

Nuova S.S.125/133bis "Olbia-Palau"
Tratta Arzachena Nord – Palau,
Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 – 1° stralcio, fino a Palau.

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA366

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)*

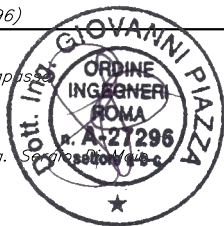
Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio...*

(*Ord. Ing. Prov. Palermo 2872*)

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura*

(*Ord. Ing. Prov. Roma 14660*)



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:



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 A15138)

RESPONSABILE SIA:

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



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Ruggieri

ELABORATI GENERALI

STUDIO DI TRAFFICO

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA366_T00EG00GENRE02_A			
DPCA0366	D 22	CODICE ELAB.	T00EG00GENRE02	A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	FEB. 2024	ANAS	ANAS	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	SINTESI DEI RISULTATI	5
3	IL MODELLO TRASPORTISTICO STRADALE LOCALE	6
3.1	OFFERTA E DOMANDA DEL MODELLO LOCALE	6
3.2	LA PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE	11
3.3	CALIBRAZIONE E ASSEGNAZIONE DEL MODELLO LOCALE	14
4	GLI INDICATORI DI AREA ED I LIVELLI DI SERVIZIO DELL'ATTUALE SS125 NELLA TRATTA DI PROGETTO – SCENARIO ATTUALE	15
5	GLI SCENARI FUTURI DI DOMANDA – CRESCITA DELLA MOBILITÀ DELL'AREA	17
6	GLI INDICATORI DI AREA DELL'ATTUALE SS125 AGLI ORIZZONTI FUTURI – SCENARIO DI RIFERIMENTO	18
7	ANALISI DEGLI SCENARI DI PROGETTO (2030, 2034 E 2044)	19
7.1	ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO IN ASSE	24
7.2	ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO DELLE ROTATORIE	29

1 PREMESSA

Il documento illustra metodologia e risultati dell'analisi di traffico sviluppata per lo studio definitivo che riguarda i lavori di realizzazione e adeguamento della Nuova SS125 Olbia – Palau nella tratta che va da Arzachena a Palau.

Lo studio in oggetto riguarda due progetti distinti che insieme compongono l'itinerario di interesse:

- CA151 Nuova SS125/133bis Olbia-Palau. Tratta Arzachena Nord – Palau, dallo svincolo di Arzachena Nord al km 351 dell'attuale SS125 - 1° stralcio. Intervento inserito nell'Atto Aggiuntivo al Contratto di Programma 2016-2020 tra Anas e Ministero dei Trasporti e commissariato con DPCM del 22.11.21.
- CA366 Nuova SS125/133bis Olbia-Palau. Tratta Arzachena-Palau, Stralcio 2, da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3, dal km 351 dell'attuale SS125 - 1° stralcio, fino a Palau. Intervento richiesto dalla Regione Sardegna per completare l'itinerario previsto dall'intervento CA151, e per il quale il Ministero dei Trasporti ha autorizzato il finanziamento per la sola progettazione.

Entrando più nel dettaglio si prevede la realizzazione di una nuova viabilità da Arzachena Sud ad Arzachena Nord (CA366) e a seguire da Arzachena Nord al km 351 della SS125 esistente (CA151) di categoria tipo C ad una corsia per senso di marcia (DM 05/11/2001), di lunghezza complessiva pari a circa 8,0 km, in variante rispetto alla SS125 esistente, che manterrà la funzione di smistamento dei traffici locali. Per gli ultimi 4,0 km circa, dal km 351 della SS125 esistente fino a Palau (CA366) si prevede un adeguamento in sede alla categoria tipo C "extraurbana secondaria" ad una corsia per senso di marcia in continuità con il tratto precedente.



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

L'intervento fa parte del più ampio progetto di adeguamento del corridoio stradale Nuoro - Olbia - Santa Teresa di Gallura ricompreso nel primo programma per le infrastrutture strategiche di Legge Obiettivo, tra gli interventi strategici di preminente interesse nazionale (deliberazione CIPE 121/2001). Dal punto di vista trasportistico per il progetto in esame è stato analizzato l'itinerario Olbia - Palau - Santa Teresa che è possibile suddividere in 4 tratti principali, ognuno dei quali si differenzia per caratteristiche ed anno di entrata in esercizio.

- **Tratto 1: Olbia – San Giovanni.** Si tratta di un Progetto di Fattibilità Tecnico Economica che prevede la realizzazione di una strada in variante Tipo B a 4 corsie;
- **Tratto 2: San Giovanni – Arzachena.** Per questo tratto è prevista un'alternativa in variante lato ovest alla SS125 con un incremento di classe e passaggio ad una categoria tecnico-funzionale tipo B "extraurbana principale" a due corsie per senso di marcia, in continuità con il precedente lotto Olbia – San Giovanni. La soluzione prevede l'adeguamento della Circonvallazione di Arzachena esistente agli standard funzionali e di sicurezza previsti dall'attuale DM 05.11.2001 ad una categoria tipo C "extraurbana secondaria" ad una corsia per senso di marcia.
- **Tratto 3: Arzachena – Palau:** Il progetto, oggetto del presente studio, prevede un primo tratto in variante in tipo C a 2 corsie che si immette sull'attuale SS125 al km 351 circa; su quest'ultima parte si prevede un adeguamento alla categoria tipo C "extraurbana secondaria" (una corsia per senso di marcia) fino a Palau.
- **Tratto 4: Palau – Santa Teresa:** Si tratta di un percorso di circa 20 km di estesa sul quale è previsto un intervento di adeguamento ad una categoria tecnico-funzionale tipo C "extraurbana secondaria" ad una corsia per senso di marcia.

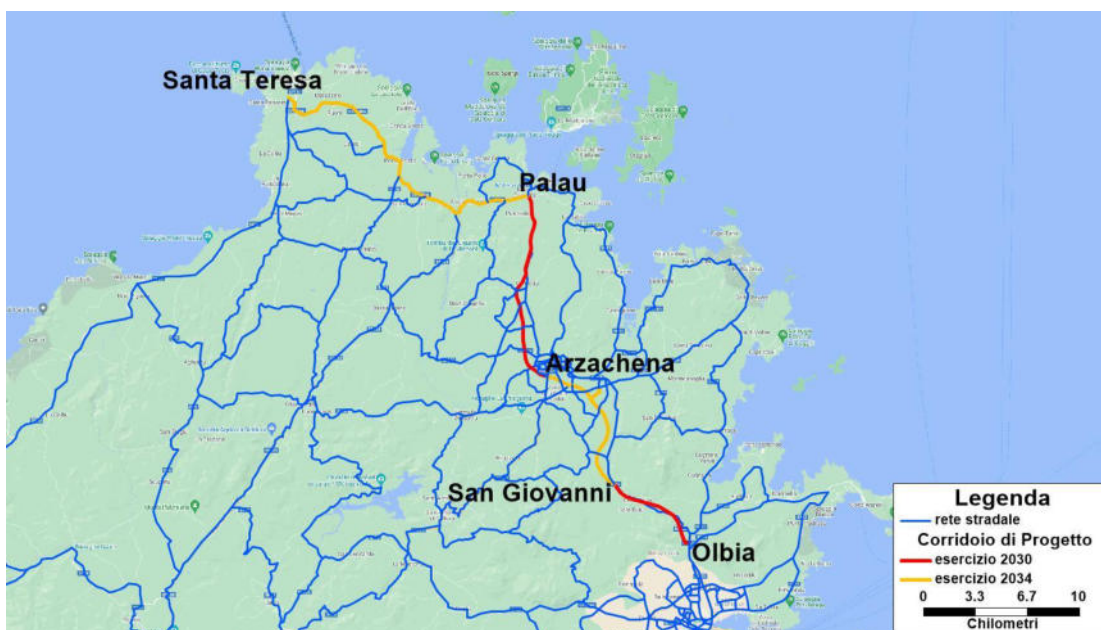


Figura 2. Localizzazione dell'itinerario Olbia – Santa Teresa con anno di entrata in esercizio delle varie tratte

Poiché ciascuna tratta è caratterizzata da anni di entrata in esercizio differenti sono stati considerati tre orizzonti temporali per le analisi:

- **Anno 2030:** si ipotizza l'entrata in esercizio della Olbia - San Giovanni (CA152) e dell'Arzachena-Palau (CA151/CA366);
- **Anno 2034:** si ipotizza il completamento dell'itinerario con l'entrata in esercizio della San Giovanni - Arzachena e l'adeguamento dell'ultimo tratto Palau - Santa Teresa;
- **Anno 2044:** a dieci anni dalla realizzazione dell'itinerario completo.

I risultati trasportistici riportati nel presente studio sono relativi alla sola tratta Arzachena - Palau.

2 SINTESI DEI RISULTATI

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 **93 sezioni di conteggio** di traffico distribuite sul territorio regionale relative al censimento annuale ANAS del traffico del 2021.

I flussi simulati da modello all'attualità (2021) restituiscono sulla SS125, nel tratto che sarà affiancato dal nuovo intervento, un valore totale di circa 2.603 veicoli/giorno espressi in veicoli efficaci.

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

All'entrata in esercizio (anno 2030), sulla base della crescita di domanda adottata, i flussi simulati da modello sulla nuova SS125, da Arzachena a Palau, restituiscono dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **5.514 veicoli/giorno** (che diventano 6.200 veicoli/giorno nel 2034).

I maggiori carichi veicolari attesi sono stimati nei mesi estivi (luglio-settembre), a riprova del forte carattere stagionale del territorio e conseguentemente dell'infrastruttura di progetto, dove si prevedono restituiscono dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **9.480 veicoli/giorno** (che diventano 10.700 veicoli/giorno nel 2034).

