

ITINERARIO

TRAPANI - MAZARA DEL VALLO

VARIANTE ALLA S.S.115 "SUD OCCIDENTALE SICULA"
 DALLO SVINCOLO "BIRGI" SULLA A29/DIR AL COLLEGAMENTO ALLA S.S. 115 AL KM 48+000
 1° STRALCIO FUNZIONALE MARSALA SUD - MAZARA DEL VALLO

PROGETTO DEFINITIVO

COD. PA757

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
 DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Ing. Antonio Scalamandrè
Ordine ing. di Frosinone n. 1063

GEOLOGO:

Dott. Flavio Capozucca
Ordine geologi del Lazio n. 1599

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Roberto Roggi

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. Luigi Mupo

Studio del traffico e analisi costi benefici

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00EG00GENRE02A

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P P A 0 7 5 7 **D** **2 2**

CODICE
 ELAB.

T 0 0 E G 0 0 G E N R E 0 2

A

D					
C					
B					
A					
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	Premessa e sintesi dei risultati.....	1
2	La zonizzazione.....	2
3	La domanda di trasporto attuale.....	4
4	Definizione della Rete di Trasporto.....	7
5	Risultati delle simulazioni. Situazione attuale.....	10
6	Gli scenari futuri di offerta e di domanda.....	13
7	I risultati delle simulazioni.....	15
7.1	Indicatori di rete.....	16
7.2	I risultati sull'asse di progetto.....	18
7.3	La verifica del dimensionamento dell'infrastruttura di progetto.....	20
7.4	Analisi del Livello di Servizio agli svincoli.....	22
7.4.1	Verifica di funzionalità delle rotatorie.....	23
7.4.2	Analisi del Livello di Servizio sulle rampe di uscita.....	34
7.4.3	Verifica di funzionalità delle immissioni a T.....	38
8	L'Analisi Costi Benefici.....	44
8.1	Costi di Realizzazione e Costi di Gestione.....	46
8.2	Benefici Trasportistici.....	48
8.3	Variazione della Sicurezza.....	51
8.4	Benefici Ambientali -Variazione Inquinamento atmosferico.....	56
8.5	Analisi di Fattibilità Economica.....	58

1 Premessa e sintesi dei risultati

Le analisi trasportistiche e Costi benefici sviluppate nel presente documento sono relative al progetto preliminare del 1° stralcio funzionale Marsala Sud - Mazara del Vallo, della Variante alla SS 115 "sud- occidentale sicula" nel tratto Trapani – Mazara del Vallo, compreso tra lo svincolo "Birgi" e il collegamento alla SS 115 in corrispondenza di Mazara del Vallo. Il progetto è completamente fuori sede e prevede una sezione stradale di tipo "C1 extraurbane secondarie" delle "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade " (D.M. LL.PP. 5.11.2001).

Visto il livello progettuale in cui si inserisce lo studio trasportistico, questo è finalizzato alla ricostruzione dei modelli di domanda/offerta di trasporto dell'area di progetto necessari alla stima dei traffici attesi sull'infrastruttura di progetto. A partire dai traffici attesi, sono state effettuate le verifiche di funzionalità del progetto.

Il presente documento è da considerarsi quindi come lo studio trasportistico volto a definire la capacità dell'infrastruttura di progetto a servire le reali esigenze della mobilità dell'area su cui insiste ed a verificare la funzionalità dell'infrastruttura rispetto al traffico atteso. Inoltre, sui tratti stradali che compongono l'infrastruttura di progetto, sono stati stimati i traffici attesi suddivisi in veicoli leggeri passeggeri e veicoli pesanti merci.

I risultati evidenziano all'entrata in esercizio, stimata al 2028, un traffico medio giornaliero di circa 13.500 veicoli leggeri e circa 500 veicoli pesanti nella tratta da Marsala allo svincolo per Petrosino e di circa 12.250 veicoli leggeri e circa 300 veicoli pesanti nella tratta dallo svincolo di Petrosino a Mazara del Vallo.

Le verifiche di funzionalità sull'asse principale evidenziano un corretto dimensionamento dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda i Livelli di Servizio (LoS) degli svincoli, l'analisi è stata condotta sulle rotatorie e gli svincoli a livelli sfalsati previsti da progetto. I risultati all'entrata in esercizio hanno evidenziato una qualità della circolazione che rispetta la norma.

L'Analisi Costi Benefici ha evidenziato la sostenibilità economica dell'intervento, con: un Saggio di Rendimento Interno – S.R.I.E. = 7,90%; un VANE di 100.930.820€ al tasso di attualizzazione del 3%; un rapporto Benefici/Costi al tasso di attualizzazione del 3% pari a 2,14.

2 La zonizzazione

Una delle prime attività connesse alla definizione dell'entità della domanda di trasporto interessata all'uso dell'asse oggetto del presente studio, è consistita nell'individuazione dell'area entro cui si propagano tutti gli effetti conseguenti all'intervento stesso.

L'entità degli effetti diminuisce progressivamente con la distanza e, quindi, sono stati identificati due diversi livelli di area, e relative zone di traffico, in funzione degli effetti che la realizzazione dell'intervento determina su esse. L'area di maggior interesse per il progetto è definita **Area di Studio, e comprende i confini comunali lungo la fascia che va da Marsala fino ad Agrigento, passando per Petrosino e Mazara del Vallo;** le zone di traffico esterne all'area di studio, e su cui non si propagano gli effetti del progetto, è definita Area di Piano e comprende tutto il restante territorio della Sicilia.

La zonizzazione dell'area di studio è di tipo Comunale per l'Area di Studio, per l'Area di Piano è frutto di aggregazione di Comuni limitrofi, con un criterio aggregativo crescente man mano che ci si allontana territorialmente dall'Area di Studio, intendendo con ciò che il singolo comune dell'Area di Studio o l'aggregazione di Comuni contigui per l'Area di Piano rappresenta una singola zona di traffico da cui sono originati ed attratti gli spostamenti dei passeggeri e delle merci.

Le zone complessivamente identificate e modellizzate nello studio sono 51, di cui 16 interne all'area di studio e le restanti di Piano.

Il collegamento con il resto del territorio italiano è simulato, in mancanza di alternative stradali, con un centroide "di cordone" nello stretto di Messina, che comprende il traffico stradale di scambio tra la Sicilia ed il resto dell'Italia.

La *Figura 2.1* mostra la zonizzazione implementata nel modello di domanda di traffico.

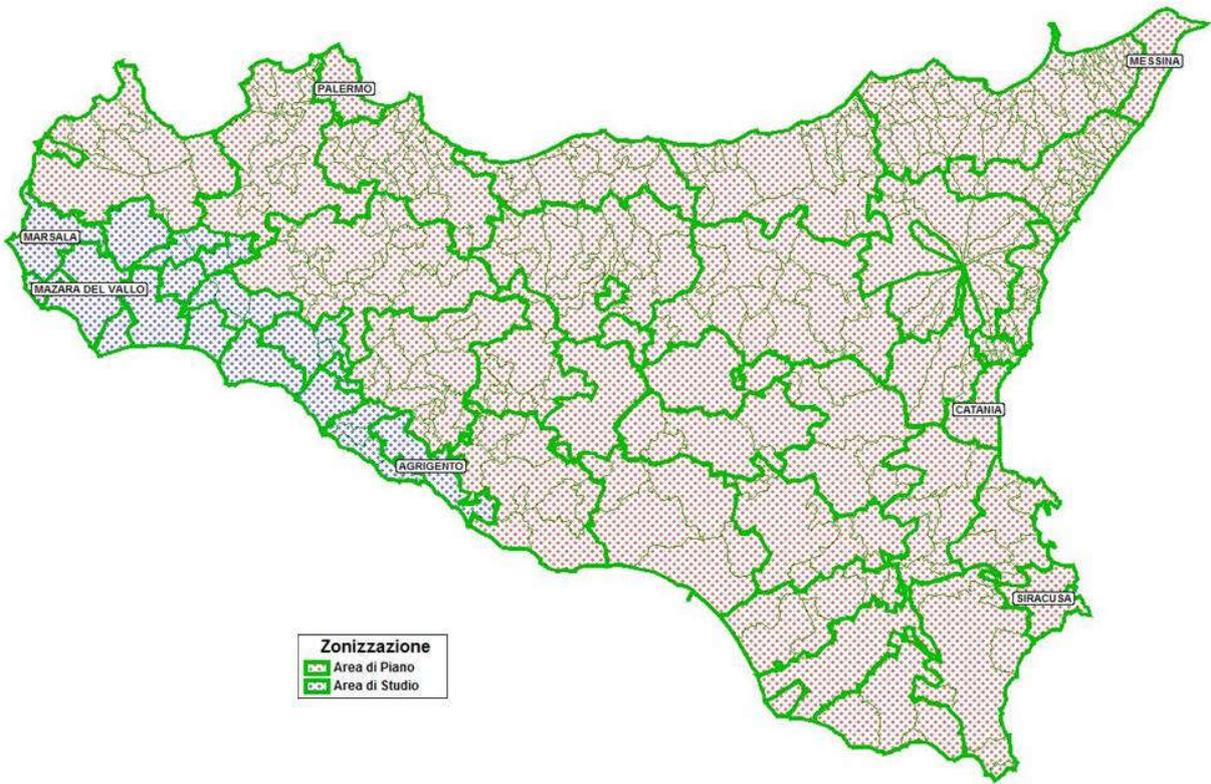


Figura 2.1 - Zonizzazione dell'Area di Studio e di Piano

3 La domanda di trasporto attuale

A partire dalle matrici ISTAT 2011 ed in base ai conteggi di traffico compiuti da ANAS dal 2012 al 2018, disaggregando la domanda di trasporto a disposizione di ANAS da precedenti studi in base alla zonizzazione adottata, è stata definita la domanda di trasporto attuale. Questa domanda è stata calibrata in funzione dei risultati dei conteggi dei flussi di traffico per avere informazioni certe in merito ai flussi veicolari attuali sulla SS115 nella tratta interessata al progetto e nelle tratte a monte ed a valle dello stesso. La *Figura 3.1* evidenzia la localizzazione delle sezioni di conteggio effettuate nell'anno 2018, differenziate tra sezioni dell'area di piano e quelle dell'area di studio.

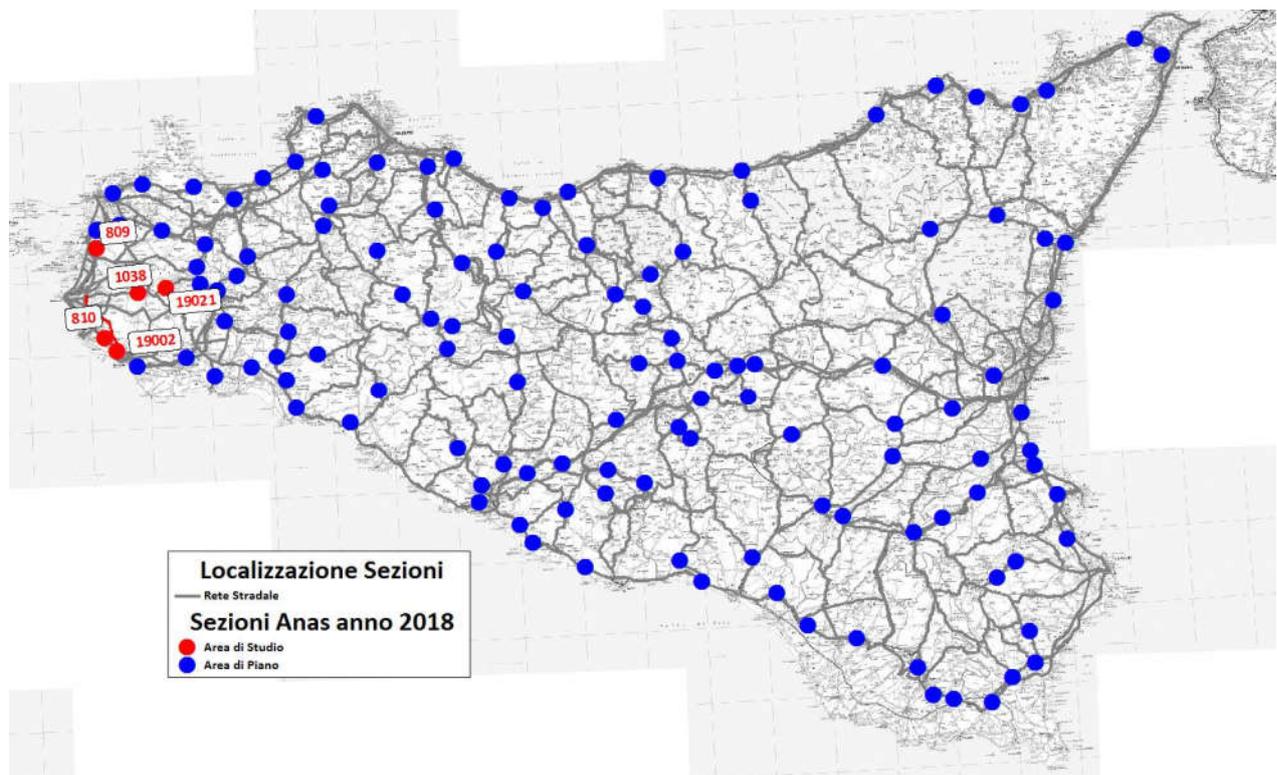


Figura 3.1 - Localizzazione delle sezioni di conteggio

Le *Figure 3.2* e *3.3* mostrano i risultati della calibrazione. I risultati evidenziano l'ottima correlazione tra traffici simulati e traffici misurati restituita dal modello di domanda/offerta rispetto ai risultati delle indagini di campo.

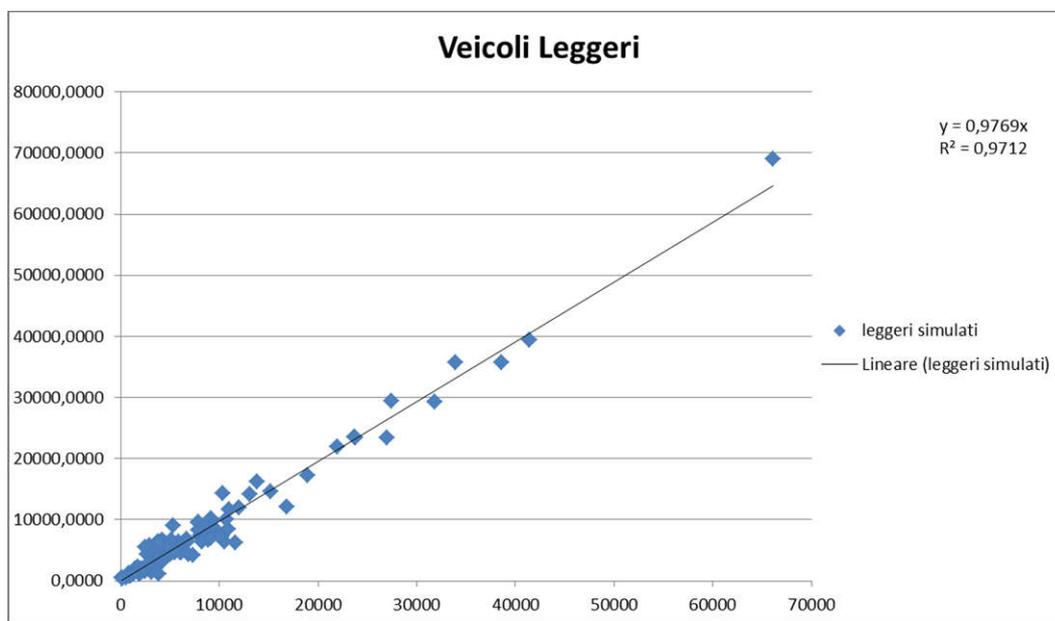


Figura 3.2 – Calibrazione dei veicoli leggeri

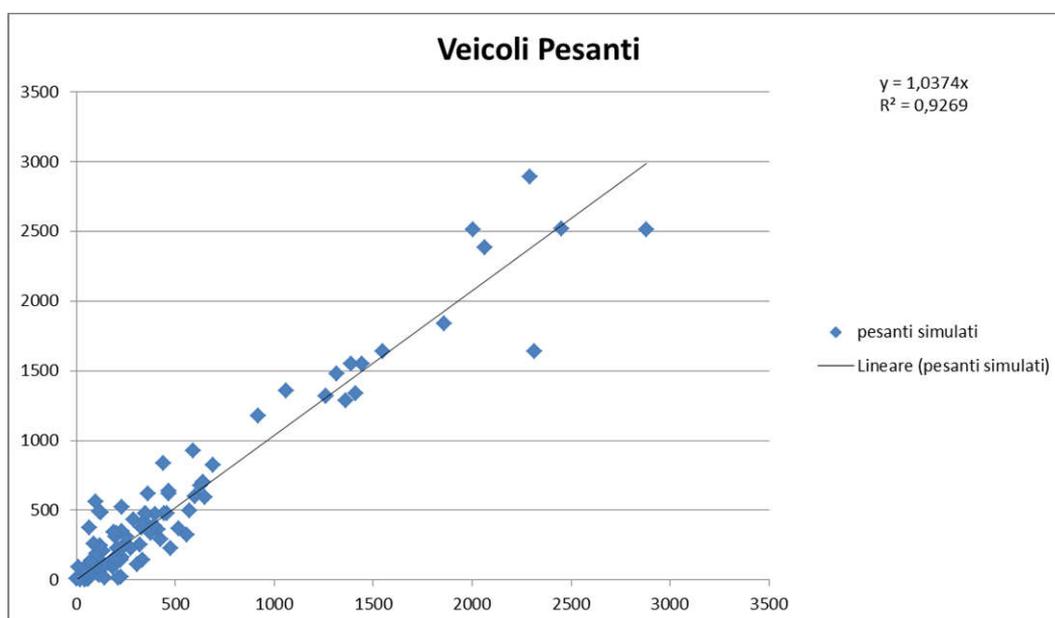


Figura 3.3 – Calibrazione dei veicoli pesanti

Si deve tenere presente che le matrici di domanda ottenute dalla calibrazione devono ritenersi significative degli spostamenti tra le zone di un giorno medio annuo all'anno di riferimento 2018.

