



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
DELTA Ingegneria s.r.l.
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

Dott. Ing. M. Raccosta
Ordine Ing. Verona n° A1665
Prof. Ing. A. Bevilacqua
Ordine Ing. Palermo n° 4058
Dott. Ing. M. Carlino
Ordine Ing. Agrigento n° A62B
Dott. Ing. N. Troccoli
Ordine Ing. Potenza n° 836
Dott. Ing. S. Esposito
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL GEOLOGO

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dott. Ing. M. Raccosta

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

VISTO: IL RESPONSABILE DEL
SERVIZIO PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

STUDI E INDAGINI STUDIO DEL TRAFFICO RELAZIONE GENERALE

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
L0407B D 0501		T01_IA20_AMB_RE01.PDF			
CODICE ELAB.		T01IA20AMBRE01	B	01 di 02	
D					
C					
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS DEL 19/03/2007	Aprile 2007			
A	EMISSIONE	Ottobre 2006	E. Luziatelli	F. Arciuli	C. Marro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE

Provincia Regionale di Caltanissetta

STUDIO DEL TRAFFICO

1.	PREMESSA, INQUADRAMENTO VIABILISTICO E TERRITORIALE.....	1
2.	SCOPO, OBIETTIVI E RISULTATI DELLO STUDIO DEL TRAFFICO	1
3.	L'AREA DI PROGETTO	2
3.1	INQUADRAMENTO GENERALE	2
3.2	INDICATORI DEMOGRAFICI ED ECONOMICI	4
3.2.1	<i>Struttura demografica</i>	4
3.2.2	<i>Struttura economico - produttiva</i>	5
4.	IL SISTEMA VIARIO.....	11
4.1	LA SITUAZIONE ATTUALE DELLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO DELLA REGIONE SICILIA	11
4.1.1	<i>LA RETE STRADALE</i>	11
5.	LA METODOLOGIA DELLO STUDIO.....	15
5.1	ANALISI DELLA DOMANDA DI TRASPORTO.....	19
5.1.1	<i>STIMA DELLA MATRICE ORIGINE DESTINAZIONE ATTRAVERSO I RILIEVI DI TRAFFICO</i> 20	
5.2	ANALISI DELL'OFFERTA DI TRASPORTO	23
5.3	ASSEGNAZIONE DEI FLUSSI ALLA RETE DI TRASPORTO ANTE OPERAM E POST OPERAM	24
5.4	VERIFICHE DI CAPACITA' E CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO	26
6.	ELABORAZIONE DEI DATI DI TRAFFICO, ANALISI DELLA MOBILITA'	28
6.1	I DATI DI TRAFFICO DISPONIBILI	28
6.1.1	<i>DATI ANAS</i>	29
6.1.2	<i>DATI RILEVATI TRAMITE CONTEGGI</i>	30
6.1.3	<i>DATI RILEVATI TRAMITE CONTEGGI AI NODI</i>	33
6.1.4	<i>DATI RILEVATI TRAMITE INTERVISTE</i>	38
6.2	STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE ANNO 2006.....	45

6.3	ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE ANTE - OPERAM ANNO 2006	51
6.4	ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE POST - OPERAM ANNO 2006	53
6.5	STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2011	54
6.5.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	54
6.5.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	56
6.6	ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE POST - OPERAM ANNO 2011	58
6.6.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	58
6.6.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	58
6.7	STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2016	59
6.7.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	60
6.7.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	62
6.8	ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2016	64
6.8.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	64
6.8.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	64
6.9	STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2026	65
6.9.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	66
6.9.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	68
6.10	ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2026	70
6.10.1	<i>IPOTESI ALTA</i>	70
6.10.2	<i>IPOTESI BASSA</i>	70
7.	CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO (LDS) E VERIFICHE DI CAPACITA' - CONFRONTO TRA LO SCENARIO ANTE OPERAM (ANNO 2006) E POST OPERAM (2026).....	72
7.1	CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DEGLI SVINCOLI	73
7.1.1	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 1.</i>	74
7.1.2	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 2.</i>	77
7.1.3	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 2 bis</i> 80	
7.1.4	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3.</i>	82
7.1.5	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3bis</i> 83	
7.1.6	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3 ter</i> 86	
7.1.7	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 4.</i>	88
7.1.8	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 5.</i>	91
7.1.9	<i>CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 6.</i>	93

7.2	CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DEI TRONCHI STRADALI	97
8.	INDICATORI DI RETE.....	100
9.	CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO DEI TRONCHI STRADALI (AUTOSTRADE E SUPERSTRADE).....	103
10.	CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DELLE CORSIE DI ACCELERAZIONE - DECELERAZIONE - METODO HCM 2000 - HIGHWAY CAPACITY MANUAL.	118
11.	CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO - STRADE A DUE CORSIE	134

1. PREMESSA, INQUADRAMENTO VIABILISTICO E TERRITORIALE

La S.S. 640 “di Porto Empedocle” collega Agrigento con Caltanissetta lungo la direttrice per Enna, attestandosi sull’autostrada A 19 Palermo-Catania; la S.S. 640 costituisce pertanto una delle due diametrali che collegano strategicamente l’area centrale della Sicilia ai punti mediani dei tre sistemi costieri.

Il progetto di raddoppio della carreggiata e adeguamento della piattaforma viaria della S.S. 640 va a colmare un gap infrastrutturale nevralgico nel sistema relazionale dell’Isola, contribuendo a completare l’ammodernamento dell’armatura territoriale siciliana congiuntamente alla realizzazione delle altre opere in programma: completamento delle autostrade Messina-Palermo, Siracusa-Gela, Siracusa-Catania, Trapani-Mazara d/V e la trasformazione in autostrada della S.S. 115 tra Castel Vetrano e Gela.

2. SCOPO, OBIETTIVI E RISULTATI DELLO STUDIO DEL TRAFFICO

L’analisi dei flussi di traffico, sia sulla base della serie storica delle rilevazioni effettuate dall’ANAS, sia delle rilevazioni sul campo recentemente effettuate in alcune sezioni / nodi significativi (come di seguito descritto in dettaglio), ha lo scopo di stimare il carico potenziale sulla nuova arteria, verificando efficienza, capacità e livello di servizio dell’infrastruttura nel tempo, e in particolare alla soglia del 2016 (medio periodo) e del 2026 (lungo periodo).

La quantificazione dei flussi veicolari in transito sulla rete stradale nella configurazione ante e post operam ha consentito di poter effettuare il calcolo dei livelli di servizio e le verifiche di capacità dei nodi e degli archi interessati dal progetto.

I risultati dello Studio di Traffico consentono di evidenziare come **la configurazione di progetto della nuova arteria rispetto all’attuale produca un notevole miglioramento in termini di Livello di Servizio per quanto riguarda i tronchi stradali (si passa da un Livello di Servizio D ad un LdS A)** dovuto principalmente alla diminuzione del tempo di percorrenza dell’ itinerario Agrigento - Caltanissetta - A19; tale miglioramento è dovuto non solo all’aumento della Capacità della nuova infrastruttura (su quella attuale il rapporto flusso / capacità è comunque basso, quasi sempre largamente inferiore a 0,5) quanto alla nuova tipologia di piattaforma utilizzata

(si passa da una sezione tipo "C1" ad una "B") che permette il sorpasso del veicolo più lento in condizioni di sicurezza diminuendo il tempo perso nell'accodamento.

3. L'AREA DI PROGETTO

3.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente progetto di ristrutturazione della S.S. 640 riguarda la tratta ricadente nella Provincia di Caltanissetta compresa tra la Km 44+000 e la Km 72+100 (Svincolo sulla A19) per un totale di km 28 su circa 77 km dell'intera estesa da Agrigento a Caltanissetta.

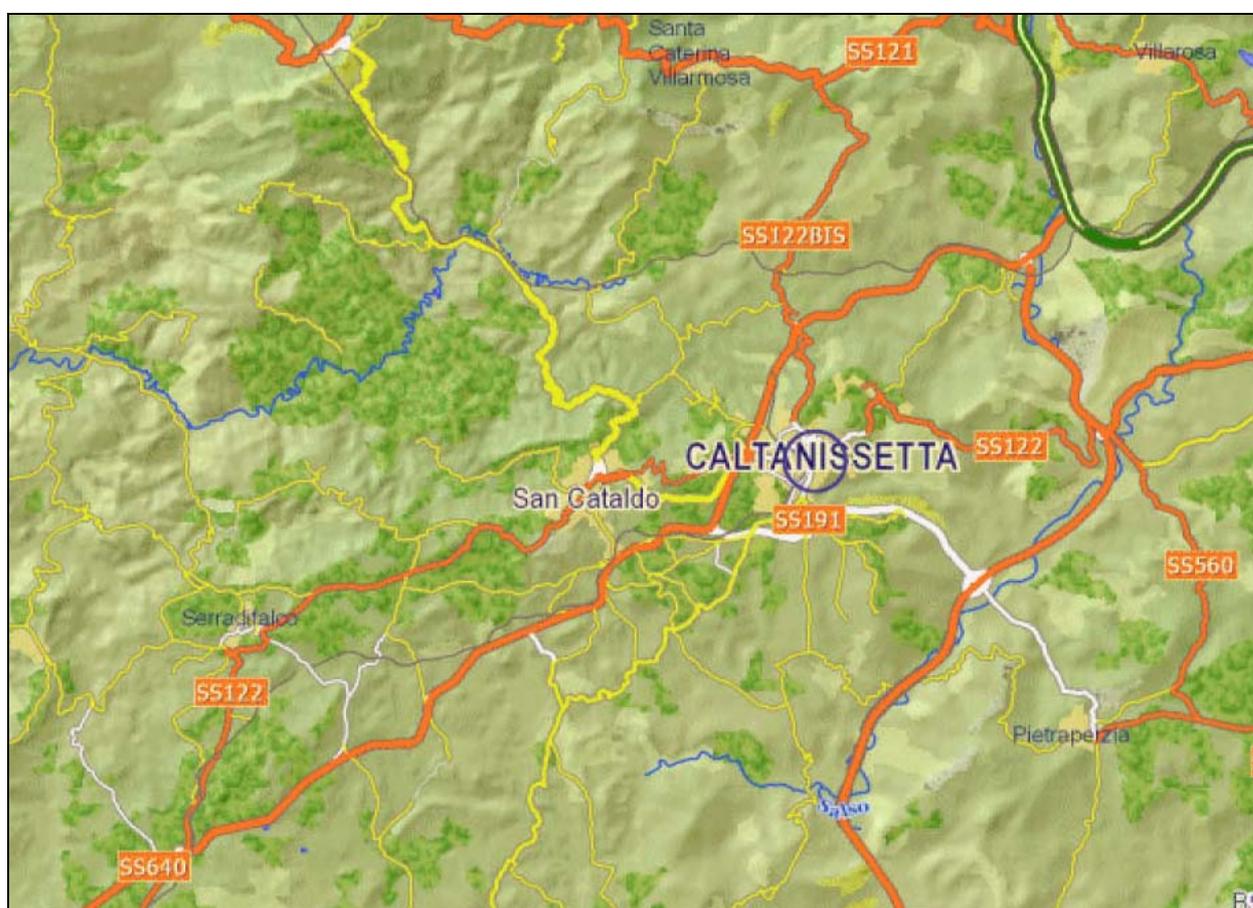


Figura 3-1: Area di intervento

In tale tratta il tracciato interessa direttamente o indirettamente i comuni di Serradifalco, San Cataldo, Caltanissetta, Santa Caterina Villarmosa caratterizzati da situazioni territoriali e/o previsionali che hanno suggerito l'indicazioni di possibili varianti al progetto del tracciato base.