La verifica del Livello di Servizio (LoS), effettuata seguendo la procedura indicata dall'HCM (considerando che i due progetti CA151 e CA366 sono caratterizzati, per tratti, da una pendenza media superiore al 3% è stata effettuata un'analisi per direzione) ai tratti della nuova SS125, ha restituito nel 2034 un livello di servizio pari a C (considerando l'inserimento delle corsie di sorpasso), in linea rispetto a quanto richiesto dalla normativa, confermando anche nel periodo di picco (trimestre estivo), il corretto dimensionamento dell'infrastruttura di progetto.

La verifica ai nodi delle rotatorie di progetto ha riportato valori che all'entrata in esercizio nei periodi di picco estivi restituiscono una qualità della circolazione che rispetta la norma.

3 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 Tecnica – Area Pianificazione Trasportistica, Studi di Fattibilità e Classificazione Rete.

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** fino a coprire l'intero corridoio da Olbia a Santa Teresa, definendone le caratteristiche, e ad **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.

3.1 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 4.415 Km infrastrutture bidirezionali, ad esclusione dei connettori stradali, così suddivisi:

- Rete in gestione diretta ANAS: 3.118 Km (chilometri gestiti da ANAS ad esclusione di svincoli e tratti in complanare esistenti);
- Resto della rete: 1.297 Km.

La figura seguente mostra uno zoom del modello nazionale nel territorio su cui ricade l'intervento in analisi, con in rosso il tracciato di progetto oggetto del presente studio e in giallo le tratte che completano l'itinerario da Olbia a Santa Teresa.

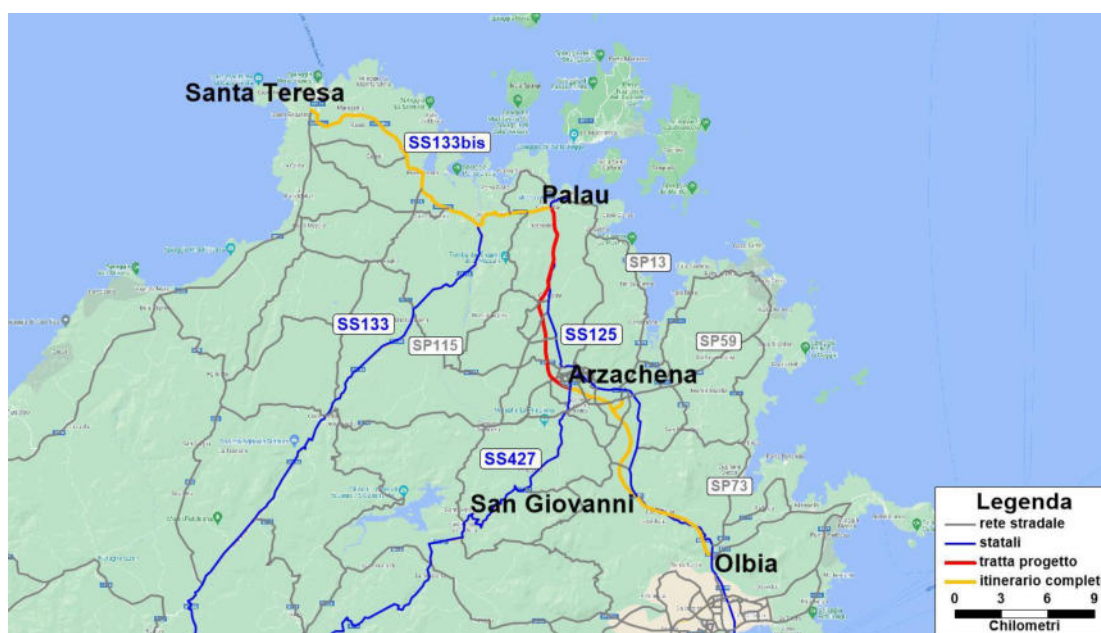


Figura 3. Grafo stradale dell'Area di Studio

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 sub comunale mediante la disaggregazione delle zone di domanda a ridosso dell'intervento di progetto (Comuni di Palau, Arzachena, Golfo Aranci ed Olbia) con una frammentazione di maggior dettaglio per i centri abitati di Palau ed Arzachena (aggregazione di celle censuarie) per un totale di **39 zone** a cui viene schematicamente ricondotta la domanda interna ai comuni per riprodurre la mobilità locale. La zonizzazione adottata è evidenziata nella figura seguente dai centroidi di zona.

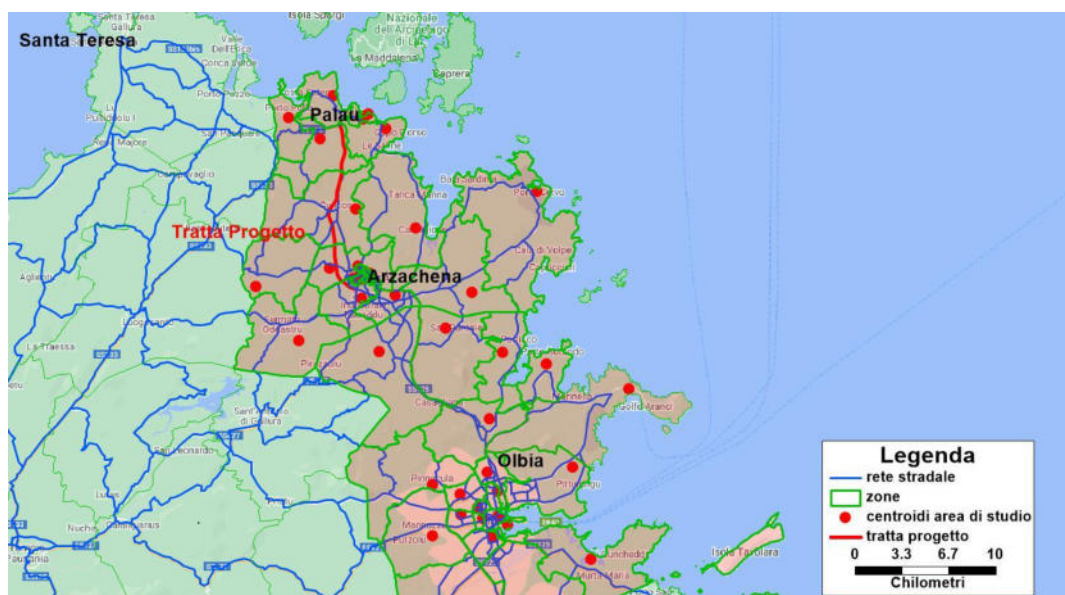


Figura 4. Zonizzazione dell'Area di Studio

Le matrici regionali di partenza sono state calibrate in base ai conteggi di traffico su **93 sezioni di conteggio permanente ANAS del traffico** distribuite sull'intera regione, per le quali sono disponibili i dati di traffico da rapporto annuale 2021 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.

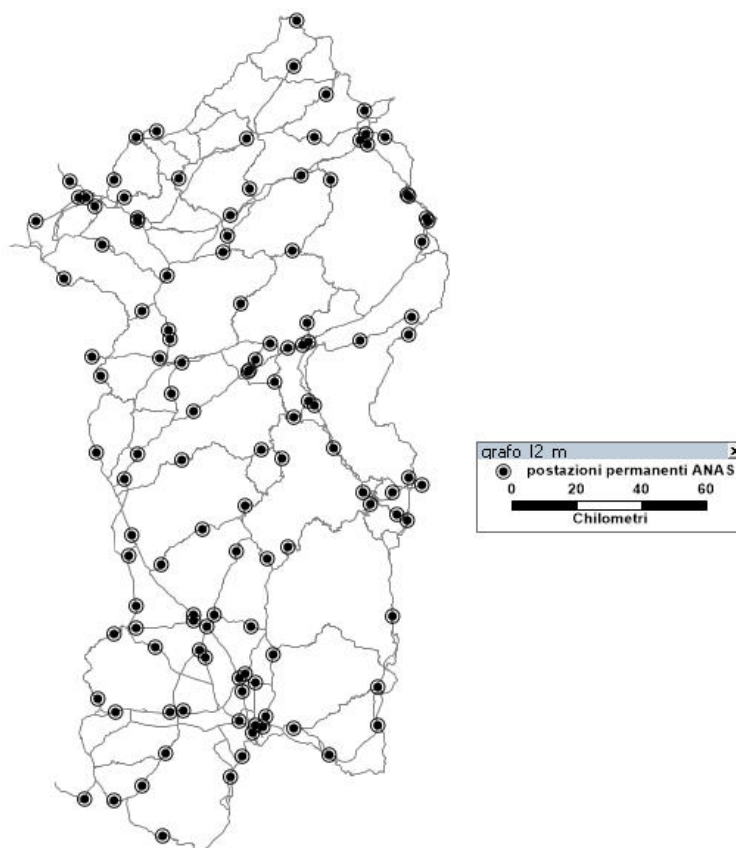


Figura 5. Localizzazione sezioni di conteggio permanenti ANAS

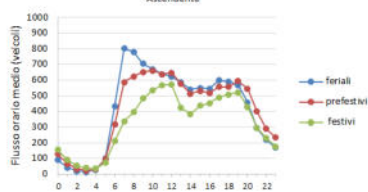
In mancanza di indagini condotte ad hoc per il progetto, si riporta di seguito l'andamento dei dati rilevati nel censimento permanente Anas delle sezioni di rilievo posizionate nell'area di influenza dell'intervento relative all'anno più recente a disposizione, che saranno poi riportate all'anno 2021 in base alla crescita media rilevata su tutte le sezioni di rilievo della Sardegna.

Le due sezioni di monitoraggio permanente del traffico di Anas SpA ricadenti nell'area di studio hanno evidenziato nel trimestre estivo un incremento dei traffici rispetto alla media annua del 72% circa, a sostegno della vocazione turistica della SS125 e del territorio in generale.