I risultati evidenziano come il modello adottato replichi fedelmente, in termini di flussi di traffico giornaliero, i volumi di spostamenti passeggeri e merci misurati nelle sezioni di monitoraggio del traffico

Complessivamente la domanda di trasporto dell'area di studio, a seguito della calibrazione, è caratterizzata da:

- 551.480 spostamenti di veicoli leggeri passeggeri tra le diverse zone di traffico;
- 26.060 spostamenti di veicoli pesanti merci tra le diverse zone di traffico.

4 Definizione della Rete di Trasporto

In questo capitolo sono brevemente descritte le caratteristiche dell'offerta di trasporto stradale utilizzata negli scenari di simulazione. La rete stradale adottata per le valutazioni modellistiche fa riferimento alla zonizzazione già descritta nel precedente capitolo.

Coerentemente con la zonizzazione adottata, l'offerta di trasporto stradale è stata implementata in maniera tale da rappresentare le infrastrutture stradali principali dell'area.

La rete primaria comprende tutte le Autostrade, a pedaggio o meno, della Regione, nonché tutte le infrastrutture statali extraurbane principali e secondarie siciliane.

Internamente all'area di studio sono state considerate inoltre strade di carattere secondario fondamentali per una corretta interpretazione delle dinamiche veicolari nel territorio. A tal fine l'offerta di trasporto è stata implementata nel dettaglio con una scala corrispondente a quella della zonizzazione su base comunale, inserendo nel grafo di rete dell'area, oltre alle strade statali e le autostrade esistenti, la rete di trasporto secondaria, caratterizzata dalle strade provinciali presenti nella zona.

La rete stradale è collegata alla zonizzazione attraverso una serie di vertici, detti "centroidi", rappresentativi dell'intera zona a cui sono associati. Da ognuno di questi centroidi si ritiene che sia originata od attratta la domanda passeggeri o merci appartenente alla zona.

Ciascuna infrastruttura è stata modellizzata attribuendo, a ciascun tratto che la compone, una categoria funzionale che ne definisce le caratteristiche prestazionali e geometriche.

La caratterizzazione prestazionale degli archi che compongono la rete stradale si basa sia sull'attribuzione ad una categoria funzionale, sia sui parametri indicativi della tortuosità e della pendenza della tratta stessa.

La velocità a flusso nullo di ciascun arco è stata calcolata pesando la velocità libera di ciascuna categoria con coefficienti di riduzione attribuiti in funzione dei valori assunti dai parametri di pendenza e tortuosità. I parametri considerati per la determinazione delle variabili indipendenti utilizzate in assegnazione (tempo di percorrenza, costo del tempo,

costo chilometrico, tariffa autostradale se presente) che permettono l'esplicitazione della funzione di costo generalizzato sono i seguenti:

- Pendenza;
- Tortuosità;
- Categoria;
- Sviluppo (km).

La combinazione dei primi tre parametri permette la definizione della velocità di percorrenza, in condizioni di deflusso libero, dei tronchi omogenei di ciascuna infrastruttura stradale. Il rapporto tra la velocità così determinata e l'ultimo parametro (sviluppo) permette di calcolare il tempo di percorrenza.

Associati alla categoria sono inoltre i parametri rappresentativi della curva di ritardo adottata (BPR):

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

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.

Le variabili o parametri che vengono definiti attraverso l'associazione di una certa tipologia ad un arco stradale sono quindi la velocità a flusso libero, la capacità, il parametro α ed il parametro β .

Complessivamente sono stati modellizzati circa 7.200 km di infrastrutture stradali (vedi *Figura 4.1*), di cui 670 km sono assi autostradali, 3.570 km appartengono ad infrastrutture statali extraurbane (principali o secondarie), il resto sono assi secondari di completamento della viabilità dell'area.

In rosso è evidenziato l'asse di progetto, dimensionato come extraurbana secondaria di tipo C1 ad una corsia per senso di marcia.

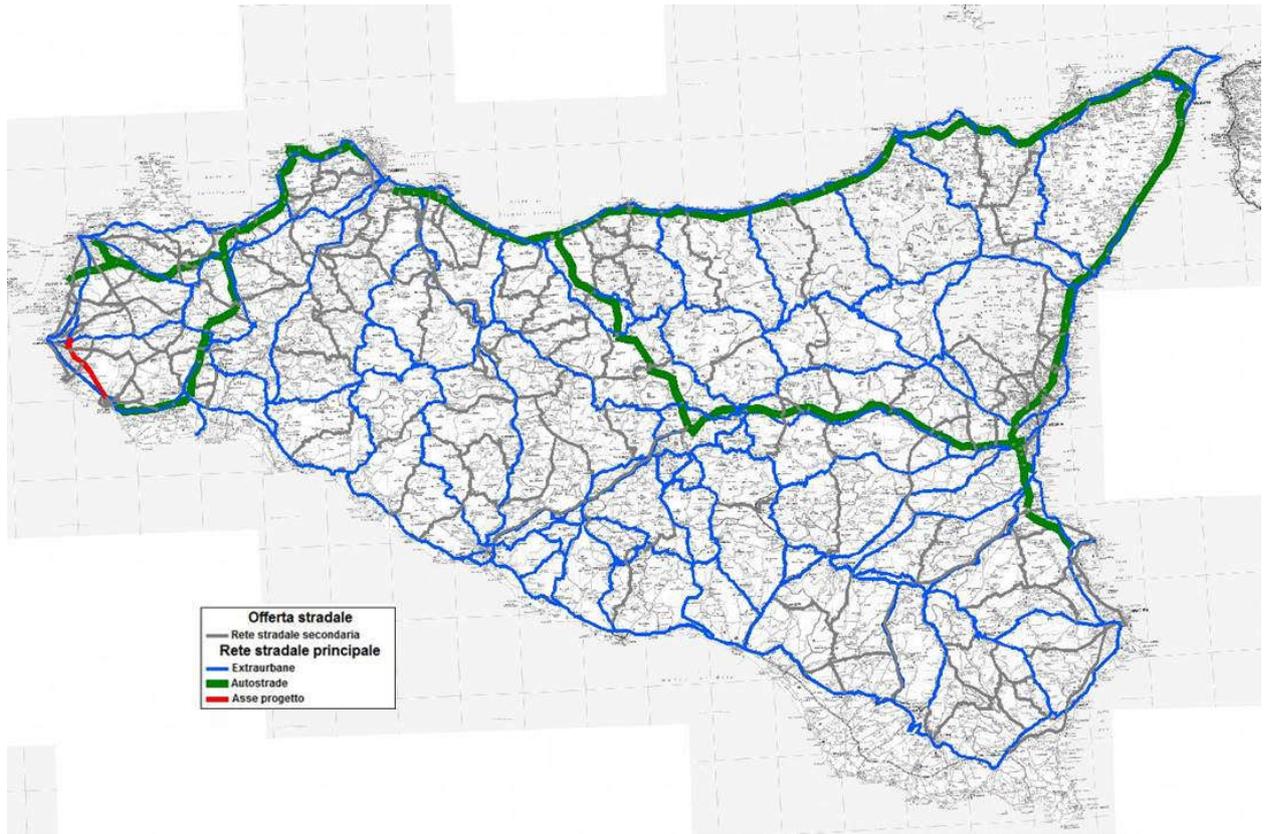


Figura 4.1 - Rete stradale attuale ed asse di progetto

5 Risultati delle simulazioni. Situazione attuale

In questo capitolo sono descritti sinteticamente i risultati delle assegnazioni della domanda di trasporto calibrata al 2018 con l'assetto di rete stradale attuale.

Una volta determinate le matrici Origine–Destinazione della domanda, è effettuata l'assegnazione dei veicoli al grafo stradale, ottenendo le informazioni sui flussi di traffico in rete.

La procedura che effettua l'assegnazione alla rete stradale della domanda merci e passeggeri determina i valori delle seguenti variabili:

- gli attributi del modo trasporto sulla base delle caratteristiche tecniche e funzionali della rete stradale nei periodi di riferimento;
- i flussi di traffico (numero dei veicoli) prodotti sulla rete stradale dalla suddetta domanda;
- i livelli di servizio della rete espressi dalle caratteristiche prestazionali degli archi (tempi, velocità, costi, criticità = rapporto flussi/capacità).

Il caricamento della rete viene simulato come attribuzione di quote omogenee di domanda agli archi del grafo stradale, in base ai percorsi utilizzati per recarsi dalle origini alle destinazioni degli spostamenti.

La simulazione della scelta dei percorsi consiste, secondo i criteri della teoria dell'utilità casuale, nella minimizzazione del costo generalizzato del trasporto percepito dal viaggiatore nell'effettuare lo spostamento a fronte dei limiti relativi sia alla sua percezione dello stato della rete stradale che alla conoscenza e discretizzazione del suo comportamento.

L'assegnazione di ogni quota di domanda è riconducibile ad un caricamento stocastico della rete fra le possibili scelte dell'autista ed i flussi di traffico generati nel corso della medesima assegnazione.

Il tipo di assegnazione è ad equilibrio stocastico dell'utenza (SUE), in modo da tenere conto dei vincoli di capacità degli archi appartenenti alla rete funzione delle caratteristiche funzionali e geometriche degli stessi.

Il modello di assegnazione utilizzato è un modello multimodale, che assegna alla rete tutte le diverse categorie di veicolo che caratterizzano la domanda di trasporto.

Le caratteristiche funzionali della rete considerate nel modello di assegnazione sono le seguenti:

- lunghezza (Km) del singolo arco;
- tempo di percorrenza a flusso nullo dell'arco;
- capacità di deflusso dell'arco.

I parametri utilizzati per il calcolo del costo generalizzato del trasporto, nonché utilizzati per definire i valori di innesco dell'Analisi costi benefici, ottenuti dalle "Linee guida per la valutazione degli investimenti in Opere Pubbliche" - D – Lgs. 228/2011 del giugno 2017, sono i seguenti:

- costo chilometrico del trasporto (legato ad ogni singolo arco della rete e funzione dell'estensione chilometrica dello stesso):
 - 0.19 euro/Km per i veicoli leggeri (passeggeri);
 - 0.79 euro/Km per i veicoli pesanti (merci);
- valore monetario del tempo (VOT):
 - 12,00 euro/h per i veicoli leggeri (passeggeri);
 - 30,00 euro/h per i veicoli pesanti (merci).

Le *Figure 5.1 e 5.2* evidenziano i flussogrammi dell'assegnazione della domanda passeggeri (veicoli leggeri) e merci (veicoli pesanti) all'offerta di trasporto attuale al 2018.