A partire dalla Km 44+000 (inizio della tratta) in prossimità dello svincolo per Serradifalco (SS 122) il tracciato si sviluppa in Comune di Serradifalco e di Caltanissetta.

Allo stato dei fatti sembra avventurosa una stima sulle dinamiche evolutive delle previsioni di PRG e delle conseguenti quantità di traffico indotto / generato nell'area, a fronte di una sostanziale stabilità dei pesi demografici e di modificazioni non strutturali dei settori produttivi / terziari.

Si ritiene pertanto che l'unico fattore di qualche valenza per l'incremento dei flussi veicolari possa essere rappresentato dal progressivo sviluppo della Zona Industriale di Caltanissetta a sud del raccordo S.S. 640 – S.S. 626 per Gela.

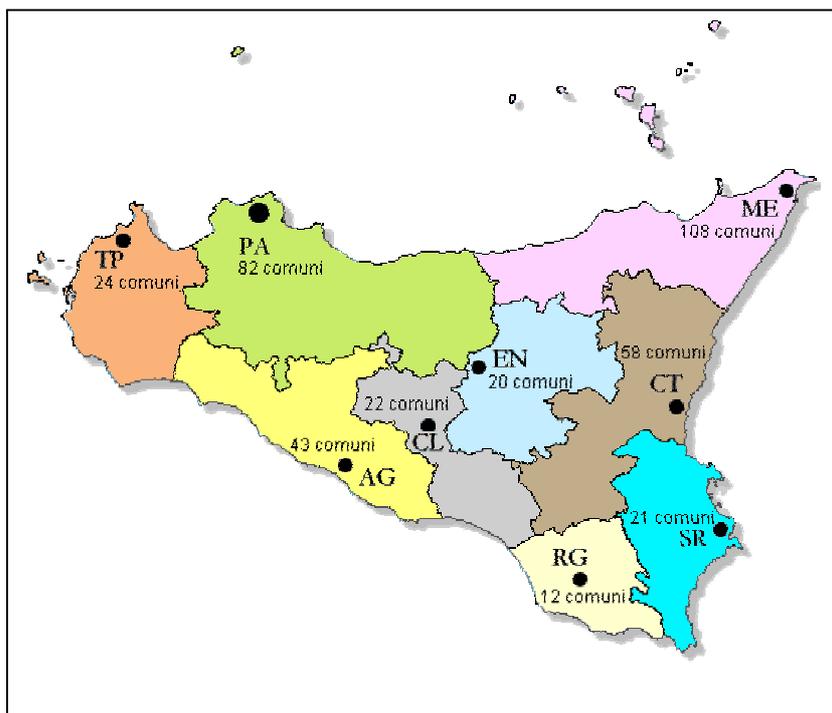
La natura e la localizzazione di tale "attrattore di traffico" è peraltro tale da consentire di attribuire alla "rete" complessivamente oggetto dello Studio la crescita stimabile di mobilità indotta.

3.2 INDICATORI DEMOGRAFICI ED ECONOMICI

Per quanto attiene l'analisi socio-economica del bacino di pertinenza della nuova infrastruttura relativamente alla provincia di Caltanissetta, si rinvia alle considerazioni già sviluppate (fino all'anno 1999) in sede di elaborazione del progetto di ristrutturazione della S.S. 640 "di Porto Empedocle" da Agrigento a Caltanissetta – primo lotto.

3.2.1 Struttura demografica

La provincia di Caltanissetta, che presenta una superficie complessiva pari a 2.128 km², comprende 22 comuni la cui popolazione varia da un minimo di poche centinaia di abitanti (comune di Bompensiere), ad un massimo di 72.774 unità per Gela, che costituisce il centro urbano più popoloso pur non essendo il capoluogo di provincia.

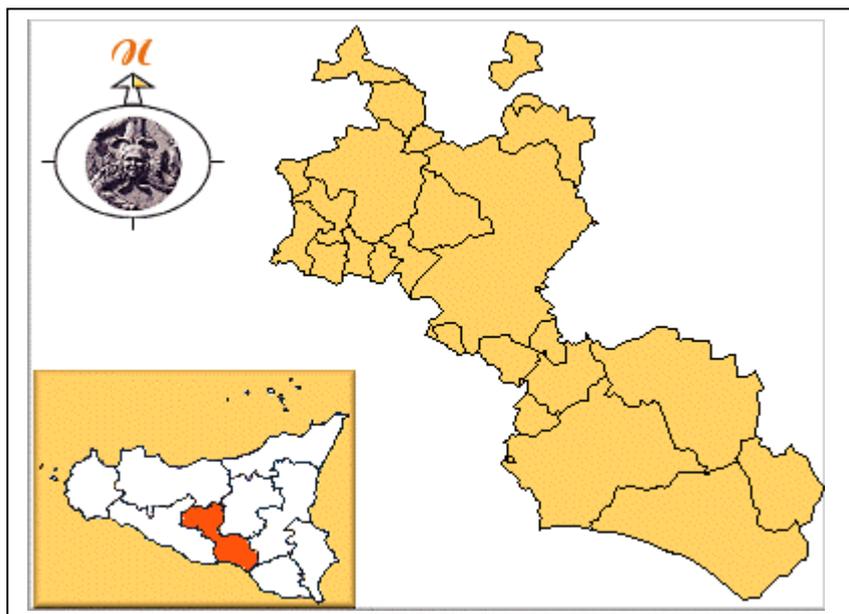


La popolazione totale residente nel territorio provinciale è pari a 283.872 unità, con una densità che, (essendo pari a 133 ab./km²) è la penultima dell'intera regione essendo superiore solo a quella della provincia di Enna (c.a 70 ab./km²).

La graduatoria dei centri urbani più rilevanti della provincia, con più di 10.000 abitanti, vede -

nell'ordine- Gela (72.774 abitanti), Caltanissetta (61.438 abitanti), Niscemi (27.641 abitanti), S. Cataldo (23.154 abitanti), Mazzarino (12.627 abitanti), Riesi (11.746 abitanti), ed infine Mussomeli (11.547 abitanti).

Pare importante sottolineare come per la provincia di Caltanissetta la vicinanza al mare offra possibilità di sviluppo e generi uno spostamento del baricentro provinciale verso di esso. Infatti l'agglomerato urbano più grande non è il capoluogo di provincia



che si trova in altura a circa 500 m s.l.m., bensì la città di Gela la cui morfologia del territorio e vicinanza al mare ha generato e sostenuto lo sviluppo economico provinciale. Se si analizza la percentuale di abitanti che risiede nei comuni con più di 10.000

abitanti, si ottiene un valore pari a circa l'80% del totale, e quindi la forza di attrazione dei centri urbani più importanti è assolutamente predominante nel panorama provinciale nisseno, dove la morfologia del territorio, peraltro, non favorisce le aree più lontane dal mare.

3.2.2 Struttura economico - produttiva

Le informazioni relative alla struttura economico – produttiva delle province di Agrigento e Caltanissetta sono state desunte dall'Ottavo Censimento generale dell'Industria e dei Servizi del 2001 e dal Quinto Censimento generale dell'Agricoltura del 2000. In sintesi, i dati rilevati sono raccolti nelle tabelle di seguito riportate. Si è ritenuto importante riportare, oltre ai dati relativi alle due province più direttamente interessate dalla nuova infrastruttura aeroportuale, cioè Agrigento e Caltanissetta, anche quelli relativi alle altre province della regione, in modo tale da poter svolgere dei confronti tra le diverse province siciliane utili per l'individuazione dell'effettivo peso di Agrigento e Caltanissetta nel panorama regionale.

La struttura produttiva agricola siciliana è costituita complessivamente da 365.346 aziende con una superficie totale di 1.504.240 ha ed una superficie agricola utilizzata (SAU) di 1.281.655 ha. Per le due province di Agrigento e Caltanissetta il numero di aziende è pari a 82.661, con una superficie totale di 312.182 ha, ed una SAU di 273.019 ha.

<i>Provincia</i>	<i>N° aziende</i>	<i>conduttore</i>	<i>Familiari</i>	<i>Altri parenti</i>	<i>Manodopera extrafamiliare</i>	<i>Totale</i>
Trapani	36.408	36.335	44.334	3.779	9.460	93.908
Palermo	55.600	55.457	57.013	3.891	8.307	124.668
Messina	62.816	62.636	54.194	5.764	24.187	146.781
Agrigento	53.766	53.618	47.945	3.711	12.936	118.210
Caltanissetta	28.895	28.797	27.973	974	5.809	63.553
Enna	26.909	26.846	27.674	1.021	3.122	58.663
Catania	50.290	50.064	50.716	3.181	11.831	115.792
Ragusa	25.230	25.114	29.435	1.550	5.244	61.343
Siracusa	25.432	25.365	22.055	1.786	8.065	57.271
TOTALE	365.346	364.232	361.339	25.657	88.961	840.189

Tabella 3-1: Regione Sicilia: numero di aziende agricole e relativi addetti

In termini percentuali il contributo al totale regionale è pari ad oltre il 22 % in termini di numero di aziende, al 20,7 % in termini di superficie totale ed al 21,3 % in termini di SAU. Se consideriamo che Agrigento e Caltanissetta presentano una popolazione residente complessiva pari al 14,7 % del totale regionale, è evidente che la struttura agricola di tali province è ben più sviluppata delle altre province. Occorre tuttavia sottolineare che rispetto al censimento del 1990 il numero delle aziende è diminuito del 9,6 %, con una diminuzione della superficie complessiva del 21,4 % e del 19,8 % della SAU, evidenziando quindi una certa tendenza al declino dell'attività agricola siciliana a favore degli altri settori produttivi. Per la provincia di Agrigento i corrispondenti valori percentuali sono pari a 6,3%, 20,1% e 18,3%, mentre per quella di Caltanissetta sono rispettivamente pari a 14,9%, 23,8% e 24%. Si deve dunque rilevare un evidente declino dell'attività agricola per la provincia di Caltanissetta, mentre la provincia di Agrigento, presentando valori percentuali migliori, offre una migliore tenuta complessiva.

Per quanto riguarda le caratteristiche delle aziende agricole siciliane, a livello regionale si evidenzia che:

- oltre la metà delle aziende sono di piccola estensione (SAU inferiore ad un ettaro),

ed il loro contributo alla SAU complessiva regionale è pari al 6,2%;

- le aziende con meno di 5 ha di SAU sono pari all'86 % del totale e rappresentano il 29% della SAU;
- le aziende con oltre 50 ha di SAU sono circa 3.000 (0,82% del totale delle aziende) e coprono quasi il 24% della SAU totale.

E' chiaro quindi che se da un lato la polverizzazione delle aziende è una realtà certamente prevalente nel panorama siciliano, è altrettanto vero che tale componente, in generale, ha un peso assai ridotto in termini di superficie agricola complessiva. Rispetto alle attività colturali l'allevamento rappresenta appena il 5 % del totale (solo 18.443 aziende), con un valore inferiore del 38,5 % rispetto a quello rilevato nel 1990, e quindi risulta con chiarezza l'abbandono della pratica zootecnica da parte di un gran numero di aziende.

