutazione con riferimento al concetto di elasticità di arco.

L'elasticità di arco è data rapporto tra la variazione percentuale della domanda, in questo caso ferroviaria, e una prefissata variazione percentuale (di solito convenzionalmente il 10% e/o il 20%) dell'attributo tempo di percorrenza che genera la variazione di domanda stessa.

La variazione di domanda percentuale è stata quindi calcolata attraverso l'applicazione del sistema di modelli nella situazione di NP e l'applicazione del sistema dei modelli in una situazione in cui su ciascuna coppia O/D k è stata ipotizzata una riduzione del tempo di percorrenza pari al 10% e al 20%.

La stima dell'elasticità di arco complessiva è stata quindi ottenuta come media pesata delle singole elasticità individuate per ciascuna coppia O/D k , utilizzando come peso la domanda ferroviaria sulla k -esima coppia nella situazione NP.

Il prospetto che segue mostra i valori dell'elasticità di arco così calcolata.

	<i>lavoro</i>	<i>studio</i>	<i>altri motivi</i>	<i>totale</i>
10%	-0,97	-1,04	-0,67	-0,88
20%	-1,02	-1,08	-0,69	-0,92

È stata inoltre prodotta un'ulteriore valutazione dell'elasticità, meno generica ma specifica delle relazioni sulle quali attraverso il progetto si introducono variazioni degli attributi di livello di servizio.

L'illustrazione seguente mostra la parte di tracciato della linea dorsale Palermo - Catania che attraverso i Lotti 6, 5 e 4b viene adeguato a migliori standard prestazionali nonché le relazioni O/D formate da città capoluogo di

provincia che beneficiano maggiormente dell'investimento; l'elasticità è stata quindi valutata con riferimento a queste relazioni O/D.



Figura 5-5 Relazioni maggiormente beneficate dalla realizzazione degli interventi oggetto del presente Studio

In considerazione dell'attributo tempo di viaggio considerato nel modello di scelta modale utilizzato, i valori di elasticità ottenuti devono essere più propriamente paragonati a quelli del tempo di viaggio generalizzato (*Generalised Journey Time – GJT*). Se ci riferiamo ad una recente pubblicazione di *LeighFisher et al.*⁹ il valore ottenuto di elasticità di arco e quello viceversa specifico di alcune relazioni sono coerenti con quelli indicati nel citato documento come mostrato dalla seguente figura.

Flow Type	GJT Elasticity	PDFH Elasticity
London Long	-1.88 (33.9)	■
Non London Long	-1.65 (67.8)	■
Non Lon Short Seasons	-1.58 (43.9)	■
Non Lon Short Non Seasons	-1.31 (76.2)	■
SE to London Seasons	-1.68 (23.9)	■
SE to London Non Seasons	-1.44 (24.8)	■

Figura 5-6 Stime della GJT elasticity (fonte: *LeighFisher et al.*)

⁹ *Rail Demand Forecasting Estimation, Final Report, Final Draft, Redacted Prepared for Department for Transport, November 2016*