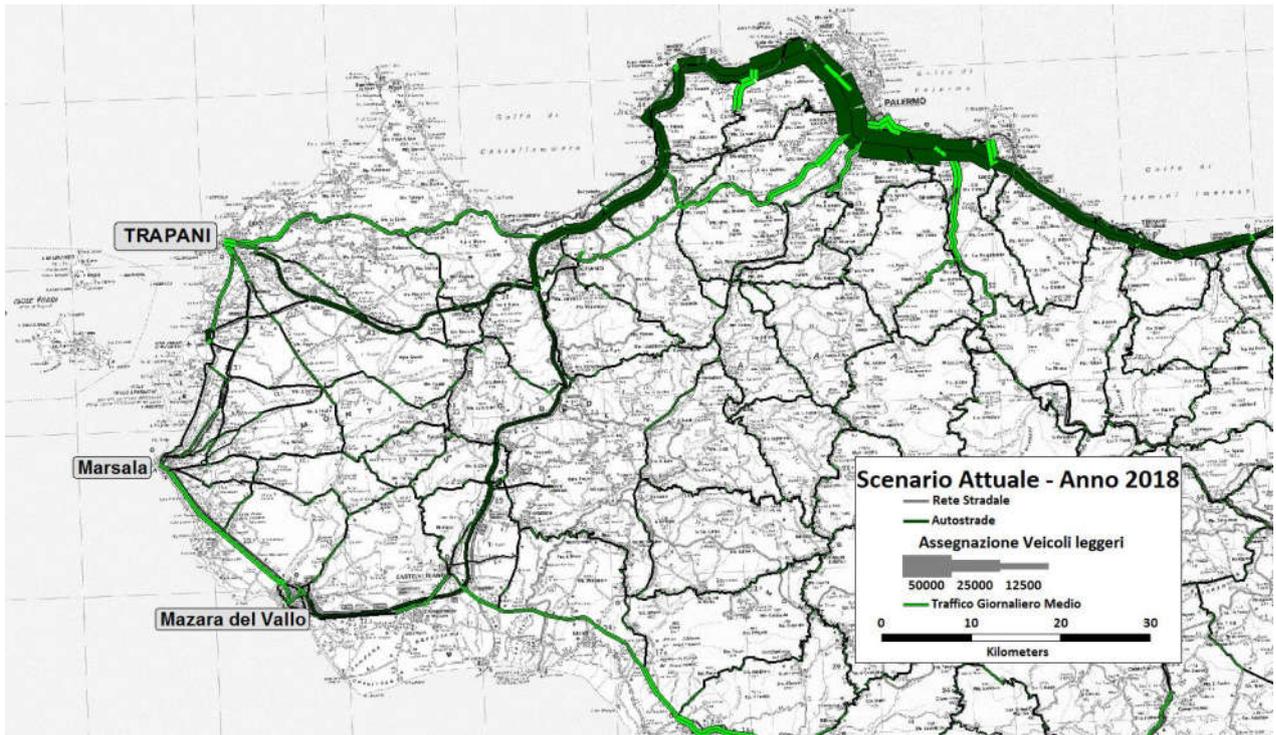


Figura 5.1 - Assegnazione della domanda passeggeri – veicoli giorno 2018

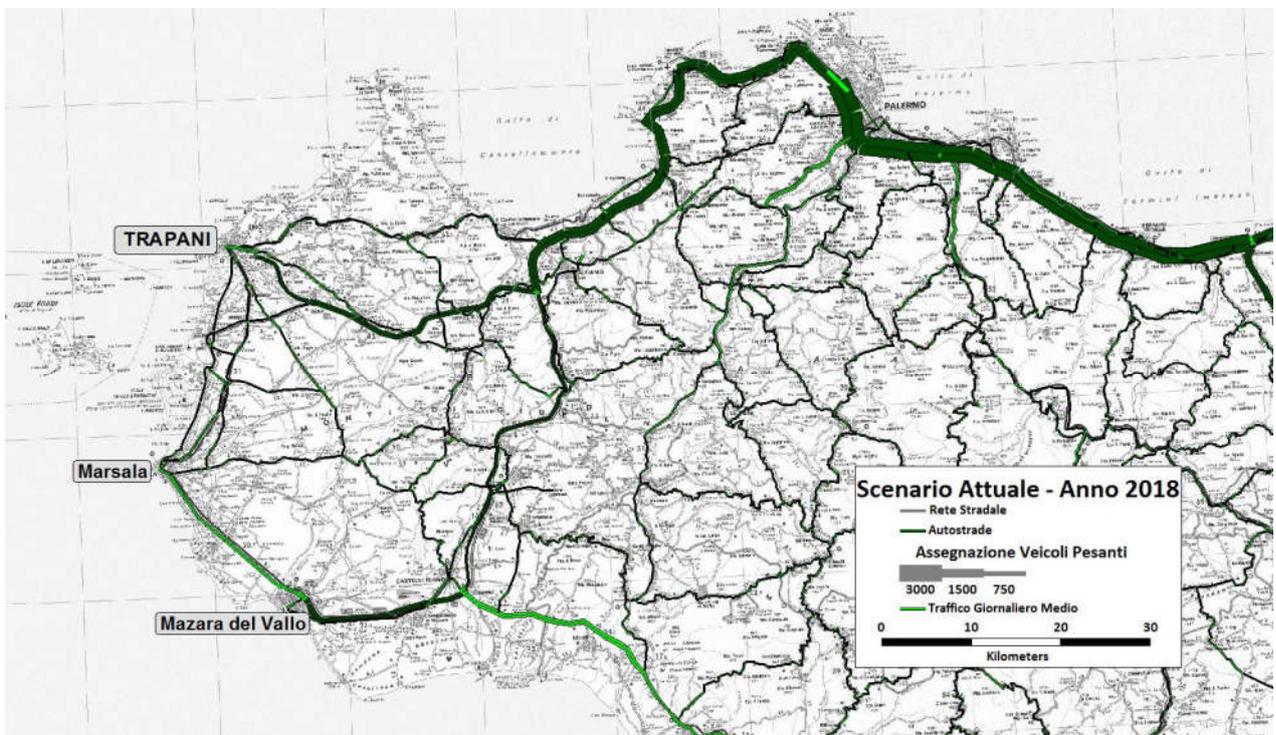


Figura 5.2 - Assegnazione della domanda merci – veicoli giorno 2018

6 Gli scenari futuri di offerta e di domanda

A partire dalla rete attuale è stato composto lo scenario di progetto sul quale effettuare le valutazioni necessarie a caratterizzare l'intervento dal punto di vista trasportistico.

La tratta stradale in progetto è caratterizzata da uno sviluppo complessivo di circa 17km che prevedono, una variante all'attuale SS115 con caratteristiche di strada extraurbana secondaria di sezione C1 secondo le "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (D.M. LL.PP. 5.11.2001).

Per una più dettagliata descrizione dell'intervento si rimanda al quadro di riferimento progettuale.

Al fine di valutare l'entità dei flussi che potranno interessare i territori compresi nell'Area di Studio, sono stati considerati come orizzonti temporali futuri l'anno 2028, in cui si prevede l'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto, e come scenario di medio termine gli anni 2038 e 2048.

Per gli scenari di previsione della domanda di trasporto futura si è fatto riferimento a documenti approvati dagli enti estensori degli studi su progetti relativi ad infrastrutture nell'area di studio e basandosi sull'attuale congiuntura economica che nell'ultimo biennio ha determinato una contrazione dei traffici su scala nazionale. Utilizzando i dati di partenza di questi studi e considerando il valore medio si è deciso di adottare i tassi annui riportati nella *Tabella 6.1*

La *Figura 6.1* mostra l'andamento della curva di crescita della domanda passeggeri e merci adottata.

I coefficienti relativi all'anno 2028, 2038 e 2048 sono stati applicati alle matrici origine-destinazione degli spostamenti (leggeri e pesanti) dell'anno 2018 determinando la domanda di mobilità su strada per gli scenari di progetto.

Ipotizzando l'entrata in esercizio dell'infrastruttura al 2028, e componendo i tassi di crescita considerati della domanda ai vari anni, complessivamente dal 2018 al 2028 la domanda passeggeri cresce del 14,3%, la domanda merci del 16,6%. La crescita agli anni successivi è riportata in *Tabella 6.2*.

TASSI ANNUI	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040 - 2041	2042 - 2048
Leggeri	100,0%	0,8%	0,8%	1,0%	1,2%	1,3%	1,5%	1,5%	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%	2,0%	2,0%	2,2%	1,8%	1,5%	1,3%	1,2%	1,0%	0,8%	0,5%	0,3%	0,1%
Pesanti	100,0%	1,0%	1,0%	1,2%	1,4%	1,5%	1,7%	1,7%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,2%	2,2%	2,4%	2,0%	1,7%	1,5%	1,4%	1,2%	1,0%	0,7%	0,5%	0,3%

Tabella 6.1 - Tassi annui di crescita della domanda negli scenari futuri di previsione

Domanda	Volumi complessivi di crescita della domanda (2018=100)			
	2018	2028	2038	2048
Passeggeri	100	114,3	133,5	135,9
Merci	100	116,6	138,8	144,2

Tabella 6.2 - Volumi di crescita della domanda negli scenari futuri di previsione

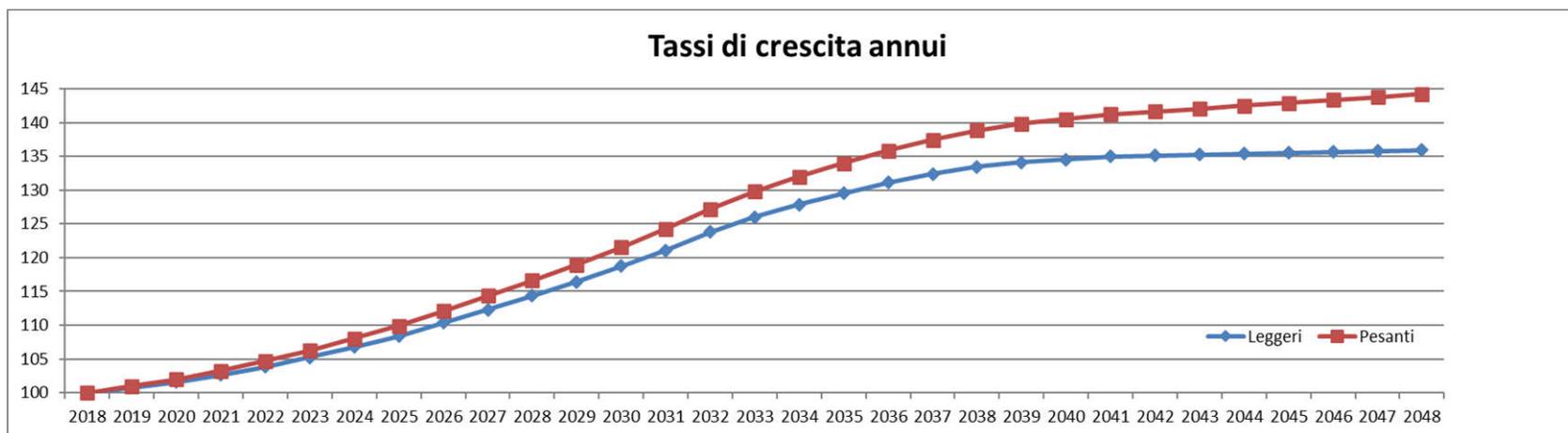


Figura 6.1 – La curva di crescita della domanda passeggeri e merci

7 I risultati delle simulazioni

In questo paragrafo sono riportati i risultati delle simulazioni della domanda giornaliera feriale invernale per lo Scenario di Progetto all'anno 2028 ed ai successivi orizzonti temporali.

La valutazione dell'impatto dell'intervento sul sistema di trasporto dell'area di studio è stato effettuato accoppiando gli scenari di domanda di trasporto con gli scenari di offerta di trasporto.

Gli scenari temporali assunti per le valutazioni sono:

- il 2018, attraverso il quale è stata effettuata la calibrazione del modello di simulazione;
- il 2028, anno in cui si ipotizza l'entrata in esercizio del progetto;
- il 2038, orizzonte temporale per la valutazione dell'intervento nel medio periodo.

Per valutare l'impatto sul sistema di trasporto dell'area d'intervento, la domanda passeggeri e merci, negli orizzonti temporali individuati e differenziata per categoria veicolare, è stata assegnata alla rete di trasporto stradale attuale ("Scenario di Riferimento") ed alla rete con l'intervento stradale in analisi ("Scenario di Progetto").

Lo Scenario di Riferimento è stato realizzato considerando l'assetto programmatico previsto per il medio e lungo periodo.

Lo Scenario di Progetto viene "costruito" a partire da quello di Riferimento inserendo il nuovo progetto.

In particolare lo scenario di progetto prevede la realizzazione di una variante alla SS 115 "sud- occidentale sicula" nel tratto Marsala – Mazara del Vallo, compresa tra lo svincolo con la SS188 e il collegamento alla SS115 in corrispondenza di Mazara del Vallo.

Per una più dettagliata descrizione dell'intervento si rimanda al quadro di riferimento progettuale.

L'analisi è stata eseguita sia a livello di rete di trasporto complessiva dell'area, per la valutazione dei benefici introdotti dall'intervento sul traffico giornaliero medio, sia focalizzando l'attenzione sulla sola direttrice di progetto.

Dal punto di vista delle simulazioni, per i due scenari considerati sono stati valutati:

- I veicoli*Km nell'Area di Studio, suddivisi in leggeri e pesanti, per analizzare le percorrenze della domanda all'interno dell'area;
- I veicoli*ora, sempre nell'Area di Studio, suddivisi, in leggeri e pesanti, per analizzare il tempo complessivamente speso in rete dalla domanda per effettuare gli spostamenti;
- Le velocità medie di percorrenza all'interno dell'Area di Studio;
- I flussi di veicoli stimati (differenziati in leggeri e pesanti) sull'infrastruttura di progetto;
- L'analisi dei Livelli di Servizio (LdS) sull' infrastruttura di progetto e sulla configurazione a rotatoria dell'intersezione più carica.

Nel dettaglio gli scenari simulati sono i seguenti:

- 2028: di riferimento;
- 2028: di progetto;
- 2038: di riferimento;
- 2038: di progetto.

Nei paragrafi seguenti sono analizzati in dettaglio i parametri trasportistici sopra elencati per ciascuno degli scenari considerati.

7.1 Indicatori di rete

La valutazione degli effetti prodotti dall'intervento sull'area di studio è stata effettuata confrontando i principali indicatori trasportistici ai due diversi orizzonti temporali e nei diversi scenari di offerta di trasporto. La tabella seguente mostra i risultati di area nello Scenario di Riferimento al 2028 e al 2038, ovvero i chilometri complessivamente percorsi in rete da tutti i veicoli per compiere gli spostamenti limitatamente alle infrastrutture dell'area di studio ed il corrispondente tempo speso per compiere gli spostamenti nell'area.

I risultati si riferiscono alla domanda giornaliera.

Scenario di Riferimento	Risultati di Area					
	Vei*Km Leggeri	Vei*h Leggeri	Velocità Leggeri	Vei*Km Pesanti	Vei*h Pesanti	Velocità Pesanti
2028	768.109	12.259	62,65	32.022	633	50,57
2038	917.890	14.895	61,62	39.035	785	49,74

Elemento di valutazione dell'utilità sociale dell'intervento è la determinazione dell'impatto che la realizzazione dello stesso ha sul territorio.

A tal fine sono state confrontate le percorrenze complessive di area, ed i relativi tempi, nello scenario di riferimento ed in quello di progetto.

La tabella seguente mostra i risultati delle assegnazioni nell'area di studio per lo Scenario di Progetto. I risultati si riferiscono alla domanda giornaliera.

Scenario di Progetto	Risultati di Area					
	Vei*Km Leggeri	Vei*h Leggeri	Velocità Leggeri	Vei*Km Pesanti	Vei*h Pesanti	Velocità Pesanti
2028	740.987	10.425	71,08	34.304	595	57,70
2038	885.480	12.500	70,84	41.816	727	57,51

I risultati evidenziano al 2028, per i veicoli leggeri, una riduzione degli spostamenti passeggeri (-3,5% circa) ed una riduzione della durata media degli stessi (-15,0% circa). Per i veicoli pesanti invece un incremento degli spostamenti merci (7,0% circa) ed una riduzione della durata media degli stessi (-6,0% circa). Al 2038 l'infrastruttura di progetto tende a servire una quota di domanda maggiore rispetto al 2028, mantenendo comunque costante l'incremento/decremento della lunghezza media degli spostamenti (merci/passeggeri) e determinando un piccolo incremento della riduzione della durata media degli stessi rispetto all'anno 2028 (-16,0% per la componente dei veicoli leggeri e -7,30% circa delle merci).

L'effetto dell'intervento determina quindi una riduzione delle percorrenze (veicoli*km) per gli spostamenti passeggeri, a riprova del fatto che il nuovo asse riesce ad attrarre traffici dalle altre infrastrutture sia riducendo la lunghezza complessiva dello spostamento che migliorando sensibilmente le velocità di percorrenza di area (veicoli*h).

Per gli spostamenti merci invece, l'effetto dell'intervento determina un leggero incremento delle percorrenze (veicoli*km) ed una riduzione dei tempi di percorrenza (veicoli*h). Il nuovo asse quindi attrae traffici merci dalle altre infrastrutture, evidenziando la tendenza della domanda servita ad incrementare leggermente la lunghezza media dello spostamento privilegiando il risparmio di tempo ottenuto per compiere lo stesso.

7.2 I risultati sull'asse di progetto

I risultati delle assegnazioni della domanda futura sulla rete stradale di progetto evidenziano come l'inserimento del collegamento di progetto determina spostamenti di quote di traffico in diversione da altre infrastrutture. Tutti i benefici trasportistici del progetto sono sostanzialmente determinati dalla presenza di un nuovo asse con maggiore capacità di servire il traffico, dalla velocizzazione del collegamento Marsala-Mazara del Vallo e dall'incremento della sicurezza della circolazione.

La *Tabella 7.1* consente di focalizzare i flussi sulla direttrice di progetto espressi in termini di traffico giornaliero medio (TGM) e distinti per categoria veicolare.

Asse di progetto	Tratta	Direzione	TGM - giorno feriale medio			
			Veicoli leggeri	Veicoli pesanti (3 o più assi)	Veicoli totali	Veicoli equivalenti
Anno 2028	Marsala - Petrosino	SUD Mazara del Vallo	6.625	210	6.835	7.150
		NORD Marsala	6.920	267	7.187	7.588
		Bidirezionale	13.545	477	14.022	14.738
	Petrosino - Mazara del Vallo	SUD Mazara del Vallo	6.081	130	6.211	6.407
		NORD Marsala	6.174	169	6.344	6.597
		Bidirezionale	12.255	299	12.555	13.004
Anno 2038	Marsala - Petrosino	SUD Mazara del Vallo	7.917	256	8.173	8.557
		NORD Marsala	8.269	326	8.595	9.083
		Bidirezionale	16.186	582	16.768	17.641
	Petrosino - Mazara del Vallo	SUD Mazara del Vallo	7.267	159	7.426	7.664
		NORD Marsala	7.378	206	7.585	7.894
		Bidirezionale	14.645	365	15.010	15.558

Tabella 7.1 - Traffico Giornaliero Medio lungo la direttrice di progetto per categoria veicolare

Al 2028, anno di entrata in esercizio dell'infrastruttura, i risultati evidenziano volumi di traffico che si attestano attorno ai 14.000 veicoli totali bidirezionali nella tratta da Marsala (Svincolo per SSV Trapani – Marsala) allo svincolo per Petrosino, ed attorno ai 12.550 veicoli totali bidirezionali nella tratta dallo svincolo per Petrosino allo svincolo sulla SS115 per Mazara del Vallo, in entrambe le tratte i traffici totali evidenziano una componente poco rilevante di traffico pesante.

Le *Figure 7.1* e *7.2* mostrano i flussogrammi dei risultati ottenuti per lo scenario di progetto all'anno 2028 distinti per categoria veicolare.

