

## S.S.195 "SULCITANA"

**COMPLETAMENTO ITINERARIO CAGLIARI - PULA LOTTO 2**  
**COLLEGAMENTO CON LA S.S 130 E AEROPORTO CAGLIARI ELMAS**  
**DAL Km 21+488,70 AL Km 23+900,00**  
**RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA12

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES                      Ing. M. TANZINI  
 Ing. P. LOSPENNATO                Ing. A. LUCIA  
 Ing. S. PELLEGRINI  
 Ing. A. POLLI  
 Ing. C. CASTELLANO  
 Ing. G.N. GUERRINI

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. M. COGHE

PROTOCOLLO

DATA:

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



Str. del Cole, 1/a - Fraz. Fontana  
 06132 Perugia - Italia



UNI ISO 9001:2008



UNI EN ISO 14001:2004

MANDATARIA



**PINI SWISS ENGINEERS SA**  
 Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



**PINI SWISS ENGINEERS Srl**  
 Via Cavour, 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

## ELABORATI GENERALI

Relazione studio di traffico

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

D P C A 1 2    D    2 0 0 1

NOME FILE

T00EG00GENRE03A

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.

T 0 0    E G 0 0    G E N    R E 0 3

A

1 di 2

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2020	C. CASTELLANO	A. POLLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p style="text-align: center;"><i>ANAS S.p.A.</i></p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas – Lotto 2</p> <p style="text-align: center;">RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p style="text-align: center;"><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p> <p style="text-align: center;"><i>T00EG00GENRE03A</i> <i>Relazione studio di traffico</i></p>	<p><b>File:</b> <b><i>T00EG00GENRE03A.doc</i></b></p> <p><b>Data:</b> <i>Giugno 2020</i></p>
---	--

## Sommario

1	PREMESSA E SINTESI DEI RISULTATI	3
2	IL MODELLO TRASPORTISTICO STRADALE LOCALE	5
2.1	OFFERTA E DOMANDA DEL MODELLO LOCALE	5
2.2	LA PROCEDURA DI ASSEGNAZIONE	9
2.3	CALIBRAZIONE E ASSEGNAZIONE DEL MODELLO LOCALE	12
3	GLI INDICATORI DI AREA ED I LIVELLI DI SERVIZIO DELL'ATTUALE SS195 IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO DI PROGETTO – SCENARIO ATTUALE	13
4	GLI SCENARI FUTURI DI DOMANDA – CRESCITA DELLA MOBILITÀ DELL'AREA	16
5	SCENARIO DI RIFERIMENTO	17
6	SCENARIO DI PROGETTO (2026 E 2036)	18
6.1	ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO	21

## 1 PREMESSA E SINTESI DEI RISULTATI

Il documento illustra metodologia e risultati delle analisi di traffico sviluppate per il progetto definitivo del Lotto 2 della S.S.195 "Sulcitana" che prevede il completamento dell'itinerario Cagliari – Pula. L'intervento fa parte della realizzazione del nuovo itinerario della S.S.195 tra Cagliari e Pula, suddiviso in 3 lotti dei quale il 1° ed il 3° sono in esecuzione.



Figura 1. Localizzazione del nuovo asse di progetto

L'intervento relativo al 2° Lotto dal km 18+350 al km 23+900, interposto tra i due lotti in costruzione, di lunghezza 5,55 km circa, consiste nell'adeguamento del tratto di strada a 4 corsie già esistente realizzata dal Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CACIP) quale dorsale consortile industriale e di proprietà dello stesso Ente.

Il tracciato del Lotto 2 della nuova S.S.195 si sviluppa per una lunghezza totale di circa 5550 m e costituisce uno dei principali itinerari di collegamento della zona denominata Sulcis Iglesiente, collegando l'area metropolitana a ovest di Cagliari e gli agglomerati industriali della zona di Sarroch, inserendosi inoltre nell'importante contesto ad elevato carattere turistico di Pula, Chia e Santa Margherita.

Gli interventi riguardano l'adeguamento normativo della strada esistente al fine di incrementare nel suo complesso la sicurezza ed il livello funzionale del tratto di infrastruttura uniformando la tratta del Lotto 2 agli standard dei Lotti 1 e 3.

Il tracciato esistente presenta infatti una sezione tipo CNR III, il progetto prevede l'adeguamento alla sezione B "extraurbana principale" (DM 05/11/2001) dell'intero Lotto 2 che una volta adeguato, raccordando il Lotto 1 ed il Lotto 3, entrambi in costruzione, darà vita ad una nuova infrastruttura che avrà l'obiettivo di bypassare la zona costiera interessando maggiormente i traffici di media e lunga percorrenza.

Per un maggior dettaglio circa lo studio completo del tracciato si rimanda alla relazione stradale.

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 relative al censimento annuale ANAS del traffico del 2018.

