

S.S.131 "Carlo Felice"
 Completamento itinerario Sassari – Olbia.
 Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131
 dal km 192+500 al km 209+500.
 2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA357

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Edoardo Quattrone

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:



**ELABORATI GENERALI
STUDIO DI TRAFFICO**



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPCA0357

D

20

NOME FILE

CA357_T00EG00GENRE02_A

CODICE ELAB.

T00EG00GENRE02

REVISIONE

SCALA:

A

—

D

—

—

—

—

C

—

—

—

—

B

—

—

—

—

A

EMISSIONE

GIU. 2021

V.FIMIANI

M.CAPASSO

G.PIAZZA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

S.S. n.131 "Carlo Felice"
Completamento itinerario Sassari – Olbia

Potenziamento–Messa in sicurezza dal km 192+500 al km 209+500

1° lotto (dal km 193 al km 199)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA349

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

RESPONSABILI D'AREA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*

Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Salvatore Frasca

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



ELABORATI GENERALI
STUDIO DI TRAFFICO



CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPCA0349 D 20

NOME FILE

CA349_T00EG00GENRE02_A

CODICE ELAB.

T00EG00GENRE02

REVISIONE

SCALA:

A

-

D

-

-

-

-

C

-

-

-

-

B

-

-

-

-

A

EMISSIONE

NOV.2020

-

V.FIMIANI

G. PIAZZA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



Direzione Operation e Coordinamento Territoriale

PROGETTO DEFINITIVO

**S.S.131 "Carlo Felice" COMPLETAMENTO ITINERARIO SASSARI -
OLBIA**

**Potenziamento-messa in sicurezza dal km 192+500 al km
209+500**

1°lotto dal km 192+500 al km 198+500

Studio di traffico

Sommario

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | PREMESSA E SINTESI DEI RISULTATI | 3 |
| 2 | IL MODELLO TRASPORTISTICO STRADALE LOCALE | 6 |
| 2.1 | OFFERTA E DOMANDA DEL MODELLO LOCALE | 6 |
| 2.2 | I DATI DI TRAFFICO ANAS | 8 |
| 2.2.1 | ANALISI DEI VOLUMI MEDI ANNUI CENSITI | 9 |
| 2.2.2 | ANALISI DELLA COMPONENTE STAGIONALE | 12 |
| 2.2.3 | ANALISI DELLA SEZIONE DI CENSIMENTO LOCALIZZATA IN CORRISPONDENZA DEL PROGETTO | 14 |
| 2.2.4 | ANALISI DELL'ANDAMENTO ORARIO DELLA SEZIONE DI CENSIMENTO LOCALIZZATA IN CORRISPONDENZA DEL PROGETTO | 16 |
| 2.2.5 | LA PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE | 18 |
| 2.2.6 | CALIBRAZIONE E ASSEGNAZIONE DEL MODELLO LOCALE | 20 |
| 3 | GLI INDICATORI DI AREA E FLUSSI SULL'ATTUALE S.S.131 NELLA TRATTA SOTTESA AL PROGETTO – SCENARIO ATTUALE | 22 |
| 4 | GLI SCENARI FUTURI DI DOMANDA – CRESCITA DELLA MOBILITÀ DELL'AREA | 25 |
| 5 | GLI INDICATORI DI AREA E FLUSSI DELL'ATTUALE S.S.131 AGLI ORIZZONTI FUTURI – SCENARIO DI RIFERIMENTO | 26 |
| 6 | ANALISI DEGLI SCENARI DI PROGETTO (2026, 2036 E 2046) | 26 |
| 6.1.1 | ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO IN ASSE | 29 |
| 6.1.2 | ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO DELLE ROTATORIE | 34 |

1 PREMESSA E SINTESI DEI RISULTATI

Il documento illustra metodologia e risultati dell'analisi di traffico sviluppata per il progetto definitivo del primo lotto della S.S.131 "Carlo Felice" che va dal bivio con S.P.3, al km 193+500 circa (svincolo Florinas), al bivio con la S.S.597 "di Logudoro" al km198+000 della strada statale, che riveste una notevole importanza perché estende l'ammodernamento dell'itinerario Sassari-Olbia verso l'abitato di Sassari.

Occorre sottolineare la valenza strategica dell'intervento poiché l'ammodernamento di questo tratto della S.S.131 costituisce di fatto un lotto di completamento del nuovo itinerario della S.S.729 Sassari-Olbia verso Sassari.

Come si nota dalla Figura 1, che rappresenta la rete ANAS a valenza statale e quella a valenza regionale, l'itinerario Sassari-Olbia è il più importante collegamento est-ovest presente a nord della Sardegna.

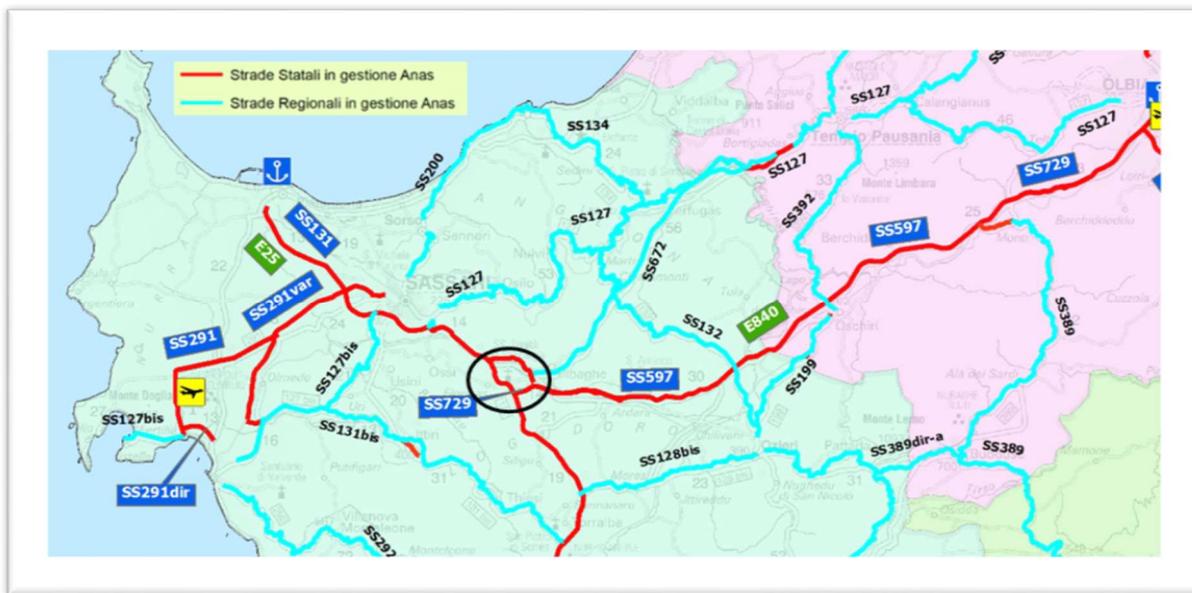


Figura 1. Rete ANAS di interesse statale e regionale e localizzazione dell'intervento

L'intervento del 1° lotto oggetto di studio costituisce una sorta di variante di Codrongianos e nasce con l'obiettivo di potenziare e mettere in sicurezza il tratto esistente della S.S.131 ed adeguare gli svincoli di inizio e fine lotto.

Attualmente il tratto della S.S.131 oggetto di intervento è già a quattro corsie, con le due carreggiate sfalsate almetricamente, e presenta in generale tortuosità di tracciato ed una ridotta piattaforma stradale.

Il progetto di adeguamento prevede l'adozione di una tipologia B "Extraurbana principale" e si estende per uno sviluppo di circa 4,5 Km; l'intervallo di velocità di progetto sarà pari a 90-110 Km/h, rispondente ai criteri della normativa DM 05/11/2001.

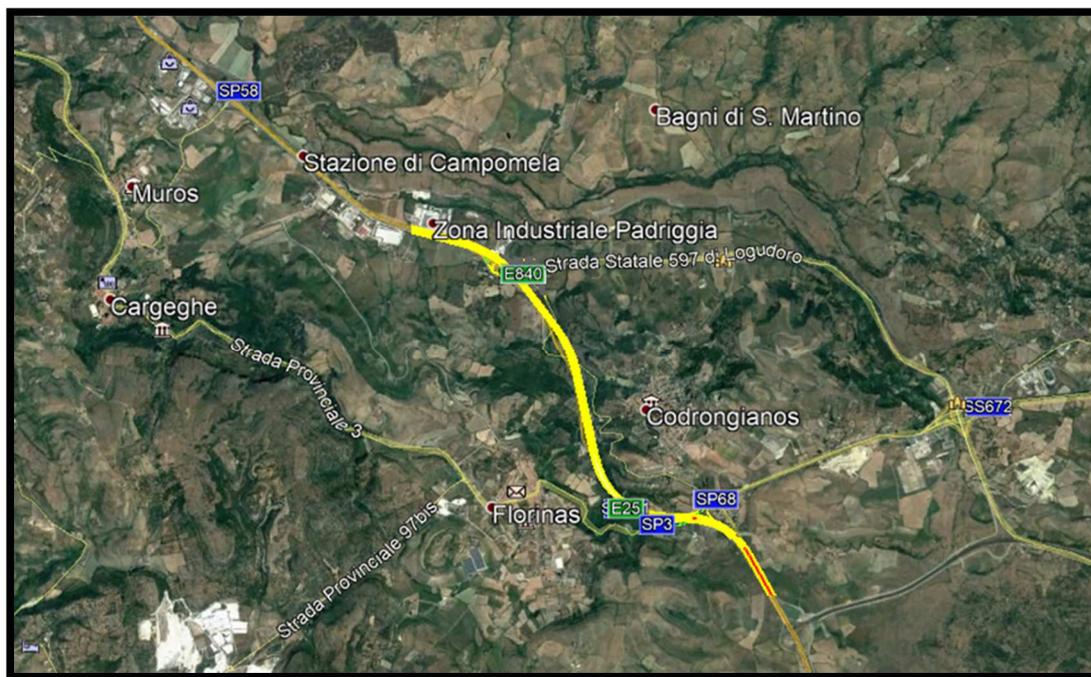
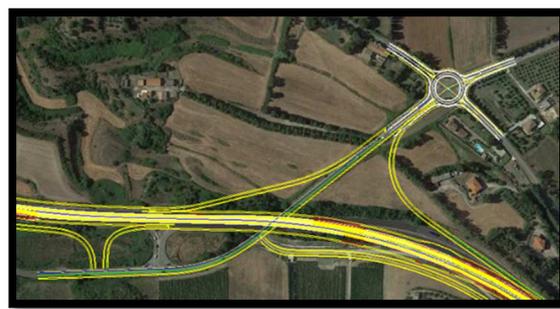


Figura 2. Nuovo asse di progetto (in giallo)

Per i due svincoli di inizio e fine lotto il progetto prevede un adeguamento delle rampe ed una rotatoria in destra di rammaglio alla rete.



Svincolo Florinas attuale



Svincolo Florinas progetto



Svincolo S.S.597 attuale



Svincolo S.S.597 progetto

Lo Studio di Traffico si basa sui risultati forniti dal **Modello Trasportistico Stradale DSS** opportunamente adattato ad una scala territoriale locale, più dettagliata e funzionale per la valutazione dei risultati che esso fornisce.

Per stimare i flussi attratti dalla nuova infrastruttura è stato estratto un modello regionale a partire dal Modello Trasportistico DSS su scala nazionale implementato da ANAS. Il modello è stato calibrato su **76 sezioni di conteggio** di traffico distribuite sul territorio regionale relative al censimento annuale ANAS del traffico del 2018.

La crescita della domanda è stata fatta adottando una curva che tiene conto dell'impatto sulla mobilità nel 2020 dell'emergenza sanitaria nazionale, stimando la riduzione media annua della mobilità in base ai dati misurati dei primi sette mesi dell'anno. In particolare la curva traccia un andamento che prevede il recupero dei traffici del 2019 al 2022.

I flussi simulati da modello all'attualità (anno 2018 cui fanno riferimento i conteggi di traffico ANAS) sul tratto della S.S.131 oggetto di intervento di adeguamento (all'incirca dal km 193+500 al km 198+000) restituiscono dei valori di **20.989 veicoli/giorno**, espressi in veicoli efficaci, con il **10% di veicoli pesanti**.

All'entrata in esercizio (anno 2026) sul nuovo asse adeguato, in base alla crescita di domanda adottata, si stima ci sia un **traffico giornaliero medio totale di 23.147 veicoli/giorno (20.908 leggeri/giorno e 2.239 pesanti/giorno)**.

Per veicoli efficaci si intende il volume di traffico medio in grado di fornire le percorrenze complessive sull'intera infrastruttura ($\sum \text{veicoli} \cdot \text{Km} / \sum \text{Km}$).

Va rilevato che il tratto oggetto di adeguamento è già a quattro corsie e costituisce l'infrastruttura principale di accesso a Sassari. Complessivamente l'intervento comporta miglioramenti in termini di velocizzazione e di sicurezza della circolazione mentre risulta contenuto, visto l'assetto di rete dell'area, l'incremento dei volumi di traffico serviti attribuibili ad un aumento di capacità dell'offerta del tratto adeguato.

Le analisi rilevano la presenza di flussi di traffico compatibili con una sezione tipo B, pur non evidenziando situazioni di criticità in termini di qualità della circolazione già all'attualità.

La verifica del Livello di Servizio (LoS) del tratto di progetto, effettuata seguendo la procedura indicata dall'HCM sia in asse sia alle due intersezioni, ha restituito un buon livello di servizio sia all'entrata in esercizio sia ai dieci anni successivi.