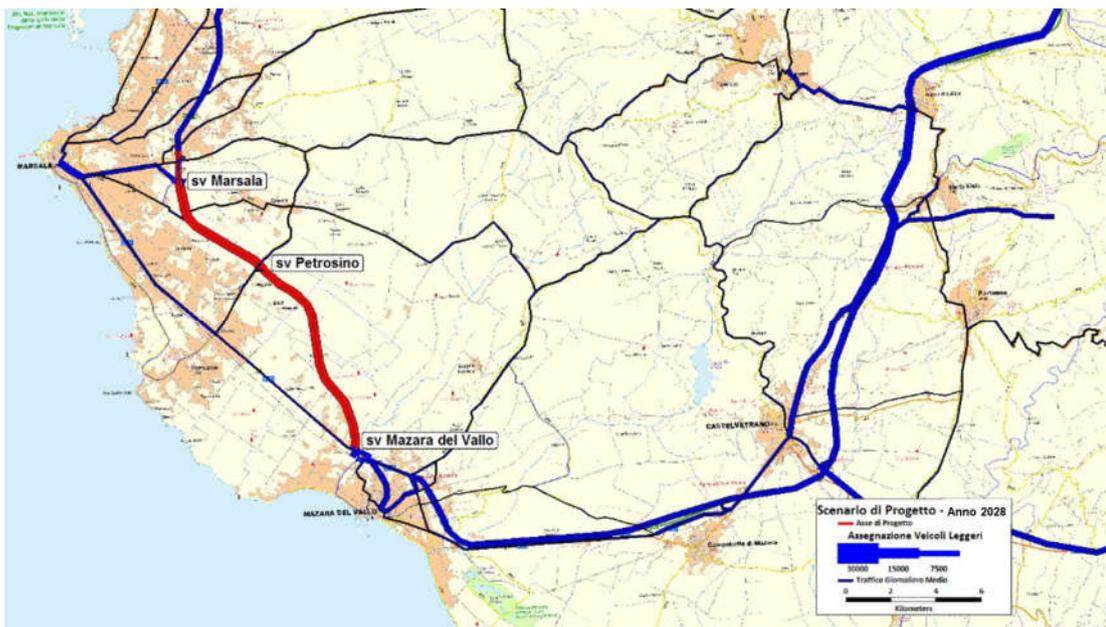


Figura 7.1 - Assegnazione della domanda passeggeri – veicoli giorno 2028 – Scenario di Progetto



Figura 7.2 - Assegnazione della domanda merci – veicoli giorno 2028 – Scenario di Progetto

7.3 La verifica del dimensionamento dell'infrastruttura di progetto

In questo paragrafo sono valutati i Livelli di Servizio (LdS) attesi sull'infrastruttura di progetto, al fine di verificare che l'ipotesi progettuale (extraurbana secondaria ad una corsia per senso di marcia) sia correttamente dimensionata rispetto ai traffici attesi sull'infrastruttura.

La valutazione è stata effettuata all'entrata in esercizio dell'infrastruttura (anno 2028).

La verifica di funzionalità sulla nuova infrastruttura è stata eseguita adottando il metodo proposto dall'HCM americano, con correzione dei coefficienti di calcolo in base alle caratteristiche progettuali stradali italiane, per le infrastrutture di progetto con sezione di categoria C1.

Per questa tipologia, il parametro di circolazione che individua il Livello di Servizio è la combinazione della velocità media di viaggio dell'asse (V_s) ed alla percentuale di tempo in coda (PTC); il range associato a ciascun LdS è riportato nella *Tabella 7.3* e nella *Figura 7.3*.

L'attuale normativa italiana prevede che un'infrastruttura extraurbana secondaria di tipo C1 abbia all'entrata in esercizio, un Livello di Servizio C o superiore, ovvero con una Percentuale di Tempo in Coda PTC non superiore al 65% ed una Velocità media di viaggio uno inferiore a 70 Km/h.

Livello di Servizio	Percentuale di tempo in coda (PTC)	Velocità media di viaggio (V_s)
A	≤ 35	≤ 90
B	$> 35 \leq 50$	$> 80 \leq 90$
C	$> 50 \leq 65$	$> 70 \leq 80$
D	$> 65 \leq 80$	$> 60 \leq 70$
E	> 80	≤ 60
F	Il flusso supera la capacità	

Tabella 7.3 – Intervalli per la definizione del Livello di servizio

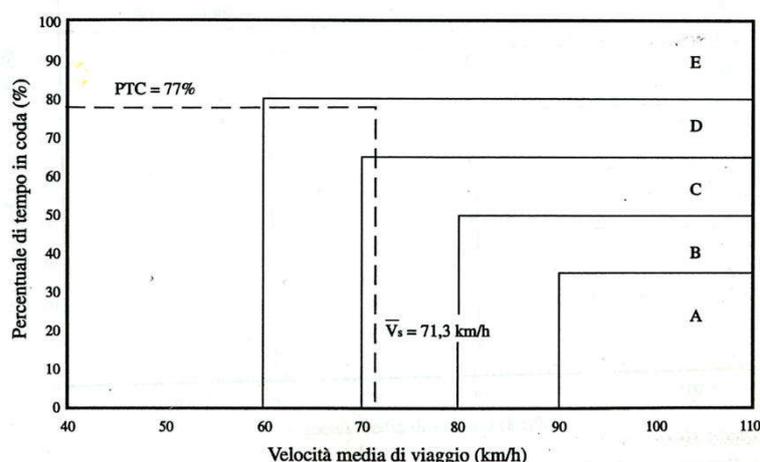


Figura 7.3 - Intervalli per la definizione del Livello di servizio

Il valore di traffico per l'analisi è il flusso di veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta.

Dall'analisi dei flussi orari nelle sezioni di conteggio è emerso che nell'area di studio, ed in particolar modo lungo la SS115 tra Marsala e Mazara del Vallo, l'ora di punta è tra le 7:00 e le 8:00, con una percentuale di veicoli leggeri pari a circa il 6,9% del traffico giornaliero ed una percentuale di veicoli pesanti pari a circa il 7,4% del traffico giornaliero.

Di seguito (vedi *Tabella 7.4 e 7.5*) sono riportati i Livelli di Servizio attesi negli anni per l'infrastruttura di progetto, evidenziando le formule di calcolo utilizzate per le analisi al 2028.

I risultati evidenziano come la scelta progettuale garantisca un Livello di Servizio adeguato (LdS C) sull'infrastruttura all'entrata in esercizio della stessa.

Tratta	Veicoli Ora di punta			PTC	Vs	LdS
	Leggeri	Pesanti	Totali			
Marsala - Petrosino	935	35	970	64,7	72,5	C
Petrosino - Mazara del Vallo	846	22	868	62,4	73,1	C

Tabella 7.4 - Livelli di Servizio sull'infrastruttura

Marsala - Petrosino		
Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore inp	Descrizione
VFL		Velocità a flusso libero
BVFL	90	Velocità a flusso libero in condizioni base
fcf	2,1	riduzione velocità per larghezza corsie
fa	0	riduzione velocità per punti di accesso
Q		Tasso di flusso
VHP	970	Volume orario di progetto
phf	1	fattore ora punta
fg	1	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	1	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
fhw		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,036408	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	1,2	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er		Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1,1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er		Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
Vs		velocità media viaggio
fnp	3,2	coefficiente riduzione velocità media viaggio
PTC		percentuale tempo in coda
BPTC		percentuale base tempo in coda
fd/np	7,2	fattore correttivo tempo in coda
Qd		Tasso di flusso nella direzione in esame
Qo		Tasso di flusso nella direzione opposta
VHPd		Volume orario di progetto nella direzione in esame
VHPo		Volume orario di progetto nella direzione opposta
Vsd		velocità media viaggio nella direzione

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhw	0,99	
Q	976,9815	
Vs	72,5	

fhw	1,00	Percentuale tempo in coda
Q	973,4501	
BPTC	57,50	
PTC	64,70	

Los	C
-----	---

Petrosino - Mazara del Vallo		
Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore inp	Descrizione
VFL		Velocità a flusso libero
BVFL	90	Velocità a flusso libero in condizioni base
fcf	2,1	riduzione velocità per larghezza corsie
fa	0	riduzione velocità per punti di accesso
Q		Tasso di flusso
VHP	868	Volume orario di progetto
phf	1	fattore ora punta
fg	1	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	1	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
fhw		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,025536	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	1,2	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er		Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1,1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er		Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
Vs		velocità media viaggio
fnp	3,9	coefficiente riduzione velocità media viaggio
PTC		percentuale tempo in coda
BPTC		percentuale base tempo in coda
fd/np	8,9	fattore correttivo tempo in coda
Qd		Tasso di flusso nella direzione in esame
Qo		Tasso di flusso nella direzione opposta
VHPd		Volume orario di progetto nella direzione in esame
VHPo		Volume orario di progetto nella direzione opposta
Vsd		velocità media viaggio nella direzione

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhw	0,99	
Q	872,212	
Vs	73,1	

fhw	1,00	Percentuale tempo in coda
Q	869,9961	
BPTC	53,45	
PTC	62,35	

Los	C
-----	---

Tabella 7.5 - Formule di calcolo del Livello di Servizio

7.4 Analisi del Livello di Servizio agli svincoli

L'analisi del livello di servizio è il metodo richiesto dalla norma per la verifica di funzionalità; il metodo si basa sull'attribuzione del livello di servizio (LoS), che rappresenta un indice di misura della qualità della circolazione ottenuto in corrispondenza del flusso di traffico che insiste sul nodo.

Di seguito sono riportate le verifiche di funzionalità effettuate alle rotatorie e agli svincoli a livelli sfalsati.

Per quanto riguarda gli svincoli a livelli sfalsati le analisi riguardano nello specifico le rampe di uscita degli svincoli e, nel caso delle immissioni, le intersezioni lineari non semaforizzate.

7.4.1 Verifica di funzionalità delle rotatorie

Nel caso di rotatorie come quelle della configurazione di progetto, le verifiche sono state condotte, all'entrata in esercizio, adottando due differenti metodi di verifica, SETRA¹ e HCM 2010.

Il Metodo SETRA è un metodo totalmente empirico del calcolo della capacità degli ingressi delle intersezioni a rotatoria, basato sull'analisi dei dati sperimentali con l'ausilio di regressioni statistiche. La procedura di calcolo considera alcune caratteristiche geometriche di base rappresentate dalla larghezza dell'isola spartitraffico ai rami (SEP), dalla larghezza della carreggiata dell'anello (ANN) e dalla larghezza dell'entrata (ENT), misurata dietro il veicolo fermo sulla linea del "dare la precedenza" e alcuni valori di flussi di traffico: volumi di traffico uscente (Q_u) e quelli in circolazione nell'anello (Q_c), ambedue in prossimità degli ingressi, espressi in veic./h (Figura 7.4).

Tale metodo per la valutazione della capacità è utilizzato anche nello "Studio a carattere prenormativo", redatto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti per la progettazione delle intersezioni stradali²

¹ Service d'Etudes Techniques des Route set Autoroutes, pubblicata nel 1987

² Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale (2001) - Studio a carattere prenormativo: Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali, 10 Settembre 2001.

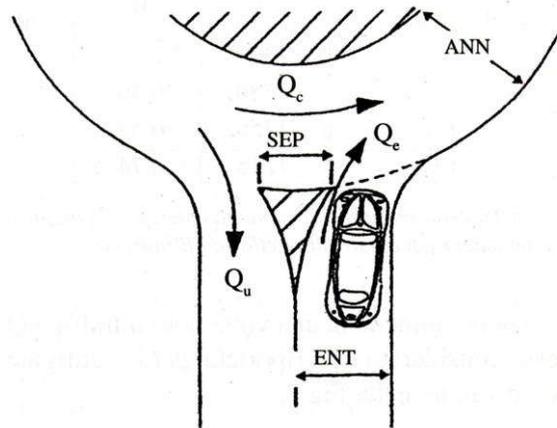


Figura 7.3 - Elementi per il calcolo della capacità (normativa francese)

Il metodo del SETRA fa intervenire nel calcolo della capacità, oltre al traffico che percorre l'anello in corrispondenza di un'immissione, anche il traffico che si allontana all'uscita immediatamente precedente; per cui definisce una relazione lineare, invece che fra capacità e flusso che percorre l'anello, fra capacità e un traffico complessivo di disturbo Q_d , nel quale intervengono sia il flusso che percorre l'anello Q_c sia quello in uscita precedentemente definito Q_u .

Il metodo del SETRA definisce la capacità del braccio C come funzione delle caratteristiche geometriche e di traffico innanzi definite:

$$C = f(Q_u, Q_c, SEP, ANN, ENT)$$

La differenza tra la capacità dell'entrata C e il flusso in ingresso Q_i è definito riserva di capacità RC dell'entrata e la riserva di capacità permette di fare una valutazione sul funzionamento della rotatoria in termini di livello di servizio e quindi stimare gli effetti che l'intersezione avrà sui flussi veicolari. In Tabella 7.6 è stato riportato la condizione di esercizio della rotatoria in funzione della riserva di capacità RC(%).

Riserva di capacità (%)	Condizione di esercizio
$RC > 30 \%$	FLUIDO
$15 < RC \leq 30 \%$	SODDISFACENTE
$0 < RC \leq 15 \%$	ALEATORIO
$RC \leq 0 \%$	SATURO/CRITICO

Tabella 7.6

Il Metodo HCM 2010 è un metodo teorico (derivato dagli studi condotti dal National Cooperative Highway Research Program Project - NCHRP), in cui il Livello di Servizio (LoS) viene determinato sulla base del tempo di attesa (d=control delay) e dal rapporto flusso – capacità ($x=v/c$) secondo la tabella di seguito riportata.

Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio ^a	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Note: ^a For approaches and intersectionwide assessment, LOS is defined solely by control delay.

Exhibit 21-1
LOS Criteria: Automobile Mode

Figura 7.4 - Criteri di assegnazione del LoS per le intersezioni a rotatoria (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

Nel caso specifico, noti i valori dei flussi in ora di punta in veicoli equivalenti in ingresso e uscita ad ogni braccio ed i corrispondenti in circolo sull'anello, la procedura per la determinazione del LoS di ogni braccio si ottiene dunque calcolando la capacità di ingresso, in modo da determinare il valore del rapporto flusso capacità, e il tempo di attesa.

La capacità di ingresso di un braccio, nel caso di una singola corsia in ingresso e due corsie sull'anello, è data dalla formula riportata nella figura seguente.

Equation 21-3

$$c_{e,pce} = 1,130e^{(-0.7 \times 10^{-3})v_{c,pce}}$$

where all variables are as defined previously ($v_{c,pce}$ is the total of both lanes).

Exhibit 21-5
Example of One-Lane Entry
Conflicted by Two Circulating
Lanes

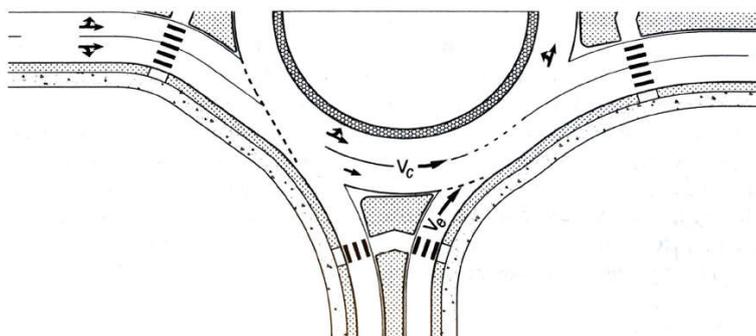


Figura 7.5 - Capacità d'ingresso del braccio di una rotatoria (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

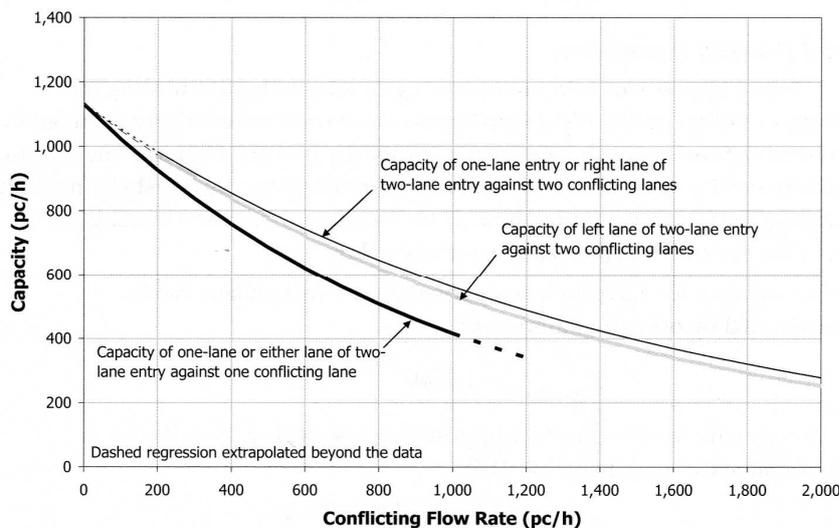


Exhibit 21-7
Capacity of Single-Lane and
Multilane Entries

Figura 7.6 - Capacità in funzione del numero di corsie dell'anello (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

Il tempo di attesa all'ingresso di un braccio, invece, è dato dalla formula riportata nella figura seguente.