Per le verifiche dell'impatto del nuovo Lotto di progetto, è stato definito uno scenario infrastrutturale di analisi, nell'anno di entrata in esercizio dell'intervento, in cui si prevede, oltre al Lotto stesso, il completamento dei Lotti 1 e 3 della variante alla S.S.195 "Sulcitana" posta a nord dell'attuale statale. Il corridoio completato fungerà da infrastruttura prioritaria per i collegamenti tra Cagliari e zone limitrofe con la costa Sud-Ovest dell'Isola, spostando su di esso i collegamenti di media lunga percorrenza dell'area e lasciando sull'attuale S.S.195 i soli traffici locali.

I flussi simulati da modello all'attualità sul tratto della S.S.195 sotteso dalla nuova variante di progetto (all'incirca 18,5 km) restituiscono dei valori di **14.530 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 ( $\sum \text{veicoli} \cdot \text{Km} / \sum \text{Km}$ ).

All'entrata in esercizio (anno 2026) sul nuovo asse (Lotto 2) il modello restituisce valori di **traffico giornaliero medio totale di 13.550 veicoli/giorno**.

Sul corrispondente **tratto della S.S.195 esistente** si stima da modello che rimangono **5.081 veicoli/giorno**, espressi in veicoli efficaci.

I TGM fanno riferimento allo scenario progettuale con completamento dell'itinerario Cagliari-Pula.

Denominazione	Estesa (km)	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
<b>Lotto 2 adeguato</b>	5,5	12.947	603	13.550	2026
<b>SS195 sottesa da intero intervento</b>	18,5	4.916	166	5.081	2026

Le analisi hanno mostrato che, nel funzionamento complessivo, il **nuovo asse costituisce un'alternativa valida all'attuale S.S.195 identificando di fatto un nuovo corridoio di transito per i traffici di media e lunga percorrenza che scarica parzialmente l'esistente S.S.195 con una riduzione dei traffici del 66%**.

La verifica del Livello di Servizio (LoS), effettuata seguendo la procedura indicata dall'HCM al Lotto 2, ha restituito all'entrata in esercizio un livello di servizio pari ad A.

La verifica è stata effettuata anche sulla statale S.S.195 ed ha restituito nella situazione attuale un livello di servizio pari a D quindi al di sotto di quanto previsto dalla norma, mentre all'entrata in esercizio dell'intervento, un livello di servizio pari a C, infatti pur a fronte di un incremento di domanda si assiste, nel 2026, ad una deviazione dei traffici dall'attuale statale al nuovo progetto restituendo alla S.S.195 un indice di qualità della circolazione in linea con le richieste della norma.

## 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 Territoriale.

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 3.867 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: 915 Km.



Figura 2. 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 del-

la zona di domanda a ridosso dell'intervento di progetto in **3 zone di livello comunale**, a cui viene schematicamente ricondotta la domanda per riprodurre la mobilità locale. La zonizzazione adottata è evidenziata nella figura seguente dai centroidi di zona.

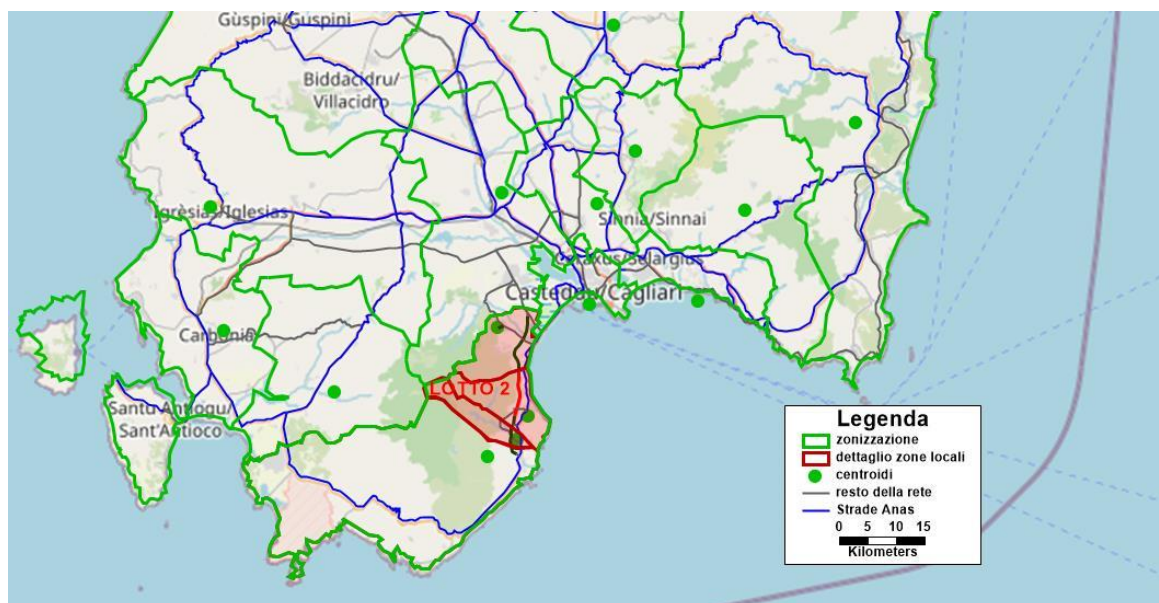


Figura 3. Zonizzazione dell' Area di Studio

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 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.