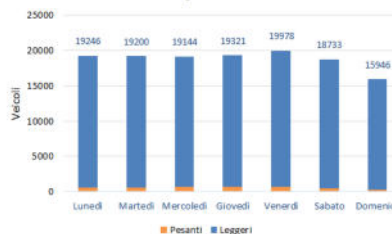
L'analisi dell'andamento orario del traffico mostra un'incidenza dell'ora di punta (che si verifica nell'intervallo 6.00-7.00) sul TGM pari al 7,3%.

Sezione 868 (SS125, Km 322+754)		Lat:	40,96847	Lon:	9,491013	Veicoli Leggeri				Veicoli Pesanti						
Direzione del flusso	Consistenza Dati Pervenuti/Attesi	Volumi medi negli intervalli			Volumi medi negli intervalli				Velocità Medie				Velocità medie			
		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	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	97,96%	7654	768	733	259	10	17	56	66	72	63	62	69			
Flusso Discendente	97,96%	7413	661	790	252	12	10	63	63	69	61	61	66			

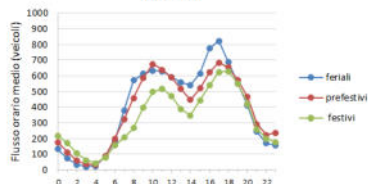
Andamento orario medio dei flussi di traffico - Direzione Ascendente



Veicoli giornalieri medi



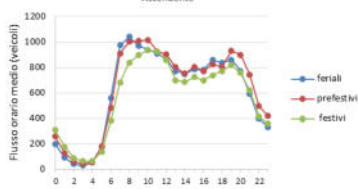
Andamento orario medio dei flussi di traffico - Direzione Discendente



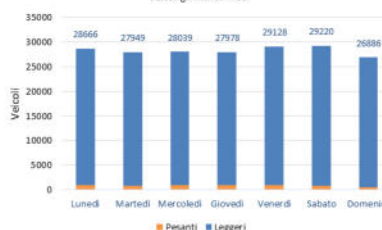
Periodo: dal 01/01/2017 al 31/12/2017
Nessun filtro sui giorni
Giorno di punta del periodo: **Venerdì 11 agosto 2017**
Volume giornaliero di punta: **35571 [veicoli/giorno]**
Ora di punta: **Sabato 12 agosto ore 9 - 10**
Flusso dell'ora di punta: **2454 [veicoli/ora]**
Tgm Leggeri: **9355 (flusso Asc.) , 8864 (flusso Dis.)**
Tgm Pesanti: **297 (flusso Asc.) , 274 (flusso Dis.)**
GG con rilevamenti completi: **357**

Sezione 868 (SS125, Km 322+754)		Lat:	40,96847	Lon:	9,491013	Veicoli Leggeri				Veicoli Pesanti						
Direzione del flusso	Consistenza Dati Pervenuti/Attesi	Volumi medi negli intervalli			Volumi medi negli intervalli				Velocità Medie				Velocità medie			
		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	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	99,24%	7038	1101	1093	407	23	20	61	60	69	59	59	68			
Flusso Discendente	99,24%	7029	979	801	305	25	23	60	58	66	59	57	65			

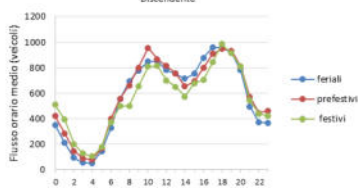
Andamento orario medio dei flussi di traffico - Direzione Ascendente



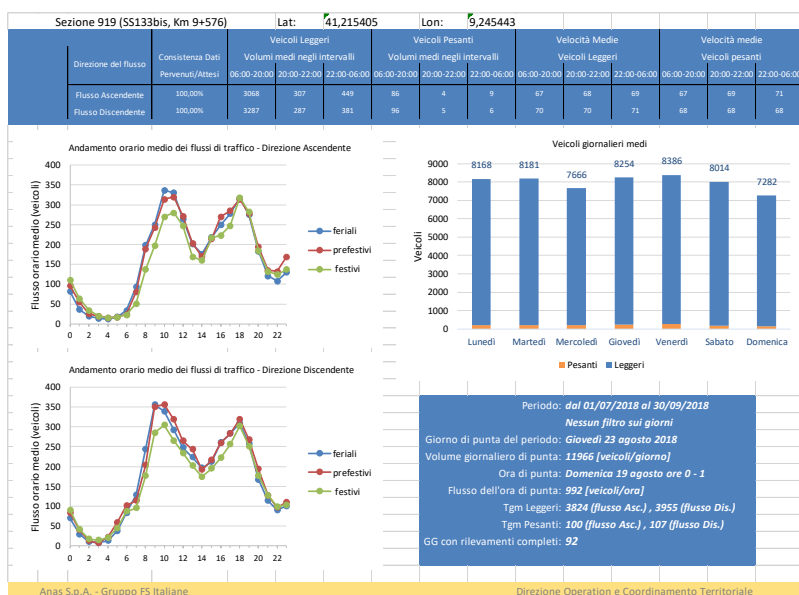
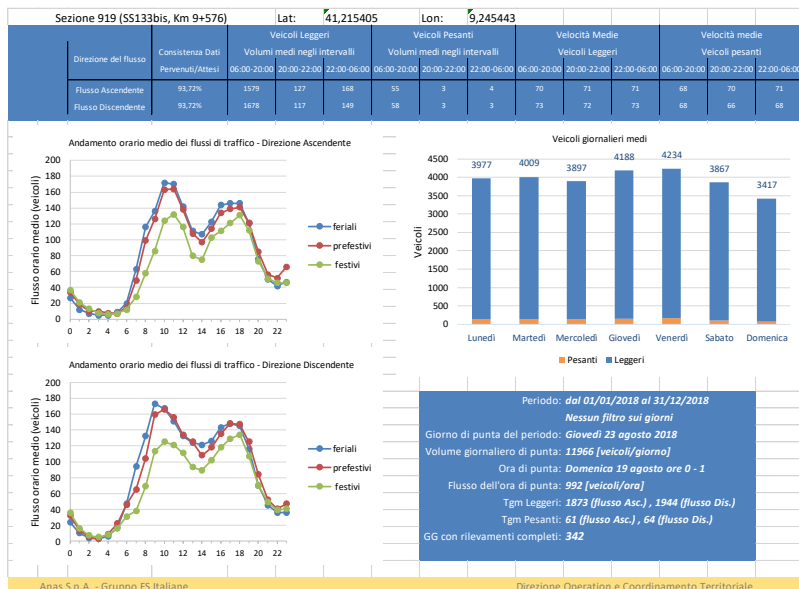
Veicoli giornalieri medi



Andamento orario medio dei flussi di traffico - Direzione Discendente



Periodo: dal 01/07/2017 al 30/09/2017
Nessun filtro sui giorni
Giorno di punta del periodo: **Venerdì 11 agosto 2017**
Volume giornaliero di punta: **35571 [veicoli/giorno]**
Ora di punta: **Sabato 12 agosto ore 9 - 10**
Flusso dell'ora di punta: **2454 [veicoli/ora]**
Tgm Leggeri: **14098 (flusso Asc.) , 13305 (flusso Dis.)**
Tgm Pesanti: **461 (flusso Asc.) , 413 (flusso Dis.)**
GG con rilevamenti completi: **92**



3.2 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 **0,2 euro/minuto** (12 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 (10€/h) e dal coefficiente di riempimento medio del veicolo, stimato in 1,2 persone/veicolo.

Per il calcolo del costo monetario di esercizio dei veicoli leggeri 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.

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.

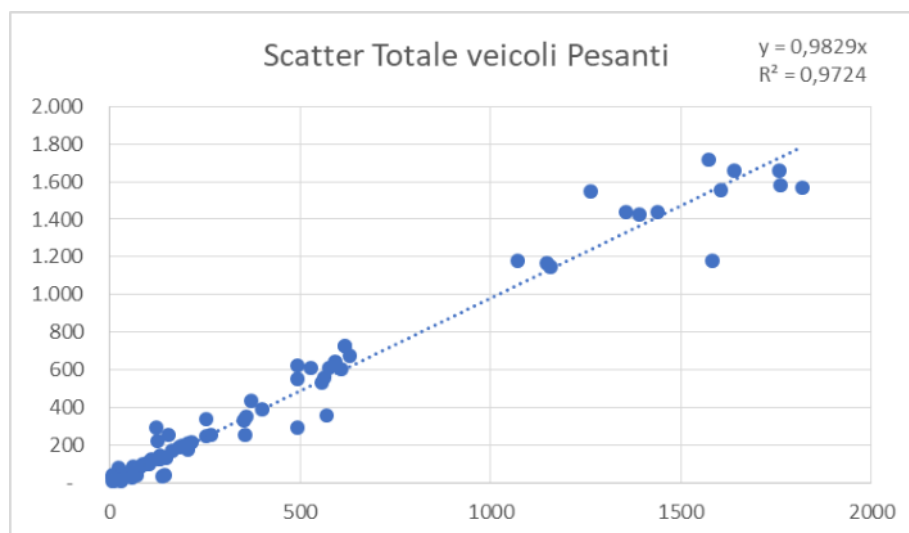
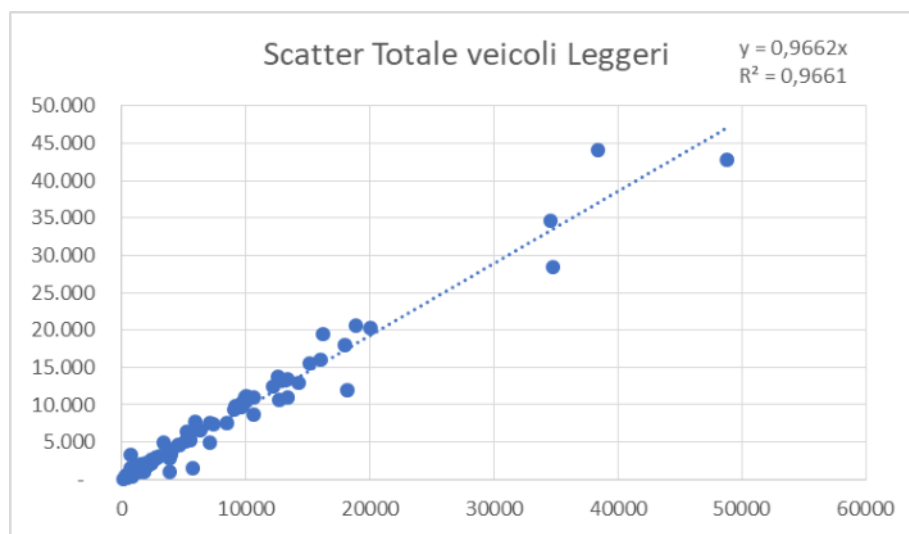
Il calcolo del Costo Chilometrico Medio per i veicoli pesanti è calcolato partendo dalle tabelle dei costi minimi di esercizio in funzione della massa complessiva del veicolo e delle distanze di percorrenza (Aprile 2014) pubblicate dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

In base alla tabella precedente, alla consistenza del parco veicolare dei mezzi pesanti distinto per portata utile 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.