Pertanto la **configurazione di progetto adottata con una sezione tipo B del nuovo asse e con l'adeguamento dei due svincoli di inizio e fine lotto** restituisce un **indice della qualità della circolazione in linea con le richieste della norma**.

In conclusione i risultati evidenziano come l'infrastruttura di progetto sia correttamente dimensionata rispetto ad i traffici attesi e come l'intervento determini un impatto nell'area di studio che, nono-

stante la limitata estensione dell'asse di progetto, risulta positivo in termini di riduzione dei tempi di percorrenza spesi in rete nell'area di studio.

2 IL MODELLO TRASPORTISTICO STRADALE LOCALE

Per le analisi del progetto è stato creato un modello su scala regionale estratto dal **Modello Trasportistico DSS su scala nazionale** implementato e continuamente aggiornato presso la Direzione *Operation* e Coordinamento Territorio.

L'estrazione del modello regionale dal modello nazionale ANAS ha comportato un lavoro volto a **dettagliare nel grafo la rete locale nell'intorno del nuovo asse di progetto**, definendone le caratteristiche, ed a **implementare una zonizzazione di maggiore dettaglio a supporto di tale nuova rete** in modo da poter meglio rappresentare e replicare la mobilità locale di riferimento.

2.1 OFFERTA E DOMANDA DEL MODELLO LOCALE

Il modello di traffico locale utilizzato nelle analisi è costituito da un grafo di offerta della regione Sardegna ed è caratterizzato da circa 3.849 Km infrastrutture bidirezionali, ad esclusione dei connettori stradali, così suddivisi:

- Rete in gestione diretta ANAS: 2.952 Km (chilometri gestiti da ANAS ad esclusione di svincoli e tratti in complanare esistenti);
- Resto della rete: 896 Km.



Figura 3. Grafo stradale dell'Area di Studio

Nell'ambito territoriale in cui è stata ricostruita l'offerta di trasporto stradale è stata dettagliata, coerentemente con tale offerta, la zonizzazione interna all'area che determina le matrici di domanda di

trasporto che simulano la mobilità passeggeri e merci in modo da ben riprodurre la mobilità interessata dal progetto in analisi.

In particolare la zonizzazione è stata ricostruita su base comunale mediante la disaggregazione della zona di domanda a ridosso dell'intervento di progetto in **7 zone** a cui viene schematicamente ricondotta la domanda per riprodurre la mobilità locale. La zonizzazione adottata è evidenziata nella figura seguente dai centroidi di zona.

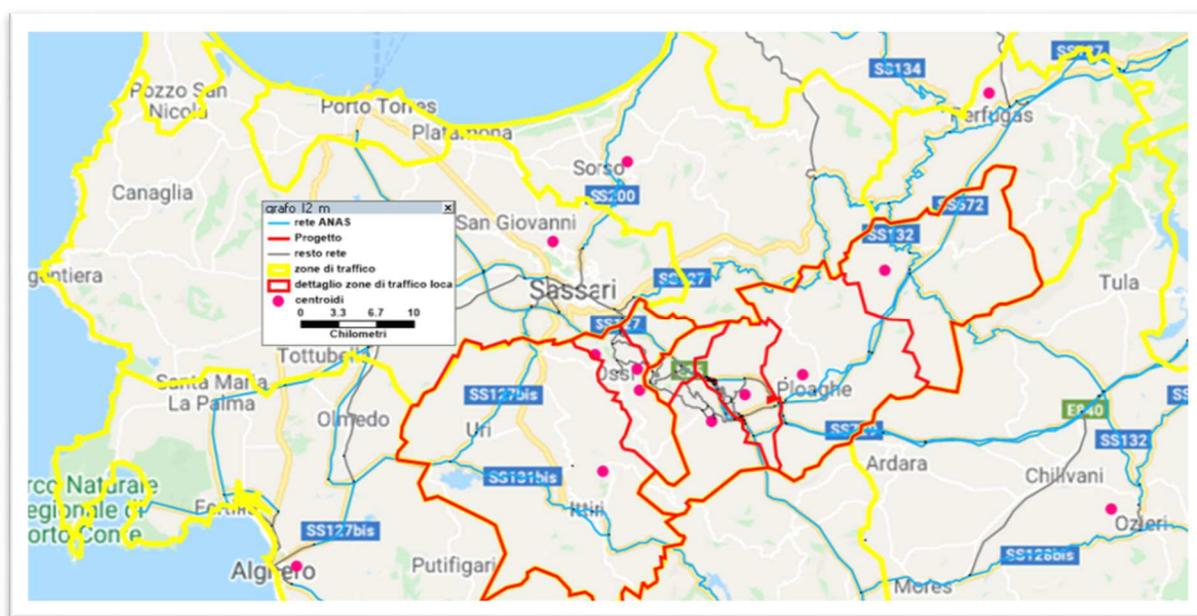


Figura 4. Zonizzazione dell'Area di Studio

Le matrici regionali di partenza sono state calibrate in base ai conteggi di traffico su **76 sezioni di conteggio permanente ANAS del traffico** distribuite sull'intera regione, per le quali sono disponibili i dati di traffico da rapporto annuale 2018 del Censimento ANAS.

La localizzazione sull'offerta di trasporto stradale simulata delle sezioni di conteggio permanente del traffico di ANAS è evidenziata nella figura seguente.

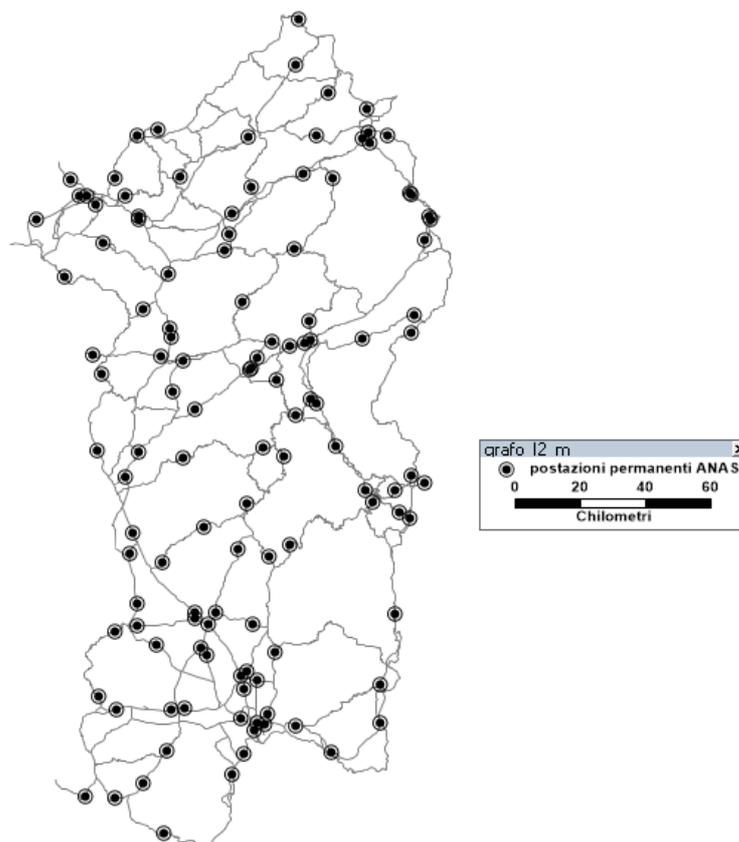


Figura 5. Localizzazione sezioni di conteggio permanenti ANAS

2.2 I DATI DI TRAFFICO ANAS

Attingendo alla banca dati del censimento di traffico ANAS, si è effettuata una analisi dei flussi rilevati sulla S.S.131 nell'area interessata dall'intervento. L'analisi è stata approfondita, come di seguito descritto, anche per evidenziare la presenza di una eventuale consistente stagionalità dei traffici stessi.

Lungo la S.S.131 nell'area interessata dal progetto sono presenti 4 centraline di rilevamento relative al censimento permanente ANAS (si veda la successiva Figura 6):

- postazione 912 al km175+720 nel comune di Torralba;
- postazione 913 al km 196+653 nel comune di Codrongianos;
- postazione 900011 al km 215+728 nel comune di Sassari;
- postazione 914 al km 223,312 nel comune di Sassari.

In particolare delle quattro sezioni di rilievo solo la postazione 913 ricade proprio sul tratto oggetto di adeguamento.

2.2.1 Analisi dei volumi medi annui censiti

In base al censimento di traffico dell'anno 2018, è stato rilevato che ci sono dati disponibili solo su due sezioni: una prima nel comune di Torralba, al Km 175+720 della S.S.131 (postazione n. 912), l'altra al km 223+305 nel comune di Sassari, ma a nord del centro abitato, nel tratto Sassari - Porto Torres; in particolare nella sezione di monitoraggio permanente del traffico 912 si sono rilevati al 2018 Traffici Giornalieri Medi Annuì intorno al **10.800 veicoli complessivi** (con il **10,0% di traffico pesante**), mentre nella postazione 914 si sono registrati valori di circa **6.000 veicoli totali** con l'**8% di traffico pesante**.

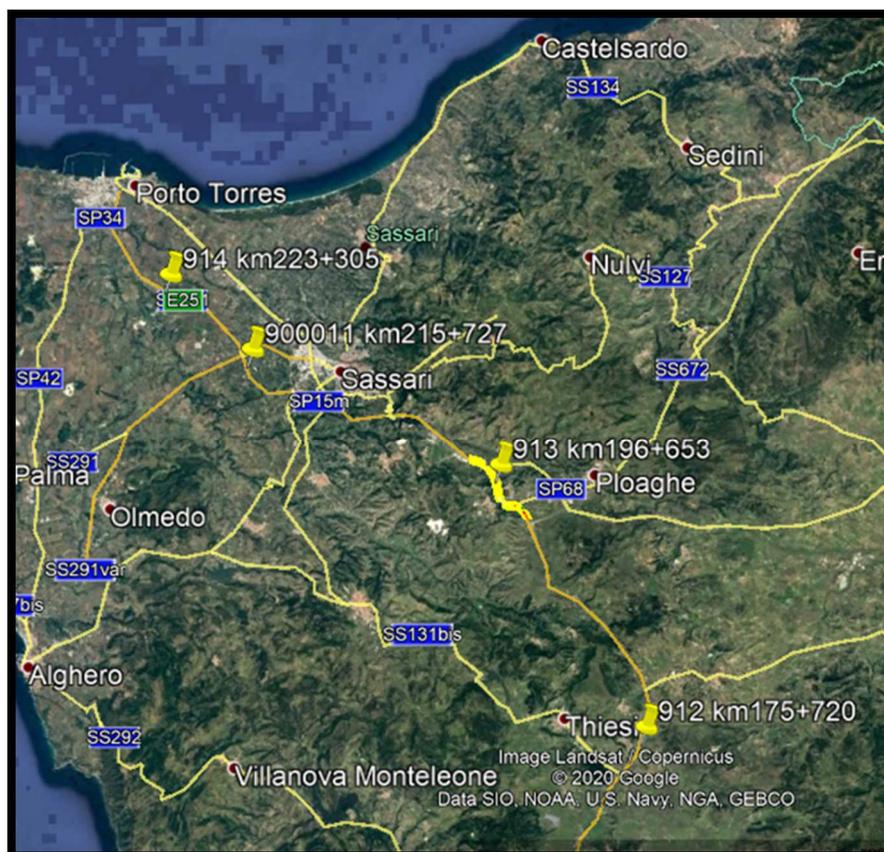


Figura 6: Sezioni permanenti di rilevamento ANAS sulla S.S.131 nell'area di interesse

Per una analisi sulla stagionalità dei traffici in riferimento al valore medio annuo si è fatto invece riferimento ai dati relativi all'anno 2017 in quanto risultano gli ultimi disponibili in forma completa per l'intero anno. Infatti nell'anno 2018 ci sono dati disponibili in tutti e quattro i trimestri solo per la postazione 914; la postazione 912 presenta dati disponibili fino al mese di marzo e, pertanto, non sufficientemente estesi e consolidati per una analisi sull'andamento stagionale. L'utilizzo di dati relativi ad un'intera annualità risiede nella necessità di dover analizzare e quantificare i fenomeni di stagionalità dei traffici che, nel particolare contesto di riferimento potrebbero essere consistenti.

In riferimento all'anno 2017 si è riscontrato che la sezione di monitoraggio permanente del traffico 912 ha rilevato Traffici Giornalieri Medi Annuì intorno al **10.700 veicoli complessivi** (con il **9,7% di traffico pesante**), mentre nella postazione 914 si sono registrati valori di circa **6.200 veicoli totali** con l'**8% di traffico pesante**.

Inoltre da quanto emerge dal Rapporto Annuale 2017 del censimento ANAS e sintetizzato nelle due figure successive, per entrambe le sezioni 912 e 914:

- il giorno della settimana con valore più alto del TGM risulta il venerdì, con valori rispettivamente di 12.229 veicoli /giorno e 6.924 veicoli /giorno;
- il valore massimo del TGM medio è stato registrato in estate: 15.819 veicoli/giorno registrato il 7 luglio per la postazione 912 e 11.397 veicoli/giorno registrato il 4 agosto per la postazione 914.