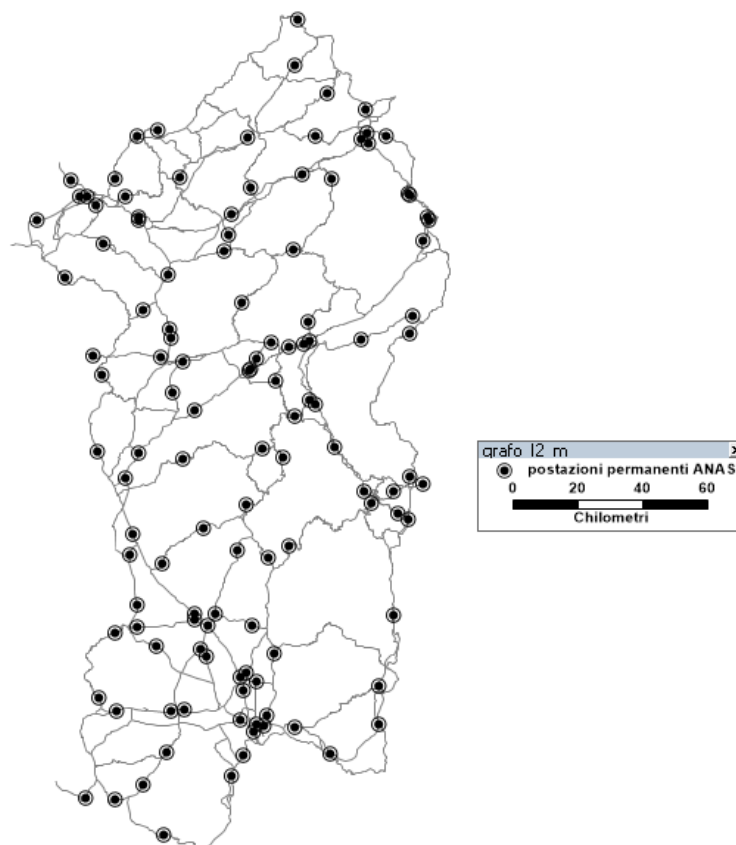


Figura 4. Localizzazione sezioni di conteggio permanenti ANAS

Di seguito si riporta 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. In particolare sono state individuate tre sezioni lungo la S.S.195 e una sulla S.S.195racc utili a fornire indicazioni sulla mobilità che caratterizzerà l'asse di progetto. In particolare:

- La 1060 sulla S.S.195 "Sulcitana" al km 6.600, Cagliari (CA);
- la 900007 sulla S.S.195 "Sulcitana" al km 14.556, Capoterra (CA);
- la 1062 sulla S.S.195 "Sulcitana" al km 88.310, Giba (CI);
- la 899 sulla S.S. 195racc al km 3.307, Cagliari (CA).

I flussi rilevati più significativi sono quelli della postazione 900007 localizzata al km 14+556 della S.S.195 che è quella più a ridosso del progetto e che ha registrato un TGM medio totale di circa 14.900 veicoli (si veda figura successiva).

L'analisi dell'andamento orario del traffico mostra un'incidenza dell'ora di punta (che si verifica nell'intervallo 7.00-8.00) sul TGM pari al 9,8%.



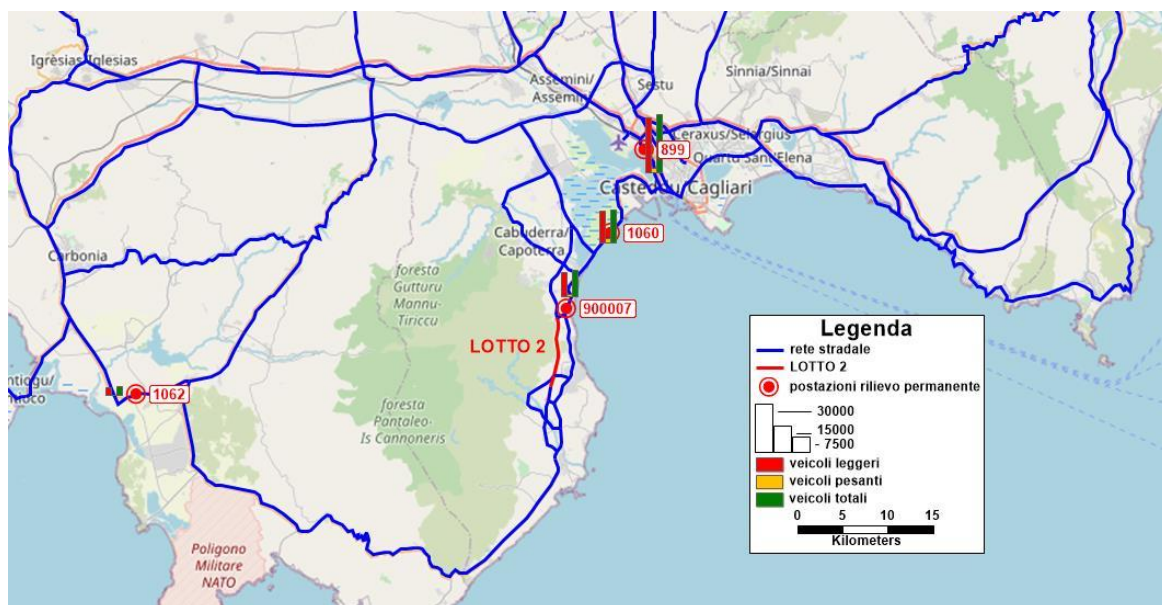


Figura 5. Flussi medi totali rilevati nelle sezioni di conteggio più prossime all'intervento