Per quanto riguarda gli altri settori che assieme all'agricoltura costituiscono il tessuto economico – produttivo siciliano, nella tabella 3.2 sono riportati il numero di unità produttive per settore ed il numero di addetti per i quattro grandi gruppi nei quali l'ISTAT suddivide il campione esaminato, mentre nella tabella 3.3 vengono indicati la popolazione residente, il totale della forza lavoro ed il peso percentuale dei diversi settori di attività economica in termini di addetti.

	<i>Unità locali</i>									
	<i>Delle imprese</i>						<i>Delle istituzioni</i>		<i>totale</i>	
	<i>Industria</i>		<i>Commercio</i>		<i>Altri servizi</i>		<i>N°</i>	<i>addetti</i>	<i>N°</i>	<i>Addetti</i>
	<i>N°</i>	<i>Addetti</i>	<i>N°</i>	<i>Addetti</i>	<i>N°</i>	<i>addetti</i>				
Trapani	4.794	17.826	8.854	16.904	7.741	22.742	1.954	28.949	23.343	86.421
Palermo	11.088	43.649	21.904	45.591	18.809	64.503	4.150	87.250	55.951	240.993
Messina	5.139	21.313	13.488	26.460	14.531	40.994	2.743	40.502	35.901	129.269
Agrigento	4.122	13.049	9.091	15.993	7.250	22.386	1.691	27.152	22.154	78.580
Caltanissetta	2.594	12.163	5.636	10.042	4.789	14.056	1.030	18.202	14.049	54.463
Enna	2.089	7.489	3.185	5.487	2.949	9.044	909	16.236	9.132	38.256
Catania	11.889	46.039	23.456	51.166	18.191	53.943	4.219	73.469	57.755	224.617
Ragusa	4.169	15.164	6.721	15.432	5.240	16.044	1.139	19.548	17.269	66.188
Siracusa	2.888	18.510	7.399	15.244	6.617	21.772	1.687	29.046	18.591	84.572
TOTALE	48.772	195.202	99.734	202.319	86.117	265.484	19.522	340.354	254.145	1.003.359

Tabella 3-2: Unità locali e addetti per settore di attività economica e per provincia

<i>Provincia</i>	<i>residenti</i>	<i>Forza lavoro</i>	<i>Industria</i>	<i>commercio</i>	<i>Altri servizi</i>	<i>istituzioni</i>	<i>Agricoltura</i>
Trapani	410.381	180.329	9,9	9,4	12,6	16,1	52,0
Palermo	1.198.644	365.661	11,9	12,5	17,6	23,9	34,1
Messina	641.753	276.050	7,7	9,6	14,8	14,7	53,2
Agrigento	441.669	196.790	6,6	8,1	11,4	13,8	60,1
Caltanissetta	272.402	118.016	10,3	8,5	11,9	15,4	53,9
Enna	177.291	96.919	7,7	5,7	9,3	16,8	60,5
Catania	1.040.547	340.409	13,5	15,0	15,8	21,6	34,1
Ragusa	292.000	127.531	11,9	12,1	12,6	15,3	48,1
Siracusa	391.515	141.843	13,0	10,7	15,3	20,5	40,5
TOTALE	4.866.202	1.843.548	10,6	11,0	14,4	18,4	45,6

Tabella 3-3: Popolazione residente e numero degli addetti per settore produttivo in percentuale sul totale della forza lavoro

L'esame delle tabelle sopra riportate fornisce alcune interessanti informazioni che permettono di comprendere le caratteristiche della struttura economico – produttiva delle province di Agrigento e Caltanissetta in termini assoluti ed in termini relativi rispetto alle altre province siciliane e rispetto alla regione nella sua totalità.

In sostanza, si può affermare che per le province di Agrigento e Caltanissetta:

- l'agricoltura è certamente l'asse portante dell'economia, almeno in termini di percentuale di forza lavoro sul totale della forza lavoro stessa, con un valore superiore al valore medio regionale;
- la struttura industriale presenta uno sviluppo inferiore alla media regionale, che a sua volta testimonia un certo ritardo della regione stessa rispetto ai livelli di industrializzazione dell'Italia nella sua interezza;
- i valori relativi agli addetti al settore del commercio e degli altri servizi, anch'essi inferiori alla media, evidenziano una scarsa propensione all'imprenditorialità, imprenditorialità evidentemente penalizzata dalla inadeguatezza del sistema infrastrutturale e in particolare dalla mancanza di collegamenti aerei nell'area.

Con riferimento ai dati censuari, il mercato del lavoro, nella provincia, risulta essere caratterizzato da un tasso di disoccupazione tra i più elevati nel Mezzogiorno, superiore alla media regionale e quasi doppio rispetto a quello nazionale, con una percentuale complessiva di disoccupati pari a oltre il 27%. La situazione appare particolarmente grave per quanto riguarda le fasce giovanili, per le quali si è ricorso a soluzioni tampone quali quelle del ricorso ai lavori socialmente utili.

A completamento delle informazioni sulla struttura economico – produttiva sono stati raccolti anche i dati relativi al reddito pro – capite espresso in euro per gli anni 1991 – 1995 - 1999, ed il corrispondente numero indice (il valore 100 indica la media italiana).

<i>Provincia</i>	<i>1991</i>		<i>1995</i>		<i>1999</i>	
	<i>(€)</i>	<i>indice</i>	<i>(€)</i>	<i>indice</i>	<i>(€)</i>	<i>indice</i>
Trapani	8.237	66,5	8.897	59,3	9.851	58,4
Palermo	8.820	71,2	10.422	69,5	11.049	65,6
Messina	9.550	77,1	10.677	71,2	13.027	77,3
Agrigento	6.895	55,7	8.061	53,8	8.587	50,9
Caltanissetta	7.021	56,7	8.298	55,3	9.037	53,6
Enna	7.457	60,2	9.007	60,1	10.082	59,8
Catania	8.625	69,7	9.309	62,1	10.871	64,5
Ragusa	9.658	78,0	11.555	77,1	12.700	75,4
Siracusa	8.888	71,8	9.618	64,1	11.158	66,2

Tabella 3-4: reddito pro – capite espresso in euro per gli anni 1991 – 1995 - 1999

I dati sopra riportati rispecchiano ancora il dualismo tra l'Italia del nord e quella del sud: i numeri indice delle diverse province sono sempre inferiori a 100, con valori massimi di 78 per la provincia di Ragusa nel 1991, di 77,1 sempre per Ragusa nel 1995 e di 77,3 per la provincia di Messina nel 1999. Con il trascorrere degli anni vi è dunque un lieve allargamento del divario tra gli indici siciliani e quelli medi italiani.

Per quanto riguarda invece le province di Agrigento e Caltanissetta si possono fare due importanti considerazioni:

- dal 1991 al 1999, i valori indice sono diminuiti evidenziando una difficoltà generale delle due province a tenere il passo con il resto del paese; Agrigento è passata da un valore di 55,7 ad un valore di 50,9, mentre Caltanissetta è passata da 56,7 a 53,6;
- la provincia di Agrigento, rispetto alle altre province siciliane, è quella con il reddito medio pro capite inferiore, indice che si mantiene inalterato negli anni; il valore di 8.587 € è inferiore del 32 % rispetto al valore massimo regionale di Ragusa (12.700 €);
- la provincia di Caltanissetta, sempre rispetto alle altre province siciliane, ha indicatori leggermente migliori di quelli di Agrigento, ma comunque - assieme ad Agrigento - è ai valori più bassi della Regione: il valore di 9.037 € è inferiore del 29% rispetto al valore massimo regionale di Ragusa (12.700 €).

4. IL SISTEMA VIARIO

4.1 LA SITUAZIONE ATTUALE DELLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO DELLA REGIONE SICILIA

L'inquadramento della situazione attuale delle infrastrutture di trasporto nella regione Sicilia è stato già diffusamente trattato negli studi di fattibilità A.T.I. (Gesin, Air Support, EPF) e Bevilacqua-Tesoriere Associati.

Per completezza si riporta in questo paragrafo un quadro di sintesi delle principali infrastrutture di trasporto stradale, ferroviario, marittimo ed aeroportuale nella regione.

4.1.1 LA RETE STRADALE

La rete stradale ed autostradale regionale presenta uno sviluppo abbastanza omogeneo sull'intero territorio regionale. Nelle figure 4.1 e 4.2 (tratte dall'Osservatorio Regionale dei Trasporti Anno 2000 redatto dall'AST) sono rappresentate rispettivamente la rete stradale della Provincia di Caltanissetta e quella della Regione Sicilia.