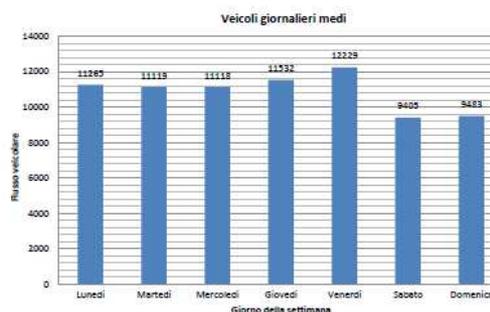
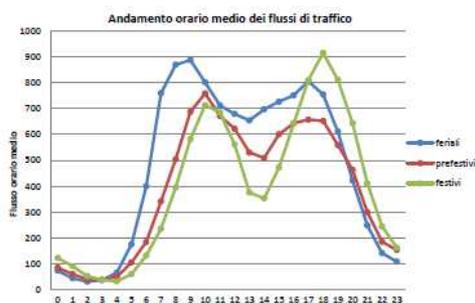
Infine si evidenziano i valori del giorno di punta e dell'ora di punta che per la postazione 912 ricadono in giornate differenti, mentre per la postazione 914 ricadono nello stesso giorno, proprio a conferma della spiccata stagionalità della sezione come di seguito meglio esplicitato.

In particolare:

- per la postazione 912: il giorno di punta dell'anno è il 7 luglio con un volume giornaliero di 15.819 veicoli/giorno, mentre l'ora di punta dell'anno risulta dalle 10:00 alle 11:00 del 17 aprile con un flusso di 1.510 veicoli/ora;
- per la postazione 914: il giorno di punta dell'anno è il 4 agosto con un volume giornaliero di 11.397 veicoli/giorno e nello stesso giorno si è registrata l'ora di punta dell'anno dalle 8:00 alle 9:00 con 1.209 veicoli/ora.

Tratta n. 912: SS131, Km 175.720, Torralba(SS)

| Direzione del Flusso | Consistenza Dati Pervenuti/Attesi | Veicoli Leggeri Volumi medi negli intervalli | | | Veicoli Pesanti Volumi medi negli intervalli | | | Velocità medie nei periodi tutte le classi | | |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|
| | | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 |
| flusso ascendente | 80,00% | 3893 | 346 | 285 | 422 | 13 | 75 | 103 | 107 | 99 |
| flusso discendente | 80,00% | 4537 | 379 | 301 | 454 | 21 | 54 | 107 | 108 | 104 |



Giorno di punta del periodo: **venerdì 7 luglio 2017**
 Volume giornaliero di punta: **15819 [veicoli/giorno]**

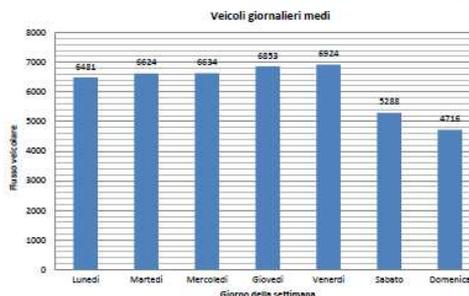
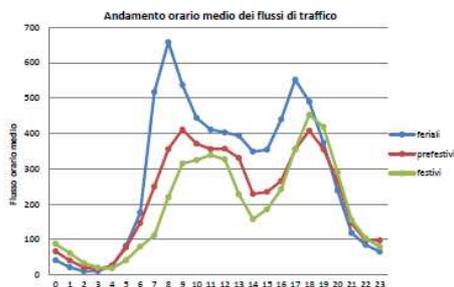
Ora di punta: **lunedì 17 aprile 2017 ore 10:00-11:00**
 Flusso dell'ora di punta: **1510 [veicoli/ora]**

Giornate con rilevamenti completi: 296

Figura 7: Sezione 912 sulla S.S.131 Fonte: Rapporto Annuale Censimento Permanente ANAS 2017

Tratta n. 914: SS131, Km 223.305, Sassari(SS)

| Direzione del Flusso | Consistenza Dati Pervenuti/Attesi | Veicoli Leggeri Volumi medi negli intervalli | | | Veicoli Pesanti Volumi medi negli intervalli | | | Velocità medie nei periodi tutte le classi | | |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|
| | | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 |
| flusso ascendente | 100,00% | 2506 | 193 | 188 | 227 | 6 | 13 | 107 | 110 | 106 |
| flusso discendente | 100,00% | 2490 | 179 | 160 | 235 | 3 | 16 | 103 | 104 | 101 |



Giorno di punta del periodo: **venerdì 4 agosto 2017**
 Volume giornaliero di punta: **11397 [veicoli/giorno]**

Ora di punta: **venerdì 4 agosto 2017 ore 08:00-09:00**
 Flusso dell'ora di punta: **1209 [veicoli/ora]**

Giornate con rilevamenti completi: 353

Figura 8: Sezione 914 sulla S.S.131 Fonte: Rapporto Annuale Censimento Permanente ANAS 2017

2.2.2 Analisi della componente stagionale

Nel trimestre estivo il Traffico Giornaliero Medio aumenta rispetto al valore medio annuo con circa 12.000 veicoli totali giornalieri (con il 9,2% di traffico pesante) nella postazione 912 ed 8.500 (con il 6,3% di traffico pesante) nella postazione 914, registrando pertanto un incremento rispettivamente dell'11% e del 37%.

| ANNO 2017 | | | | | | |
|--------------------|-----------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|
| sezione di rilievo | TGM medio annuo | | | TGM terzo trimestre | | |
| | leggeri | pesanti | Totale | leggeri | pesanti | Totale |
| 912 | 9.681 | 1.036 | 10.717 | 10.836 | 1.103 | 11.939 |
| 914 | 5.698 | 498 | 6.196 | 7.955 | 533 | 8.488 |

Figura 9: Confronto volumi medi traffico giornaliero - Fonte: Censimento Permanente ANAS 2017

I dati quindi evidenziano una stagionalità più consistente nel tratto Sassari – Porto Torres, in particolare si nota come l'incremento registrato nel trimestre estivo è soprattutto riscontrato nei veicoli leggeri probabilmente dovuto all'incremento degli spostamenti di Sassari verso il mare.

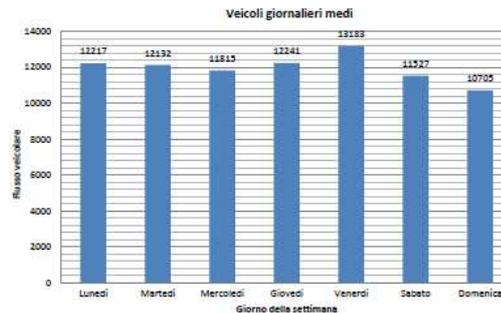
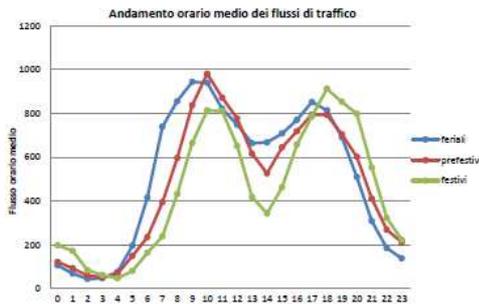
| sezione di rilievo | Incremento percentuale trimestre estivo su valore medio annuo | | |
|--------------------|---|---------|--------|
| | leggeri | pesanti | Totale |
| 912 | 12% | 6% | 11% |
| 914 | 40% | 7% | 37% |

Figura 10: Incremento percentuale volumi medi stagionali rispetto a valore medio annuo - ANNO 2017

Le figure successive sintetizzano i dati rilevati nel trimestre luglio-settembre.

Tratta n. 912: SS131, Km 175.720, Torralba(SS)

| Direzione del Flusso | Consistenza Dati Pervenuti/Attesi | Veicoli Leggeri Volumi medi negli intervalli | | | Veicoli Pesanti Volumi medi negli intervalli | | | Velocità medie nei periodi tutte le classi | | |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|
| | | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 |
| Flusso ascendente | 90,00% | 4325 | 428 | 414 | 453 | 15 | 86 | 104 | 107 | 100 |
| Flusso discendente | 90,00% | 4818 | 470 | 381 | 470 | 21 | 58 | 110 | 111 | 106 |



Giorno di punta del periodo: **venerdì 7 luglio 2017**
 Volume giornaliero di punta: **15819 [veicoli/giorno]**

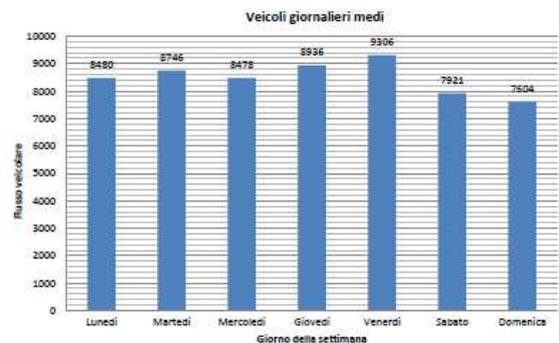
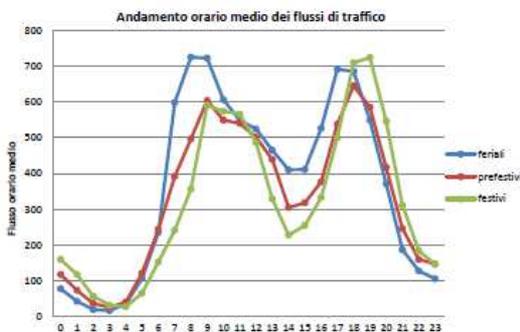
Ora di punta: **sabato 12 agosto 2017 ore 10:00-11:00**
 Flusso dell'ora di punta: **1376 [veicoli/ora]**

Giornate con rilevamenti completi: **84**

Figura 11: Terzo Trimestre Sezione 912 sulla S.S.131 - Fonte: Rapporto Trimestrale Censimento Permanente ANAS 2017

Tratta n. 914: SS131, Km 223.305, Sassari(SS)

| Direzione del Flusso | Consistenza Dati Pervenuti/Attesi | Veicoli Leggeri Volumi medi negli intervalli | | | Veicoli Pesanti Volumi medi negli intervalli | | | Velocità medie nei periodi tutte le classi | | |
|----------------------|--------------------------------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|---|-------------|-------------|
| | | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 | 06:00-20:00 | 20:00-22:00 | 22:00-06:00 |
| Flusso ascendente | 100,00% | 3428 | 280 | 283 | 241 | 7 | 15 | 108 | 109 | 105 |
| Flusso discendente | 100,00% | 3351 | 328 | 285 | 247 | 5 | 18 | 102 | 102 | 101 |



Giorno di punta del periodo: **venerdì 4 agosto 2017**
 Volume giornaliero di punta: **11397 [veicoli/giorno]**

Ora di punta: **venerdì 4 agosto 2017 ore 08:00-09:00**
 Flusso dell'ora di punta: **1209 [veicoli/ora]**

Giornate con rilevamenti completi: **92**

Figura 12: Terzo Trimestre Sezione 914 sulla S.S.131 - Fonte: Rapporto Trimestrale Censimento Permanente ANAS 2017

2.2.3 Analisi della sezione di censimento localizzata in corrispondenza del progetto

In riferimento all'anno 2017 le altre due postazioni dell'area (n. 900011 e n. 913) hanno registrato dei dati di flusso nel censimento permanente ANAS ma con un minor numero di giorni consistenti rispetto alle altre due postazioni precedentemente esaminate e pertanto non rappresentate nel Rapporto Annuale e nei Rapporti Trimestrali.

Infatti, per la postazione 900011 si sono rilevati dati su 150 giorni nell'anno 2017 e per la 913 su 130 giorni, mentre, come riportato nelle figure del Rapporto Annuale 2017, la sezione 912 registra dati che fanno riferimento a 296 giorni di rilievo e la postazione 914 a 353 giorni.

Pertanto, pur tenendo in considerazione il diverso numero di giorni di rilievo delle postazioni, si riporta di seguito un raffronto dei valori del numero medio di veicoli leggeri e pesanti nel giorno feriale medio dell'anno delle quattro postazioni dell'area di interesse. Tale raffronto si è ritenuto utile per meglio indirizzare le valutazioni sui traffici attestati dell'infrastruttura di progetto, poiché le postazioni 900011 e 913 sono più a ridosso dell'intervento, la 913 cade proprio sul tratto i progetto, mentre le altre potazioni sono distribuite su tratte della S.S.131 che potrebbero registrare dinamiche di traffico differenti.

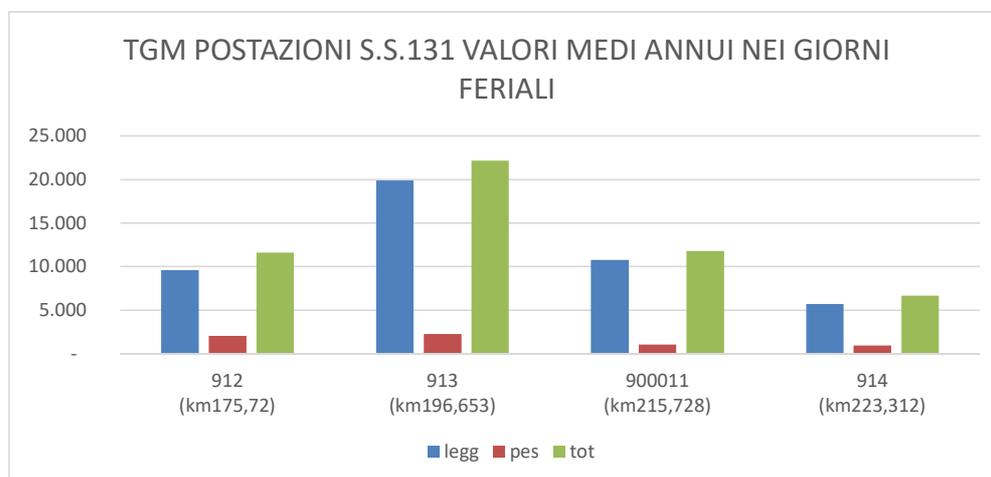


Figura 13:

La Figura evidenzia come i flussi della postazione 913, in corrispondenza dell'intervento in studio, siano più consistenti (pari a **19.917 veicoli leggeri** e **2.241 veicoli pesanti** giornalieri per un totale di **22.158**) proprio perché è un tratto che si carica anche dei traffici in uscita dalla Sassari - Olbia e provenienti/diretti a Sassari.