3.3 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 ferialo medio, all'anno di riferimento 2021**.

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

- 297.307 spostamenti di veicoli leggeri passeggeri tra le diverse zone di traffico;
- 11.752 spostamenti di veicoli pesanti merci tra le diverse zone di traffico.

4 GLI INDICATORI DI AREA ED I LIVELLI DI SERVIZIO DELL'ATTUALE SS125 NELLA TRATTA DI 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.

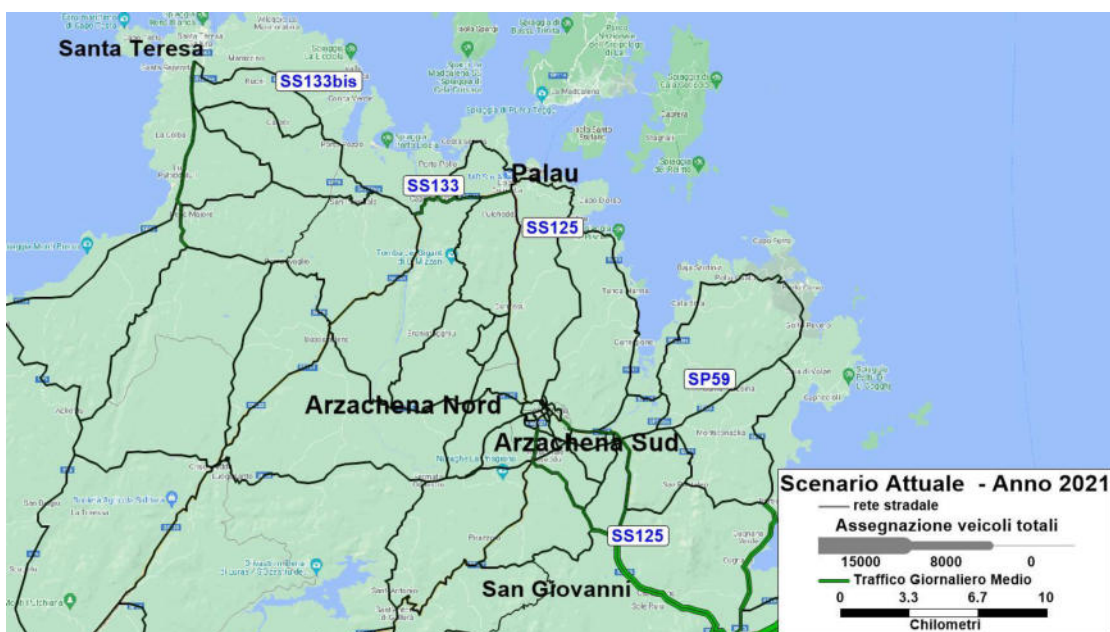


Figura 6. Flussogramma espresso come somma di veicoli Leggeri e Pesanti - anno 2021

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 2021 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 2021	
Leggeri Veicoli*Km	502.660
Leggeri Veicoli*h	9.510
Pesanti Veicoli*Km	28.265
Pesanti Veicoli*h	668
Velocità Leggeri (km/h)	52,86
Velocità Pesanti (km/h)	42,31

I flussi simulati da modello all'attualità (2021) restituiscono sulla SS125, nel tratto che sarà affiancato dalla realizzazione della nuova variante, dei valori di **2.603 veicoli/giorno**, espressi in veicoli efficaci.

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	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali	Anno
Tratto esistente SS125	ORIENTALE SARDA	2.487	117	2.603	2021

5 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 2030, in cui si prevede l'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto e della Olbia – San Giovanni, all'anno 2034 in cui si prevede l'entrata in esercizio dell'intero corridoio Olbia – Santa Teresa (in parte di nuova realizzazione ed in parte adeguato) e all'anno 2044 ovvero a dieci anni dall'entrata in esercizio dell'intero corridoio.

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

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
100.0%	2.0%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.3%	1.2%	1.0%	0.8%	0.5%	0.3%	0.3%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
100.0%	2.2%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%	1.5%	1.4%	1.2%	1.0%	0.7%	0.5%	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.0%	0.0%

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
100.0	102.0	103.84	105.71	107.61	109.54	111.49	112.86	114.55	116.27	118.01	119.54	120.98	122.19	123.17	123.78	124.15	124.53	124.65	124.78	124.90	125.03	125.03	125.03
100.0	102.2	104.24	106.33	108.46	110.62	112.62	114.64	116.71	118.81	120.95	122.76	124.48	125.97	127.23	128.12	128.76	129.41	129.80	130.18	130.58	130.97	130.97	130.97

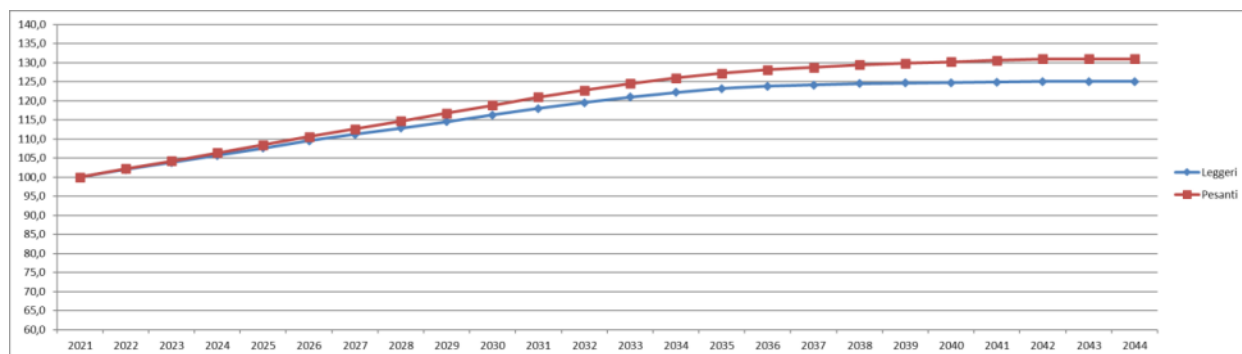


Figura 7. Curva di crescita della domanda

L'andamento tracciato corrisponde ad un tasso medio annuo di crescita dal 2021 al 2030 dell'1,69% per la domanda Passeggeri (veicoli Leggeri) e dell'1,93% per la domanda Merci (veicoli Pesanti), ad un tasso medio annuo di crescita dal 2021 al 2034 dell'1,55% per la domanda Passeggeri (veicoli Leggeri) e dell'1,79% per la domanda Merci (veicoli Pesanti) e ad un tasso medio annuo di crescita dal 2021 al 2044 dello 0,98% per la domanda Passeggeri (veicoli Leggeri) e dell'1,18% per la domanda Merci (veicoli Pesanti). Dal 2042 in poi non si fanno più ipotesi di crescita della domanda.

Complessivamente, dal 2021 (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 **16,27% della domanda passeggeri** e del **18,81% di quella merci**.

6 GLI INDICATORI DI AREA DELL'ATTUALE SS125 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.

La tabella seguente mostra i risultati di area degli scenari di riferimento relativi all'entrata in esercizio della tratta di progetto e successivamente nel 2034 dell'intero itinerario (si considera anche il 2044 ovvero a dieci dall'entrata in esercizio dell'itinerario).

Scenario di Riferimento – indicatori di area giornalieri			
Indicatori	Anno 2030	Anno 2034	Anno 2044
Leggeri Veicoli*Km	600.967	632.910	649.933
Leggeri Veicoli*h	11.173	10.623	10.905
Pesanti Veicoli*Km	33.388	35.371	36.774
Pesanti Veicoli*h	761	755	785
Velocità Leggeri (km/h)	53,79	59,58	59,60
Velocità Pesanti (km/h)	43,87	46,85	46,85

Nello scenario di riferimento, ossia nell'ipotesi che al 2030 non vengano realizzati gli interventi previsti, sulla base della curva di crescita di domanda ipotizzata, si stima sulla SS125 nel tratto che sarà affiancato dalla nuova variante un traffico totale di circa **3.118 veicoli/giorno** (che diventano 5.478 veicoli/giorno nel 2034 e 5.600 veicoli/giorno nel 2044).

Strada	Denominazione	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Tratto esistente SS125	ORIENTALE SARDA	2.985	133	3.118	2030
Tratto esistente SS125	ORIENTALE SARDA	5.256	222	5.478	2034
Tratto esistente SS125	ORIENTALE SARDA	5.370	230	5.600	2044

I risultati evidenziano un incremento della mobilità nell'area, coerentemente con la crescita di domanda stimata. Gli incrementi sono più sostenuti nel 2034 (e nel 2044) a seguito dell'entrata in esercizio di interventi che modificano la configurazione della rete e quindi la distribuzione dei flussi veicolari.