Prima di passare all'analisi di funzionalità del progetto è stato condotto un ulteriore studio circa l'impatto della stagionalità sui flussi di traffico attesi.

A tal proposito è stata presa in considerazione tra tutte le sezioni di conteggio ricadenti nell'area di influenza quella più a ridosso dell'intervento e sono stati messi a confronto il valore medio annuo con quello rilevato nel terzo trimestre, periodo in cui il traffico è spesso congestionato a seguito di un maggiore afflusso turistico.

La sezione presa in esame è la 900007 posizionata sulla S.S.195 al km 14.556, i dati rilevati sono quelli relativi all'anno più recente a disposizione.

Come era facile aspettarsi, i traffici più sostenuti si evidenziano nel periodo estivo (terzo trimestre).

sezione di rilievo	TGM medio annuo			TGM terzo trimestre			incrementi stagionali		
	leggeri	pesanti	Totale	leggeri	pesanti	Totale	leggeri	pesanti	Totale
900007	14.236	724	14.960	17.334	793	18.127	22%	10%	21%

L'incremento di traffico nel terzo trimestre ci ha fornito, in percentuale, l'incremento stagionale che, applicato ai volumi di traffico medi annui ottenuti dall'assegnazione al 2026, ci permette di acquisire i volumi che caratterizzano le tratte di progetto nel periodo estivo quindi nel periodo di maggiore congestione a causa del massimo afflusso turistico.

## 2.2 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  $\tau_{aj}$ , 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  $C$  dell'arco stesso (in cui  $n$  rappresenta il numero di corsie e  $C$  la capacità di una corsia) e da due parametri  $\alpha$  e  $\beta$  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.

### 2.3 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 feriale medio, all'anno di riferimento 2018.

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

- 296.375 spostamenti di veicoli leggeri passeggeri tra le diverse zone di traffico;
- 10.285 spostamenti di veicoli pesanti merci tra le diverse zone di traffico.

### 3 GLI INDICATORI DI AREA ED I LIVELLI DI SERVIZIO DELL'ATTUALE SS195 IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO 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. Flusso all'attualità espresso come somma di veicoli Leggeri e Pesanti

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 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.

<b>Scenario Attuale – Anno 2018 –indicatori di area giornalieri</b>	
Leggeri Veicoli*Km	5.890.853
Leggeri Veicoli*h	110.240
Pesanti Veicoli*Km	229.934
Pesanti Veicoli*h	4.733
Velocità Leggeri (km/h)	53,4
Velocità Pesanti (km/h)	48,6

I flussi simulati da modello all'attualità sul tratto della S.S.195 sotteso dall'intervento oggetto di studio (a partire dal Lotto 1 fino al Lotto 3 per una lunghezza di 18,5 km) restituiscono dei valori di circa **14.500 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 ( $\sum \text{veicoli} * \text{Km} / \sum \text{Km}$ ).

Strada	Denominazione	dal Km	al km	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
<b>SS195</b>	SULCITANA	8+500	27+000	13.941	589	14.530	2018

Ulteriore elemento di valutazione determinato dalla simulazione della situazione attuale è la verifica di funzionalità delle infrastrutture stradali attraverso l'analisi dei Livelli di Servizio. Nello specifico l'analisi è stata svolta per la S.S.195 nel tratto sotteso dai tre Lotti oggetto del presente studio al fi-

ne di verificarne le criticità attuali e verificare l'impatto futuro sull'infrastruttura dell'alternativa di progetto che si sta analizzando.

Una volta adeguato il Lotto 2, quest'ultimo costituirà insieme al Lotto 1 e al Lotto 3 un corridoio alternativo all'attuale S.S.195 che si vedrà a sua volta sgravare dei traffici di media e lunga percorrenza.

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 C1 cui è assimilabile la S.S.195 attuale nella tratta sottesa dall'intervento.

Applicando la procedura di calcolo del Livello di Servizio, dettagliatamente spiegata nel paragrafo di progetto, al tratto della S.S.195 attuale (TGM di 13.941 leggeri e 589 pesanti), si ottengono i seguenti risultati.