Provincia di Caltanissetta - Rete stradale

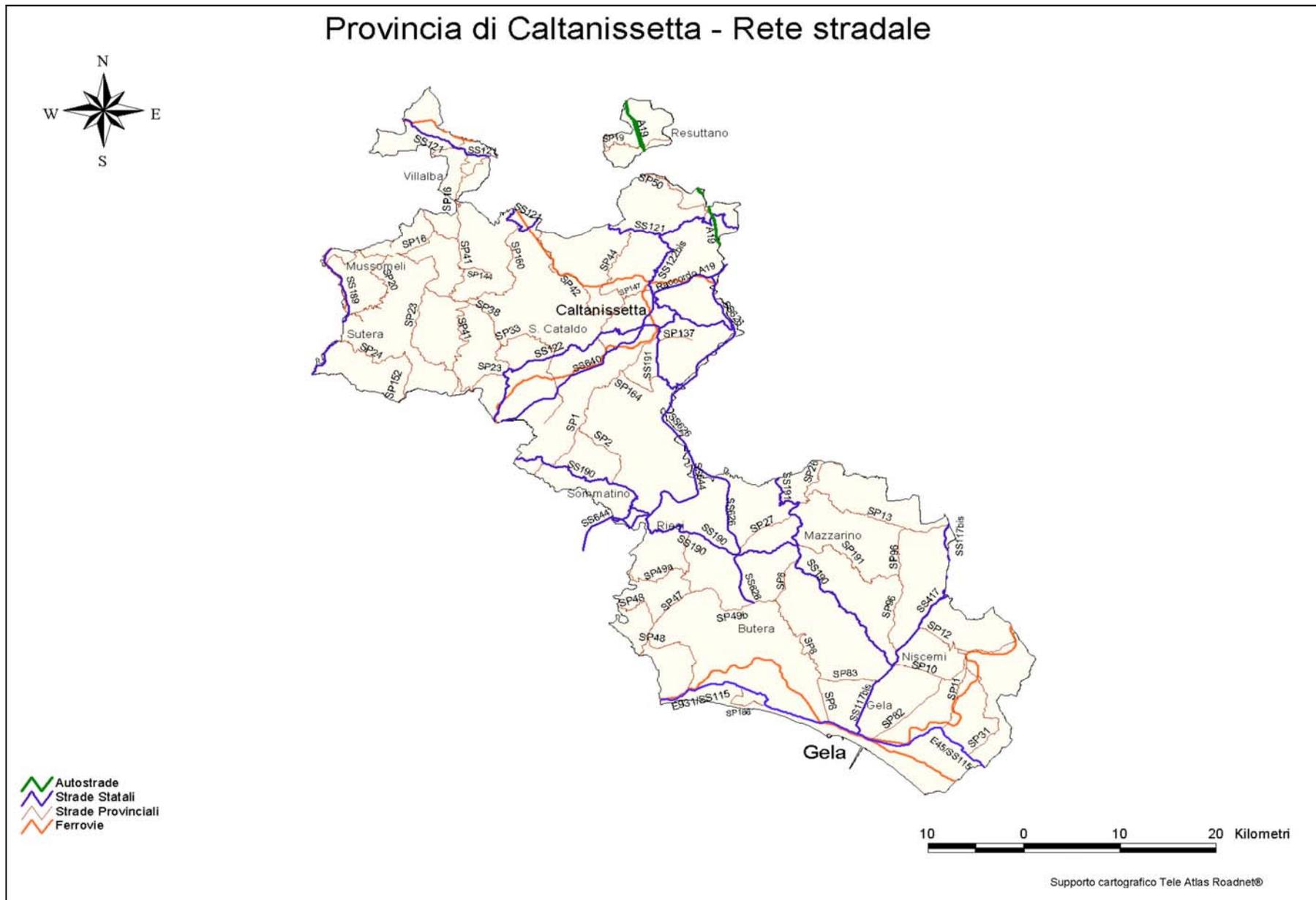


Figura 4-1: Provincia di Caltanissetta - Rete Stradale

Cartografia della rete stradale siciliana

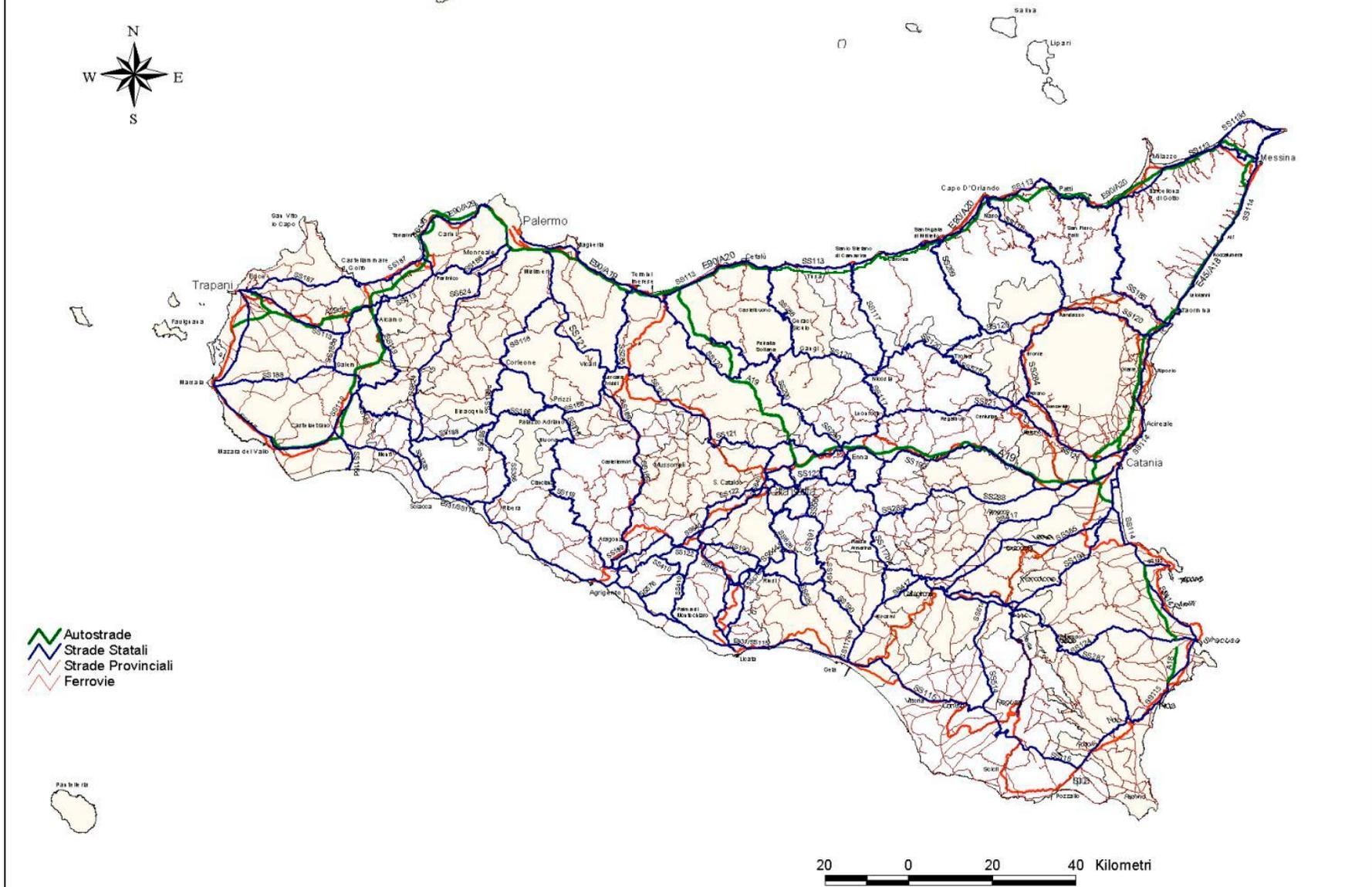


Figura 4-2; Regione Sicilia - Rete Stradale

A livello autostradale sono attualmente in funzione:

- l'autostrada A 18 Messina - Catania
- l'autostrada A 19 Palermo - Enna - Catania
- l'autostrada A 20 Messina – Palermo
- l'autostrada A 29 Palermo – Mazzara del Vallo e la sua diramazione per Trapani
- l'autostrada Siracusa – Gela per il tratto Siracusa – Cassibile.

A livello di strade statali extraurbane, prevalentemente del tipo a singola carreggiata, esiste un anello perimetrale costituito dalle statali:

- la S.S.113 Trapani - Palermo - Messina;
- la S.S.114 Messina - Catania - Siracusa;
- la S.S.115 Siracusa - Agrigento - Trapani.

La rete è completata da numerosi collegamenti tra i capoluoghi principali sulle direttrici est-ovest e nord-sud, tra i quali:

- la S.S.121 Palermo - Enna - Catania;
- la S.S.121-189 Palermo - Agrigento;
- la S.S.624 Palermo - Sciacca;
- la S.S.192 Enna - Catania;
- la S.S.640 Agrigento - Caltanissetta;
- la S.S.626 Caltanissetta - Gela;
- la S.S.117 bis Enna - Gela;
- la S.S.417-117 bis Catania- Gela;
- la S.S.187-113 Palermo - Trapani.

La copertura appare buona in relazione alla distribuzione territoriale della popolazione. Problemi si pongono in relazione alla insufficiente adeguatezza di alcune connessioni stradali tra i grandi capoluoghi di provincia, ai flussi di traffico che le percorrono e di conseguenza agli standard di sicurezza che necessariamente devono essere garantiti. Attualmente sono in fase di studio e di realizzazione numerosi interventi sulla rete stradale extraurbana ed autostradale.

Fra questi della massima importanza in relazione alle prospettive si pone la riqualificazione della S.S.640 Agrigento-Caltanissetta che renderà più agevoli e veloci i collegamenti fra le due province e con quella di Enna..

Altri interventi di rilievo regionale in fase di studio o in corso di realizzazione sono:

- Il completamento dell'autostrada Siracusa – Gela, aperta al traffico solo per un tratto assai breve, per il quale è in corso di redazione la progettazione esecutiva di alcuni lotti a partire dallo svincolo di Cassibile, e sono stati appena consegnati i lavori di tre lotti.
- Il completamento dell'autostrada Siracusa - Catania;
- La riqualificazione della S.S.115 tra Castel Vetrano e Gela a percorso autostradale;
- Il prolungamento dell'autostrada A29 nel tratto fra Trapani e Mazzara del Vallo attualmente allo studio.

Per quanto riguarda la Provincia di Caltanissetta in particolare, la rete stradale è costituita da 13 chilometri di autostrade, da strade statali per circa 283 chilometri, provinciali per 690 chilometri, comunali per 350 chilometri e regionali per 97 chilometri. I collegamenti ferroviari, caratterizzati dal binario unico, si sviluppano per 71 chilometri su tratte non elettrificate e per 65 chilometri su tratta elettrificata.

5. LA METODOLOGIA DELLO STUDIO

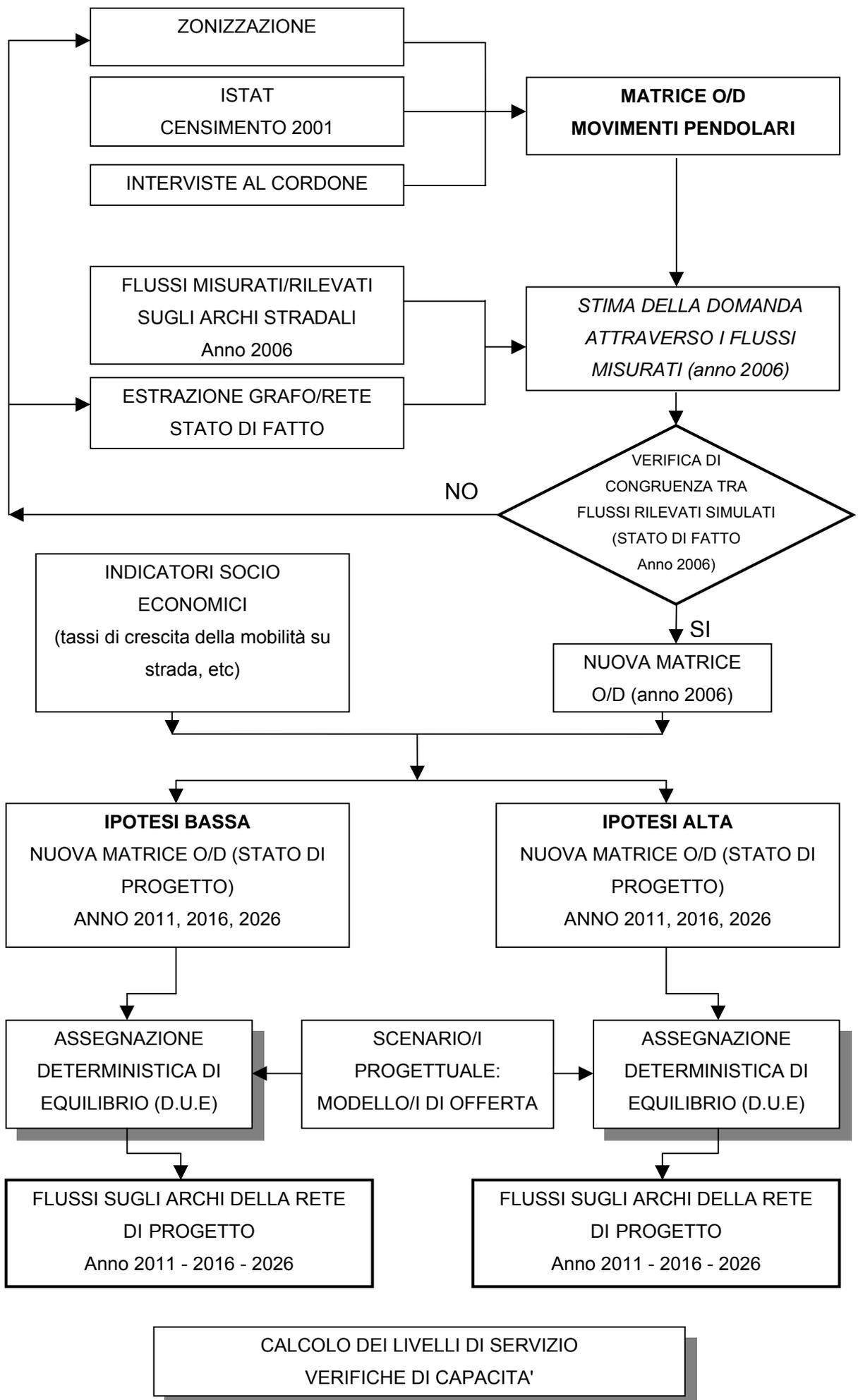
La metodologia seguita nella redazione del presente studio del traffico si articola nelle seguenti fasi:

- Analisi della domanda di trasporto. Stima della matrice Origine/destinazione dell'area di studio;
- Analisi dell'offerta di trasporto. Estrazione del grafo rappresentativo dello stato di fatto e di progetto;
- Assegnazione dei flussi alla rete di trasporto ante operam e post operam
- Verifiche di capacità e calcolo dei livelli di servizio degli svincoli e dei tronchi stradali ante e post operam.