7 ANALISI DEGLI SCENARI DI PROGETTO (2030, 2034 e 2044)

Il modello stradale consiste in quello descritto nella situazione attuale con l'aggiunta delle tratte in parte di nuova realizzazione ed in parte in adeguamento che compongono l'itinerario che va da Olbia a Santa Teresa.

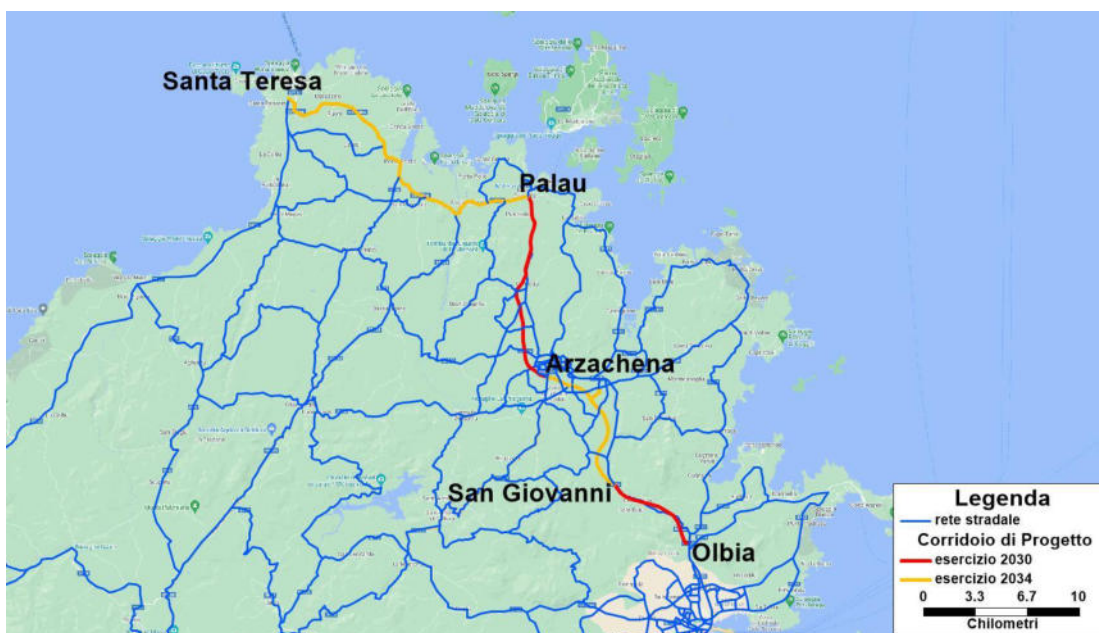


Figura 8 Tratte che compongono l'intero corridoio con indicati gli anni di entrata in esercizio

Di seguito sono riportati i dati traffico per la sola tratta di progetto Arzachena - Palau così composta:

- CA151 Nuova SS125/133bis Olbia-Palau. Tratta Arzachena Nord - Palau; dallo svincolo di Arzachena Nord al km 351 dell'attuale SS125 - 1° stralcio
- CA366 Nuova SS125/133bis Olbia-Palau. Tratta Arzachena-Palau; Stralcio 2; da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3; dal km 351 dell'attuale SS125 - 1° stralcio; fino a Palau

Si prevede la realizzazione di una nuova viabilità da Arzachena Sud ad Arzachena Nord (CA366) e a seguire da Arzachena Nord al km 351 della SS125 esistente (CA151) di categoria tipo C ad una corsia per senso di marcia (DM 05/11/2001), di lunghezza complessiva pari a circa 8,0 km, in variante rispetto alla SS125 esistente, che manterrà la funzione di smistamento dei traffici locali. Per gli ultimi 4,0 km circa, dal km 351 della SS125 esistente fino a Palau (CA366) si prevede un adeguamento in sede alla categoria tipo C "extraurbana secondaria" ad una corsia per senso di marcia in continuità con il tratto precedente.

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 strade".

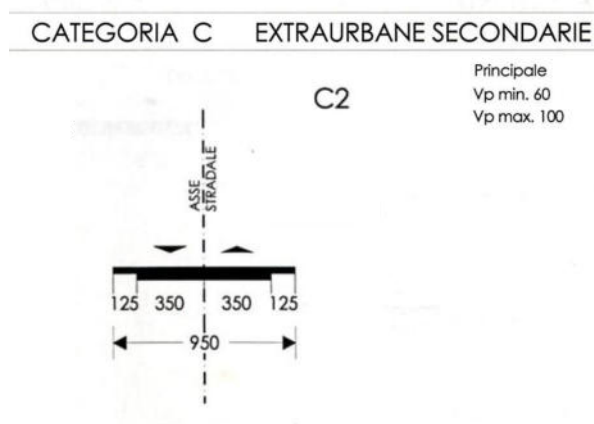


Figura 9 Sezioni tipo di progetto (DM n.6792/2001)

I risultati trasportistici sono stati effettuati relativamente a tre annualità dando origine a tre scenari principali.

Il primo fa riferimento all'anno **2030** e vede la realizzazione e quindi l'entrata in esercizio del progetto in analisi Arzachena - Palau (una parte è in variante ad una corsia per senso di marcia e una parte è un adeguamento in sede sempre ad una corsia per senso di marcia) e del tratto Olbia - San Giovanni (4 corsie).

Il secondo fa invece riferimento all'anno **2034** e tiene conto del completamento dell'itinerario, in particolare della realizzazione della variante tra San Giovanni ed Arzachena (sempre a 4 corsie in continuità con il lotto precedente) e dell'adeguamento dell'ultimo tratto tra Palau e Santa Teresa.

Il terzo fa riferimento all'anno **2044** (a dieci anni dall'entrata in esercizio dell'intero corridoio).

Le figure seguenti mostrano i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta di trasporto simulata.

Il flussogramma è riportato all'anno 2030, anno di entrata in esercizio del tratto Arzachena - Palau e del tratto Olbia - San Giovanni e successivamente all'anno 2034 con l'intero corridoio adeguato in esercizio.

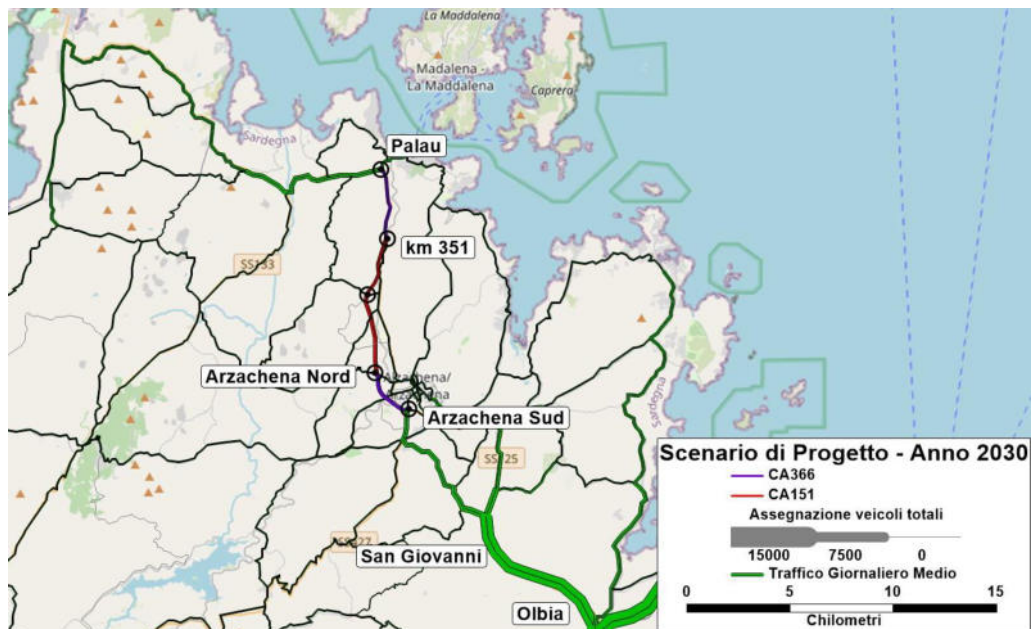


Figura 10 Flussogramma Scenario di Progetto (veicoli totali) – anno 2030

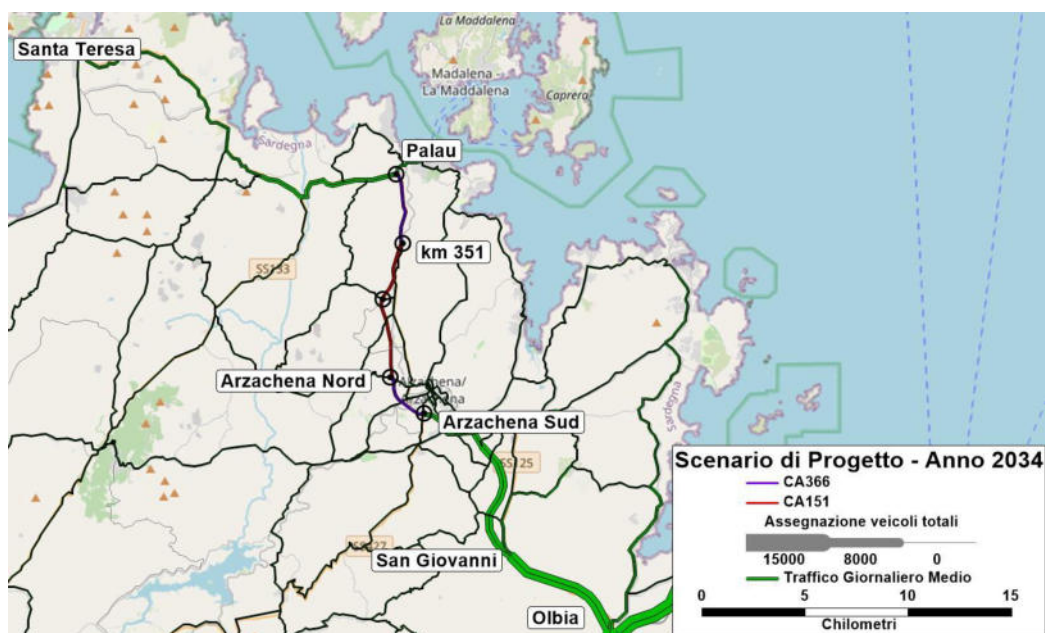


Figura 11 Flussogramma Scenario di Progetto (veicoli totali) – anno 2034

Le tabelle successive con gli indicatori di rete sono riportate al 2030, al 2034, in cui risulta completato l'intero itinerario, e al 2044 ovvero a dieci anni dalla realizzazione dell'intero itinerario consentendo di valutare l'impatto complessivo del progetto sulla mobilità dell'area in termini di indicatori di rete (veicoli*Km e veicoli*h).