<b>Anno 2018</b>	<b>TGM Leggeri</b>	<b>TGM Pesanti</b>	<b>Veicoli Ora Punta Totali</b>	<b>Velocità media viaggio (Km/h)</b>	<b>Percentuale tempo in coda</b>	<b>Livello di Servizio</b>
S.S.195	13.941	589	1.424	66,6	79,69	D

I risultati evidenziando uno stato della mobilità dell'infrastruttura che per le ore di punta registra un Livello di Servizio di poco inferiore rispetto a quanto richiesto dalla norma.

La situazione peggiora ulteriormente se si ripete la procedura sullo stesso tratto della S.S.195 attuale ma nel periodo estivo (terzo trimestre) in cui si registra un incremento medio dei traffici del 20%.

<b>Anno 2018 Terzo trimestre</b>	<b>TGM Leggeri</b>	<b>TGM Pesanti</b>	<b>Veicoli Ora Punta Totali</b>	<b>Velocità media viaggio (Km/h)</b>	<b>Percentuale tempo in coda</b>	<b>Livello di Servizio</b>
S.S.195	16.975	645	1.727	63,2	83,43	E

I risultati evidenziando, per le ore di punta del periodo estivo, un Livello di Servizio pari ad E, ben al di sotto di quanto richiesto dalla norma.



#### 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 e di Piano, 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, fino a 10 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%	1,6%	-17,5%	8,8%	4,4%	2,2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,8%	1,8%	1,8%	2,0%	2,0%	2,0%	2,2%	1,8%	1,5%	1,3%	1,2%
Pesanti	100,0%	4,0%	-12,9%	6,5%	3,2%	1,6%	1,5%	1,5%	1,5%	1,8%	2,0%	2,0%	2,2%	2,2%	2,2%	2,3%	2,1%	1,8%	1,5%	1,4%

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Leggeri	100	101,6	83,8	91,2	95,1	97,23	98,69	100,17	101,97	103,80	105,67	107,79	109,94	112,14	114,61	116,67	118,42	119,96	121,40
Pesanti	100	104,0	90,6	96,5	99,6	101,18	102,69	104,23	106,11	108,23	110,40	112,83	115,31	117,84	120,79	123,33	125,55	127,43	129,21

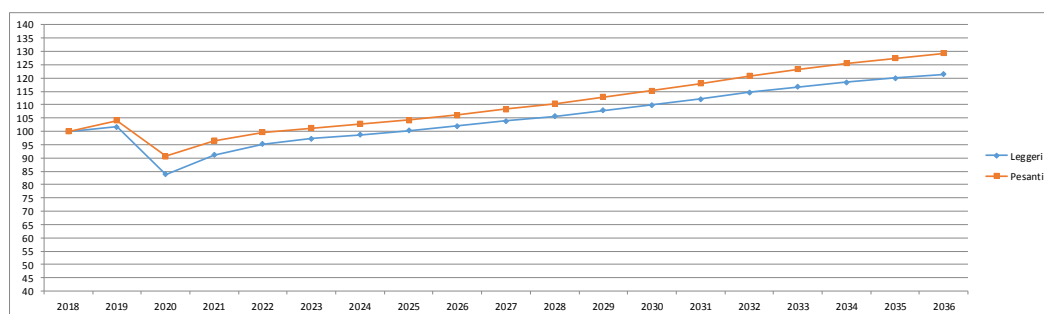


Figura 7. Curva di crescita della domanda

La curva traccia un andamento della crescita che corrisponde ad un tasso medio annuo dei Leggeri dello 0,81% e dei pesanti dell'1,03%.

Complessivamente, da oggi all'entrata in esercizio dell'infrastruttura di progetto, si stima una crescita dell'1,97% della domanda passeggeri e del 6,11% di quella merci.

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 cinque mesi dell'anno. Inoltre, agli orizzonti futuri, si è ipotizzato, coerentemente con altre crisi economiche precedenti, in un quinquennio il tempo necessaria a ritornare ai traffici medi annui del periodo pre-crisi.

## 5 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.

Nello scenario di Riferimento dal punto di vista infrastrutturale si è comunque ipotizzata una variazione dell'offerta di mobilità che prevede la realizzazione del Lotto 1 e del Lotto 3.

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

Scenario di Riferimento–indicatori di area giornalieri		
Indicatori	Anno 2026	Anno 2036
Leggeri Veicoli*Km	6.014.648	7.160.717
Leggeri Veicoli*h	112.885	135.191
Pesanti Veicoli*Km	245.125	298.488
Pesanti Veicoli*h	5.015	6.198
Velocità Leggeri (km/h)	53,28	52,97
Velocità Pesanti (km/h)	48,88	48,16

Nello scenario di riferimento all'entrata in esercizio del Lotto 1 e del Lotto 3, ossia nell'ipotesi che al 2026 non venga adeguato il Lotto 2, sulla base della curva di crescita di domanda ipotizzata, si stima che il tratto esistente del Lotto 2 si carichi di **9.706 veicoli/giorno** e di **11.568 veicoli/giorno** nel 2036.