Highway Capacity Manual 2010

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \times \min[x, 1]$$

where

- d = average control delay (s/veh),
- x = volume-to-capacity ratio of the subject lane,
- c = capacity of the subject lane (veh/h), and
- T = time period (h) ($T = 0.25$ h for a 15-min analysis).

Equation 21-17 is the same as that for STOP-controlled intersections except that the "+ 5" term has been modified. This modification is necessary to account for the YIELD control on the subject entry, which does not require drivers to come to a complete stop when there is no conflicting traffic. At higher volume-to-capacity ratios, the likelihood of coming to a complete stop increases, thus causing behavior to resemble STOP control more closely.

Equation 21-17

The third term of this equation uses the calculated volume-to-capacity ratio or 1, whichever is less.

Figura 7.7 - Tempo di attesa al braccio di una rotatoria (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

In base all'HCM, il livello di servizio per le intersezioni a rotatoria è definito in termini di tempo di attesa cioè di stazionamento di un veicolo all'incrocio secondo la tabella seguente.

tempo di attesa (s/veic.)	LOS	
	v/c≤1	v/c>1
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Tabella 7.6 - Tabella per l'assegnazione del Los (Fonte HCM 2010)

Infine si può calcolare la lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile, con la seguente formula, al fine di valutare la funzionalità delle intersezioni di svincolo.

Equation 21-20

$$Q_{95} = 900T \left[x - 1 + \sqrt{(1-x)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3,600}\right)$$

where

- Q_{95} = 95th percentile queue (veh),
- x = volume-to-capacity ratio of the subject lane,
- c = capacity of the subject lane (veh/h), and
- T = time period (h) ($T = 1$ for a 1-h analysis, $T = 0.25$ for a 15-min analysis).

Figura 7.8 - Lunghezza della coda in veicoli equivalenti (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

Rotatoria SS115 - tra il nuovo asse e la SS115 (fine intervento)

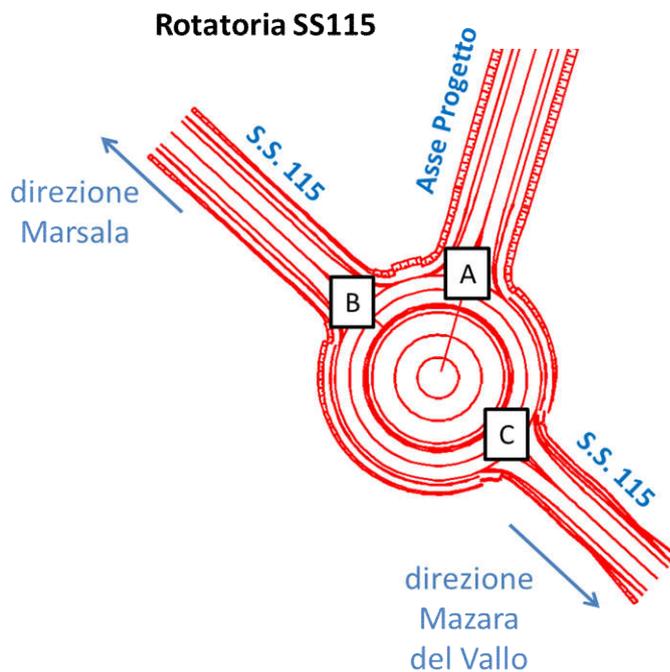


Figura 7.10 – Schema Rotatoria SS115

Applicando i due metodi di verifica ai nodi della rotatoria di progetto, si osserva, come riportato nelle tabelle esplicative successive, che la configurazione adottata restituisce una qualità della circolazione che rispetta la norma.

In particolare i tre nodi dei tre bracci di accesso alla rotatoria, evidenziati nella figura precedente come nodo A, nodo B e nodo C hanno restituito un LoS pari ad A che è rappresentativo di un ritardo molto breve, al di sotto dei 10 secondi per veicolo. Questo livello di servizio si ha quando la progressione è estremamente “favorevole” e la maggior parte dei veicoli in arrivo non si ferma del tutto nell’immissione alla rotatoria.

Nodo A - Asse Progetto - innesto SS115		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	457
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	89
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	444
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	753
	Rc%	169,7%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	8
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1062
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,42
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	1
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	2

Nodo B - SS115 dir Mazara		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	89
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	444
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	65
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	979
	Rc%	1506,5%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	5
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	828
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,08
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0

Nodo C - SS115 dir Marsala		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	509
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	0
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	547
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	700
	Rc%	128,2%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	9
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1130
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,48
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	1
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	3

Rotatoria Marsala Ospedale

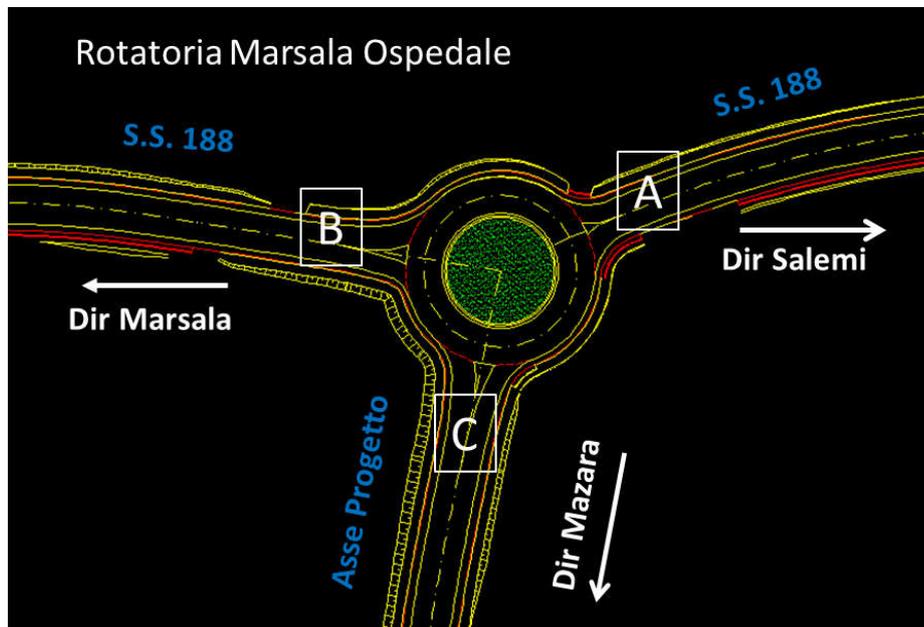


Figura 7.11 – Schema Rotatoria Marsala Ospedale

Applicando i due metodi di verifica ai nodi della rotatoria di progetto, si osserva, come riportato nelle tabelle esplicative successive, che la configurazione adottata restituisce una qualità della circolazione che rispetta la norma.

In particolare i tre nodi dei tre bracci di accesso alla rotatoria, evidenziati nella figura seguente come nodo A, nodo B e nodo C hanno restituito un LoS pari ad A che è rappresentativo di un ritardo molto breve, al di sotto dei 10 secondi per veicolo. Questo livello di servizio si ha quando la progressione è estremamente “favorevole” e la maggior parte dei veicoli in arrivo non si ferma del tutto nell’immissione alla rotatoria.

Nodo A - SS188 dir Marsala		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	30
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	18
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	18
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	1.285
	Rc%	7173,1%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	3
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1116
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,02
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0
Nodo B - SS188 dir Salemi		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	36
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	0
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	44
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	1.272
	Rc%	2921,3%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	4
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1130
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,04
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0
Nodo C - Asse Progetto innesto SS188		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	14
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	30
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	18
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	1.316
	Rc%	7144,7%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	3
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1107
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	x=v/c	0,02
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0

Rotatoria SV2

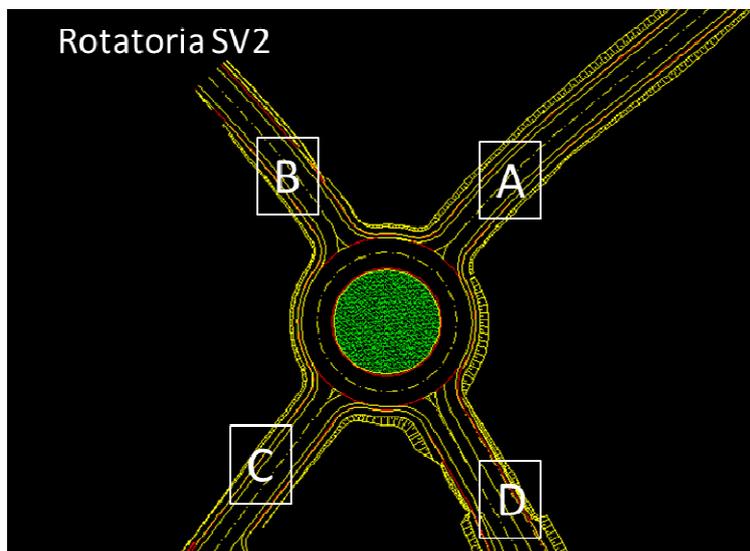


Figura 7.12 – Schema Rotatoria SV2

Applicando i due metodi di verifica ai nodi della rotatoria di progetto, si osserva, come riportato nelle tabelle esplicative successive, che la configurazione adottata restituisce una qualità della circolazione che rispetta la norma.

In particolare i quattro nodi dei quattro bracci di accesso alla rotatoria, evidenziati nella figura seguente come nodo A, nodo B, nodo C e nodo D hanno restituito un LoS pari ad A che è rappresentativo di un ritardo molto breve, al di sotto dei 10 secondi per veicolo. Questo livello di servizio si ha quando la progressione è estremamente “favorevole” e la maggior parte dei veicoli in arrivo non si ferma del tutto nell’immissione alla rotatoria.

Nodo A		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	18
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	221
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	14
Riserva di capacità	Rc	1.141
	Rc%	8337,5%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	4
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	968
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	$x=v/c$	0,01
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0

Nodo B		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	221
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	14
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	218
Riserva di capacità	Rc	1.017
	Rc%	467,5%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	5
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	1119
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	$x=v/c$	0,19
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	1

Nodo C		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	14
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	218
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	18
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	1.170
	Rc%	6351,7%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	4
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	970
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	$x=v/c$	0,02
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0

Nodo D		anno 2028
		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	218
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	18
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	221
Metodo SETRA		
Riserva di capacità	Rc	1.046
	Rc%	473,3%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	2
capacità della corsia in ingresso, con due corsie sull'anello (veic./h)	c	2231
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso – capacità	$x=v/c$	0,10
Livello di servizio	LoS	A
LUNGHEZZA CODA		
lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.)	L	0
lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.)	Q95	0

7.4.2 Analisi del Livello di Servizio sulle rampe di uscita

Adottando il metodo dell'HCM il valore del livello di servizio di una rampa di immissione o di uscita è legato al valore della portata sull'asse principale (Q_m) nonché al valore della portata sulla rampa (Q_r).

Il livello di servizio ricercato viene riferito ad una determinata porzione di area immediatamente successiva alla rampa definita area di influenza.

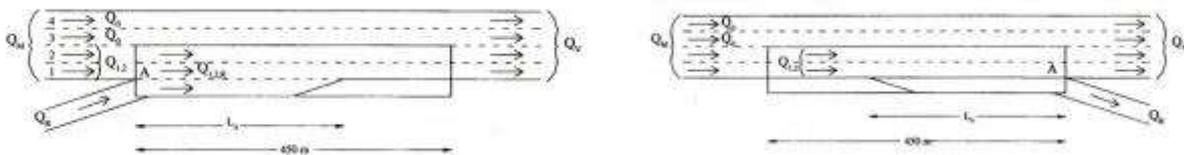


Figura 7.13 – Schema rampa di immissione Figura 7.14 – Schema rampa di immissione

È inoltre evidente che non tutta la portata circolante intralcia l'ingresso dei veicoli ma sola una quota parte, definita come Q_{12} , ricavata mediante un'aliquota P_{FM} , tale fattore sarà funzione della portata sulla rampa, della relativa velocità di percorrenza sulla rampa nonché della lunghezza della corsia di accelerazione, quindi:

$$Q_{12} = Q_M \cdot P_{FM}$$

Il Livello di Servizio viene assegnato in funzione dei valori di densità secondo la tabella seguente.

Livello di Servizio	Densità (autovetture/km/corsia)
A	≤ 6
B	6-12
C	12-17
D	17-22
E	> 22
F	La domanda eccede la capacità

Seguendo la procedura di calcolo indicata dall'HCM, calcolati i valori della portata si è in grado di stabilire i valori della densità, funzione della portata Q_{12} , della lunghezza della corsia di accelerazione L_a e della velocità sulla rampa V_r . Analogo procedimento viene seguito per il calcolo del livello di servizio di una rampa di decelerazione, ovviamente sia la portata Q_{12} che la densità non saranno più funzione di L_a ma di L_d ovvero della lunghezza della corsia di decelerazione. I calcoli sono stati applicati ai dati dell'ora di punta per le rampe di uscita che saranno oggetto di intervento.

Svincolo di Marsala Sud

Le rampe di uscita dello Svincolo di Marsala Sud (A e D) restituiscono all'anno di entrata in esercizio (anno 2028) un livello di servizio A.

Si riporta di seguito uno schema dello svincolo in esame ed i fogli di calcolo utilizzati.

SVINCOLO DI MARSALA SUD (SV2)

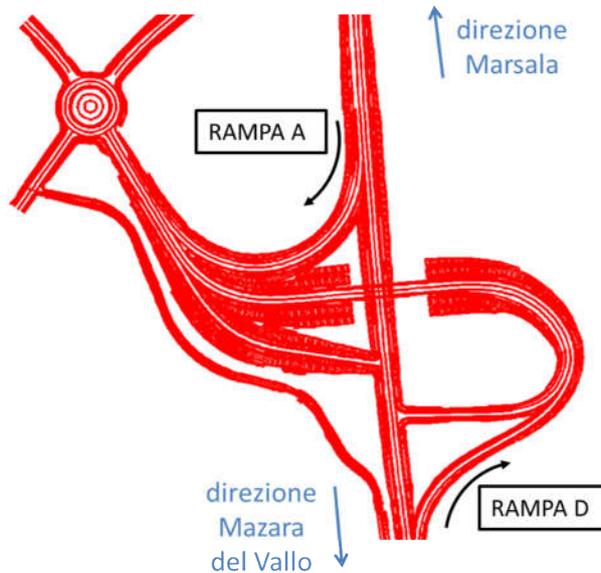


Figura 7.15 – Schema svincolo Marsala Sud (SV2)

Uscita Svincolo di Marsala Sud - RAMPA A - anno 2028		
Definizione	Valore input	Descrizione
VFL	70	Velocità a flusso libero asse
Vr	40	Velocità flusso libero rampa
Flusso asse	310	Volume orario flussi v. equivalenti punta a monte rampa
Flusso Rampa	28	Volume orario flussi v. equivalenti punta sulla rampa
Phf	0,85	Fattore ora punta
Pt	0,037	Percentuale mezzi pesanti asse a monte rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici asse a monte rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media asse a monte rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media asse a monte rampa
f _{hv}	0,93	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti asse a monte rampa
Qm	491	Portata a monte della rampa
Pt	0,037	Percentuale mezzi pesanti rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media rampa
f _{hv}	0,93	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti rampa
Qr	45	Portata della rampa
N° corsie	1	Corsie per direzione asse
N° corsie	1	Corsie per direzione rampa
Q _{1,2}	491	Portata della zona di influenza nel caso di strada a 2 corsie per direzione
Q _{rampa}	1900	Capacità massima rampa
Q _{c max}	4500	Capacità massima asse
Q _{1,2,r max}	4600	Capacità massima area di influenza
LD	100	Lunghezza (m) corsia decelerazione
Ds	0,567	

Definizione	Valore	
VA	68,3	Velocità area influenza
D	2,5	Densità area di influenza
LOS	A	

Uscita Svincolo di Marsala Sud - RAMPA D - anno 2028		
Definizione	Valore input	Descrizione
VFL	70	Velocità a flusso libero asse
Vr	40	Velocità flusso libero rampa
Flusso asse	527	Volume orario flussi v. equivalenti punta a monte rampa
Flusso Rampa	194	Volume orario flussi v. equivalenti punta sulla rampa
Phf	0,85	Fattore ora punta
Pt	0,040	Percentuale mezzi pesanti asse a monte rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici asse a monte rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media asse a monte rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media asse a monte rampa
fhv	0,93	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti asse a monte rampa
Qm	834	Portata a monte della rampa
Pt	0,021	Percentuale mezzi pesanti rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media rampa
fhv	0,95	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti rampa
Qr	308	Portata della rampa
N° corsie	1	Corsie per direzione asse
N° corsie	1	Corsie per direzione rampa
Q1,2	834	Portata della zona di influenza nel caso di strada a <u>2 corsie</u> per direzione
Q1,2	537	Portata della zona di influenza nel caso di strada a <u>4 corsie</u> per direzione
Q,rampa	1900	Capacità massima rampa
Qc max	4500	Capacità massima asse
Q1,2,r, max	4600	Capacità massima area di influenza
LD	100	Lunghezza (m) corsia decelerazione
Ds	0,591	

Definizione	Valore	
VA	68,2	Velocità area influenza
D	3,6	Densità area di influenza
LOS	A	

Svincolo di Terrenove

Anche le rampe di uscita dello Svincolo di Terrenove (A e D) restituiscono nell'anno di entrata in esercizio (anno 2028) un livello di servizio A come riportato nei fogli di calcolo seguenti.