Scenario di Progetto – indicatori di area giornalieri			
Indicatori	Anno 2030	Anno 2034	Anno 2044
Leggeri Veicoli*Km	601.759	636.525	653.404
Leggeri Veicoli*h	10.793	10.185	10.453
Pesanti Veicoli*Km	33.398	35.465	36.872
Pesanti Veicoli*h	739	728	757
Velocità Leggeri (km/h)	55,75	62,50	62,51
Velocità Pesanti (km/h)	45,19	48,72	48,71

I risultati evidenziano come l'intervento determini un impatto nell'area di studio che 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 0,13% (0,56% nel 2034 e 0,52% nel 2044) ed una riduzione dei tempi complessivamente spesi in rete (veicoli*h leggeri + veicoli*h pesanti) del -3,37% (-4,09% nel 2034 e -4,11% nel 2044), con una velocità media di percorrenza di area che aumenta anch'essa di circa il 3% (4% nel 2034 e nel 2044).

I flussi simulati da modello sulla nuova SS125 da Arzachena Sud a Palau restituiscono all'entrata in esercizio dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **5.514 veicoli/giorno**, che diventano 9.480 veicoli/giorno nel trimestre estivo.

Di seguito sono riportati i traffici in termini di TGM medio annuo e di TGM relativo al solo trimestre estivo relativi all'anno 2030 e differenziati per le tre tratte di cui si compone il progetto.

TGM medio annuo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	5.379	271	5.650	2030
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	5.349	241	5.590	2030
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	5.047	222	5.269	2030
TGM trimestre estivo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	9.248	467	9.714	2030
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	9.197	414	9.611	2030
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	8.677	382	9.060	2030

I flussi simulati da modello sulla nuova SS125 da Arzachena Sud a Palau restituiscono nel 2034 dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **6.200 veicoli/giorno**, che diventano 10.700 veicoli/giorno nel trimestre estivo. L'incremento dei flussi tiene conto dell'entrata in esercizio di altre tratte di progetto che determinano il completamento dell'itinerario.

Di seguito sono riportati i traffici in termini di TGM medio annuo e di TGM relativo al solo trimestre estivo relativi all'anno 2034 e differenziati per le tre tratte di cui si compone il progetto.

TGM medio annuo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	5.745	291	6.035	2034
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	6.094	312	6.407	2034
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	5.775	237	6.012	2034

TGM trimestre estivo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	9.877	500	10.376	2034
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	10.478	537	11.015	2034
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	9.928	408	10.336	2034

Per concludere di seguito sono riportati i traffici in termini di TGM medio annuo e di TGM relativo al solo trimestre estivo relativi all'anno 2044 e differenziati per le tre tratte di cui si compone il progetto.

TGM medio annuo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	5.879	302	6.181	2044
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	6.229	325	6.554	2044
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	5.904	247	6.150	2044

TGM trimestre estivo					
Strada	Tratto	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Nuova SS125 (CA366)	Arzachena Sud - Arzachena Nord	10.108	520	10.627	2044
Nuova SS125 (CA151)	Arzachena Nord - Km 351 SS125 esistente	10.710	559	11.269	2044
Nuova SS125 (CA366)	Km 351 SS125 esistente - Palau	10.151	424	10.575	2044

7.1 ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO IN ASSE

A questo punto, 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).

La norma richiede un livello di servizio pari a C per la sezione tipo C.

La procedura di calcolo del livello di servizio adottata, seguendo le indicazioni dell'HCM, prevede una analisi direzionale, in considerazione del fatto che la pendenza media su tutta l'estensione è circa il 3.1% (quindi superiore al 3%).

Per questa tipologia, "extraurbane secondarie", la velocità non è l'unica misura della qualità del servizio offerto. Il ritardo in accodamento dovuto al volume di traffico sostenuto dall'infrastruttura ed alla presenza di tratti a sorpasso impedito è una misura rilevante dei livelli di servizio. Per queste ragioni, per il calcolo del livello di servizio viene utilizzato l'effetto combinato dei seguenti indicatori:

- Velocità di servizio;
- Percentuale di tempo in accodamento.

La velocità di servizio riflette le necessità di mobilità dell'infrastruttura ed è definita come rapporto tra la lunghezza della tratta oggetto di analisi ed il tempo medio di percorrenza di tutti i veicoli transitati nel periodo temporale di analisi. La percentuale di tempo in accodamento riflette sia le necessità di mobilità che di accessibilità e viene definita come la media percentuale del tempo speso da tutti i veicoli che, viaggiando in plotoni, rimangono accodati nell'impossibilità di sorpassare. Tale indicatore risulta peraltro difficile da misurare direttamente sul campo e come surrogato di misura diretta viene utilizzata la percentuale di veicoli che viaggiano con interdistanza di 5 secondi l'uno dall'altro.

La combinazione dei due parametri definisce il Livello di Servizio di ogni tronco dell'infrastruttura in base alla seguente figura.

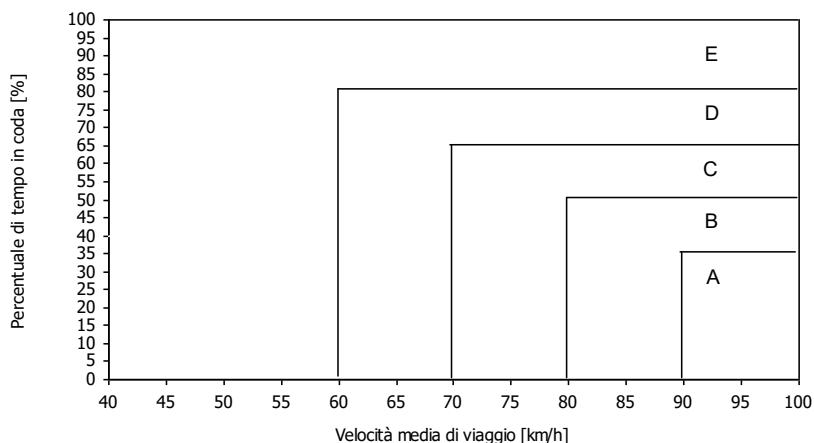


Figura 12. Valori limite per le zone di LOS (Highway Capacity Manual)

Per la corretta valutazione della percentuale di tempo in coda, e di conseguenza del livello di servizio atteso, nelle formule di calcolo sono stati considerati per ciascuna direzione le percentuali di sorpasso ammesso considerando la posizione e l'estensione delle corise supplementari per veicoli lenti inserite nel progetto. Il dettaglio è riportato nelle due tabelle seguenti.

Nel progetto in esame le corsie supplementari sono posizionate:

- Tratto Sud Asse AP01 direzione nord: da prog. 0+320.00 a prog. 1+180 in dx;
- Tratto Nord (A+B) Asse AP02 direzione sud: da prog. 1+480.00 a prog. 2+200.00 in sx.

Asse AP01								
Lunghezza asse [m]	Verifica sorpasso - Andata				Verifica sorpasso - Ritorno			
	Geometrica		Operativa		Geometrica		Operativa	
	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%
2519	1595.00	63.30%	1160.00	46.05%	938	37.20%	501	20.00%

Tratto A								
Lunghezza asse [m]	Verifica sorpasso - Andata				Verifica sorpasso - Ritorno			
	Geometrica		Operativa		Geometrica		Operativa	
	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%
2438	806	33.06%	546	22.40%	1536	63.00%	1223	50.16%

Tratto B								
Lunghezza asse [m]	Verifica sorpasso - Andata				Verifica sorpasso - Ritorno			
	Geometrica		Operativa		Geometrica		Operativa	
	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%	Lunghezza [m]	%
1254	478	38.10%	286	22.80%	411	32.80%	411	32.80%

I calcoli sono stati applicati, seguendo la procedura indicata dall'HCM, sul Tratto Sud e sul Tratto Nord nelle due direzioni, nel 2034 (anno di entrata in esercizio dell'intero corridoio).

Sono stati utilizzati i traffici del trimestre estivo quindi nel periodo di maggior carico veicolare; una scelta cautelativa che una volta verificata avvalorerà la validità del dimensionamento nei periodi caratterizzati da traffici giornalieri medi annui più bassi rispetto a quelli estivi.