La postazione 912, che è localizzata molto più a sud nel comune di Torralba, registra flussi più contenuti poiché ricade prima dell'innesto della S.S.729 perdendo la quota di domanda che dall'itinerario Sassari-Olbia gravita su Sassari.

La postazione 900011 è localizzata nel comune di Sassari ma più a nord dell'intervento e ad ovest di Sassari probabilmente raccoglie i flussi che risalendo dalla Sassari Olbia sono diretti verso le località della costa ad ovest proseguendo sulla S.S.291VAR.

La postazione 914 registra flussi più contenuti rispetto alle altre postazioni e sono probabilmente rappresentativi in buona parte delle dinamiche di spostamento tra Sassari e Porto Torres.

Osservando invece i dati del flusso medio nei giorni della settimana, si nota che i valori della postazione 913 assumono valori sempre mediamente più alti delle altre postazioni e che il valore più alto del flusso si registra nella giornata di venerdì, come tra l'altro accade anche per le postazioni 912 e 914.

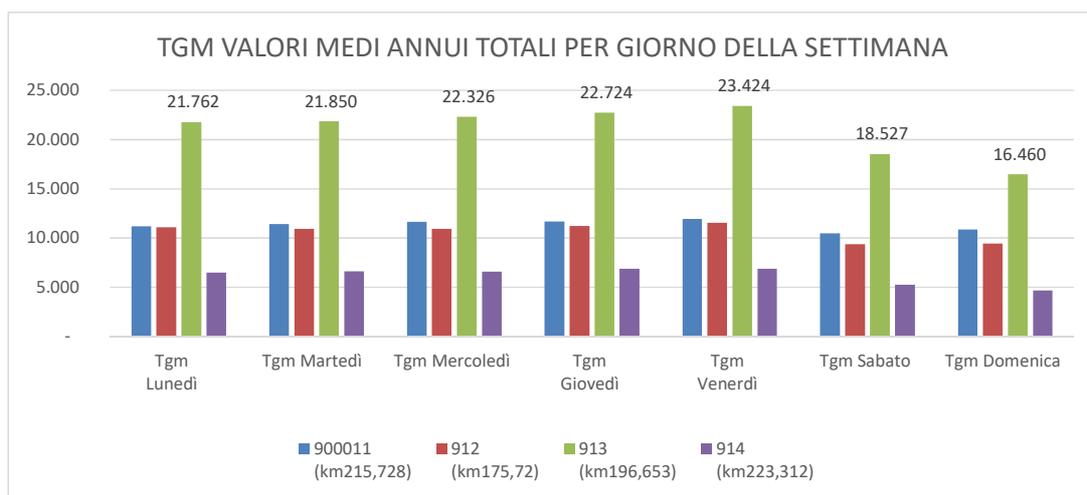


Figura 14:

Si precisa inoltre che, in riferimento all'anno 2017, anche la postazione 913 ha registrato dei dati di flussi censiti in riferimento ai quattro rapporti trimestrali dell'anno. Sebbene in taluni casi presentino una ridotta consistenza di giorni e di rilievo (28 giorni su tre mesi) si è ritenuto utile analizzarli per meglio quantificare la stagionalità del traffico dell'area ponendoli a raffronto con i dati della stagionalità delle postazioni 912 e 914 che hanno un numero di giorni di rilievo censito più alto.

In riferimento al terzo trimestre, periodo estivo luglio-settembre, la figura seguente evidenzia il rapporto flusso del trimestre su flusso medio annuo in percentuale, schematizzando l'impatto della stagionalità sulle sezioni di rilievo.

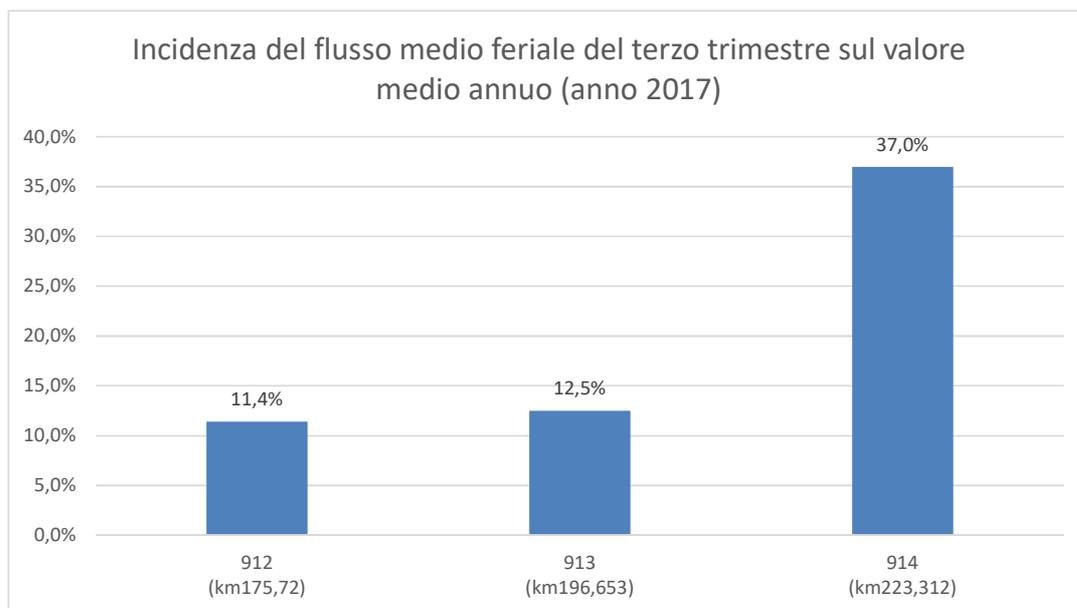


Figura 15:

La postazione 914 ha una maggiore incidenza della stagionalità giustificata dal fatto che si trova nel comune di Sassari ma sul tratto Sassari - Porto Torres quindi riflette il pendolarismo estivo di Sassari verso il mare.

L'incidenza percentuale della postazione 913 risulta del 12,5%. Considerando che il dato è ottenuto da un numero poco consistente di giorni di rilievo, a differenza delle altre due postazioni, si può assumere come percentuale di incidenza della stagionalità sul traffico il risultato ottenuto dall'analisi della postazione 912, che peraltro ha evidenziato un comportamento molto simile a quello rilevato sulla postazione in asse alla tratta di progetto.

In generale comunque sul tratto oggetto di intervento non si riscontra un incremento di traffico per effetto di dinamiche di stagionalità così sostenute da rendere necessarie verifiche ad hoc, anche in considerazione dei traffici medi annui e della sezione di progetto.

2.2.4 Analisi dell'andamento orario della sezione di censimento localizzata in corrispondenza del progetto

La figura seguente riporta l'andamento orario del giorno feriale medio per le classi di veicoli leggeri e pesanti. Il dato fa riferimento ai flussi rilevati nella postazione 913 nel 2017 ed è utile ai fini dell'individuazione dell'ora di punta su cui verificare il livello di servizio.

In particolare si evidenzia come il massimo valore del flusso orario si riscontra nella fascia oraria 9:00-10:00 ed è pari a **1.644 veicoli totali bidirezionali**, con quindi un'incidenza dell'ora di punta sul

traffico totale giornaliero di 7,4%.

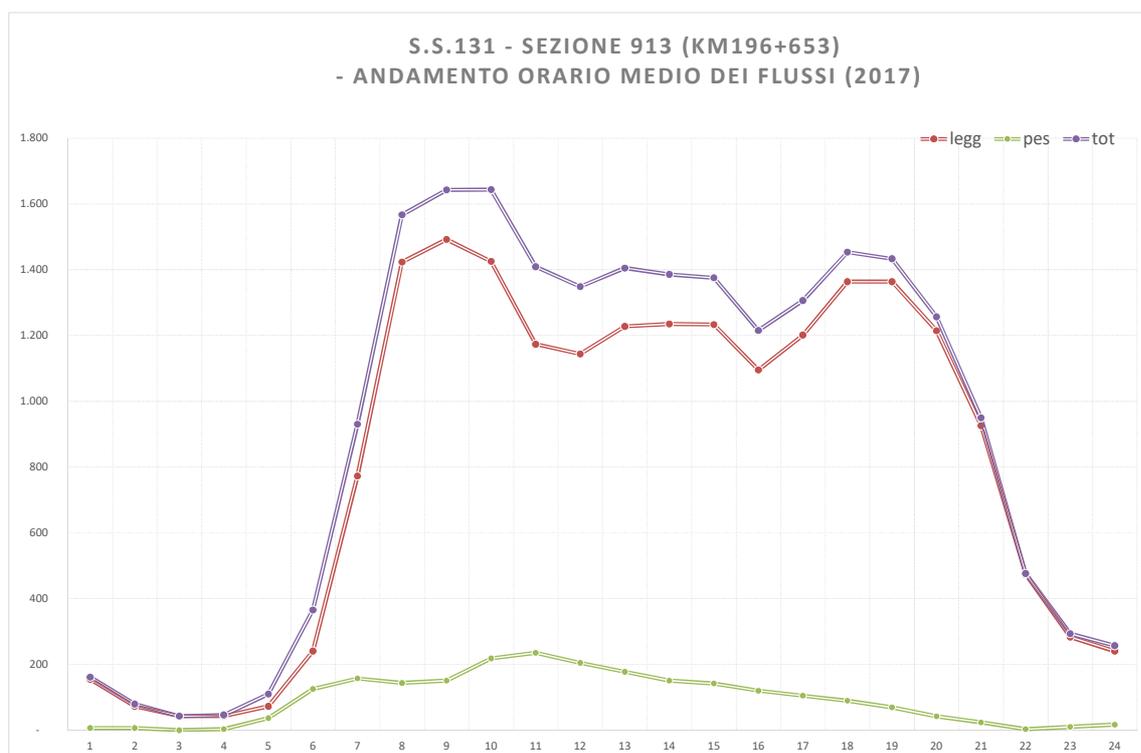


Figura 16:

Si fa inoltre presente che in base ai rilievi censiti sulla postazione 913 risulta che il giorno con volume giornaliero di punta risulta essere stato il 07/07/17 con un volume totale di 26.590, mentre l'ora di punta registrata risulta dalle 07:00 alle 8:00 del 04/08/17 con un flusso totale di 1.888, riproponendo tra l'altro lo stesso giorno di punta registrato nella postazione 912 e lo stesso giorno in cui si è presentata l'ora di punta nella postazione 914, solo anticipata di 1 ora.

2.2.5 LA PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE

La procedura di assegnazione utilizzata per la calibrazione del modello di rete, e per le analisi dei traffici che insistono sulle infrastrutture stradali implementate nel modello, è la MMA-Assignment, ovvero l'assegnazione multimodale e multiclasse che consente di assegnare simultaneamente più matrici a diverse porzioni di rete tenendo quindi in considerazione più tipologie di utenti o veicoli e differenti reti.

I coefficienti di equivalenza utilizzati nell'assegnazione multimodale sono i seguenti:

- 1.0 veicoli equivalenti per i veicoli leggeri (passeggeri);
- 2.5 veicoli equivalenti per i veicoli pesanti (merci).

La tecnica di assegnazione utilizzata è all'Equilibrio Stocastico dell'Utente (SUE), in modo da tenere conto dei vincoli di capacità degli archi appartenenti alla rete funzione delle caratteristiche funzionali e geometriche degli stessi.

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.

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 sono i seguenti:

- costo chilometrico del trasporto (legato ad ogni singolo arco della rete e funzione dell'estensione chilometrica dello stesso);
- valore monetario del tempo (VOT);
- il costo del pedaggio (ove esistente).

Il tempo di percorrenza dell'arco t_{aj} , che determina il Valore Monetario del Tempo VOT, è funzione sia delle caratteristiche geometriche e funzionali dell'infrastruttura (velocità a flusso libero, capacità della strada) sia del flusso che vi transita in quanto al crescere dei flussi cresce anche il condizionamento tra i veicoli e può essere determinato attraverso funzioni sperimentali.

Ad ogni arco corrisponde una legge di deflusso, nel modello è utilizzata una funzione sperimentale del tipo BPR, la cui espressione generale è:

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

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 nC dell'arco stesso (in cui n rappresenta il numero di corsie e C la capacità di una corsia) e da due parametri α e β che derivano da calibrazione.

Il valore del tempo di viaggio (Value Of Time, VOT) è considerato dalla letteratura di settore funzione di molteplici fattori quali il salario, il tipo di attività fatta nel tempo risparmiato, l'utilità associata a quest'attività e a quella associata al tempo di viaggio. Tali fattori, oltre a variare per ogni individuo, variano anche in funzione del tipo di spostamento, della motivazione dello spostamento e della fase del viaggio.

Ai fini di una corretta rappresentazione modellistica è stato stimato il VOT per classe di utente, e quindi per i veicoli leggeri e per i veicoli pesanti.