Denominazione	Estesa (km)	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Lotto 2 non adeguato	5,5	9.265	441	9.706	2026
Lotto 2 non adeguato	5,5	11.030	538	11.568	2036

Mentre per quanto riguarda i flussi che restano sulla S.S.195 nel tratto sotteso da tutto il progetto si assiste ad **una riduzione del 53% dei traffici** con un conseguente miglioramento della circolazione.

## 6 SCENARIO DI PROGETTO (2026 E 2036)

Il modello stradale consiste in quello descritto nella situazione attuale con l'aggiunta della tratta che compone il nuovo progetto, l'adeguamento del Lotto 2 che andrà a completare la parte già realizzata del Lotto 1 e del Lotto 3.

L'intervento riguarda l'adeguamento normativo della strada esistente al fine di incrementare nel suo complesso la sicurezza ed il livello funzionale del tratto di infrastruttura uniformando la tratta del Lotto 2 agli standard dei Lotti 1 e 3.

Il tracciato esistente presenta infatti una sezione tipo CNR III, il progetto prevede l'adeguamento alla sezione B "extraurbana principale" (DM 05/11/2001) dell'intero Lotto 2.

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

La figura seguente mostra i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto all'offerta di trasporto simulata, con i tre Lotti in esercizio ed in particolare la variazione della mobilità nell'area di studio per effetto del nuovo asse stradale di progetto, che determina una scelta di percorso alternativa alla SS195 attuale per compiere lo spostamento per effetto del potenziamento dell'offerta stradale.

Il flussogramma è riportato all'anno 2026 di entrata in esercizio.

Le tabelle successive con gli indicatori di rete sono riportate sia al 2026 che al 2036, orizzonte di medio termine, consentendo di valutare l'impatto complessivo del progetto sulla mobilità dell'area in termini di indicatori di rete (veicoli\*Km e veicoli\*h).

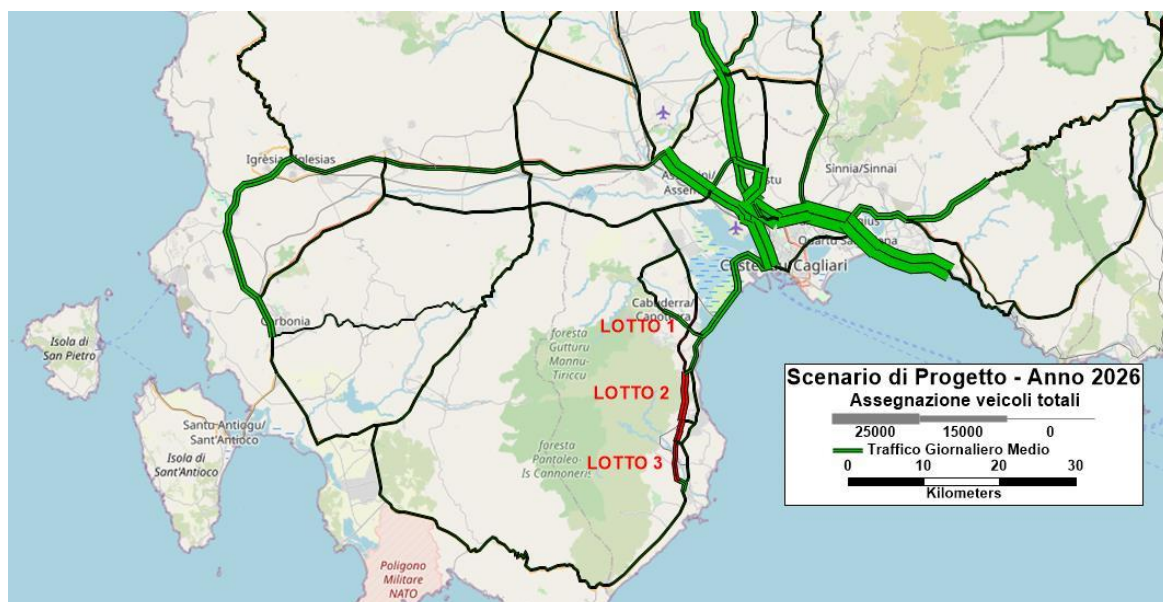


Figura 8 Flussogramma (veicoli totali) – Scenario di Progetto -anno 2026

Le tabelle seguenti mostrano i risultati di area ai due orizzonti temporali analizzati dello scenario di progetto.

<b>Scenario di Progetto–indicatori di area giornalieri</b>		
<b>Indicatori</b>	<b>Anno 2026</b>	<b>Anno 2036</b>
Leggeri Veicoli*Km	6.022.002	7.169.471
Leggeri Veicoli*h	111.611	133.273
Pesanti Veicoli*Km	245.715	299.206
Pesanti Veicoli*h	4.972	6.103
Velocità Leggeri (km/h)	54,0	53,8
Velocità Pesanti (km/h)	49,4	49,0

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

A tal fine sono state confrontate le percorrenze complessive di area, ed i relativi tempi, nello scenario di riferimento ed in quello di progetto. I risultati evidenziano al 2026, per i veicoli leggeri, un leggero incremento degli spostamenti passeggeri (+0,12% circa) ed una riduzione della durata media degli stessi (-1,13% circa). Analogamente per i veicoli pesanti un incremento degli spostamenti merci (+0,24% circa) ed una riduzione della durata media degli stessi (-0,85% circa). Al 2036 l'infrastruttura di progetto tende a servire una quota di domanda maggiore rispetto al 2026, mantenendo comunque costante l'incremento/decremento della lunghezza media degli spostamenti (merci/passeggeri) e determinando un piccolo incremento della riduzione della durata media degli stessi rispetto all'anno 2026 (-1,42% per la componente dei veicoli leggeri e -1,53% circa delle merci).