In particolare:

- al 2034 la nuova SS125 (CA366) Tratto Sud da Arzachena Sua ad Arzachena Nord si carica di un flusso monodirezionale in direzione Palau pari a **373 veicoli equivalenti** in ora di punta

Tratto Sud Dir Palau

Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore input	Descrizione
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
VHPd	373	Volume orario di progetto direzione in esame
VHPo	388	Volume orario di progetto direzione opposta
phf	1	fattore ora punta
fg	0,99	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	0,94	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
Qd	454	Tasso flusso direzione in esame
Qo	473	Tasso flusso direzione opposta
fhv		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,045	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0,000	Percentuale veicoli turistici
Et	5,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
fnp	2,6	coefficiente riduzione velocità media viaggio
fnp	10,8	coefficiente riduzione tempo in coda
a	-0,04161	Coefficiente per BPTCd
b	0,46118	Coefficiente per BPTCd

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhv	0,83	
Vsd	73,7	
fhv	1,00	Percentuale tempo in coda
BPTCd	50,30	
PTCd	61,10	

Los C

- al 2034 la nuova SS125 (CA366) Tratto Sud da Arzachena Sua ad Arzachena Nord si carica di un flusso monodirezionale in direzione Olbia pari a **388 veicoli equivalenti** in ora di punta

Tratto Sud Dir Olbia

Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore input	Descrizione
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
VHPd	388	Volume orario di progetto direzione in esame
VHPo	373	Volume orario di progetto direzione opposta
phf	1	fattore ora punta
fg	0,99	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	0,94	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
Qd	514	Tasso flusso direzione in esame
Qo	494	Tasso flusso direzione opposta
fhv		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,05	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	5,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Etc	2,8	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
fnp	3,6	coefficiente riduzione velocità media viaggio
fnp	14,6	coefficiente riduzione tempo in coda
a	-0,042	Coefficiente per BPTCd
b	0,44118	Coefficiente per BPTCd

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhv	0,76	
Vsd	71,7	
fhv	1,00	Percentuale tempo in coda
BPTCd	47,96	
PTCd	62,56	

Los C

- al 2034 la nuova SS125 (CA366) Tratto Nord dal km 351 a Palau si carica di un flusso monodirezionale in direzione Palau pari a **372 veicoli equivalenti** in ora di punta

Tratto Nord Dir Palau

Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore input	Descrizione
BVFL	90	Velocità a flusso libero in condizioni base
fcB	2,1	riduzione velocità per larghezza corsie
fa	0	riduzione velocità per punti di accesso
VHPd	372	Volume orario di progetto direzione in esame
VHPo	387	Volume orario di progetto direzione opposta
phf	1	fattore ora punta
fg	0,99	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	0,94	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
Qd	444	Tasso flusso direzione in esame
Qo	462	Tasso flusso direzione opposta
fhv		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,037	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0,000	Percentuale veicoli turistici
Et	5,9	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
fnp	4	coefficiente riduzione velocità media viaggio
fnp	16,2	coefficiente riduzione tempo in coda
a	-0,042	Coefficiente per BPTCd
b	0,45448	Coefficiente per BPTCd

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhv	0,85	
Vsd	72,6	
fhv	1,00	Percentuale tempo in coda
BPTCd	48,55	
PTCd	64,75	

Los C

- al 2034 la nuova SS125 (CA366) Tratto Nord dal km 351 a Palau si carica di un flusso monodirezionale in direzione Olbia pari a **387 veicoli equivalenti** in ora di punta

Tratto Nord Dir Olbia

Singole voci di calcolo		
Definizione	Valore input	Descrizione
BVFL	90	Velocità a flusso libero in condizioni base
fcB	2,1	riduzione velocità per larghezza corsie
fa	0	riduzione velocità per punti di accesso
VHPd	387	Volume orario di progetto direzione in esame
VHPo	372	Volume orario di progetto direzione opposta
phf	1	fattore ora punta
fg	0,99	Coefficiente altimetrico per velocità media
fg	0,94	Coefficiente altimetrico per percentuale tempo in coda
Qd	490	Tasso flusso direzione in esame
Qo	472	Tasso flusso direzione opposta
fhv		coefficiente veicoli lenti
Pt	0,04	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	5,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Etc	2,8	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
Et	1	Coefficiente equivalenza pesanti per percentuale tempo in coda
Er	1	Coefficiente equivalenza turistici per percentuale tempo in coda
fnp	3,2	coefficiente riduzione velocità media viaggio
fnp	13	coefficiente riduzione tempo in coda
a	-0,042	Coefficiente per BPTCd
b	0,45448	Coefficiente per BPTCd

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	87,9	Velocità media viaggio
fhv	0,80	
Vsd	72,7	
fhv	1,00	Percentuale tempo in coda
BPTCd	50,09	
PTCd	63,09	

Los C

La verifica del dimensionamento attraverso il calcolo del livello di servizio restituisce quindi all'anno 2034, nel periodo estivo di maggior carico veicolare un **indice della qualità della circolazione, adottando una sezione tipo C, che rispetta le richieste della norma.**

Gli stessi LdS lungo l'itinerario risulterebbero al di sotto della norma nel caso in cui non fossero inserite le corsie supplementari per veicoli lenti.

I Livelli di Servizio sono soddisfatti anche a 10 anni dalla realizzazione dell'intervento.

7.2 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.

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 13).

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

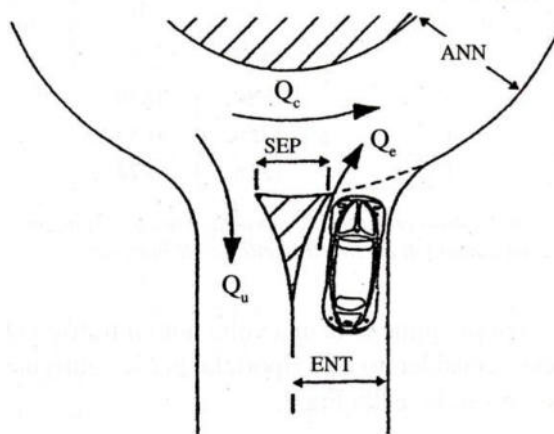


Figura 13. Elementi per il calcolo della capacità (normativa francese)

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 .

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.

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 %	SATURO/CRITICO

Tabella 1

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 14. 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.

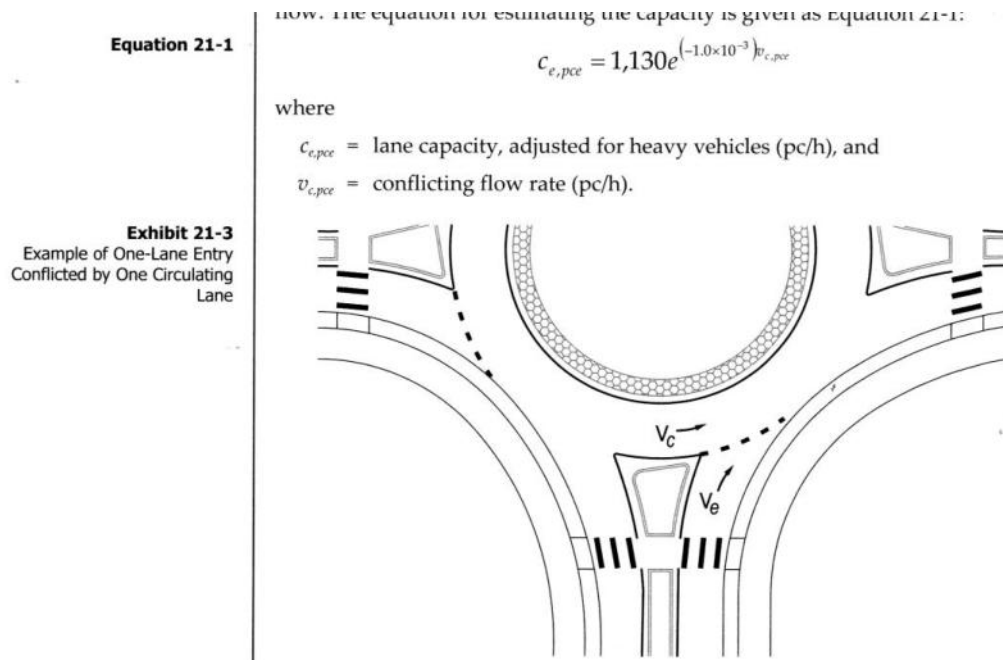


Figura 15. Capacità d'ingresso del braccio di una rotonda (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

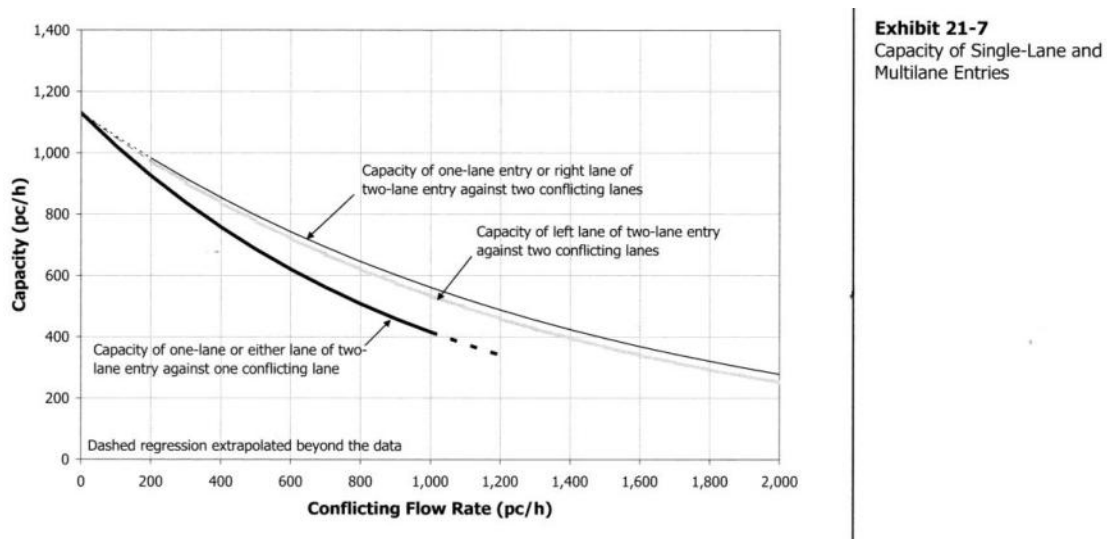


Figura 16. Capacità in funzione del numero di corsie dell'anello (FONTE: Highway Capacity Manual 2010)

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

Highway Capacity Manual 2010

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

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 17. 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 2 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 18. 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, a partire da sud, dall'abitato di Arzachena, salendo fino a Palau, si possono individuare una serie di intersezioni a rotatoria:

- **Nodo "A"**; rotatoria esistente Arzachena Sud, inizio tratto CA366.
- **Nodo "B"**; rotatoria di progetto Arzachena Nord, fine tratto CA366 inizio tratto CA151.
- **Nodo "C"**; rotatoria di progetto presso loc. Cuncosu sul tratto CA151.
- **Nodo "D"**; rotatoria di progetto al km 351 della SS125 esistente, fine tratto CA151 inizio tratto CA366.
- **Nodo "E"**; rotatoria di progetto presso Stazzo Pulcheddu sul tratto CA366.
- **Nodo "F"**; rotatoria esistente Palau, fine tratto CA366.