La stima del VOT per i veicoli leggeri è stata determinata a partire dai valori proposti in letteratura, dall'analisi delle informazioni sulle motivazioni di viaggio ottenute attraverso le varie indagini O/D realizzate nel corso degli anni sulle motivazioni del viaggio, dall'analisi di statistiche Istat relative a retribuzioni orarie medie annue e occupati per settore.

Per la stima del VOT dei mezzi pesanti, la letteratura di settore suggerisce di considerare il costo orario dell'autista, in quanto, in questo caso, il tempo di viaggio coincide con il tempo di lavoro. Possono, quindi, essere trascurati altri elementi di valutazione, quali il valore della merce e dell'unità di carico, che incidono nella fase decisionale di scelta modale che precede la scelta del percorso.

Nel modello di assegnazione i valori del tempo applicati sono pari a **0,25 euro/minuto** (15 euro/ora) per i veicoli leggeri e a **0,5 euro/minuto** (30 euro/ora) per i veicoli pesanti. Il VOT dei veicoli leggeri è determinato dal Valore Monetario del Tempo della persona (12€/h) e dal coefficiente di riempimento medio del veicolo, stimato in 1,25 persone/veicolo.

In merito al costo monetario di esercizio si ritiene che le principali componenti di costo che influenzano le scelte di itinerario degli utenti dei veicoli leggeri siano:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici.

Per la stima di tali componenti è stata utilizzata la metodologia dell'Automobile Club di Italia (Aci), che comprende le spese sostenute per l'uso del veicolo (carburante, pneumatici, manutenzione e riparazioni, tassa automobilistica, assicurazione R.C.A.) più, per i settori lavorativi interessati, le quote di ammortamento del capitale utilizzato per l'acquisto.

Per il calcolo del costo medio di esercizio sono stati utilizzati inoltre i dati Aci sulla consistenza del parco auto circolante in Italia relativamente al 2012.

Il valore medio del costo chilometrico per la classe veicoli leggeri scaturito dall'analisi ed utilizzato nel modello è risultato pari a **0,19 euro/km**.

Per la classe veicolare dei mezzi pesanti le componenti di costo di esercizio considerate che influenzano le scelte di itinerario sono:

- costo carburante;
- costo manutenzione;
- costo pneumatici;
- costo personale.

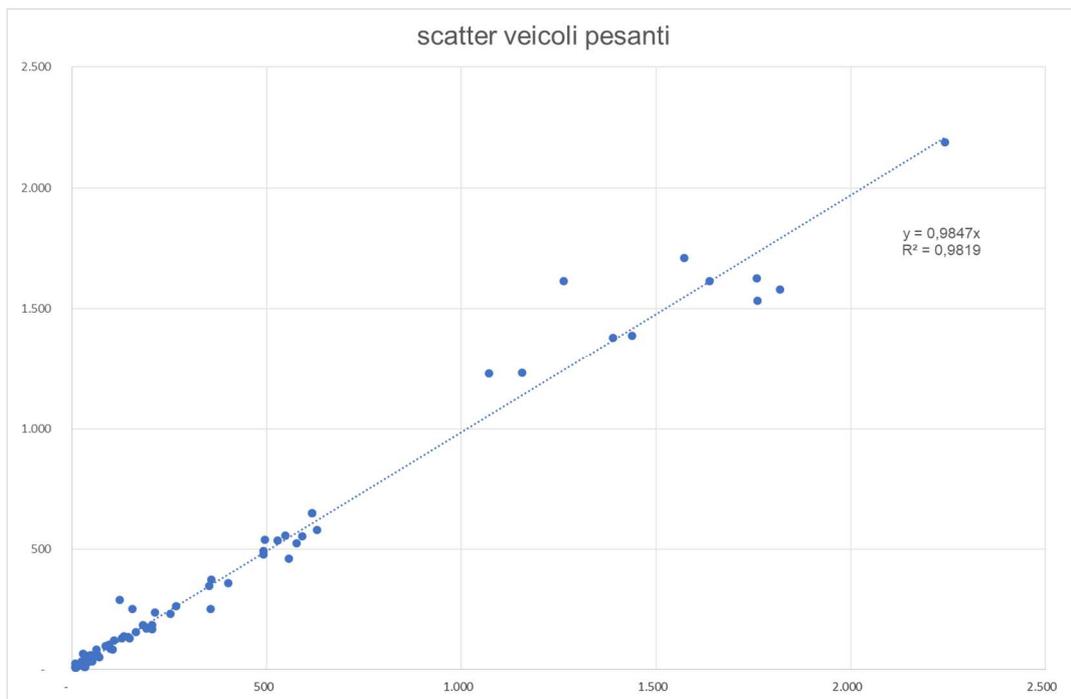
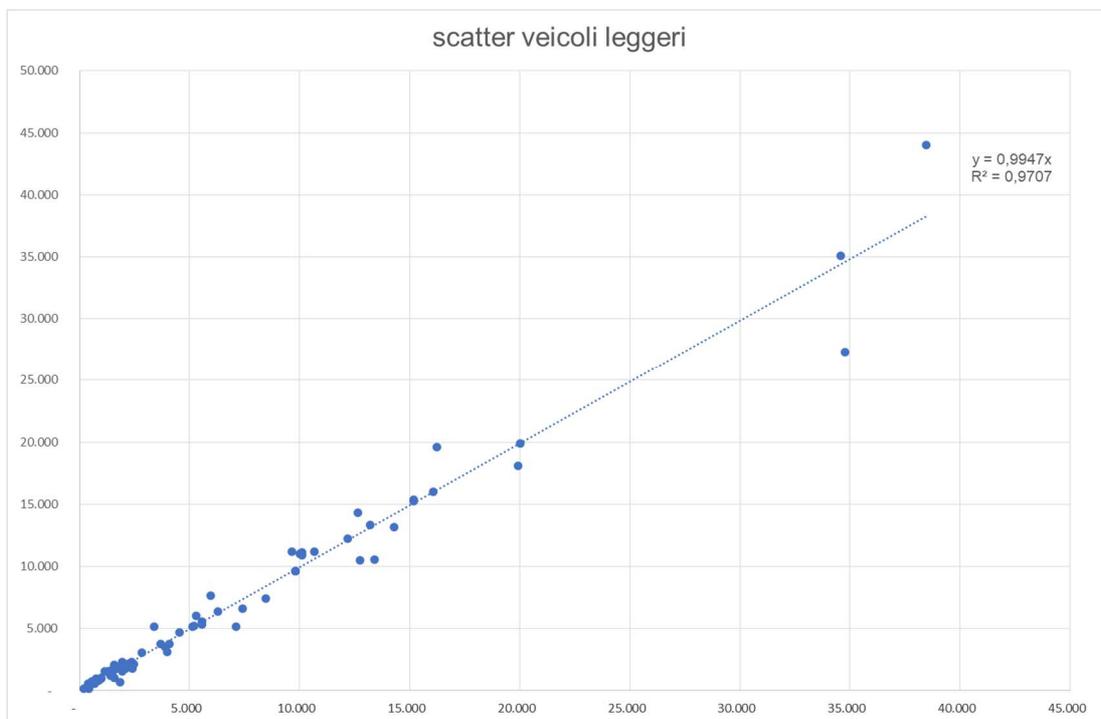
Il calcolo del Costo Chilometrico Medio per i veicoli pesanti è calcolato partendo dalle tabelle dei costi minimi di esercizio in funzione della massa complessiva del veicolo e delle distanze di percorrenza (Aprile 2014) pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In base alla tabella precedente, alla consistenza del parco veicolare dei mezzi pesanti distinto per portata utile (Fonte ACI – Anno 2011), e dai dati di Tonnellate/Km trasportate in Italia distinto per classi di percorrenza (Fonte Conto Nazionale dei Trasporti – Anno 2015), è stato calcolato Il valore medio del costo chilometrico per un veicolo pesante, risultato pari a **0,79 euro/km**.

L'offerta di trasporto implementata, unitamente alla domanda di trasporto ad essa associata, consente di determinare i flussi di traffico di media e lunga percorrenza che si attestano sulle infrastrutture stradali simulate, esistenti e di progetto.

2.2.6 CALIBRAZIONE E ASSEGNAZIONE DEL MODELLO LOCALE

Le figure seguenti mostrano la correlazione, per i due differenti segmenti di domanda, veicoli leggeri e veicoli pesanti, dei flussi simulati sulla rete rispetto a quelli conteggiati nelle sezioni di rilievo stradale ottenute a seguito della calibrazione del modello di domanda/offerta di trasporto.



Si deve tenere presente che le matrici di domanda ottenute dalla calibrazione sono da ritenersi significative, per l'area di studio, degli spostamenti tra le zone di un giorno feriale medio, all'anno di riferimento 2018 (anno dei dati di rilievo utilizzati).

Complessivamente la domanda di trasporto, a seguito della calibrazione, è caratterizzata da:

- 299.059 spostamenti di veicoli leggeri passeggeri tra le diverse zone di traffico;
- 10.284 spostamenti di veicoli pesanti merci tra le diverse zone di traffico.

3 GLI INDICATORI DI AREA E FLUSSI SULL'ATTUALE S.S.131 NELLA TRATTA SOTTESA AL PROGETTO – SCENARIO ATTUALE

Determinate e calibrate le matrici Origine–Destinazione della domanda, è stata effettuata l'assegnazione dei veicoli al grafo stradale attuale, 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.

Come già descritto, 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.

La figura seguente mostra, su scala locale, i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta di trasporto simulata, espressa in figura come somma effettiva dei veicoli Leggeri e Pesanti (non è applicato il coefficiente di equivalenza); l'immagine evidenzia i flussi sulla rete di trasporto stradale simulata nella situazione attuale in funzione dei risultati della calibrazione esposti precedentemente e dei parametri assunti alla base del modello di assegnazione adottato.



Figura 17. Flussogramma espresso come somma di veicoli Leggeri e Pesanti - anno 2018

La calibrazione, e conseguente ricostruzione modellistica della situazione attuale della mobilità, è fondamentale sia per la verifica dello stato delle infrastrutture e della mobilità su cui si andrà ad inserire il progetto che per fornire una solida base modellistica di “fotografia” del contesto reale della mobilità dell’area su cui inserire la componente previsiva di scenari futuri di domanda ed offerta di trasporto.

La verifica della situazione attuale, corrispondente all’anno 2018 a cui fanno riferimento i rilievi di traffico disponibili, è finalizzata:

- a verificare lo stato complessivo della mobilità in termini di percorrenze di area (veicoli*Km);
- a verificare i tempi complessivamente spesi in rete ed il conseguente livello medio di congestione (veicoli*h).

I due indicatori precedenti, riportati agli scenari futuri di domanda di trasporto attraverso opportuni tassi di proiezione della domanda di mobilità (scenari di riferimento) sono funzionali al confronto con i corrispondenti indicatori degli scenari infrastrutturali futuri di offerta di progetto (scenari di progetto) e sono da input per le verifiche di sostenibilità economica del progetto attraverso l’Analisi Costi Benefici.

La tabella seguente evidenzia le percorrenze ed il tempo speso in rete complessivo giornaliero nella situazione attuale.

| Scenario Attuale – Anno 2018 – indicatori di area giornalieri | |
|--|-----------|
| Leggeri Veicoli*Km | 4.878.236 |
| Leggeri Veicoli*h | 75.411 |
| Pesanti Veicoli*Km | 329.884 |
| Pesanti Veicoli*h | 5.590 |
| Velocità Leggeri (km/h) | 64,69 |
| Velocità Pesanti (km/h) | 59,01 |

I flussi simulati da modello all'attualità (2018) sul tratto della S.S.131 sotteso al progetto (all'incirca dal km 194 al km 198) restituiscono dei valori di **20.989 veicoli/giorno**, espressi in veicoli efficaci, con circa il 10% di pesanti.

Per veicoli efficaci si intende il volume di traffico medio in grado di fornire le percorrenze complessive sull'intera infrastruttura ($\sum \text{veicoli} \cdot \text{Km} / \sum \text{Km}$).

| Strada | Denominazione | dal Km | al km | Leggeri (veic./giorno) | Pesanti (veic./giorno) | Totali (veic./giorno) | Anno |
|--------|---------------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------|
| SS131 | CARLO FELICE | 193,600 | 198,200 | 18.943 | 2.047 | 20.989 | 2018 |

4 GLI SCENARI FUTURI DI DOMANDA – CRESCITA DELLA MOBILITÀ DELL’AREA

Al fine di valutare l’entità dei flussi che potranno interessare i territori compresi nell’Area di Studio, si sono ricostruiti gli orizzonti temporali futuri di crescita della domanda.

Come periodo temporale di previsione della domanda di trasporto complessiva merci e passeggeri sono stati considerati diversi orizzonti temporali a partire dai traffici stimati all’attualità. In particolare si sono ricostruiti gli orizzonti temporali di crescita della domanda all’**anno 2026**, in cui si prevede l’**entrata in esercizio** dell’infrastruttura di progetto, a **10 anni** e a **20 anni dall’entrata in esercizio** dell’intervento.