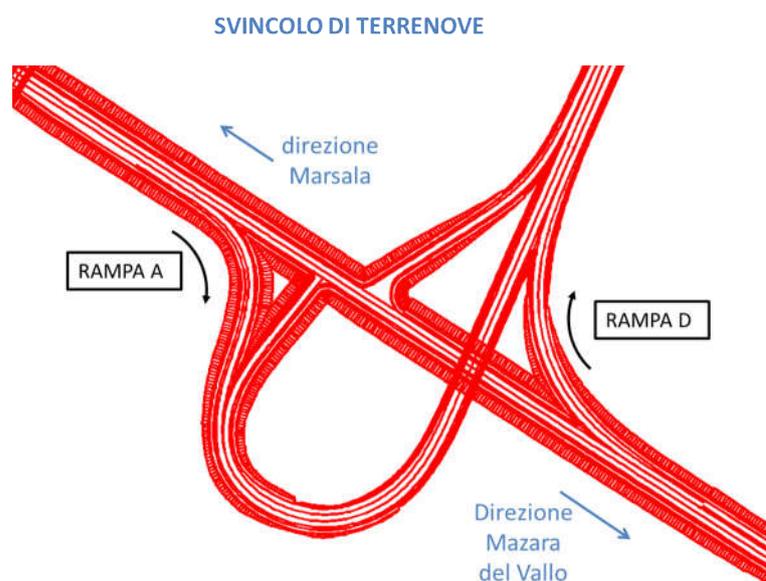


Figura 7.16 – Schema Svincolo di Terrenove

Uscita Svincolo di Terrenove - RAMP A - anno 2028		
Definizione	Valore input	Descrizione
VFL	70	Velocità a flusso libero asse
Vr	40	Velocità flusso libero rampa
Flusso asse	495	Volume orario flussi v. equivalenti punta a monte rampa
Flusso Rampa	51	Volume orario flussi v. equivalenti punta sulla rampa
Phf	0,85	Fattore ora punta
Pt	0,032	Percentuale mezzi pesanti asse a monte rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici asse a monte rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media asse a monte rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media asse a monte rampa
f _{hv}	0,94	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti asse a monte rampa
Q _m	777	Portata a monte della rampa
Pt	0,140	Percentuale mezzi pesanti rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media rampa
f _{hv}	0,81	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti rampa
Q _r	93	Portata della rampa
N° corsie	1	Corsie per direzione asse
N° corsie	1	Corsie per direzione rampa
Q _{1,2}	777	Portata della zona di influenza nel caso di strada a 2 corsie per direzione
Q _{ramp}	1900	Capacità massima rampa
Q _{c max}	4500	Capacità massima asse
Q _{1,2,r, max}	4600	Capacità massima area di influenza
LD	100	Lunghezza (m) corsia decelerazione
Ds	0,571	

Definizione	Valore	
VA	68,3	Velocità area influenza
D	3,4	Densità area di influenza
LOS	A	

Uscita Svincolo di Terrenove - RAMP D - anno 2028		
Definizione	Valore input	Descrizione
VFL	70	Velocità a flusso libero asse
Vr	40	Velocità flusso libero rampa
Flusso asse	459	Volume orario flussi v. equivalenti punta a monte rampa
Flusso Rampa	1	Volume orario flussi v. equivalenti punta sulla rampa
Phf	0,85	Fattore ora punta
Pt	0,030	Percentuale mezzi pesanti asse a monte rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici asse a monte rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media asse a monte rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media asse a monte rampa
f _{hv}	0,94	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti asse a monte rampa
Q _m	720	Portata a monte della rampa
Pt	0,000	Percentuale mezzi pesanti rampa
Pr	0,02	Percentuale veicoli turistici rampa
Et	2,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media rampa
Er	2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media rampa
f _{hv}	0,98	coefficiente che tiene conto dei veicoli lenti rampa
Q _r	2	Portata della rampa
N° corsie	1	Corsie per direzione asse
N° corsie	1	Corsie per direzione rampa
Q _{1,2}	720	Portata della zona di influenza nel caso di strada a 2 corsie per direzione
Q _{1,2}	315	Portata della zona di influenza nel caso di strada a 4 corsie per direzione
Q _{ramp}	1900	Capacità massima rampa
Q _{c max}	4500	Capacità massima asse
Q _{1,2,r, max}	4600	Capacità massima area di influenza
LD	80	Lunghezza (m) corsia decelerazione
Ds	0,563	

Definizione	Valore	
VA	68,3	Velocità area influenza
D	3,6	Densità area di influenza
LOS	A	

7.4.3 Verifica di funzionalità delle immissioni a T

Per quanto riguarda le rampe di immissione agli svincoli la verifica di funzionalità è stata ricondotta alle immissioni a T nell'anno di entrata in esercizio del progetto (2028).

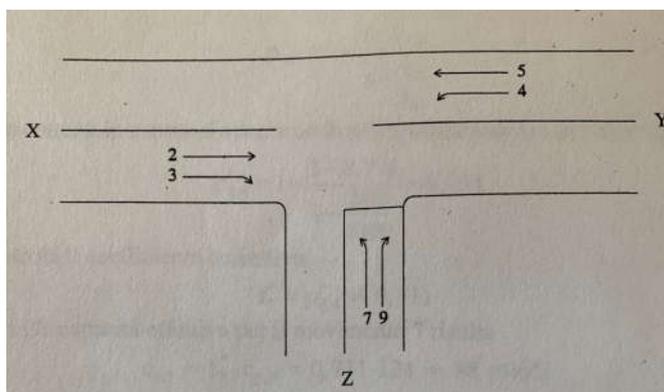


Figura 7.17 – Schema dell'intersezione della rampa di immissione sull'asse di progetto

Nella figura di sopra viene schematizzata l'intersezione a T tra l'asse di progetto (X-Y) e la rampa di immissione (Z); la figura riporta la schematizzazione convenzionale dei movimenti, nel nostro caso le manovre considerate sono la 2 che rappresenta il flusso principale e la 9 che rappresenta il flusso che si vuole immettere.

Nella matrice seguente sono indicate, per le diverse correnti, le portate orarie all'entrata in esercizio del progetto.

O - D	D		
	X	Y	Z
X		q2	q3
Y	q5		q4
Z	q7	q9	

Secondo l'HCM il Livello di Servizio (LdS) è determinato calcolando il ritardo dovuto al tipo di controllo per ciascun movimento; per le intersezioni a raso regolate con STOP il criterio di assegnazione del LdS viene riportato nella tabella seguente.

Livello di Servizio	Ritardo di controllo medio (sec/veic)
A	0-10
B	10-15
C	15-25
D	25-35
E	35-50
F	>50

Figura 7.18 – Valori limite del Livello di Servizio per intersezioni a raso regolate con STOP (HCM)

Svincolo di Marsala Sud

Nel caso dello Svincolo di Marsala Sud sono state analizzate le due immissioni B e C.

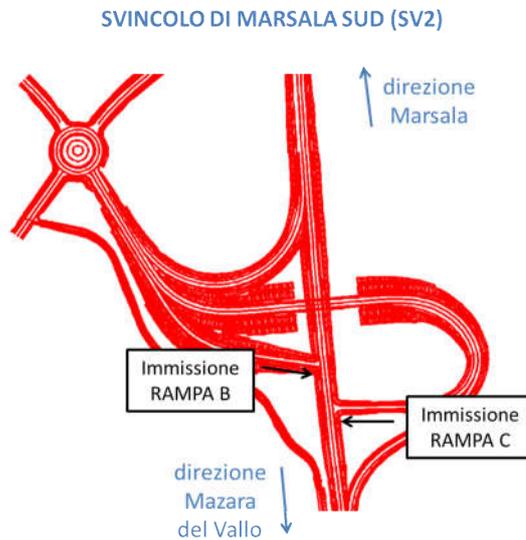


Figura 7.19 – Rampe immissione SV2

Per la rampa B il traffico pesante della corrente secondaria è presente nella misura del 2% e si è ipotizzato che la strada secondaria abbia una pendenza dell'1%.

Nella matrice seguente sono indicate, per le diverse correnti, le portate orarie all'entrata in esercizio del progetto.

matrice dei flussi di traffico		D		
		X	Y	Z
O	X		268	0
	Y	0		0
	Z	0	204,98	

Applicando la procedura prevista dall'HCM si calcolano i ritardi medi e la lunghezza delle code e si ottengono i tempi di attesa per ogni manovra ed il corrispondente livello di servizio.

Calcolo dei ritardi medi	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
d_4	7,78 sec/veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
d_7	9,70 sec/veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
d_9	10,13 sec/veic
<i>Movimento 5 (corrente in transito)</i>	
d_5	0,00 sec/veic
Lunghezza delle code	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
$Q_{m,4}$	0,00 veic
$Q_{95,4}$	0,00 veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,7}$	0,00 veic
$Q_{95,7}$	0,00 veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,9}$	0,58 veic
$Q_{95,9}$	1,08 veic
<i>Movimento 5</i>	
$Q_{m,5}$	0,00 veic

Manovra 9: tempo di attesa=10,13 sec $LdS=B$

Relativamente alla rampa C, il traffico pesante della corrente secondaria è presente nella misura dell'1% e si è ipotizzato che la strada secondaria abbia una pendenza dell'1%.

Nella matrice seguente sono indicate, per le diverse correnti, le portate orarie all'entrata in esercizio del progetto.

matrice dei flussi di traffico		D		
		X	Y	Z
O	X		309	0
	Y	0		0
	Z	0	5,318	

Applicando la procedura prevista dall'HCM si calcolano i ritardi medi e la lunghezza delle code e si ottengono i tempi di attesa per ogni manovra ed il corrispondente livello di servizio.

Calcolo dei ritardi medi	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
d_4	7,89 sec/veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
d_7	9,95 sec/veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
d_9	9,96 sec/veic
<i>Movimento 5 (corrente in transito)</i>	
d_5	0,00 sec/veic
Lunghezza delle code	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
$Q_{m,4}$	0,00 veic
$Q_{95,4}$	0,00 veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,7}$	0,00 veic
$Q_{95,7}$	0,00 veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,9}$	0,01 veic
$Q_{95,9}$	0,02 veic
<i>Movimento 5</i>	
$Q_{m,5}$	0,00 veic

Manovra 9: tempo di attesa=9,96 sec LdS=A

Svincolo di Terrenove

Nel caso dello Svincolo di Terrenove sono state analizzate le due immissioni B e C.

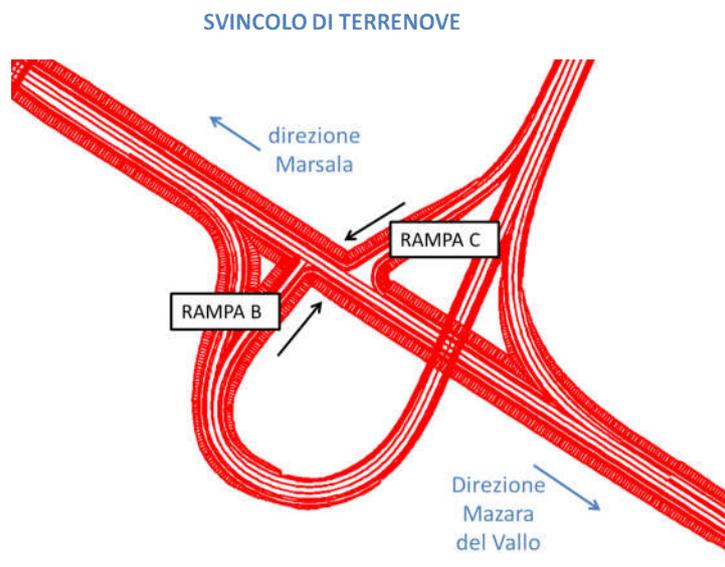


Figura 7.20 – Rampe immissione svincolo Terrenove

Per la rampa B, la corrente secondaria non ha traffico pesante (PHV) e si è ipotizzato che la strada secondaria abbia una pendenza dell'1%.

Nella matrice seguente sono indicate, per le diverse correnti, le portate orarie all'entrata in esercizio del progetto.

matrice dei flussi di traffico		D		
		X	Y	Z
O	X		429	0
	Y	0		0
	Z	0	0,483	

Applicando la procedura prevista dall'HCM si calcolano i ritardi medi e la lunghezza delle code e si ottengono i tempi di attesa per ogni manovra ed il corrispondente livello di servizio.

Calcolo dei ritardi medi	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
d_4	8,15 sec/veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
d_7	10,78 sec/veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
d_9	10,78 sec/veic
<i>Movimento 5 (corrente in transito)</i>	
d_5	0,00 sec/veic
Lunghezza delle code	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
$Q_{m,4}$	0,00 veic
$Q_{95,4}$	0,00 veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,7}$	0,00 veic
$Q_{95,7}$	0,00 veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,9}$	0,00 veic
$Q_{95,9}$	0,00 veic
<i>Movimento 5</i>	
$Q_{m,5}$	0,00 veic

Manovra 9: tempo di attesa=10,78 sec $LdS=B$

Relativamente alla rampa C, il traffico pesante della corrente secondaria è presente nella misura del 12% e si è ipotizzato che la strada secondaria abbia una pendenza dell'1%.

Nella matrice seguente sono indicate, per le diverse correnti, le portate orarie all'entrata in esercizio del progetto.

matrice dei flussi di traffico		D		
		X	Y	Z
O	X		439	0
	Y	0		0
	Z	0	58,312	

Applicando la procedura prevista dall'HCM si calcolano i ritardi medi e la lunghezza

delle code e si ottengono i tempi di attesa per ogni manovra ed il corrispondente livello di servizio.

Calcolo dei ritardi medi	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
d_4	8,37 sec/veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
d_7	11,10 sec/veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
d_9	11,27 sec/veic
<i>Movimento 5 (corrente in transito)</i>	
d_5	0,00 sec/veic
Lunghezza delle code	
<i>Movimento 4 (svolta a sinistra dalla strada principale)</i>	
$Q_{m,4}$	0,00 veic
$Q_{95,4}$	0,00 veic
<i>Movimento 7 (svolta a sinistra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,7}$	0,00 veic
$Q_{95,7}$	0,00 veic
<i>Movimento 9 (svolta a destra dalla strada secondaria)</i>	
$Q_{m,9}$	0,18 veic
$Q_{95,9}$	0,33 veic
<i>Movimento 5</i>	
$Q_{m,5}$	0,00 veic

Manovra 9: tempo di attesa=11,27 sec $LdS=B$

I risultati evidenziano, per tutti gli svincoli e tutte le intersezioni analizzate, Livelli di Servizio ampiamente positivi all'entrata in esercizio. I risultati inoltre, tenuto conto che il livello minimo accettato dalla norma è pari a C, sono tali da garantire Livelli di Servizio soddisfacenti la normativa anche a medio e lungo termine.