Il diagramma a blocchi di seguito riportato esplicita la metodologia di studio seguita evidenziando le relazioni funzionali che intercorrono tra le fasi sopra elencate. La definizione della domanda di trasporto prevede in prima istanza di predisporre una zonizzazione adeguata alla scala di intervento previsto e, sulla base di questa discretizzazione, aggregare la matrice Origine/Destinazione degli spostamenti pendolari ISTAT 2001 e la matrice Origine/Destinazione ricavata dalle interviste (vedi Cap 6).

Tuttavia la matrice ISTAT oltre a rappresentare solo una parte del carico veicolare circolante (traffico pendolare) risulta inadeguata anche in termini di datazione (anno 2001); si rende quindi assolutamente necessario aggiornarla al 2006.

Si è quindi proceduto ad aggiornare la matrice ISTAT 2001 sulla base dei recenti dati di traffico forniti dalla campagna di indagini, promossa specificatamente per questo studio (eseguita nel 2006 attraverso il conteggio diretto dei veicoli in transito) che ha interessato la SS 640, il raccordo con la SS 626, la SP 29 in comune di San Cataldo e gli svincoli che afferiscono direttamente alla S.S.640 di "Porto Empedocle".



Attraverso un processo iterativo opposto rispetto a quello di assegnazione si è quindi provveduto ad aggiornare la matrice O/D ISTAT 2001 attraverso i rilievi di traffico stimando la matrice O/D ISTAT 2006.

Le due matrici (ISTAT e Interviste) sono state accorpate per ottenere la matrice definitiva dello stato di fatto all' anno 2006 componendole nel modo seguente:

- Le relazioni Esterno - Esterno e le relazioni Esterno - Interno sono state desunte dalla matrice ricavate dalle interviste effettuate al cordone
- Le relazioni Interno - Interno e quelle Interno - Esterno sono state ricavate dalla matrice ISTAT 2001 aggiornata al 2006

O\D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$I \leftrightarrow I$ (ISTAT 2001)				$I \rightarrow E$ (ISTAT 2001)							
2												
3												
4												
5	$E \rightarrow I$ (Interviste 2006)				$E \leftrightarrow E$ (Interviste 2006)							
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Tabella 5-1: Struttura e origine dei dati per la matrice OD Anno 2006

Alla matrice composta così ottenuta è stato poi applicato lo stesso processo di stima utilizzato per stimare la matrice ISTAT, ottenendo la matrice OD finale anno 2006.

Infine, sulla base della serie storica dei dati ANAS (vedi par 6.1), si è stimato un tasso di crescita della mobilità pari al 1.5% semplice per l'ipotesi "alta" e del 1% semplice per quanto riguarda l'ipotesi "bassa" che ha permesso la proiezione della matrice Origine - Destinazione all'anno 2011 (anno di probabile entrata in esercizio dell'infrastruttura) e agli orizzonti temporali 2016 (medio periodo) e 2026 (lungo periodo)

Si è poi proceduto all'analisi dell'offerta di trasporto mediante l'estrazione del grafo della rete ante operam e post operam e quindi attraverso una assegnazione di equilibrio deterministico (D.U.E) si è potuto stimare i carichi veicolari in transito sulla rete rappresentativa dello stato di fatto e di progetto negli scenari temporali del 2006, 2011, 2016 e 2026.

Infine attraverso un procedimento iterativo di calibrazione si è verificata la congruenza delle previsioni elaborate dal modello deterministico con i flussi rilevati e stimati nelle configurazioni ante e post operam.

Le simulazioni prodotte hanno consentito di stimare i flussi in transito nell'ora di punta 8:00-9:00 unitamente alla determinazione del traffico giornaliero medio ed hanno permesso il calcolo dei livelli di servizio e di capacità sugli archi e nei nodi verificando l'adeguatezza della progettazione sia in termini geometrico-funzionali che in relazione alla sicurezza stradale assicurando un livello di servizio tale da minimizzare la densità di flusso sugli archi ed i ritardi nei nodi.

5.1 ANALISI DELLA DOMANDA DI TRASPORTO

La domanda di trasporto rappresenta l'insieme degli spostamenti di persone o cose che in un determinato intervallo temporale si verificano in un dato territorio, essa si configura quindi come manifestazione delle attività presenti in relazione alle caratteristiche socio economiche delle zone insediative.

Al fine di procedere ad una analisi della domanda di trasporto confacente alle esigenze progettuali occorre quindi caratterizzare la dimensione e l'ambito di indagine specificando nel dettaglio quali siano le tipologie di utenti interessate dall'analisi, quali siano le zone di origine e destinazione degli spostamenti, quale sia il modo di trasporto ed infine quale sia il mezzo utilizzato.

A questo proposito si è provveduto a circoscrivere l'ambito di analisi agli obiettivi dello studio, nella fattispecie si è quindi analizzata e stimata la domanda di trasporto privato che afferisce alla rete di trasporto urbano della provincia di Agrigento, Caltanissetta; Enna; Catania, Palermo dei rispettivi capoluoghi.

Come riportato nel diagramma a blocchi l'analisi della domanda di trasporto privato è stata realizzata basandosi sui dati ISTAT 2001, sui dati delle Interviste OD effettuate sulle sezioni di ingresso all'area di studio (sezioni al cordone) e attraverso le serie

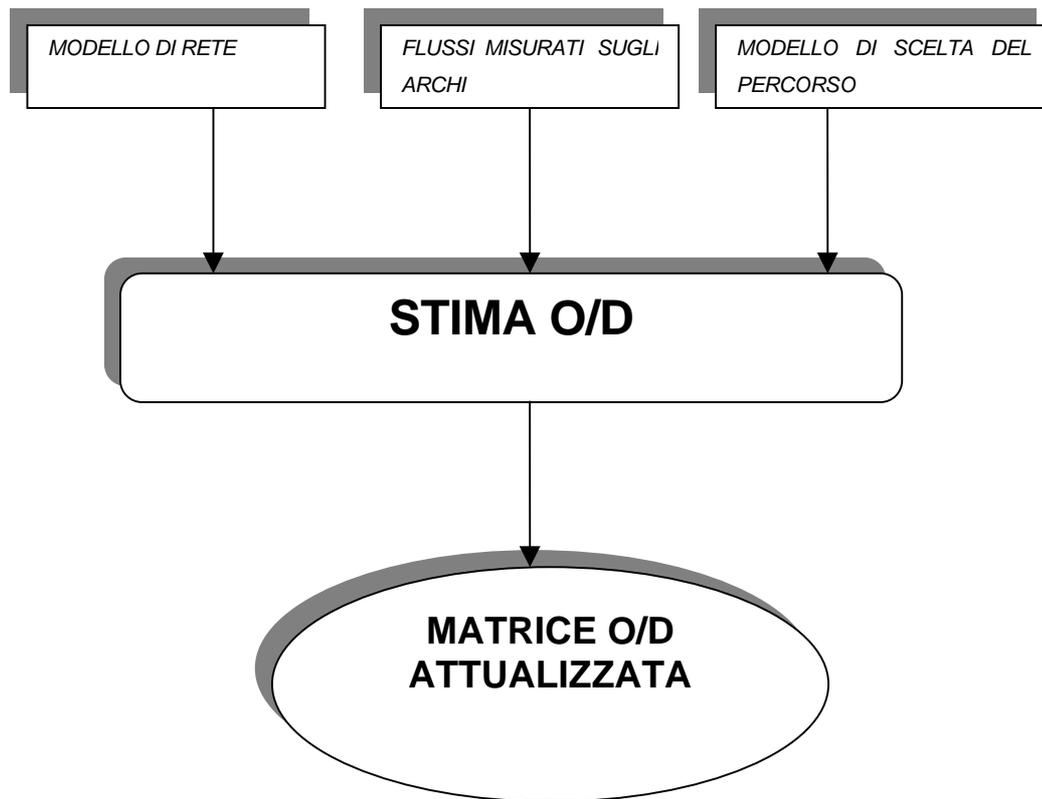
storiche di dati relativi ai flussi veicolari forniti dall'ANAS e dall'osservatorio regionale dei trasporti (giugno 2000).

Inoltre, al fine di aggiornare i dati in possesso e definire la matrice origine destinazione rappresentativa dello stato di fatto anno 2006, si è provveduto ad eseguire campagne di rilievo diretto dei flussi veicolari sia interni che al cordone della rete stradale. A tal fine sono stati individuati gli archi del sistema della rete di trasporto presso i quali svolgere le indagini ed i conteggi di traffico così da calcolare in seguito la matrice O/D.

5.1.1 STIMA DELLA MATRICE ORIGINE DESTINAZIONE ATTRAVERSO I RILIEVI DI TRAFFICO

La matrice origine destinazione, scaturita dall'analisi dei dati ISTAT 2001 e delle serie storiche di dati sui flussi veicolari e aggiornata con le indagini dirette, fornisce un quadro rappresentativo della domanda di trasporto attuale (anno 2006) in considerazione dello sviluppo che ha interessato il territorio negli ultimi 10 anni.

Le indagini dirette eseguite in termini di rilievi e misurazioni di traffico sulle strade statali e provinciali afferenti al sistema stradale che interessa la S.S. 640 di "Porto Empedocle" integrate dalla campagna di indagini per la ricostruzione della matrice OD attraverso interviste ai conducenti consentono di conoscere l'attuale domanda di trasporto. Con un procedimento iterativo, di seguito sinteticamente descritto, la matrice Origine - Destinazione ISTAT 2001 (matrice di prima approssimazione) è stata aggiornata calibrando la modellazione dei dati di traffico effettivamente rilevati all'anno 2006 con le serie storiche di dati di traffico fornite dall'ANAS, configurando quindi un complessivo "modello della domanda" confacente al nuovo assetto della rete e rappresentativo del carico veicolare attualmente circolante.. Il processo di stima della matrice O-D utilizzando i conteggi di traffico è rappresentato nello schema di seguito illustrato:



Posto f_l il flusso che nel periodo di riferimento utilizza l'arco l della rete, esso può essere espresso in generale come somma dei flussi dei percorsi che comprendono l'arco stesso:

$$f_l = \sum_k a_{lk} F_k$$

dove a_{lk} = sono gli elementi della matrice di incidenza archi - percorsi.

I flussi di percorso possono anche essere espressi in funzione della percentuale p_{ki} del flusso di fra la i -esima coppia O/D che utilizza il percorso k :

$$f_l = \sum_k a_{lk} \sum_i p_{ki} d_i$$

In forma matriciale vale la seguente relazione, detta mappa di assegnazione:

$$f = AF = APd = Md$$

dove le matrici A e P hanno un numero di righe e di colonne relative agli archi in cui sono disponibili i conteggi eseguiti ed i percorsi che li comprendono. La matrice $M=AP$ ha dimensioni pari al numero degli archi (ovvero numero degli archi con conteggio) per il numero di coppie O/D presenti sulla rete, tale matrice è detta matrice di assegnazione.