La figura successiva mostra l’andamento della curva di crescita della domanda passeggeri e merci adottata.

| TASSI ANNUI | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 |
|-------------|--------|------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Leggeri | 100.0% | 0.0% | -17.5% | 10.3% | 10.3% | 1.8% | 1.8% | 1.8% | 2.0% | 2.0% | 2.0% | 2.2% | 1.8% | 1.5% | 1.3% | 1.2% | 1.0% | 0.8% | 0.5% |
| Pesanti | 100.0% | 0.0% | -12.9% | 7.6% | 7.6% | 1.8% | 2.0% | 2.0% | 2.2% | 2.2% | 2.2% | 2.5% | 2.1% | 1.8% | 1.5% | 1.4% | 1.2% | 1.0% | 0.7% |

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 |
|---------|------|-------|------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Leggeri | 100 | 100.0 | 82.5 | 91.0 | 100.4 | 102.17 | 104.00 | 105.88 | 107.99 | 110.15 | 112.36 | 114.83 | 116.90 | 118.65 | 120.19 | 121.63 | 122.85 | 123.83 | 124.45 |
| Pesanti | 100 | 100.0 | 87.1 | 93.7 | 100.8 | 102.64 | 104.69 | 106.78 | 109.13 | 111.53 | 113.99 | 116.83 | 119.29 | 121.44 | 123.26 | 124.98 | 126.48 | 127.75 | 128.64 |

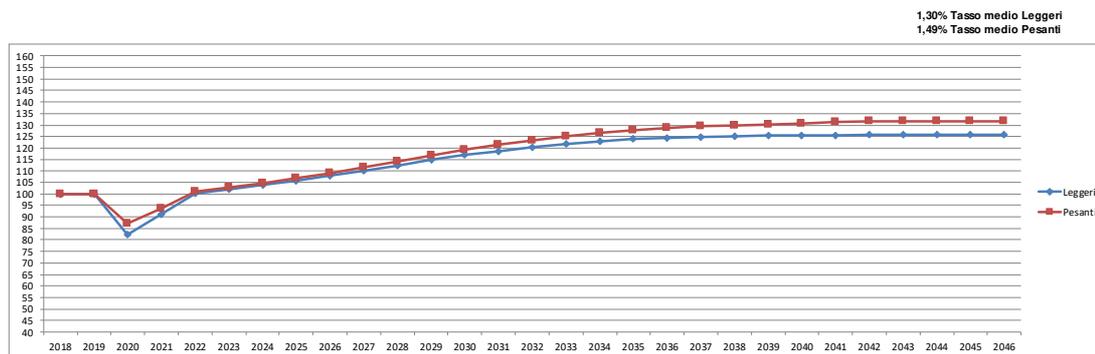


Figura 18. Curva di crescita della domanda

Nella curva di crescita è stato stimato l’impatto sulla mobilità nel 2020 dell’emergenza sanitaria nazionale, stimando la riduzione media annua della mobilità in base ai dati misurati dei primi sette mesi dell’anno. Inoltre, agli orizzonti futuri, si è ipotizzato, coerentemente con altre crisi economiche precedenti, un triennio il tempo per ritornare ai traffici medi annui del periodo pre-crisi.

L’andamento tracciato corrisponde ad un tasso medio annuo di crescita dal 2018 al 2036 dell’1,30% per la domanda Passeggeri (veicoli Leggeri) e del 1,49% per la domanda Merci (veicoli Pesanti).

Complessivamente, dal 2018 (anno dei dati di rilievo di traffico a cui è stato calibrato il modello) all’entrata in esercizio dell’infrastruttura di progetto, si stima una crescita del **7,99% della domanda passeggeri** e dell’**9,13% di quella merci**.

5 GLI INDICATORI DI AREA E FLUSSI DELL'ATTUALE S.S.131 AGLI ORIZZONTI FUTURI – SCENARIO DI RIFERIMENTO

Gli scenari di Riferimento, ovvero a domanda proiettata negli anni ed offerta di trasporto senza infrastruttura di progetto, sono funzionali a stimare la crescita della congestione nell'area di Studio e sull'asse più strettamente interessato all'intervento e fornire gli indicatori di area (veicoli*Km e veicoli*h) da mettere a confronto con gli scenari infrastrutturali di progetto alle stesse annualità di input all'Analisi Costi Benefici.

Negli scenari di riferimento si sono considerati completati gli interventi previsti sull'itinerario Sassari-Olbia.

La tabella seguente mostra i risultati di area ai tre orizzonti temporali analizzati (entrata in esercizio, dieci anni e vent'anni dall'entrata in esercizio).

Scenario di Riferimento–indicatori di area giornalieri

| Indicatori | Anno 2026 | Anno 2036 | Anno 2046 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Leggeri Veicoli*Km | 5.271.419 | 6.074.779 | 6.135.764 |
| Leggeri Veicoli*h | 81.317 | 94.455 | 95.591 |
| Pesanti Veicoli*Km | 359.737 | 424.053 | 433.467 |
| Pesanti Veicoli*h | 6.017 | 7.149 | 7.322 |
| Velocità Leggeri (km/h) | 64,83 | 64,31 | 64,19 |
| Velocità Pesanti (km/h) | 59,78 | 59,31 | 59,20 |

Nello scenario di riferimento all'entrata in esercizio dell'intervento di adeguamento, ossia nell'ipotesi che al 2026 non venga realizzato il nuovo asse, sulla base della curva di crescita di domanda ipotizzata, si stima che il tratto sotteso della S.S.131 esistente si carichi di **22.889 veicoli/giorno**.

La tabella successiva riporta anche i valori stimati dei flussi a dieci anni e a vent'anni dall'entrata in esercizio espressi in veicoli efficaci.

| Strada | dal Km | al km | Leggeri (veic./giorno) | Pesanti (veic./giorno) | Totali (veic./giorno) | Anno |
|-------------------------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------|
| SS131 lotto 1 | | | 20.655 | 2.234 | 22.889 | 2026 |
| Scenario di riferimento | 193,600 | 198,200 | 24.054 | 2.669 | 26.724 | 2036 |
| (senza nuovo asse) | | | 24.313 | 2.733 | 27.046 | 2046 |

6 ANALISI DEGLI SCENARI DI PROGETTO (2026, 2036 E 2046)

La nuova infrastruttura presenta una sezione tipo di larghezza complessiva di 22,00m, caratterizzata da due corsia per senso di marcia di larghezza di 3,75m, banchine di 1,75m e spartitraffico di

3,50m per un'estesa di circa 4,5 km. In tale configurazione di progetto si ipotizza che il tracciato si inserisca nel territorio ridisegnando l'attuale tracciato già a quattro corsie ed i due svincoli di connessione alla rete esistente.

Le rotonde hanno diametro esterno di 48m.

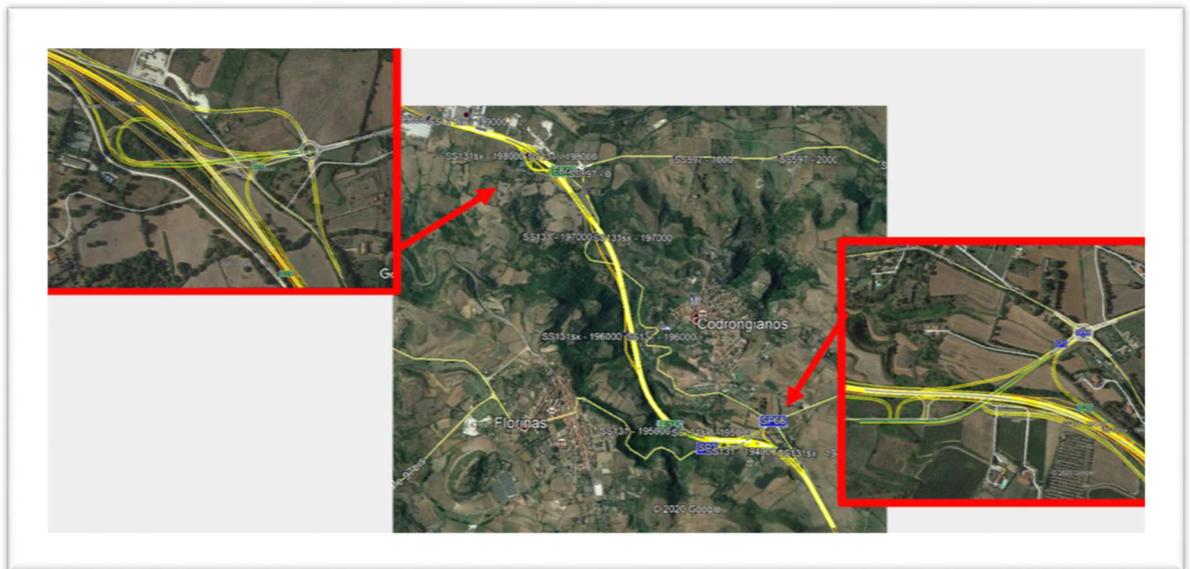


Figura 19 Progetto e svincoli con la S.S.597 e con la S.P.68/S.P.3

Nella figura seguente si riportano le caratteristiche fisiche e funzionali della nuova piattaforma di progetto come previsto dal Decreto 5 novembre 2001 recante "Norme funzionali e Geometriche per la costruzione delle strada".

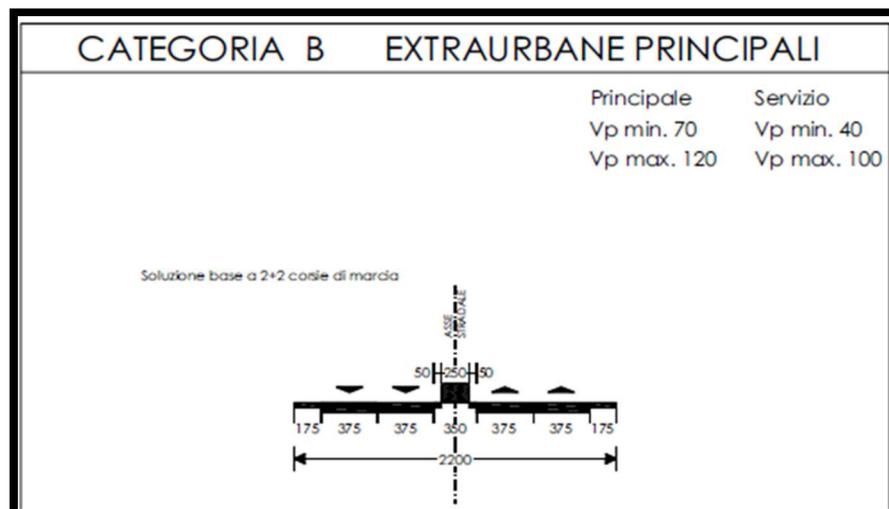


Figura 20 Sezioni tipo di progetto (DM n.6792/2001)

La figura seguente mostra i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta di trasporto simulata, con in progetto di adeguamento in esercizio che determina un potenziamento dell'offerta stradale in continuità con il tratto precedente su cui si innesta la S.S.729.

Il flussogramma è riportato al **2026, anno di entrata in esercizio.**



Figura 21 Flussogramma scenario di progetto (veicoli totali) –anno 2026

Le tabelle successive evidenziano gli indicatori di rete in riferimento agli orizzonti temporali 2026, 2036, e 2046, consentendo di valutare l'impatto complessivo del progetto sulla mobilità dell'area in termini di indicatori di area (veicoli*Km e veicoli*h).

Scenario di Progetto–indicatori di area giornalieri

| Indicatori | Anno 2026 | Anno 2036 | Anno 2046 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Leggeri Veicoli*Km | 5.273.346 | 6.077.001 | 6.138.008 |
| Leggeri Veicoli*h | 80.833 | 93.338 | 94.323 |
| Pesanti Veicoli*Km | 359.662 | 423.964 | 433.376 |
| Pesanti Veicoli*h | 5.960 | 7.040 | 7.200 |
| Velocità Leggeri (km/h) | 65,24 | 65,11 | 65,07 |
| Velocità Pesanti (km/h) | 60,34 | 60,22 | 60,19 |

I risultati evidenziano come l'infrastruttura determini un impatto nell'area di studio che, pur se contenuto per via della limitata estensione dell'asse di progetto, risulta positivo in termini di riduzione

dei tempi di percorrenza spesi in rete.

Infatti dal confronto tra lo scenario di progetto e quello di riferimento si registra una variazione delle percorrenze complessive di rete (veicoli*Km leggeri + veicoli*Km pesanti) dello 0,03% ed una riduzione dei tempi complessivamente spesi in rete (veicoli*h leggeri + veicoli*h pesanti) del -0,6%, con una velocità media di percorrenza che si incrementa di circa 0,41 Km/h per i veicoli leggeri e di circa 0,56 Km/h per i veicoli pesanti al 2026.

I risultati al 2036 (e 2046) sono pressoché analoghi con un accentuarsi della riduzione dei tempi spesi in rete -1,2% (-1,35%) e dell'incremento delle velocità media di percorrenza 0,79 Km/h (0,89 Km/h) per i veicoli leggeri e 0,91 Km/h (1 Km/h) per i veicoli pesanti per via del maggior carico di veicoli presenti in rete generato dalla crescita di domanda che si ripercuote maggiormente nello scenario di riferimento.

I flussi simulati da modello sul nuovo asse restituiscono all'entrata in esercizio dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **23.147 veicoli/giorno**.

La tabella successiva riporta anche i valori stimati dei flussi a dieci anni e a vent'anni dall'entrata in esercizio espressi in veicoli efficaci.

| Strada | dal Km | al km | Leggeri (veic./giorno) | Pesanti (veic./giorno) | Totali (veic./giorno) | Anno |
|-----------------------------|---------|---------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|------|
| S.S.131 lotto 1 progetto | 193,600 | 198,200 | 20.908 | 2.239 | 23.147 | 2026 |
| | | | 24.349 | 2.676 | 27.025 | 2036 |
| | | | 24.610 | 2.740 | 27.350 | 2046 |

Va rilevato che il tratto oggetto di adeguamento è già a quattro corsie e costituisce l'infrastruttura principale di accesso a Sassari, l'intervento comporta miglioramenti in termini di velocizzazione e di sicurezza mentre risulta contenuto, visto l'assetto di rete dell'area, l'incremento dei volumi di traffico serviti attribuibili ad un aumento di capacità dell'offerta del tratto adeguato.