L'effetto dell'intervento determina quindi un leggero incremento delle percorrenze (veicoli\*km) sia per gli spostamenti passeggeri che per il traffico merci ed una riduzione dei tempi di percorrenza (veicoli\*h).

Il nuovo asse quindi attrae traffici dalle altre infrastrutture, evidenziando la tendenza della domanda servita ad incrementare leggermente la lunghezza media dello spostamento privilegiando il risparmio di tempo ottenuto per compiere lo stesso.

I flussi simulati da modello sull'Lotto 2 restituiscono all'entrata in esercizio dei valori di **traffico giornaliero medio totale** di circa **13.550 veicoli/giorno**.

Sul **tratto della S.S.195 esistente** sotteso dall'intero intervento si stima da modello che rimangono **5.081 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 ( $\sum \text{veicoli} * \text{Km} / \sum \text{Km}$ ).

Denominazione	Estesa (km)	Leggeri (veic./giorno)	Pesanti (veic./giorno)	Totali (veic./giorno)	Anno
Lotto 2 adeguato	5,5	12.947	603	13.550	2026
SS195 tratto sotteso	18,5	4.916	166	5.081	2026

Considerando i flussi che insistono sul tratto esistente della S.S.195 all'entrata in esercizio della variante si nota come, nel funzionamento complessivo del nuovo asse, esso costituisca una alternativa valida all'attuale S.S.195 identificando di fatto un nuovo corridoio di transito che scarica parzialmente l'esistente statale e sarà privilegiata dai traffici di media e lunga percorrenza collegando l'area metropolitana a ovest di Cagliari e gli agglomerati industriali della zona di Sarroch, inserendosi inoltre nell'importante contesto ad elevato carattere turistico di Pula, Chia e Santa Margherita. Dal confronto tra lo scenario di riferimento e lo scenario di progetto si nota che il sistema stradale formato dalla nuova variante, grazie all'adeguamento del Lotto 2, genera un incremento dei flussi catturati totali ed una deviazione di una quota importante di traffico dall'attuale S.S.195 proprio per la presenza del nuovo asse più veloce e più sicuro.

Confrontando i TGM sul tratto della S.S.195 sottesa dall'intero intervento, si osserva nell'anno di entrata in esercizio di quest'ultimo, una **riduzione dei traffici del 28% rispetto alle scenario di riferimento e del 66% rispetto alla situazione attuale**, riportando l'attuale statale al suo corretto funzionamento in termini di prestazioni ed andando in questo modo a migliorare sensibilmente la situazione del traffico, che in assenza del progetto rimarrebbe sulla statale esistente peggiorando ulteriormente le criticità attuali riscontrate.

## 6.1 ANALISI DEL LIVELLO DI SERVIZIO

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).

L'analisi è stata svolta sulla tratta di progetto, Lotto 2 adeguato, al 2026 ed al 2036 in sezione tipo B, e sulla S.S.195 sottesa dall'intervento in sezione tipo C1 mettendo in evidenza un miglioramento delle prestazioni della statale per la presenza della nuova infrastruttura che sposterà su di essa i collegamenti di media lunga percorrenza dell'area lasciando sull'attuale S.S.195 i soli traffici locali.

Per il calcolo dei LdS sono state adottate le procedure relative alle seguenti tipologie 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);
- Strade a due corsie: strade a singola carreggiata con una corsia per senso di marcia che, secondo la normativa italiana, comprendono le extraurbane secondarie (Tipo C);

Per la verifica di funzionalità di una strada con due o più corsie per senso di marcia "extraurbana principale", il parametro di circolazione che individua il Livello di Servizio è la densità veicolare espressa in autovetture equivalenti/Km/corsia; i campi di densità associati a ciascun LdS sono riportati nella figura seguente (HCM 2000).

Il Livello di Servizio previsto secondo normativa (DM 5/11/2001) è pari a B all'entrata in esercizio per questo tipo di infrastrutture.

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

Nell'ambito dell'analisi di funzionalità verrà quindi verificato l'asse di progetto sia con il traffico medio annuo sia con il valore medio di punta che si raggiunge nel terzo trimestre, per verificare il funzionamento dell'infrastruttura nel periodo di maggiore congestione del traffico.

La tabella seguente evidenzia il Livello di Servizio atteso nella tratta di progetto considerando il valore medio annuo all'entrata in esercizio ed a dieci anni dalla realizzazione.