I modelli di scelta del percorso definiscono le stime p_{ki} delle frazioni p_{ki} e quindi le stime m_{ij} delle frazioni m_{ij} . Nel caso in esame la rete è di tipo stradale e le p_{ki} saranno stimate in funzione della probabilità di scegliere ciascun percorso k che collega la i-esima coppia O/D in funzione del vettore C dei costi di percorso:

$$\underline{p}_{ki} = p[k/i](c)$$

in forma matriciale vale la seguente relazione:

$$\underline{M} = A\underline{P}(c)$$

Conoscendo quindi i costi d'arco e di percorso è stato possibile attraverso l'algoritmo implementato pervenire alla matrice M che approssima la vera matrice di assegnazione M.

A causa delle approssimazioni insite nel modello di assegnazione (estrazione del percorso dalla rete, funzioni di costo, modello di scelta del percorso) la matrice di stima M si discosterà da quella vera incognita M a meno della matrice di scarti E^{ASS} :

$$f = Md = (\underline{M} + E^{ASS})d$$

Indicando con di una stima iniziale della generica componente del vettore di domanda, il Tp+ calcola:

$$d^* = \arg \min_{x \geq 0} [z_1(x, \underline{d}) + z_2(v(x), \underline{f})]$$

essendo d^* il vettore più vicino alla stima a priori di d, ovvero che minimizzi la distanza e, una volta assegnato alla rete, produca dei flussi $v(d^*)$ i più vicini a quelli misurati f. Le due funzioni $z_1(x, d)$ e $z_2(v(x), f)$ quantificano lo scarto del vettore di domanda O/D incognito x

dalla stima a priori d e del vettore dei flussi ottenuto assegnando alla rete, $v(x)$, dal vettore dei conteggi di traffico f . Lo stimatore utilizzato è del tipo GLS ovvero minimi quadrati generalizzati, esso fornisce il vettore dei flussi di domanda d .

A questo punto del processo verrà stimato lo scarto quadratico medio MSE (d^*,d) e giudicata la qualità dell'approssimazione:

$$MSE(d^*, d) = \frac{1}{n_{od}} \sum_{rs} (d_{rs}^* - d_{rs})^2$$

$$RMSE\% = \frac{MSE(d^*, d)}{d_{..} / n_{OD}}$$

dove n_{od} è il numero di coppie O/D e di componenti del vettore d .

5.2 ANALISI DELL'OFFERTA DI TRASPORTO

L'analisi dell'offerta di trasporto consiste nella definizione di un modello rappresentativo del sistema di offerta stesso mediante un grafo, la cui estrazione dalla realtà fisica consiste nella individuazione di quelle porzioni spazio-temporali (nodi) e dei loro collegamenti (archi) che si ritengono significativi ai fini dell'analisi del sistema reale e per i quali si vogliono conoscere i flussi.

La modellazione del sistema di offerta di trasporto si pone come obiettivo la rappresentazione della struttura topologica e funzionale del sistema attraverso la teoria dei grafi e delle reti, inoltre consente la valutazione prestazionale e le interazioni degli elementi che lo compongono. Un grafo \mathbf{G} è costituito da una coppia ordinata di insiemi, un insieme \mathbf{N} di elementi detti nodi ed un insieme \mathbf{L} di coppie di nodi appartenenti ad \mathbf{N} dette archi o rami: $\mathbf{G}=(\mathbf{N},\mathbf{L})$.

I grafi costituiscono l'elemento base per la rappresentazione del sistema, nel caso in esame i nodi costituenti l'insieme \mathbf{N} individuano i punti fisici di un territorio, i diversi componenti fisici di un sistema o le diverse attività di quest'ultimo, mentre gli archi indicano l'esistenza di una relazione fra la coppia di nodi che lo definisce.

Nello specifico dello studio in esame verrà quindi analizzata l'offerta di trasporto relativa allo stato di fatto ante operam all'anno 2006 e allo stato di progetto post

operam all'anno 2011, 2016 e 2026; per ognuno di questi scenari verrà quindi estratto il rispettivo grafo che servirà come modello matematico sia per l'attualizzazione della domanda di trasporto sia per l'assegnazione dei flussi alla rete e la quantificazione dei carichi veicolari sugli archi.

5.3 ASSEGNAZIONE DEI FLUSSI ALLA RETE DI TRASPORTO ANTE OPERAM E POST OPERAM

La procedura di assegnazione simula l'interazione tra la domanda e l'offerta di trasporto precedentemente definite, consentendo di calcolare i flussi di utenti che utilizzeranno l'infrastruttura viaria analizzata. Nel caso in esame si è proceduto in primo luogo ad una assegnazione dei flussi alla rete stradale rappresentativa dello stato di fatto ante operam e quindi dal confronto con i flussi reali misurati, attraverso un procedimento iterativo, è stato calibrato tale modello **fino a quando lo scarto tra i flussi misurati e quelli simulati non è risultato tale da garantire un coefficiente di correlazione pari ad almeno il 90%**. In secondo luogo sono state implementate le assegnazioni relative allo stato di progetto rispetto agli scenari temporali del 2011, 2016 e 2026 che hanno fornito i flussi veicolari sugli archi e nei nodi nell'ora di punta ed in termini di TGM.

L'assegnazione dei volumi di traffico alla rete esistente e le simulazione sugli scenari di progetto sono stati effettuati sulla base dei dati rilevati / elaborati esposti nei seguenti paragrafi. La configurazione e la caratterizzazione tipologica della rete definita per lo studio suggerisce un approccio metodologico, per l'analisi dell'interazione domanda offerta, di tipo UE (user equilibrium). Lo studio della configurazione di equilibrio è subordinata alla congruenza tra i flussi di domanda, di percorso e di arco con i costi che da essi derivano; in particolare si è assunto che tali costi dipendano dai flussi sugli archi.

Nell'ambito dello studio delle reti si è optato per un modello di scelta deterministico operando quindi una assegnazione di tipo DUE (Deterministic User Equilibrium), ne consegue che l'utilità percepita dall'utente sulla rete viene ipotizzata come deterministica, quindi non aleatoria, e tutti gli utenti scelgono l'itinerario che massimizza tale funzione di utilità ossia quello di minimo costo.

La rete in oggetto è costituita da archi e nodi appartenenti a diverse classificazioni tipologiche. In particolar modo sono stati presi in esame archi stradali di tipo

extraurbano per le strade statali e provinciali e archi assimilabili alle rampe unidirezionale per gli svincoli.

Ad ognuna di queste classi tipologiche è stata assegnata una determinata funzione di costo che pone in relazione il tempo di percorrenza, complessivamente stimabile per un arco, con il flusso che lo percorre. Le funzioni di costo sono infatti quelle relazioni matematiche che legano il costo medio di trasporto (esprimibile tanto in unità 24 monetarie quanto in tempo) ai flussi che lo influenzano ed alle caratteristiche fisiche e funzionali del collegamento rappresentato dall'arco stesso.

Le funzioni di costo impiegate hanno la seguente forma:

$$t_i = t_{0i} \left[1 + a \left(\frac{f_i}{q_i} \right)^b \right]$$

essendo:

t_i = tempo di percorrenza dell'arco

t_{0i} = tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo, pari a L_i/V_0

L_i = lunghezza dell'arco i-esimo

V_0 = velocità a flusso libero

q_i = capacità dell'arco

f_i = flusso veicolare sull'arco i

a, b = valori stimati su basi empiriche funzionali alle caratteristiche dell'arco

Per la stima di V_0 si è utilizzata la seguente relazione sperimentale:

$$V_0 = 56.6 + 3.2L_u + 4.5L_0 - 2.4P - 9.6T - 5.4D$$

L_u = Larghezza utile dell'arco in metri

L_0 = distanza degli ostacoli laterali dal bordo della strada

P = pendenza del ramo (%)

T = grado di tortuosità del ramo

D = Coefficiente di disturbo

5.4 VERIFICHE DI CAPACITA' E CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO

La quantificazione dei flussi veicolari in transito sulla rete stradale nelle configurazioni ante e post operam consente di poter effettuare il calcolo dei livelli di servizio e le verifiche di capacità dei nodi e degli archi interessati dal progetto. Sulla base del confronto, la dove possibile, tra il livello di servizio dello stato di fatto ante operam all'anno 2006 e dello stato di progetto post operam all'anno 2026 si è potuto quantificare i benefici della riqualificazione non solo in termini di riduzione dei tempi di percorrenza e di decisivo miglioramento dei Livelli di Servizio, ma anche di sicurezza della circolazione.

Si è quindi potuto verificare oltre alla congruenza funzionale anche la correttezza geometrico - dimensionale della progettazione definitiva dell'infrastruttura garantendo, attraverso un procedimento iterativo di verifica e progettazione, livelli di servizio di assoluta eccellenza (livello B) e funzionali non solo alla minimizzazione dei tempi di percorrenza ma anche alla sicurezza stradale. Garantendo infatti alti livelli di servizio (LoS A e B) si assicurano valori di densità veicolare e condizioni di flusso tali da minimizzare le perturbazioni tra i veicoli e assicurare, unitamente al miglioramento delle caratteristiche geometrico-funzionali della nuova infrastruttura, quel livello di sicurezza cui la progettazione complessiva tende come obiettivo indispensabile.

Tutte le verifiche sono state eseguite sulla base della più recente teoria e tecnica della circolazione stradale secondo i criteri più moderni contenuti nel manuale della capacità delle strade; in particolar modo si è fatto riferimento all'*HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000 (HCM2000)* e al software che ne implementa le procedure (*HCS2000*) utilizzato per tutti i calcoli, previa opportuna calibrazione rispetto alle peculiarità degli scenari trasportistici italiani. Nel dettaglio sono state eseguite le seguenti verifiche:

Stato di Fatto 2006 ante operam:

- Verifiche di capacità degli archi stradali della S.S. 640 di "Porto Empedocle" secondo il metodo definito dall'*Highway Capacity Manual 2000* relativamente alla procedura di calcolo per le strade extraurbane a 2 corsie (two way lane highways);
- Verifiche di capacità degli svincoli presenti sulla S.S. 640 di "Porto Empedocle" interessati dalla riqualificazione secondo il metodo definito dall'*Highway Capacity Manual 2000* relativamente alla procedura di calcolo per le intersezioni non semaforizzate (unsignalized intersections);

Stato di Progetto 2026 post operam:

- Verifiche di capacità degli archi stradali della S.S. 640 di "Porto Empedocle" secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo per le strade extraurbane a 4 corsie (freeway segments);
- Verifiche di capacità degli svincoli presenti sulla S.S. 640 di "Porto Empedocle" interessati dalla riqualificazione secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo delle rampe di accelerazione (ramps).

Occorre sottolineare infine che le verifiche di capacità ed il calcolo del livello di servizio non sono state effettuate per gli scenari di progetto post operam all'anno 2011 - 2016 pur avendo implementato anche per questi scenari l'intera procedura di assegnazione. Si è ritenuto infatti sufficiente eseguire le verifiche per l'anno 2026 essendo il carico veicolare più gravoso e quindi tale da configurare scenari di maggior impatto in termini di flussi in transito.