Confrontando infatti ai vari anni i traffici stimati sull'asse tra scenario di progetto e di riferimento si evidenzia un incremento dei flussi totali sull'asse dell'1,13% e pari a 258 veicoli totali al 2026, 301 veicoli totali al 2036 e 304 veicoli totali al 2046.

Il leggero traffico aggiuntivo servito dall'asse adeguato a sezione tipo B è prevalentemente sottratto alla S.S.597, per effetto della differente scelta del percorso effettuata dagli utenti per compiere lo spostamento dovuta al miglioramento prestazionale garantito dal progetto.

6.1.1 ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO IN ASSE

Ottenuti i flussi simulati da modello, si è proceduto alla verifica del livello di servizio, metodo solitamente utilizzato per dimensionare la sezione stradale da adottare.

Il DM 6792/2001 indica il livello di servizio minimo richiesto per ogni tipo di strada e non fa alcun riferimento ai criteri di calcolo e/o verifica dello stesso, precisando che l'unico riscontro possibile è nelle teorie elaborate dall'HCM (Highway Capacity Manual). Nel caso specifico la norma richiede un livello di servizio almeno pari a B per la sezione tipo B in fase di progetto.

La verifica di funzionalità è stata eseguita adottando il metodo proposto dall'HCM americano che definisce un indice di misura della qualità della circolazione ottenuto in corrispondenza di un flusso di traffico assegnato; in particolare le procedure di calcolo del livello di servizio sono differenti per la verifica all'attualità e quella in progetto, infatti:

- all'attualità è stata adottata la procedura relativa alla tipologia di infrastruttura "a più corsie per direzione aventi velocità di base a flusso libero minore di 90km/h e controllo totale degli accessi";
- per la sezione di progetto con sezione tipo B è stata adottata la procedura relativa alla tipologia di infrastruttura "Autostrade e strade assimilabili: strade a doppia carreggiata con almeno due corsie per senso di marcia che, secondo la normativa italiana, comprendono le Autostrade (Tipo A) e le strade extraurbane principali con velocità non inferiore ai 90 Km/h (Tipo B)".

Calcolo del livello di servizio all'attualità

Per questa tipologia, il procedimento di valutazione del livello di servizio indicato dall'HCM è simile a quello adottato per le autostrade, con, ovviamente, differenti parametri di valutazione per la velocità media e coefficienti correttivi. Per questa verifica i campi del parametro densità veicolare, che misura la qualità della circolazione, sono associati a ciascun livello di servizio secondo la figura seguente.

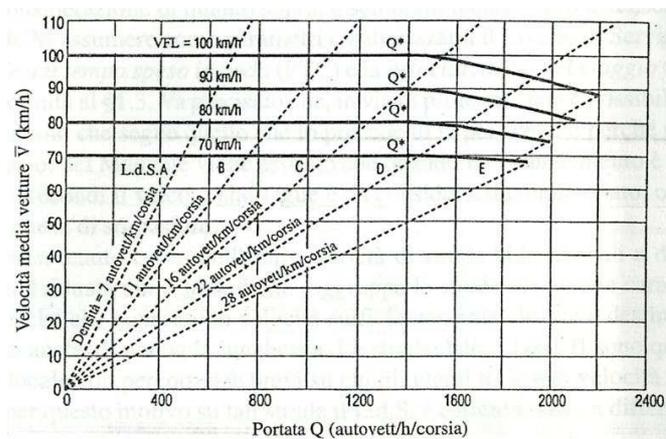


Figura 22. Curve velocità media-portata per strade a più corsie per direzione (Highway Capacity Manual)

Attualmente l'infrastruttura è a quattro corsie ma con limite di velocità imposto a 80km/h per via della tortuosità e per l'assenza di banchine laterali.

I calcoli sono stati applicati, seguendo la procedura indicata dall'HCM, al valore più alto del flusso direzionale ottenuto da assegnazione sul tratto oggetto di intervento ed in particolare pari a **953 veicoli totali/ora** corrispondenti a **1.073 veicoli equivalenti** ottenuti in **ora di punta** al 2018. I risultati hanno restituito un **livello di servizio pari al B**. I dati orari fanno riferimento al flusso di traffico per direzione di marcia.

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 ATTUALITA' - ANNO 2018 | | |
|---|-----------|---|
| Definizione | Valore in | Descrizione |
| VFL | | Velocità a flusso libero |
| BVFL | 80 | Velocità a flusso libero in condizioni base |
| fc | 1 | riduzione velocità per larghezza corsie |
| fb | 5,8 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli |
| Q | | Tasso di flusso |
| VHP | 953 | Volume orario di progetto |
| N | 2 | Numero corsie per direzione |
| phf | 0,85 | fattore ora punta |
| Pt | 0,08 | Percentuale mezzi pesanti |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali |

Applicando la stessa procedura all'anno di entrata in esercizio dell'opera di adeguamento (2026), a dieci anni (2036) e a vent'anni (2046), cui corrispondono valori del massimo volume orario direzionale stimato in base alla crescita di domanda ipotizzata rispettivamente di **1.030 veicoli totali/ora**, **1.202 veicoli totali/ora** e **1.216 veicoli totali/ora** per direzione si ottiene un abbassamento del **livello di servizio a C**, come mostrato nelle tabelle di seguito riportate. I risultati evidenziano quindi come, nel medio-lungo termine, la configurazione attuale della tratta in analisi sia tale da restituire livelli di servizio che tendono progressivamente a deteriorarsi, riducendo la sicurezza della circolazione in assenza di interventi.

| S.S.131 dal 194+000 al km 198+000 RIFERIMENTO - ANNO 2026 | | | | | |
|---|--------------|---|-------------|-------------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | | | |
| BVFL | 80 | Velocità a flusso libero in condizioni base | VFL | 73,2 | Velocità media viaggio |
| fc | 1 | riduzione velocità per larghezza corsie | fhv | 0,89 | |
| fb | 5,8 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q | 853,39 | |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli | Q* | 2002,0 | |
| Q | | Tasso di flusso | V | 73,2 | |
| VHP | 1030 | Volume orario di progetto | D | 11,7 | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,08 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | C | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 RIFERIMENTO - ANNO 2036 | | | | | |
|--|--------------|---|-------------|-------------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | | | |
| BVFL | 80 | Velocità a flusso libero in condizioni base | VFL | 73,2 | Velocità media viaggio |
| fc | 1 | riduzione velocità per larghezza corsie | fhv | 0,88 | |
| fb | 5,8 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q | 998,73 | |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli | Q* | 2002,0 | |
| Q | | Tasso di flusso | V | 73,2 | |
| VHP | 1202 | Volume orario di progetto | D | 13,6 | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,09 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | C | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 RIFERIMENTO - ANNO 2046 | | | | | |
|--|--------------|---|-------------|-------------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | | | |
| BVFL | 80 | Velocità a flusso libero in condizioni base | VFL | 73,2 | Velocità media viaggio |
| fc | 1 | riduzione velocità per larghezza corsie | fhv | 0,88 | |
| fb | 5,8 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q | 1012,00 | |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli | Q* | 2002,0 | |
| Q | | Tasso di flusso | V | 73,2 | |
| VHP | 1216 | Volume orario di progetto | D | 13,8 | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,09 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | C | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

Calcolo del livello di servizio della configurazione di progetto in sezione tipo B

Per questa tipologia, "extraurbane principali", il parametro di circolazione che individua il Livello di Servizio è la densità veicolare espressa in autovetture/Km/corsia e calcolata come rapporto tra portata e velocità; i campi di densità associati a ciascun livello di servizio sono riportati nella figura seguente.

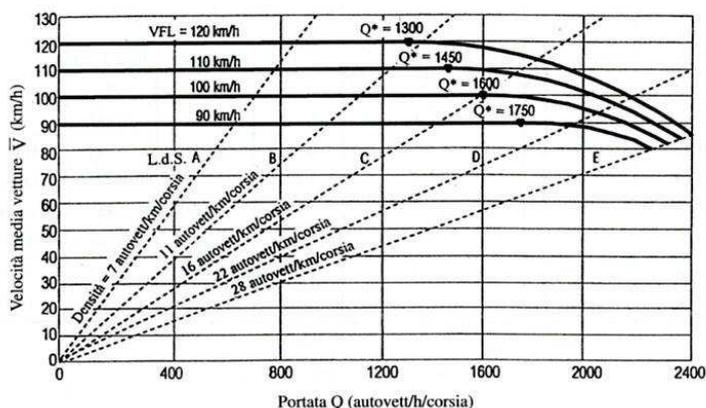


Figura 23: Curve velocità-portata media per autostrade e strade assimilabili (Highway Capacity Manual)

I calcoli sono stati applicati, seguendo la procedura indicata dall'HCM, ai valori stimati del massimo volume direzionale nell'ora di punta all'entrata in esercizio (2026), a dieci anni (2036) ed a vent'anni (2046) ed hanno restituito un livello di servizio pari al B, in linea con le richieste della norma.

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 PROGETTO ANNO 2026 | | | Singole formule di calcolo | | |
|---|--------------|---|----------------------------|--------------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | VFL | 107,9 | Velocità media viaggio |
| BVFL | 110 | Velocità a flusso libero in condizioni base | fvv | 0,83 | |
| fc | 0 | riduzione velocità per larghezza corsie | Q | 917,95 | |
| fb | 1 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q* | 1481,5 | |
| fs | 1,1 | riduzione velocità per frequenza svincoli | V | 107,9 | |
| Q | | Tasso di flusso | D | 8,5 | |
| VHP | 1030 | Volume orario di progetto | | | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,08 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | B | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 PROGETTO ANNO 2036 | | | | | |
|---|--------------|---|-------------|---------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | VFL | 109 | Velocità media viaggio |
| BVFL | 110 | Velocità a flusso libero in condizioni base | fhv | 0,82 | |
| fc | 0 | riduzione velocità per larghezza corsie | Q | 1075,91 | |
| fb | 1 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q* | 1465,0 | |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli | V | 109,0 | |
| Q | | Tasso di flusso | D | 9,9 | |
| VHP | 1203 | Volume orario di progetto | | | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,09 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | B | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

| S.S.131 dal km 194+000 al km 198+000 PROGETTO ANNO 2046 | | | | | |
|---|--------------|---|-------------|---------|------------------------|
| Definizione | Valore input | Descrizione | Definizione | Valore | |
| VFL | | Velocità a flusso libero | VFL | 109 | Velocità media viaggio |
| BVFL | 110 | Velocità a flusso libero in condizioni base | fhv | 0,82 | |
| fc | 0 | riduzione velocità per larghezza corsie | Q | 1091,04 | |
| fb | 1 | riduzione velocità per larghezza spazi laterali | Q* | 1465,0 | |
| fs | 0 | riduzione velocità per frequenza svincoli | V | 109,0 | |
| Q | | Tasso di flusso | D | 10,0 | |
| VHP | 1217 | Volume orario di progetto | | | |
| N | 2 | Numero corsie per direzione | | | |
| phf | 0,85 | fattore ora punta | | | |
| Pt | 0,09 | Percentuale mezzi pesanti | | | |
| Pr | 0 | Percentuale veicoli turistici | | | |
| Et | 2,5 | Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media | Los | B | |
| Er | 2 | Coefficiente equivalenza turistici per velocità media | | | |
| fp | 0,8 | Fattore correttivo utenti non abituali | | | |

Si precisa che anche i livelli di servizio delle rampe di ingresso e uscita dei due svincoli di inizio e fine lotto restituiscono un buon livello di servizio, sebbene le verifiche non sono state materialmente allegate al presente documento.

I risultati evidenziano come l'infrastruttura di progetto sia correttamente dimensionata rispetto ad i traffici attesi e come l'intervento determini sensibili miglioramenti alla qualità della circolazione nelle ore di maggior congestione in termini di:

- maggiore velocità di percorrenza dell'asse e quindi di riduzione dei tempi di percorrenza;
- miglioramento della qualità del deflusso dei veicoli e della sicurezza della circolazione stimato in questa fase di analisi dalla sensibile riduzione della densità veicolare sull'asse.

6.1.2 ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO DELLE ROTATORIE

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.

Nel caso di rotatorie come quella della configurazione di progetto, le verifiche sono state condotte adottando due differenti metodi di verifica, SETRA¹ e HCM 2010, in due orizzonti temporali: all'entrata in esercizio ed a dieci anni dall'esercizio.

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

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 18).

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

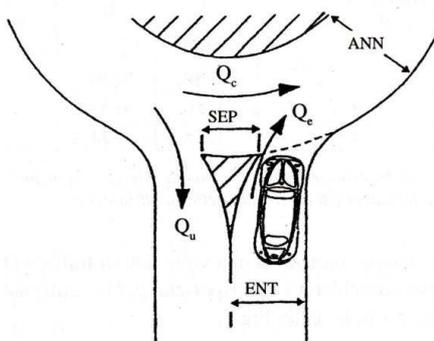


Figura 24. Elementi per il calcolo della capacità (normativa francese)

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 .

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.