Tratta	TGM Leggeri	TGM Pesanti	Densità veicolare	Livello di Servizio	ANNO
Lotto 2	12.947	603	4,7	<b>A</b>	2026
Lotto 2	15.414	734	5,7	<b>A</b>	2036

La tabella seguente evidenzia il Livello di Servizio atteso nella tratta di progetto considerando il valore del terzo trimestre all'entrata in esercizio ed a dieci anni dalla realizzazione.

Tratta	TGM Leggeri	TGM Pesanti	Densità veicolare	Livello di Servizio	ANNO
Lotto 2	15.765	660	5,7	<b>A</b>	2026
Lotto 2	18.769	804	6,8	<b>B</b>	2036

I risultati evidenziano, sia all'entrata in esercizio che a medio termine, il corretto dimensionamento dell'infrastruttura in funzione dei traffici attesi, mantenendo un'elevata qualità della circolazione anche nelle ore di maggior traffico del trimestre estivo.

Si riporta un esempio dei fogli di calcolo utilizzati.

LOTTO 2 anno 2026		
Definizione	Valore ing.	Descrizione
VFL		Velocità a flusso libero
BVFL	110	Velocità a flusso libero in condizioni base
fc	0	riduzione velocità per larghezza corsie
fb	1	riduzione velocità per larghezza spazi laterali
fs	3,9	riduzione velocità per frequenza svincoli
Q		Tasso di flusso
VHP	664	Volume orario di progetto
N	2	Numero corsie per direzione
phf	0,85	fattore ora punta
Pt	0,04	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	1,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1,2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
fp	0,8	Fattore correttivo utenti non abituali

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	105,1	Velocità media viaggio
fhv	0,98	
Q	498,93	
Q*	1523,5	
<b>V</b>	<b>105,1</b>	
<b>D</b>	<b>4,7</b>	

Los A

LOTTO 2 anno 2026 terzo trimestre		
Definizione	Valore ing.	Descrizione
VFL		Velocità a flusso libero
BVFL	110	Velocità a flusso libero in condizioni base
fc	0	riduzione velocità per larghezza corsie
fb	1	riduzione velocità per larghezza spazi laterali
fs	3,9	riduzione velocità per frequenza svincoli
Q		Tasso di flusso
VHP	805	Volume orario di progetto
N	2	Numero corsie per direzione
phf	0,85	fattore ora punta
Pt	0,04	Percentuale mezzi pesanti
Pr	0	Percentuale veicoli turistici
Et	1,5	Coefficiente equivalenza pesanti per velocità media
Er	1,2	Coefficiente equivalenza turistici per velocità media
fp	0,8	Fattore correttivo utenti non abituali

Singole formule di calcolo

Definizione	Valore	
VFL	105,1	Velocità media viaggio
fhv	0,98	
Q	603,67	
Q*	1523,5	
<b>V</b>	<b>105,1</b>	
<b>D</b>	<b>5,7</b>	

Los A

Siamo passati infine ad analizzare il livello di funzionalità dell'attuale statale che a seguito del completamento del nuovo asse vede al 2026 una riduzione dei traffici del 66%.

La norma richiede un livello di servizio pari a C per la sezione tipo C1.

La procedura di calcolo del livello di servizio adottata, seguendo le indicazioni dell'HCM, prevede una analisi globale, considerando entrambe le direzioni di marcia. 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.

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

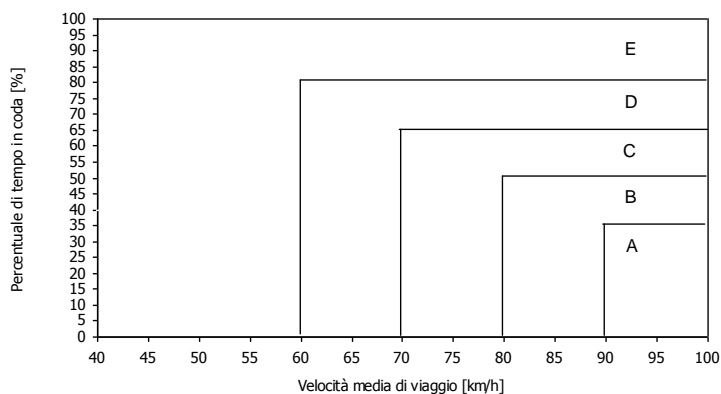


Figura 9. Valori limite per le zone di LOS (Highway Capacity Manual)

Applicando la procedura di calcolo del Livello di Servizio al tratto della S.S.195 sottesa, si ottengono i seguenti risultati.

Anno 2026	TGM Leggeri	TGM Pesanti	Veicoli Ora Punta Totali	Velocità media viaggio (Km/h)	Percentuale tempo in coda	Livello di Servizio
S.S.195	4.916	166	498	75,9	55,51	C

Il decremento di traffico, a seguito della realizzazione della nuova variante, restituisce quindi alla statale, all'entrata in esercizio dell'intervento, un [indice della qualità della circolazione, che rispetta le richieste della norma.](#)





**Anas S.p.A.**

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

[www.stradeanas.it](http://www.stradeanas.it)