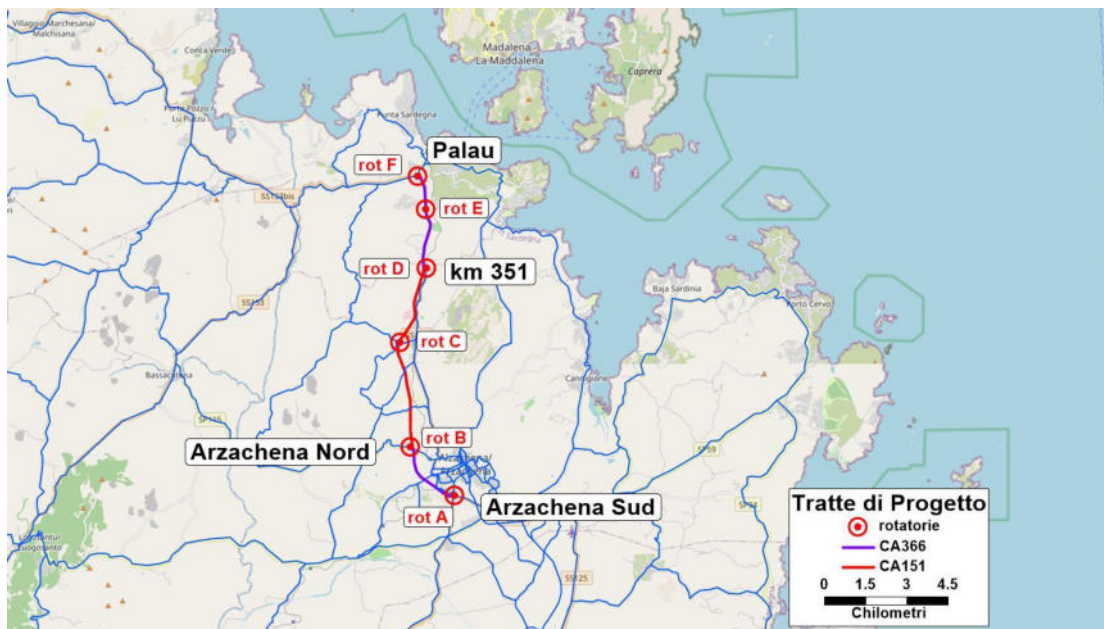


Figura 19 Localizzazione Rotatorie sull'asse di progetto

Tutti i nodi dei bracci di accesso alle tre rotatorie di progetto studiate B, D ed F (la rotatoria E non è stata valutata in quanto la modellazione effettuata non è in grado di fornire stime di traffico attendibili su strade di carattere locale), hanno restituito al 2034, anno di entrata in esercizio dell'intero itinerario, e nel periodo estivo quindi di maggior carico veicolare, 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.

Si riportano di seguito a titolo di esempio i fogli di calcolo utilizzati per le verifiche ai nodi della Rotatoria B, per le altre rotatorie sono riportati i risultati principali.

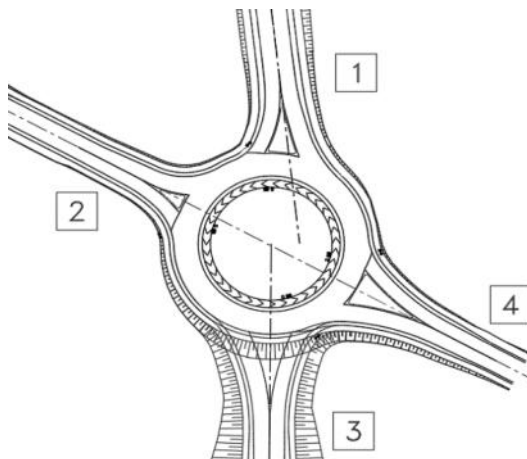


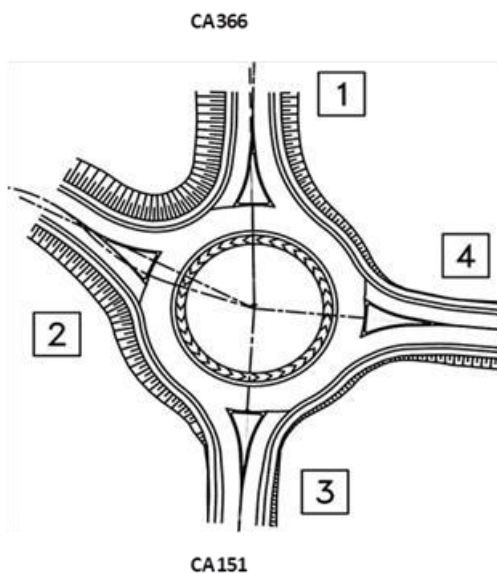
Figura 20 Particolare Rotatoria B - Arzachena Nord

Nodo B1 rotatoria B Arzachena Nord (SP115)		anno 2034 estivo
		Veic. Equ.
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	410
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	106
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	444
Metodo SETRA		
Larghezza isola spartitraffico	SEP	8,70
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	6,0
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	3,5
Traffico uscente equivalente	Q1u	161
Traffico complessivo di disturbo	Qd	242
Capacità del braccio di immissione	C	1.161
Riserva di capacità	Rc	513
	Rc%	55,2%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	8
capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h)	c	1024
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso - capacità	x=v/c	0,41
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 B2 rotatoria B Arzachena Nord (SP115)		anno 2034 estivo
		Veic. Equ.
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	97
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	452
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	85
Metodo SETRA		
Larghezza isola spartitraffico	SEP	5,35
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	6,0
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	3,5
Traffico uscente equivalente	Q1u	58
Traffico complessivo di disturbo	Qd	541
Capacità del braccio di immissione	C	951
Riserva di capacità	Rc	681
	Rc%	89,5%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	6
capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h)	c	740
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso - capacità	x=v/c	0,11
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

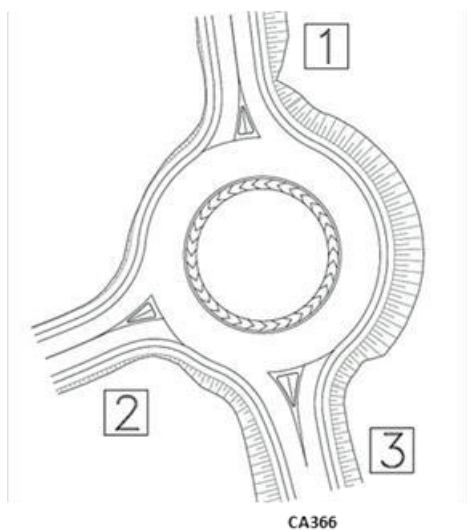
Nodo B3 rotatoria B Arzachena Nord (SP115)		anno 2034 estivo
		Veic. Equ.
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	436
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	101
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	398
Metodo SETRA		
Larghezza isola spartitraffico	SEP	7,70
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	6,0
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	3,5
Traffico uscente equivalente	Q1u	199
Traffico complessivo di disturbo	Qd	266
Capacità del braccio di immissione	C	1.144
Riserva di capacità	Rc	542
	Rc%	59,2%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	7
capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h)	c	1028
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso - capacità	$x=v/c$	0,36
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 B4 rotatoria B Arzachena Nord (SP115)		anno 2034 estivo
		Veic. Equ.
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu (veic./h)	73
Flusso in circolo sull'anello	Qc (veic./h)	425
Flusso entrante in rotatoria	Qi (veic./h)	91
Metodo SETRA		
Larghezza isola spartitraffico	SEP	6,90
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	6,0
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	3,5
Traffico uscente equivalente	Q1u	37
Traffico complessivo di disturbo	Qd	494
Capacità del braccio di immissione	C	984
Riserva di capacità	Rc	702
	Rc%	89,2%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida
Metodo HCM 2010		
tempo di attesa all'ingresso in rotatoria (s/veic.)	d	6
capacità della singola corsia in ingresso, con una corsia sull'anello (veic./h)	c	759
periodo di tempo di analisi (h)	T	1
rapporto flusso - capacità	$x=v/c$	0,11
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 D (km 351) Anno 2034 trimestre estivo				
NODO	Metodo SETRA	Metodo HCM 2010		
		d	Q95	LoS
D1	Fluida	6	1	A
D2	Fluida	3	0	A
D3	Fluida	6	1	A
D4	Fluida	4	0	A

Figura 21 Particolare Rotatoria D (km351)



Rotatoria F (Palau) Anno 2034 trimestre estivo				
NODO	Metodo SETRA	Metodo HCM 2010		
		d	Q95	LoS
F1	Fluida	7	1	A
F2	Fluida	9	3	A
F3	Fluida	8	2	A

Figura 22 Particolare Rotatoria F - Palau