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 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 ≤ 30 % | SODDISFACENTE |
| 0 < RC ≤ 15 % | ALEATORIO |
| RC ≤ 0 % | SATUROCRITICO |

Figura 25. Condizioni di esercizio della rotatoria

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 ≤ 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 26. 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 ed una corsia sull'anello, è data dalla formula riportata nella figura seguente.

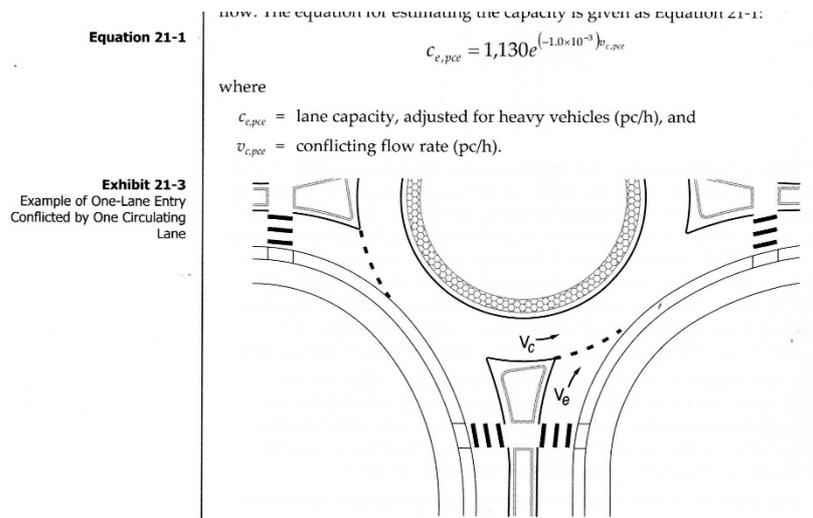


Figura 27. Capacità d'ingresso del braccio di una rotondina (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

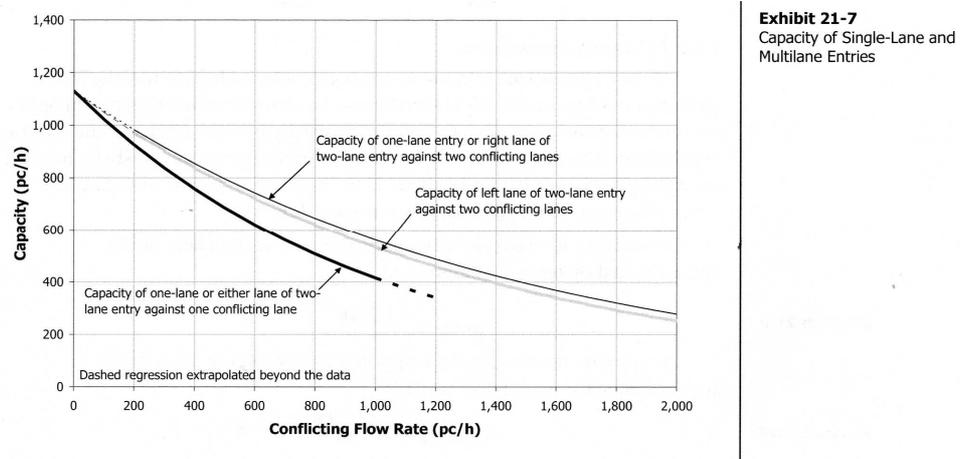


Figura 28. Capacità in funzione del numero di corsie dell'anello (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

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

Highway Capacity Manual 2010

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

Equation 21-17
The third term of this equation uses the calculated volume-to-capacity ratio or 1, whichever is less.

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.

Figura 29. 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 | |
|---------------------------|--------------|-----------|
| | $v/c \leq 1$ | $v/c > 1$ |
| 0-10 | A | F |
| >10-15 | B | F |
| >15-25 | C | F |
| >25-35 | D | F |
| >35-50 | E | F |
| >50 | F | F |

Tabella 1 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

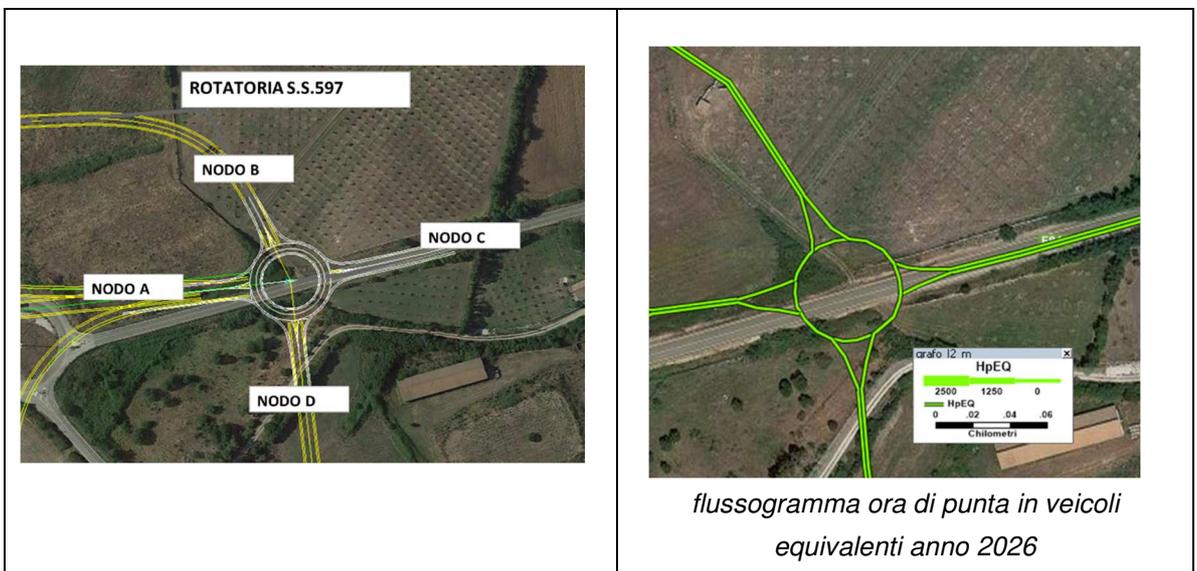
$$Q_{95} = 900T \left[x - 1 + \sqrt{(1-x)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{150T}} \right] \left(\frac{c}{3,600} \right)$$

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 30. Lunghezza della coda in veicoli equivalenti (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

Applicando i due metodi di verifica ai nodi delle rotatorie di progetto, si osserva, come riportato nelle tabelle esplicative successive, che **all'entrata in esercizio le configurazioni adottate restituiscono una qualità della circolazione che rispetta la norma.**

In particolare tutti i nodi dei bracci di accesso alle due rotatorie di progetto, evidenziati nelle figure seguenti, hanno restituito ai diversi orizzonti temporali analizzati (2026, 2036 e 2046) 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.

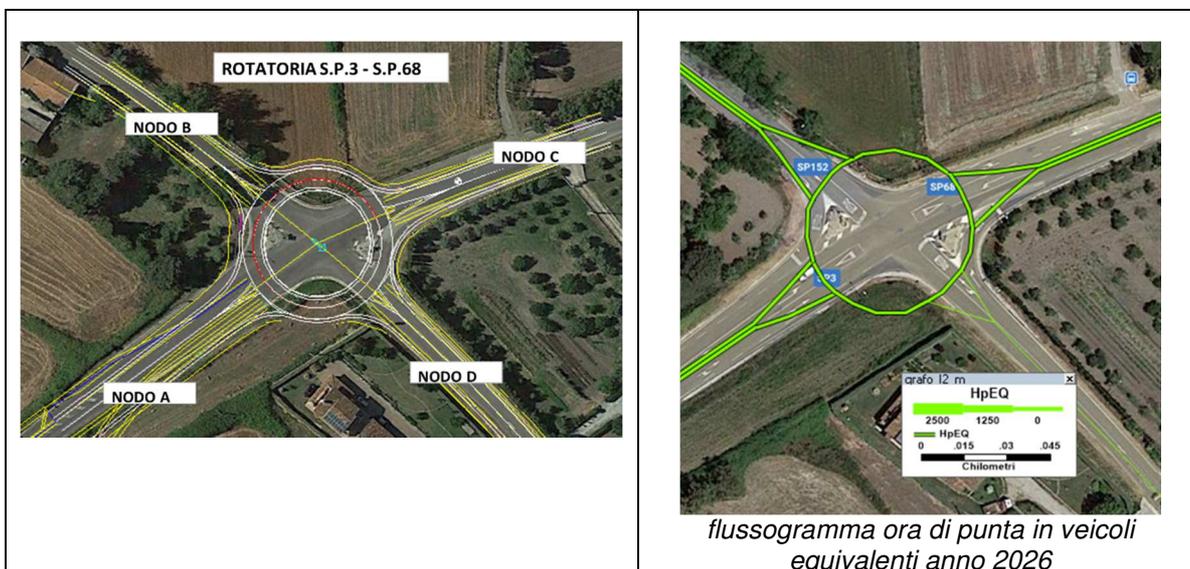


| Nodo A. rotatoria su S.S.597 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 144 | 168 | 170 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 1 | 1 | 1 |
| Flusso entrante in rotatoria | Qi (veic./h) | 161 | 188 | 190 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 101 | 118 | 119 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 80 | 93 | 94 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.274 | 1.265 | 1.264 |
| Riserva di capacità | Rc | 858 | 824 | 821 |
| | Rc% | 84,2% | 81,4% | 81,2% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.) | d | 4 | 5 | 5 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 1129 | 1129 | 1129 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | x=v/c | 0,14 | 0,17 | 0,17 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 1 | 1 |

| Nodo B. rotonda su S.S.597 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 1 | 1 | 1 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 144 | 168 | 170 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 1 | 2 | 2 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 1 | 1 | 1 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 169 | 197 | 199 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.212 | 1.192 | 1.190 |
| Riserva di capacità | Rc | 968 | 952 | 950 |
| | Rc% | 99,9% | 99,8% | 99,8% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 4 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 978 | 955 | 953 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | $x=v/c$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 0 | 0 |

| Nodo C. rotonda su S.S.597 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 140 | 164 | 166 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 1 | 1 | 1 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 144 | 168 | 170 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 98 | 115 | 116 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 78 | 91 | 92 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.276 | 1.267 | 1.266 |
| Riserva di capacità | Rc | 877 | 845 | 843 |
| | Rc% | 85,9% | 83,4% | 83,2% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 5 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 1129 | 1129 | 1129 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | $x=v/c$ | 0,13 | 0,15 | 0,15 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 1 | 1 |

| Nodo D. rotonda su S.S.597 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 22 | 26 | 26 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 140 | 164 | 166 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 1 | 1 | 1 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 15 | 18 | 18 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 176 | 206 | 208 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.207 | 1.186 | 1.184 |
| Riserva di capacità | Rc | 965 | 948 | 946 |
| | Rc% | 99,9% | 99,9% | 99,9% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 4 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 982 | 959 | 957 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | $x=v/c$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 0 | 0 |



| Nodo A. rotonda S.P.3 - S.P.68 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 113 | 133 | 134 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 8 | 9 | 9 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 97 | 113 | 114 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 79 | 93 | 94 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 71 | 83 | 84 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.280 | 1.272 | 1.271 |
| Riserva di capacità | Rc | 927 | 904 | 903 |
| | Rc% | 90,5% | 88,9% | 88,8% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 4 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 1121 | 1120 | 1120 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | x=v/c | 0,09 | 0,10 | 0,10 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 0 | 0 |

| Nodo B. rotonda S.P.3 - S.P.68 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
|---|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 49 | 57 | 58 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 72 | 84 | 85 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 49 | 57 | 58 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 34 | 40 | 41 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 111 | 129 | 131 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.252 | 1.239 | 1.238 |
| Riserva di capacità | Rc | 953 | 935 | 933 |
| | Rc% | 95,1% | 94,3% | 94,1% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 4 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 1051 | 1039 | 1038 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | x=v/c | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 0 | 0 |
| Nodo C. rotonda S.P.3 - S.P.68 | | anno 2026 | anno 2036 | anno 2046 |
| | | Veic. Equ. | Veic. Equ. | Veic. Equ. |
| Flusso uscente dalla rotonda sul braccio in analisi | Qu (veic./h) | 39 | 45 | 46 |
| Flusso in circolo sull'anello | Qc (veic./h) | 66 | 52 | 77 |
| Flusso entrante in rotonda | Qi (veic./h) | 55 | 64 | 65 |
| Metodo SETRA | | | | |
| Larghezza isola spartitraffico | SEP | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Larghezza carreggiata dell'anello | ANN | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento | ENT | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Traffico uscente equivalente | Q1u | 27 | 32 | 32 |
| Traffico complessivo di disturbo | Qd | 99 | 85 | 115 |
| Capacità del braccio di immissione | C | 1.261 | 1.270 | 1.249 |
| Riserva di capacità | Rc | 954 | 952 | 934 |
| | Rc% | 94,5% | 93,7% | 93,5% |
| Giudizio sul livello di funzionalità | | Fluida | Fluida | Fluida |
| Metodo HCM 2010 | | | | |
| tempo di attesa all'ingresso in rotonda (s/veic.) | d | 4 | 4 | 4 |
| capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h) | c | 1058 | 1073 | 1046 |
| periodo di tempo di analisi (h) | T | 1 | 1 | 1 |
| rapporto flusso – capacità | x=v/c | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| Livello di servizio | LoS | A | A | A |
| LUNGHEZZA CODA | | | | |
| lunghezza della coda - formula semplificata di Little (veic.) | L | 0 | 0 | 0 |
| lunghezza della coda (in veicoli) al 95° percentile (veic.) | Q95 | 0 | 0 | 0 |