8 L'Analisi Costi Benefici

L'analisi costi-benefici (ACB) è lo strumento più frequentemente utilizzato nella valutazione di progetti di interesse collettivo e si configura come uno strumento di supporto per il policy maker in un'ottica di ottimizzazione dell'allocazione delle risorse.

Nella valutazione degli effetti economici dell'investimento, l'ACB considera solamente gli aspetti differenziali ed incrementali dello stesso. L'analisi è dunque sviluppata sulla differenza tra benefici e costi incrementali del progetto (ipotesi "con intervento") e benefici e costi incrementali che si potrebbero altrimenti manifestare in assenza di intervento (ipotesi "senza intervento").

Essendo l'analisi costi-benefici uno strumento di valutazione della fattibilità di un investimento dal punto di vista della collettività, occorre considerare unicamente il costo effettivo per lo Stato. I valori utilizzati sono quindi "economici" (costo effettivo per lo Stato al netto delle tasse e dei trasferimenti allo stesso sotto altra forma) e non "finanziari" (spesa sostenuta per la realizzazione e gestione dell'intervento). La trasformazione dei costi da finanziari in economici avviene mediante l'applicazione di opportuni fattori di conversione.

L'analisi attribuisce all'infrastruttura di progetto una vita utile di 30 anni e considera un valore residuo delle opere al termine della vita utile pari a circa il 28,5% del valore "economico" dell'opera. Il valore residuo è considerato poiché l'orizzonte temporale di analisi (il periodo di valutazione è pari a 30 anni) è inferiore alla vita economica di alcune componenti dell'opera.

Il valore residuo è stato calcolato considerando vite utili differenziate per ciascuna componente dell'opera con riguardo ai costi delle opere civili, degli impianti civili e dei sistemi di comunicazione e sicurezza, che varia da un minimo di 15 anni (impianti civili e misure di sicurezza) ad un massimo di 75 anni (ponti, viadotti e gallerie).

Inquadrata nei termini suddetti la Verifica di Fattibilità Economica dell'intervento progettuale del collegamento Trapani Mazara del Vallo - Stralcio Marsala sud – Mazara del Vallo è svolta secondo la procedura standard propria dell'Analisi Costi/Benefici, il cui sviluppo operativo è descritto nei capitoli seguenti che analizzano e riportano le singole voci che compongono l'analisi. Il Capitolo finale fornisce i risultati della Costi Benefici.

La tabella seguente evidenzia, ai vari orizzonti temporali, la variazione giornaliera degli

indicatori trasportistici di rete (tra scenario di progetto e di riferimento) alla base di tutte le analisi di sostenibilità economica. Si evidenzia che non sono state fatte, cautelativamente, ipotesi di crescita dopo il 2048, per cui la variazione degli indicatori resta costante.

Confronto indicatori di rete Scenario di Progetto / Scenario di Riferimento	Domanda passeggeri (Veicoli Leggeri)		Domanda merci (Veicoli Pesanti)	
	Variazione Veicoli*Km	Variazione Veicoli*h	Variazione Veicoli*Km	Variazione Veicoli*h
Anno 2028	-27.122	-1.834	2.282	-38
Anno 2038	-32.410	-2.395	2.781	-58
Anno 2048	-36.859	-2.492	4.010	-84
Anno 2058	-36.859	-2.492	4.010	-84

Tabella 8.1- Variazione degli indicatori di rete

8.1 Costi di Realizzazione e Costi di Gestione

Per lo scenario progettuale, di estesa complessiva pari a circa 16+000 Km, è stato ipotizzato un anno di ulteriore progettazione e cinque anni di costruzione, con entrata in esercizio dell'asse di progetto al 2028.

I costi di costruzione, derivanti dal quadro economico relativo, sono ripartiti nei quattro anni antecedenti il 2028; i valori totali annui ottenuti sono riportati nel prospetto seguente.

La trasformazione dei costi da finanziari in economici ha utilizzato un fattore medio di conversione pari a 0,824. Il fattore medio è ottenuto considerando le usuali categorie di importo lavori: materiali, manodopera, trasporti e noli, ciascuno con il proprio tasso di conversione da valore finanziario ad economico. Il tasso di conversione medio è ottenuto come media pesata tra i singoli tassi di conversione delle voci di spesa e la percentuale di spesa a queste voci imputata.

Ai fini dell'Analisi da tali costi è stata scomputata, in quanto trasferimento interno alla collettività, l'IVA, facendo riferimento ad un costo di investimento di € 127.324.752,19 come da Quadro Economico allegato e "spalmando" tale valore su cinque anni nel periodo 2023 – 2027.

COSTI DI INVESTIMENTO			
	Finanziario €	Coeff. Trasf.	Economico €
2023	25.464.950	0,824	20.983.119
2024	25.464.950		20.983.119
2025	38.197.426		31.474.679
2026	25.464.950		20.983.119
2027	12.732.475		10.491.560
	127.324.752,19		104.915.596

Tabella 8.2– Costi Finanziari ed Economici

Per quanto riguarda i costi di Gestione (esercizio e manutenzione) sono stati utilizzati i valori annui delle spese previste su base parametrica di derivazione ANAS e pari a 20.000,00 €/km all'anno (Strada Extraurbana Secondaria di tipo C1).

Considerando l'estesa complessiva dell'infrastruttura ne è derivato un costo di manutenzione annuo di 320.000,00 €/anno dei quali 263.680,00 €/anno di costi economici.

ITINERARIO TRAPANI - MAZARA DEL VALLO
Stralcio Funzionale Marsala Sud (rot. Ospedale) - Mazara del Vallo (sv. Porto)
PROGETTO PRELIMINARE

A)	Lavori a base di Appalto			
a1	Sommato i Lavori a Corpo e a Misura		€ 82.141.181,62	
a2	Monitoraggio ambientale corso operam		€ 344.120,05	
a3	A sommare costi relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso		€ 5.113.855,44	
a4	Protocollo di legalità	0,3%	€ 262.797,47	
a5	Totale lavori più servizi	a1+a2+a3+a4	€ 87.861.954,58	€ 87.861.954,58
a6	A detrarre Oneri relativi alla Sicurezza e protocollo di legalità non soggetti a ribasso		€ 5.376.652,91	
a7	Importo lavori soggetto a ribasso	a5-a6	€ 82.485.301,67	
B)	Somme a disposizione della stazione appaltante			
b1	Interferenze		€ 3.892.423,00	
b2	Bilievi , accertamenti ed indagini		€ 700.000,00	
b3	Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 450.000,00	
b4	Imprevisti		€ 7.385.103,63	
b5	Acqueduzione Aree ed Immobili Imposte di registro, ipotecarie e catastali		€ 6.500.000,00	
b6	Fondo art. 113 c.2 D.Lgs 50/2016		€ -	
b7	Spese tecniche per attività di collaudo	0,1502%	€ 131.532,93	
b8	per i Commissari di cui all'art.205 c. 5 e 209 c. 16 D.Lgs. 50/2016	0,10%	€ 87.599,16	
b9	spese per Commissioni giudicatrici art. 77 c. 10 D.Lgs. 50/2016	0,10%	€ 87.599,16	
b10	Copertura assicurativa art. 24 c.4 D.Lgs 50/2016		€ -	
b11	Spese per Pubblicità e ove previsto per opere artistiche		€ 150.000,00	
b12	Contributo ANAC		€ 800,00	
b13	Spese per prove di laboratorio e verifiche tecniche	1,30%	€ 1.067.635,36	
b14	Oneri per lo svolgimento delle attività istruttorie, di monitoraggio e controllo relative ai procedimenti di valutazione ambientale DM(MINISTRO) 245/2016 (solo nel caso in cui questa voce ricorra andrà applicato a tutti gli importi esclusi espropri e oneri di legge su spese tecniche)		€ 135.759,52	
b15	Oneri di legge su spese tecniche (4% di b7, b8, b9)		€ 12.270,89	
b16	Attività di sorveglianza e indagini archeologiche		€ 400.000,00	
b17	Monitoraggio ambientale ante e post operam		€ 309.872,71	
b18	Monitoraggio geotecnico		€ 300.000,00	
b19	Fornitura corpi illuminanti		€ -	
b20	Sonifica ordigni ballini legge 177/12		€ 3.704.765,56	
b21	Costi sicurezza per apprestamenti COVID (a misura)		€ -	
b22	Totale Somme a Disposizione			€ 25.315.602,92
C)	Oneri d'investimento	12,5%		€ 14.147.194,69
	Totale Importo Investimento	a5+b22+C		€ 127.324.752,19
D)	IVA per memoria	22%	€ 21.811.163,85	

8.2 Benefici Trasportistici

La modellistica di simulazione applicata al Primo Grafo di Lavoro – situazione “Senza Intervento” ed al Secondo Grafo di Lavoro – situazione “Con Intervento” individua le variazioni dei parametri che definiscono il Costo Generalizzato di Trasporto e cioè:

- Tempo totale di viaggio passeggeri
- Totale di veicoli • km passeggeri (autovetture equivalenti)
- Tempo totale di viaggio merci
- Totale dei veicoli • km merci (autocarri equivalenti).

Per differenza tra situazione “Con Intervento” e situazione “Senza Intervento” si ricava la variazione nell’area di studio degli indicatori, determinata dall’entrata in esercizio dell’intervento.

I valori ottenuti dalla variazione annua di tali parametri sono riportati nella tabella 3.1; le variazioni giornaliere degli indicatori di rete sono quelli riportati nella premessa dell’Analisi Benefici Costi e nella relazione trasportistica illustrata nei capitoli precedenti.

La procedura di valutazione del costo generalizzato del trasporto utilizza i dati desumibili da pubblicazioni specializzate del settore relativi al costo di trazione dei veicoli (QUATTORUOTE, per ciò che concerne i veicoli leggeri, e TUTTOTRASPORTI, per quanto riguarda i veicoli pesanti) ed un valore del costo del tempo opportunamente determinato sulla base di analisi già effettuate in altri studi di valutazione tecnico-economica disponibili in letteratura e di recente elaborazione.

Il Beneficio o Costo Economico annuo è ottenuto utilizzando, quindi, i seguenti valori monetari unitari medi:

Tempo Passeggeri	10,00 €	Passeggero	x ora
Tempo Autocarri	30,00 €	Autocarro Eq.	x ora
Percorrenza Autovetture	0,19 €	Autovetture Eq.	x km
Percorrenza Autocarri	0,79 €	Autocarro Eq.	x km

da cui deriva il totale di Beneficio Netto “non attualizzato” relativo alla variazione del Costo Generalizzato di Trasporto, il cui valore economico annuo “non attualizzato” nell’ambito della vita utile del progetto è riportato nell’ultima colonna delle tabelle citate.

Il passaggio dal dato giornaliero al dato annuo è ottenuto considerando 350 giorni/anno di circolazione per i veicoli passeggeri e 280 giorni/anno per i veicoli merci.

La procedura di valutazione del costo generalizzato del trasporto utilizza i dati

desumibili da pubblicazioni specializzate del settore relativi al costo di trazione dei veicoli (QUATTRORUOTE, per ciò che concerne i veicoli leggeri, e TUTTOTRASPORTI, per quanto riguarda i veicoli pesanti) ed un valore del costo del tempo opportunamente determinato sulla base di analisi già effettuate in altri studi di valutazione tecnico-economica disponibili in letteratura ed in base agli indirizzi forniti nelle “Linee guida per la valutazione degli investimenti in Opere Pubbliche” - D-Lgs. 228/2011 del giugno 2017”.

Il coefficiente medio di riempimento di un veicolo passeggeri si è stimato in 1,2 passeggeri/veicolo.

Il valore medio del Tempo dei veicoli leggeri è stato ipotizzato considerando che l’infrastruttura serve prevalentemente traffici di media percorrenza e, in assenza di informazioni specifiche sulle motivazioni e frequenza del viaggio, si è considerata un’incidenza elevata di spostamenti sistematici, pur considerando la presenza di spostamenti per altri motivi dovuti all’incidenza nel valore medio annuo del traffico della stagionalità estiva.

Il valore di 10€/h al 2028 utilizzato è desunto dal valore più basso da imputare al tempo per gli spostamenti sistematici di media percorrenza, come desunto dalla tabella fornita fornita nelle “Linee guida per la valutazione degli investimenti in Opere Pubbliche” - D-Lgs. 228/2011 del giugno 2017”, pari a 10€/h ed attualizzato all’entrata in esercizio dell’opera con un tasso di inflazione dell’1,5% annuo.

Tabella A4_1 - Valore dei risparmi di tempo di viaggio per motivo dello spostamento e classe di distanza (passeggeri)

	Valore del Tempo (€2016/pass.-h)		
	Business	Pendolarismo	Altri motivi
Spostamenti urbani e metropolitani	12-20	5-10	5-15
Spostamenti su medie e lunghe distanze	20-35	10-15	10-25

Tabella 8.3 – Variazione del Costo Generalizzato di Trasporto

Anno	Variazioni dei parametri d'uso della Rete Stradale				Benefici non Attualizzati
	Flusso Passeggeri		Flusso Merci		
	Passeggeri x ora	Autovetture Eq. x Km	Autocarri Eq. x ora	Autocarri Eq. x Km	(€)
2028	-641.900	- 9.492.700	-10.640	638.960	5.639.865
2029	-659.262	- 9.663.301	-11.100	651.722	5.742.050
2030	-677.093	- 9.836.967	-11.579	664.738	5.846.087
2031	-695.407	- 10.013.755	-12.079	678.015	5.952.010
2032	-714.216	- 10.193.720	-12.601	691.557	6.059.854
2033	-733.534	- 10.376.919	-13.145	705.369	6.169.653
2034	-753.375	- 10.563.410	-13.713	719.457	6.281.443
2035	-773.752	- 10.753.253	-14.305	733.827	6.395.260
2036	-794.680	- 10.946.508	-14.923	748.483	6.511.140
2037	-816.174	- 11.143.236	-15.568	763.432	6.629.122
2038	-838.250	- 11.343.500	-16.240	778.680	6.749.243
2039	-841.598	- 11.490.351	-16.845	807.710	6.886.260
2040	-844.960	- 11.639.103	-17.473	837.823	7.026.068
2041	-848.335	- 11.789.780	-18.125	869.058	7.168.724
2042	-851.724	- 11.942.409	-18.801	901.457	7.314.286
2043	-855.126	- 12.097.013	-19.502	935.065	7.462.815
2044	-858.542	- 12.253.619	-20.229	969.925	7.614.370
2045	-861.971	- 12.412.252	-20.983	1.006.085	7.769.014
2046	-865.415	- 12.572.938	-21.765	1.043.593	7.926.810
2047	-868.871	- 12.735.705	-22.576	1.082.500	8.087.821
2048	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2049	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2050	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2051	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2052	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2053	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2054	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2055	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2056	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115
2057	-872.342	- 12.900.579	-23.418	1.122.857	8.252.115

8.3 Variazione della Sicurezza

La metodologia per la valutazione degli effetti sulla sicurezza conseguenti alle differenti ipotesi di configurazione della rete futura in funzione degli interventi individuati prevede, in linea generale, due step di valutazione distinti:

- Definizione e caratterizzazione del fenomeno incidentale;
- Previsione delle variazioni dell'incidentalità – Scenari futuri.

Al fine di caratterizzare puntualmente l'incidentalità nell'area di intervento è fatto riferimento alle strade statali riportate in figura.



I dati di incidentalità devono consentire la caratterizzazione del fenomeno con indici statistici rappresentativi la probabilità di accadimento dell'evento.