6. ELABORAZIONE DEI DATI DI TRAFFICO, ANALISI DELLA MOBILITA'

6.1 I DATI DI TRAFFICO DISPONIBILI

I dati di traffico disponibili consistono nei Censimenti ANAS sulla S.S. 640 alle soglie temporali del 1990 – 1995 – 2000 (solo TGM diurno) utili per ragionare su serie storiche, nonché le rilevazioni sul campo nell' Aprile 2006 su quattro postazioni sulla SS 640 una sulla SS 626 raccordo per Caltanissetta e una sulla SS 122 in prossimità dell'abitato di San Cataldo (vedi Tav PU 01).

Sono stati effettuati inoltre conteggi ai 7 nodi principali della viabilità afferente Caltanissetta sia nell'ora di punta mattinatale (8,00 - 9,00) sia in quella serale (17,30 - 18,30) elencati di seguito:

- Svincolo 2 bis (svincolo per San Cataldo attraverso la SP 6)
- Svincolo 3 bis (svincolo per il raccordo con la SS 626 o tangenziale Sud)
- Svincolo 3 ter (svincolo per Caltanissetta Centro)
- Svincolo 4 (svincolo con la SS 122 bis)
- Svincolo 5 (svincolo con la SS 626)
- Svincolo tra il raccordo con la SS 626 e Caltanissetta Zona industriale

Infine per la ricostruzione della matrice O/D (vedi anche Par 5) sono state effettuate interviste dirette nelle giornate 23/03/06 e 24/03/06 nelle due ore di punta del mattino (8,00 - 9,00) e della sera (17,30 - 18,30) in contemporanea alla fase del rilevamento dei dati mediante piastre contatraffico Hi-Star e conteggio manuale ai nodi. Le postazioni al cordone in cui sono state effettuate tali interviste sono:

- Postazione 1, km 54+200, dir A19 (flusso veicolare entrante nell'area di studio)
- Postazione 3, km 69+400, dir AG (flusso veicolare entrante nell'area di studio)

6.1.1 DATI ANAS

Dal confronto fra le rilevazioni sopra indicate emerge il trend evolutivo della domanda di mobilità nell'area, come di seguito descritto.

- S.S. 640 - media dei valori di rilevamento alle stazioni di: Valle dei Templi, Noce-Racalmuto, Pinzello

TGM diurno/anno

	1990	1995	$\Delta\%$	2000	$\Delta\%$
Valle dei Templi (AG)	9.532	11.756	+23,3	10.951	- 6,8
Noce-Racalmuto (AG)	7.682	8.390	+9,2	8.064	- 3,9
Pinzello (CL):	8.978	10.966	+22,1	12.122	+10,5

TGM totale/anno

	1990	1995	$\Delta\%$	2000(*)	$\Delta\%$
Valle dei Templi (AG)	12.572	13.216	+5,1	16.281	+23,2
Noce-Racalmuto (AG)	10.997	11.237	+2,2	11.253	+0,1
Pinzello (CL):	12.180	15.998	+31,3	18.600	+16,3

(*) valori estrapolati da campione

- S.S. 122 - valori di rilevamento alla sezione Babaurra (Km 60+670):

	1990	1995	$\Delta\%$	2000(*)	$\Delta\%$
TGM diurno/anno	3.882	4.974	+ 28,1	2.763	- 28,8
TGM totale/anno	5.033	6.836	+ 35,8	3.709	- 26,3

6.1.2 DATI RILEVATI TRAMITE CONTEGGI

Come detto, al fine di analizzare le relazioni tra la S.S. 640 di "Porto Empedocle" e le strade statali e provinciali afferenti e di ottenere dei dati di traffico aggiornati all'anno 2006 (i dati ANAS sono aggiornati all'anno 2000) si è reso necessario eseguire una serie di misurazioni dirette su strada mirate al conteggio dei veicoli in transito. Sono state individuate 6 sezioni di rilevamento per ognuna delle quali si è provveduto al conteggio e alla classificazione tipologica e dimensionale dei veicoli.

I conteggi sono stati effettuati tramite piastre a induzione magnetica modello HI-STAR della Nu-Metrics che hanno permesso non solo il rilievo del numero dei veicoli in transito e la loro classificazione ma anche la misurazione delle velocità; tali operazioni sono state svolte dalle ore 24,00 del 21/03/2006 alle ore 10,00 del 24/03/2006, in contemporanea alla effettuazione dei conteggi manuali ai nodi ed alla effettuazione delle interviste nelle due sezioni di accesso alla zona di studio sulla SS 640.

L'ubicazione delle postazioni di misura e i relativi valori rilevati sia in termini di TGM totale (Traffico Giornaliero Medio) che di Ora di Punta mattinata (ore 8,00-9,00) sono riportati sinteticamente nella tabella 6.1 (vedi anche Tav PU 01):

Postazione N°	Postazione N°	Kilometrica	TGM	OdP (8,00 - 9,00)
1	SS640 - dir Agrigento	54+200	5756	406
1	SS640 - dir A19	54+200	5739	536
2	SS 626 Raccordo per CL - dir Caltanissetta	2+000	3987	361
2	SS 626 Raccordo per CL - dir Pietraperzia	2+000	3546	294
3	SS 640 - dir Agrigento	69+400	4057	343
3	SS 640 - dir A19	69+400	4671	373
4	SS 640 - dir Agrigento	62+600	4765	408
4	SS 640 - dir A19	62+600	4933	387
5	SS 122 - dir Caltanissetta	58+000	9506	1.002
5	SS 122 - dir S. Cataldo	58+000	10019	626
6	SS 640 - dir Agrigento	59+500	7716	563
6	SS 640 - dir A19	59+500	8798	1031

Tabella 6-1: Ubicazione Piastre Hi-Star e relativi valori rilevati

I valori dei flussi rilevati (e/o estrapolati) sulla viabilità delle S.S. afferenti l'area di Caltanissetta evidenziano una crescita dei movimenti veicolari nel quinquennio 1990 / '95, con andamenti che (fatte salve le stazioni di Valle dei Templi e Noce-Racalmuto) vanno dal 31,3 % a Pinzello (S.S.640) al 35,8% della S.S.122.

E' interessante osservare l'andamento nel tempo dei flussi sulla S.S. 640, e in particolare il TGM totale e il TGM diurno alle soglie temporali del 1990 e del 1995 sia alla stazione di rilevamento "Valle dei Templi" sia a quella "Noce-Racalmuto".

Nella prima infatti, nel periodo si registra un incremento del TGM tot. del 5,1%, mentre il TGM diurno si incrementa del 23,3 % (!) a scapito di un TGM Leggero Notturmo che segna una flessione di oltre il 50% (- 52,37%!).Analogamente avviene, ma in forma molto più contenuta, alla sezione di Noce-Racalmuto, dove il TGM totale aumenta nel triennio del 2,2%, ma il TGM Leggero Notturmo registra una flessione del 2,6%.

Al di là dell'interpretazione dei fenomeni che hanno determinato un così vistoso riposizionamento della "domanda notturna", resta il fatto che a fronte di una situazione infrastrutturale già precaria per livello di servizio, è peggiorato il diagramma di distribuzione dei flussi su questa arteria, a scapito della capacità della stessa, con le evidenziate conseguenze sul piano dell'incidentalità.

La complessiva disomogeneità degli andamenti fra il primo e il secondo quinquennio è dunque connessa a modalità di riposizionamento dei flussi fra fascia diurna e fascia notturna (molto frequentata) che rendono poco comprensibile l'abituale riferimento al TGM diurno, e inducono pertanto a considerare solo il TGM totale/anno.

Relativamente alla sola S.S. 640, nel successivo quinquennio '95 / 2000, contrariamente che nei due precedenti, si evidenzia una sostanziale stasi alla stazione intermedia di Noce-Racalmuto, mentre alla stazione di rilevamento della Valle dei Templi l'incremento è stato del 23,2%, e pertanto di oltre il 4,5 % annuo!

La motivazione di tale incremento va ricercata nella particolare attrattività dell'area turistica che nei mesi centrali dell'anno porta il tratto agrigentino della S.S. 640 a valori di TGM pari a quelli della tratta di Caltanissetta che si attesta all'Autostrada A 19, con una media del TGM totale nel periodo da maggio a ottobre di 17.047 veicoli contro 17.636.

Seguendo lo stesso tipo di ragionamento ma considerando **la stazione di rilevamento di Pinzello a Caltanissetta si evidenzia che nello stesso quinquennio 1995 / 2000 l'incremento è stato dell'ordine del 16,3%, e pertanto di oltre il 3,2% annuo.**

L'incremento rilevato alla stazione agrigentina , per quanto riguarda **lo scenario denominato "Ipotesi alta" ovvero la più ottimistica**, viene assunto per l'intera tratta da ristrutturare, con riferimento alla teoria della *Reliability of Transport Networks* che

porta a distribuire l'attrattività della nuova arteria potenziata anche alle restanti porzioni di tracciato riferite alle altre due stazioni di rilevamento della S.S. 640, spartendo pertanto il tasso di incremento/anno sui 3 archi di Statale e quindi **assumendo un valore incrementale semplice generalizzato pari a 1,5% annuo.**

Sempre con riferimento alla stessa teoria l'incremento rilevato nella stazione di Caltanissetta viene assunto per l'intera tratta da ristrutturare nel caso **dello scenario denominato "Ipotesi bassa" ovvero la più pessimistica;** si assume quindi un **valore incrementale semplice generalizzato pari a 1% annuo**

Tali tassi di incremento appaiono del tutto congruenti con il più ridotto trend di crescita della fascia centrale del tratto di S.S. 640 in progetto, afferente l'area di Noce-Racalmuto non influenzata da fenomeni di urbanesimo di dimensioni pari a quelli di Agrigento e Caltanissetta ai fini della generazione dei flussi.

6.1.3 DATI RILEVATI TRAMITE CONTEGGI AI NODI

Si riportano di seguito le Matrici O/D degli svincoli dove sono stati effettuati conteggi manuali con l'ausilio di personale fornito dall' ATI relativamente all'ora di punta del mattino 8,00 - 9,00 e all' ora di punta della sera 17,30 - 18,30

➤ Nodo 02 bis

Lo svincolo 2 bis si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.

La configurazione allo Stato di Progetto prevede la rettifica fuori sede della S.S. 640 affiancandosi al vecchio tracciato che rimane in uso (tra lo svincolo 2 e 3) e la cui fruizione è imputabile ai soli utenti interessati alle relazioni strettamente locali.

OD	SS 640 lato AG	SP 6	SS 640 lato A19
SS 640 lato AG	0	242	X
SP 6	160	0	249
SS 640 lato A19	X	396	0

Tabella 6-2: Matrice OD dello Svincolo 2 bis - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 03 bis**

Lo svincolo 3 bis si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.

Non sono previste variazioni alla struttura dell'intersezione (vedi anche par 7.1.4) dal momento che il nuovo tracciato si discosta in questo punto dall'attuale.

OD	SS 640 lato AG	SS 122 bis lato Caltanissetta	SS 640 lato A19	SS 122 bis lato S. Caterina V	Totale
SS 640 lato AG	0	30		77	453
SS 122 bis lato Caltanissetta	4	0	52	30	374
SS 640 lato A19		38	0	6	
SS 122 bis lato S. Caterina V	50	32	34	0	102
Totale	421	443		65	929

Tabella 6-3: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 03 ter**

Lo svincolo 3 ter si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; tale svincolo allo stato attuale serve le relazioni tra la SS 640, San cataldo (SP 29 e SS 122) e Caltanissetta Centro (via Leone XIII e viale della Regione Siciliana) costituendo in quest'ultimo caso l'accesso più diretto alla città tra gli svincoli che la servono.