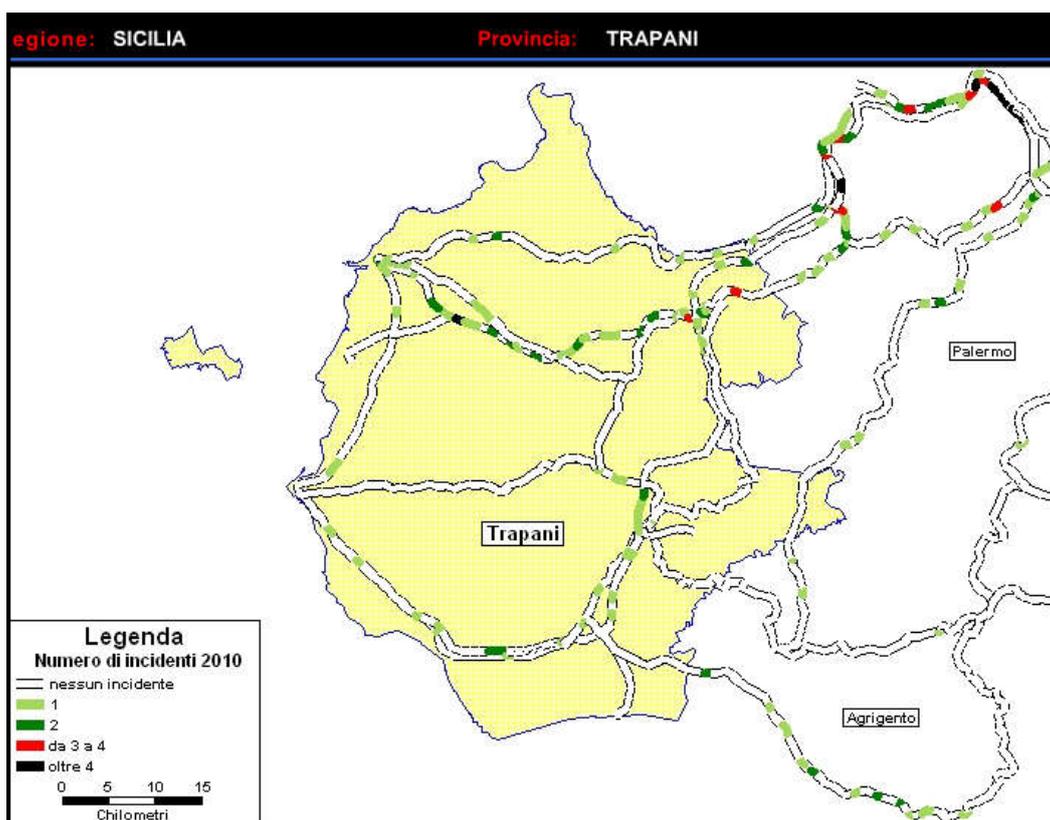
I dati di incidentalità da considerare per l'analisi sono:

- n. incidenti/anno
- n. incidenti/anno con feriti
- n. incidenti/anno con morti

Tali dati costituiscono le fondamenta dell'analisi; ne consegue l'importanza della attendibilità della fonte. Si è fatto, quindi, riferimento alle pubblicazione ACI

“Localizzazione degli incidenti stradali – Anno 2010”, relativamente alle statali che interessano l’area di studio: SS115 ed SS188, nelle tratte direttamente interessate dal progetto.

Sono stati quindi reperiti il numero di incidenti, di incidenti con feriti e di incidenti con morti, riferiti tratti di estensione chilometrica limitata nell’area di interesse, relativi all’anno 2010.



Strada	INCIDENTI Totali	Incidenti con FERITI	Incidenti con MORTI
SS115	4	7	
SS188	4	10	1
TOTALI	8	17	1

Associando gli incidenti annui alle percorrenze attuali rilevate sugli stessi assi stradali, si sono definiti gli indicatori di rete per quanto riguarda gli incidenti, calcolati come incidenti/veicoli*km anno.

Una volta definiti gli indicatori precedenti, per la stima delle riduzioni dell’incidentalità ottenibili alla realizzazione dell’intervento, nelle sue diverse alternative progettuali, sulle

percorrenze dell'asse di progetto si è stimata una riduzione dei tassi di incidentalità in funzione della sezione progettuale adottata, in linea con quanto fatto per la valutazione degli interventi presenti nel Contratto di programma Anas 2016-2020, ovvero:

- Adeguamento in sede a sezione C1;
 - Riduzione del 25% degli incidenti;
 - Riduzione del 40% dei feriti;
 - Riduzione del 60% dei decessi;
- Adeguamento in variante a sezione C1;
 - Riduzione del 35% degli incidenti;
 - Riduzione del 45% dei feriti;
 - Riduzione del 65% dei decessi;
- Adeguamento in sede a sezione B;
 - Riduzione del 60% degli incidenti;
 - Riduzione del 60% dei feriti;
 - Riduzione del 70% dei decessi;
- Adeguamento in variante a sezione B;
 - Riduzione del 62% degli incidenti;
 - Riduzione del 62% dei feriti;
 - Riduzione del 72% dei decessi;

Applicando i nuovi indicatori di incidentalità alle percorrenze sull'asse di progetto, unitamente agli indicatori trovati nello scenario di riferimento per le percorrenze sul resto della rete nello scenario di progetto, si stima che nell'area la presenza del progetto determini una riduzione complessiva media: del 30% degli incidenti; del 30% degli incidenti con feriti; del 20% degli incidenti con decessi.

La valorizzazione economica annua della riduzione degli incidenti è stata calcolata ipotizzando un costo sociale pari ad ("Linee guida per la valutazione degli investimenti in Opere Pubbliche" - D-Lgs. 228/2011 del giugno 2017):

- 5.165€ per incidente;
- 64.280€ per ferito;
- 1.916.000€ per decesso.

Il valore medio economico di un ferito è la media pesata tra i valori economici di un ferito lieve ed uno grave, considerando un'incidenza dell'85% di feriti lievi sul totale ed

attualizzando il valore 2010 al 2028 con un tasso annuo dell'1,5% di inflazione.

Tabella A4_3 - Costi marginali medi dell'incidentalità a prezzi di mercato (€2010 per incidente, distinto in funzione della gravità)

Decesso	Ferito grave	Ferito lieve
1.916.000	246.200	18.800

Fonte: DG MOVE, Update of the Handbook on External Costs of Transport, 2014

In base a quanto ipotizzato, la riduzione annua di incidenti su tutto il territorio dell'area di studio è sintetizzato nel prospetto seguente.

	Riduzione annua dell'incidentalità		
	INCIDENTI	FERITI	MORTI
2028	-2,2	-4,7	-0,20
2038	-2,6	-5,7	-0,24
2048	-2,7	-5,9	-0,25
2058	-2,7	-5,9	-0,25

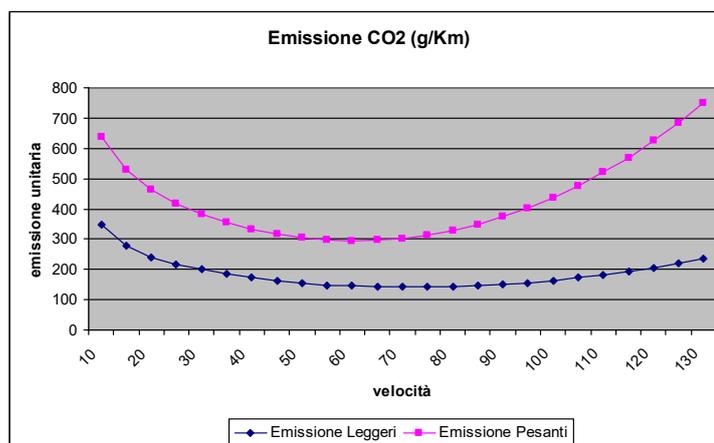
Nella tabella 8.4 si riportano i valori economici annui, valutati in relazione alla differenza delle percorrenze relative agli scenari "senza Intervento" e "con Intervento" per l'ipotesi progettuale.

Tabella 8.4 – ANALISI BENEFICI - EFFETTI SULLA SICUREZZA

VALORE ECONOMICO DELLA VARIAZIONE DI INCIDENTALITA'				Valore Economico non Attualizzato
	Incidenti	Incidenti con feriti	Incidenti con morti	TOTALE
Anno	(€)	€	€	€
2028	11.292	300.539	383.200	695.031
2029	11.463	305.086	388.997	705.545
2030	11.636	309.701	394.881	716.219
2031	11.812	314.386	400.855	727.053
2032	11.991	319.142	406.919	738.052
2033	12.172	323.969	413.074	749.216
2034	12.357	328.870	419.323	760.550
2035	12.543	333.845	425.667	772.055
2036	12.733	338.896	432.106	783.735
2037	12.926	344.022	438.642	795.590
2038	13.784	366.868	467.772	848.425
2039	13.977	372.004	474.321	860.303
2040	14.173	377.213	480.962	872.347
2041	14.371	382.493	487.695	884.560
2042	14.573	387.848	494.523	896.944
2043	14.777	393.278	501.446	909.501
2044	14.983	398.784	508.466	922.234
2045	15.193	404.367	515.585	935.145
2046	15.406	410.028	522.803	948.237
2047	15.622	415.769	530.122	961.513
2048	14.158	376.805	480.442	871.405
2049	14.158	376.805	480.442	871.405
2050	14.158	376.805	480.442	871.405
2051	14.158	376.805	480.442	871.405
2052	14.158	376.805	480.442	871.405
2053	14.158	376.805	480.442	871.405
2054	14.158	376.805	480.442	871.405
2055	14.158	376.805	480.442	871.405
2056	14.158	376.805	480.442	871.405
2057	14.158	376.805	480.442	871.405

8.4 Benefici Ambientali -Variazione Inquinamento atmosferico

Le variazioni di inquinamento atmosferico sono valutate come variazioni delle emissioni sulla rete stradale dell'area di studio tra gli scenari "con Intervento" e "senza Intervento". Il modello utilizzato è il CORINAIR e la valutazione è effettuata considerando per le classi veicolari esaminate dal modello una composizione percentuale media conforme ai dati ANFIA 2001. La valutazione ha riguardato le emissioni di CO, CO₂, VOC, NOX e PM₁₀. Il modello ha consentito di stimare, per ciascuno degli scenari (Riferimento e Progetto), le emissioni giornaliere ad annue di ciascun inquinante per ogni asse stradale nell'area di studio, in funzione dei carichi veicolari stimati e della velocità di percorrenza restituita dal modello. In base alla velocità si è determinato il coefficiente di emissione unitario desunto dalle curve di emissione in funzione della velocità di cui si riporta sotto un esempio relativo alla CO₂.



Dalla percorrenza complessiva sugli archi (veicoli*Km totali) moltiplicata per i fattori di emissione unitari di ciascun arco si è determinato il monte complessivo annuo di emissioni nell'area di studio negli scenari. La variazione di emissioni tra lo scenario di riferimento e di progetto ha consentito di valutare i benefici/malefici da inquinamento determinati dall'entrata in esercizio dell'infrastruttura di studio nelle sue due diverse ipotesi progettuali. Per la traduzione in termini economici dei volumi di sostanze emesse si è fatto riferimento ai valori CORINAIR che attribuiscono un costo alle sostanze emesse in ambito urbano ed extraurbano; in particolare i valori economici utilizzati sono:

- 0.0004 €/grammo, per il CO in ambito extraurbano;

- 0,0001 €/grammo, per il CO2 in ambito extraurbano;
- 0.0021 €/grammo, per il VOC in ambito extraurbano;
- 0,0046 €/grammo, per il NOX in ambito extraurbano;
- 0.0795 €/grammo, per il PM10 in ambito extraurbano.

Nella tabella 8.5 si riporta la somma dei benefici economici annui “non attualizzati” risultanti per lo scenario di progetto.

Tabella 8.5 – ANALISI BENEFICI - EFFETTI SULLA SICUREZZA

Anno	BENEFICI ANNUI (€)					Totale (€)
	CO (€)	CO2 €	VOC €	NOX €	PM €	
2028	19.979	193.009	20.435	94.662	52.165	380.251
2029	20.344	196.458	20.813	96.352	53.044	387.012
2030	20.717	199.969	21.198	98.072	53.937	393.893
2031	21.096	203.543	21.591	99.822	54.845	400.897
2032	21.482	207.181	21.990	101.604	55.768	408.025
2033	21.875	210.883	22.397	103.418	56.707	415.280
2034	22.276	214.652	22.811	105.264	57.662	422.664
2035	22.684	218.488	23.233	107.143	58.633	430.180
2036	23.099	222.392	23.663	109.055	59.620	437.829
2037	23.522	226.367	24.101	111.002	60.624	445.615
2038	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2039	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2040	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2041	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2042	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2043	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2044	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2045	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2046	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2047	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2048	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2049	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2050	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2051	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2052	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2053	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2054	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2055	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2056	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539
2057	23.952	230.412	24.547	112.983	61.645	453.539

8.5 Analisi di Fattibilità Economica

La Valutazione della fattibilità economica delle ipotesi progettuali è effettuata mediante il calcolo del Saggio di Rendimento Interno, utilizzando i coefficienti e parametri significativi ed i valori monetari unitari indicati nel prospetto seguente. Gli indicatori di sostenibilità economica considerati sono:

- Il Saggio di Rendimento Interno Economico (SRIE)– tasso di sconto che rende uguale a zero il valore attualizzato del progetto, inteso come somma dei flussi di cassa attualizzati ottenuti durante la vita utile del progetto (benefici – costi totali);
- il Valore Attuale Netto Economico (VANE) – valore dei flussi di cassa (benefici – costi totali) ottenuti dal progetto nel corso della vita utile attualizzati, anno per anno, con il tasso di attualizzazione adottato;
- il rapporto Benefici/Costi al tasso di attualizzazione adottato.

Il tasso di attualizzazione minimo generalmente considerato per ritenere economicamente sostenibile un progetto è pari circa al 3,0%, così come indicato nelle “Linee guida per la valutazione degli investimenti in Opere Pubbliche” - D-Lgs. 228/2011 del giugno 2017. Per questo valore del tasso il VAN deve essere positivo.

- Indicatori trasportistici	
• passeggeri/veicolo	1,2
• giorni/anno veicoli leggeri	350
• giorni/anno veicoli pesanti	280
- Fattore di conversione medio finanziario - economico	: 0,824
- Valori monetari del tempo	
• passeggeri su strada	: 10,00 €/ora
• autocarro equivalente	: 30,00 €/ora
- Costi di esercizio	
• autovettura equivalente	: 0,19 €/autov.km
• autocarro equivalente	: 0,79 €/autoc.km
- Valori monetari sicurezza	
• incidente con autovettura	: 5.165,0 €
• incidente con ferito	: 64.280 €
• incidente con morto	: 1,916 ml €
- Valori monetari inquinamento atmosferico	
• CO extraurbano	: 0.0004 €/grammo
• CO2 extraurbano	: 0.0001 €/grammo
• NOx extraurbano	: 0.0046 €/grammo
• VOC extraurbano	: 0.0021 €/grammo
• PM extraurbano	: 0.0795 €/grammo

I risultati evidenziano un Saggio di Rendimento Interno – S.R.I.E. – positivo e pari al 7,90% ed un VAN di 100.930.820 € al tasso di attualizzazione del 3%, evidenziando la sostenibilità economica del progetto. Il rapporto Benefici/Costi al tasso di attualizzazione del 3% è pari a 2,14.

Saggio Rendimento Interno	SRI = 7,90%
BENEFICI ATTUALIZZATI	
Variazione Percorrenze	10.585.233
Variazione Tempo	59.571.988
Inquinamento Stradale	3.095.774
Incidentalità	5.801.466
TOTALE BENEFICI ATTUALIZZATI	79.054.461
COSTI ATTUALIZZATI	
Costruzione	77.140.745
Manutenzione	1.913.716
TOTALE COSTI ATTUALIZZATI	79.054.461
VALORE ATTUALE NETTO	0

Saggio Rendimento Interno	SRI = 3%
BENEFICI ATTUALIZZATI	
Variazione Percorrenze	24.966.553
Variazione Tempo	143.083.472
Inquinamento Stradale	7.288.599
Incidentalità	13.825.253
TOTALE BENEFICI ATTUALIZZATI	189.163.877
COSTI ATTUALIZZATI	
Costruzione	83.816.406
Manutenzione	4.416.652
TOTALE COSTI ATTUALIZZATI	88.233.057
VALORE ATTUALE NETTO	100.930.820