Non sono previste variazioni nella configurazioni di progetto (il nuovo tracciato passa più ad ovest senza connessioni né con la SP 29 né con la SS 122).

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SP 29 lato Caltanissetta</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SP 29 lato San Cataldo</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	636	X	89
<i>SP 29 lato Caltanissetta</i>	382	0	52	30
<i>SS 640 lato A19</i>	X	234	0	54
<i>SP 29 lato San Cataldo</i>	50	32	34	0

Tabella 6-4: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 04**

Lo svincolo 4 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; lo svincolo mette in relazione la SS 640 con la SS 122 bis che collega Caltanissetta con Santa Caterina Villarmosa e Resuttano

OD	SS 640 lato AG	SS 122 bis lato Caltanissetta	SS 640 lato A19	SS 122 bis lato S. Caterina V
SS 640 lato AG	0	30		77
SS 122 bis lato Caltanissetta	4	0	52	30
SS 640 lato A19		38	0	6
SS 122 bis lato S. Caterina V	50	32	34	0

Tabella 6-5: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 05**

Lo svincolo 5 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.

OD	SS 640 lato AG	SS 626	SS 640 lato A19
SS 640 lato AG	0	30	X
SS 626	18	0	256
SS 640 lato A19	X	90	0

Tabella 6-6: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 07**

Lo svincolo 7 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 626 in entrambe le direzioni.

Tale intersezione assolve la funzione di mettere in relazione il raccordo Caltanissetta - Pietraperzia (detta anche Tangenziale Sud di Caltanissetta) con la SS 626 che collega la A19 e Caltanissetta a Gela.

<i>OD</i>	<i>SS 626 lato SS 640</i>	<i>SS 626 lato Gela</i>	<i>SS 626 lato Pietraperzia</i>	<i>SS 626 lato SS 640 (A 19)</i>
<i>SS 626 lato SS 640</i>	0	30		77
<i>SS 626 lato Gela</i>	4	0	52	30
<i>SS 626 lato Pietraperzia</i>		38	0	6
<i>SS 626 lato SS 640 (A 19)</i>	50	32	34	0

Tabella 6-7: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

➤ **Nodo 08**

Lo svincolo 8 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 626 raccordo per Caltanissetta (detta anche Tangenziale Sud di Caltanissetta) in entrambe le direzioni.

Tale svincolo mette in relazione la Tangenziale Sud con la SS 191 proveniente da Sud (Zona Industriale di Caltanissetta) e la SS 122 bis che costituisce l'asse di penetrazione da sud del capoluogo nisseno.

OD	SS 191 lato Caltanissetta ZI	SS 626 lato Pietraperzia	SS 122 bis lato Caltanissetta	SS 626 lato SS 640
SS 191 lato Caltanissetta ZI	0	50	90	47
SS 626 lato Pietraperzia	49	0	107	X
SS 122 bis lato Caltanissetta	301	132	0	78
SS 626 lato SS 640	177	X	134	0

Tabella 6-8: Matrice OD dello Svincolo 8- OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

6.1.4 DATI RILEVATI TRAMITE INTERVISTE

Le interviste per la ricostruzione della matrice O/D (vedi anche Par 6.1) sono state effettuate nelle giornate 23/03/06 e 24/03/06 nelle due ore di punta del mattino (8,00 - 9,00) e della sera (17,30 - 18,30) in contemporanea alla fase del rilevamento dei dati mediante piastre contatraffico Hi-Star e conteggio manuale ai nodi. Le postazioni al cordone in cui sono state effettuate tali interviste sono:

- Postazione 1, km 54+200, dir A19 (flusso veicolare entrante nell'area di studio)
- Postazione 3, km 69+400, dir AG (flusso veicolare entrante nell'area di studio)

La campagna di indagini è stata effettuata con l'ausilio di personale fornito dall'ATI e con la collaborazione della Polizia Stradale di Caltanissetta che ha provveduto al fermo dei veicoli nelle piazzole di sosta per poter effettuare l'interviste ai conducenti.

L'ubicazione delle postazioni citate sopra è stata scelta in corrispondenza degli strumenti di rilevamento dei flussi veicolari; tale scelta ha permesso infatti di ricostruire la matrice OD dell'intera popolazione proiettando i valori del campione fornito dai veicoli fermati per i valori dei flussi effettivamente rilevati dallo strumento.

Le modalità e le ubicazioni per lo svolgimento delle indagini e del rilevamento dei dati sono state concordate con l'ANAS di Roma

Si riporta per completezza un esempio dei questionari utilizzati dagli intervistatori (Figura 5.1):

INDAGINI DEL TRAFFICO - PUT

COMUNE di: Caltanissetta

mese	anno
mar	2006

postazione: 1
Via / Diretrice: SS 640 km 54+200

Rilevatore 1 Data 22/03/2006
Ora 8:00 - 9:00

		Manovre	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
1 Ora di rilevamento	ora	<u>8.00</u>	minuti	<table border="1"> <tr> <td>15</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	15	30	45	60	<input type="checkbox"/>				
15	30	45	60										
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
2 Tipo vettura	<input type="checkbox"/> 1 Auto/furgoncini <input type="checkbox"/> 2 Commerciale <input type="checkbox"/> 3 Pesante				<input type="checkbox"/>								
3 Dove risiede ?	<input type="checkbox"/> 1 Caltanissetta <input type="checkbox"/> 2 S. Cataldo <input type="checkbox"/> 3 Pietraperzia <input type="checkbox"/> 4 Enna <input type="checkbox"/> 5 Agrigento <input type="checkbox"/> 6 Catania <input type="checkbox"/> 7 altro Altro Com/Prov. _____				<input type="checkbox"/>								
4 Da dove proviene?	<input type="checkbox"/> 1 Caltanissetta <input type="checkbox"/> 2 S. Cataldo <input type="checkbox"/> 3 Pietraperzia <input type="checkbox"/> 4 Enna <input type="checkbox"/> 5 Agrigento <input type="checkbox"/> 6 Catania <input type="checkbox"/> 7 altro Altro Com/Prov. _____				<input type="checkbox"/>								
5 Dove è diretto?	<input type="checkbox"/> 1 Caltanissetta <input type="checkbox"/> 2 S. Cataldo <input type="checkbox"/> 3 Pietraperzia <input type="checkbox"/> 4 Enna <input type="checkbox"/> 5 Agrigento <input type="checkbox"/> 6 Catania <input type="checkbox"/> 7 altro Altro Com/Prov. _____				<input type="checkbox"/>								
7 AUTOVETTURE					<input type="checkbox"/>								
Quel'è lo scopo dello spostamento?	<input type="checkbox"/> 1 Andata o ritorno dal lavoro <input type="checkbox"/> 2 Andata o ritorno da scuola / studio <input type="checkbox"/> 3 Movimento per lavoro / commercio <input type="checkbox"/> 4 Certificati / documenti - pratiche <input type="checkbox"/> 5 Acquisti <input type="checkbox"/> 6 Cure o visite mediche / visite a degenti <input type="checkbox"/> 7 Turismo - cultura - sport <input type="checkbox"/> 8 Motivi personali - Altro				<input type="checkbox"/>								
8 VEICOLI COMMERCIALI					<input type="checkbox"/>								
8 Attività/Professione	<input type="checkbox"/> 1 Rifornimento Alimentari <input type="checkbox"/> 2 Rifornimento Industriale <input type="checkbox"/> 3 Rifornimento Commerciale <input type="checkbox"/> 4 Altro				<input type="checkbox"/>								

Figura 6-1; Scheda Interviste per le indagini al cordone

Si riporta sinteticamente la Matrice OVD desunta dall'elaborazioni delle interviste in cui sono state distinte le componenti di traffico interno di scambio e di attraversamento per le due sezioni di intervista.

	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ToT
0		Agrigento - Esterno Sud Ovest	Palermo - Esterno Nord Ovest	Caltanissetta Centro	Catania Esterno Est	Gela Esterno Sud Est	San Cataldo	Serra di Falco	S. Caterina Villamosa	Pietraperzia	
1	Agrigento - Esterno Sud Ovest	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	Palermo - Esterno Nord Ovest	5	4	0	0	0	0	0	0	0	9
3	Caltanissetta Centro	29	2	0	0	0	13	0	2	0	46
4	Catania Esterno Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Gela Esterno Sud Est	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	San Cataldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Serra di Falco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	S. Caterina Villamosa	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	Pietraperzia	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ToT		40	6	0	0	0	13	0	2	0	61

Tabella 6-9: Matrice OD Leggeri OdP Mattinale con Zonizzazione - Tot

	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0		Agrigento - Esterno Sud Ovest	Palermo - Esterno Nord Ovest	Caltanissetta a Centro	Catania Esterno Est	Gela Esterno Sud Est	San Cataldo	Serra di Falco	S. Caterina Villamosa	Pietraperzia	
1	Agrigento - Esterno Sud Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Palermo - Esterno Nord Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Caltanissetta a Centro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Catania Esterno Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Gela Esterno Sud Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	San Cataldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Serra di Falco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	S. Caterina Villamosa	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
9	Pietraperzia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Tabella 6-10: Matrice OD Pesanti OdP Mattinale con Zonizzazione - Tot

	D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0		Agrigento - Esterno Sud Ovest	Palermo - Esterno Nord Ovest	Caltanissett a Centro	Catania Esterno Est	Gela Esterno Sud Est	San Cataldo	Serra di Falco	S. Caterina Villamosa	Pietraperzia	
1	Agrigento - Esterno Sud Ovest	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
2	Palermo - Esterno Nord Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Caltanissett a Centro	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
4	Catania Esterno Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Gela Esterno Sud Est	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	San Cataldo	17	4	11	0	0	0	0	1	0	33
7	Serra di Falco	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	S. Caterina Villamosa	21	0	6	0	0	0	0	0	0	27
9	Pietraperzia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		41	6	18	0	0	0	0	1	0	66

Tabella 6-11: Matrice OD Leggeri OdP Serale con Zonizzazione

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		Agrigento - Esterno Sud Ovest	Palermo - Esterno Nord Ovest	Caltanissett a Centro	Catania Esterno Est	Gela Esterno Sud Est	San Cataldo	Serra di Falco	S. Caterina Villamosa	Pietraperzia	
1	Agrigento - Esterno Sud Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Palermo - Esterno Nord Ovest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Caltanissett a Centro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Catania Esterno Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Gela Esterno Sud Est	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	San Cataldo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
7	Serra di Falco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	S. Caterina Villamosa	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	Pietraperzia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	1	0	0	0	0	0	0	2

Tabella 6-12: Matrice OD Pesanti OdP Serale con Zonizzazione

6.2 STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE ANNO 2006

La procedura di stima della matrice origine destinazione, precedentemente descritta nel paragrafo 5.1, è stata applicata attraverso un procedimento opposto rispetto a quello di assegnazione. Si è infatti applicato un procedimento iterativo che ha consentito di aggiornare la matrice Origine - Destinazione ISTAT 2001 per confronto con i dati di traffico effettivamente rilevati all'anno 2006 e con le serie storiche di dati di traffico fornite dall'ANAS, stimando quindi un modello della domanda che fosse confacente al nuovo assetto della rete e rappresentativo del carico veicolare attualmente circolante.

Il provvedimento iterativo di confronto tra i dati simulati e realmente misurati è stato spinto fino ad correlazione pari almeno al 90%. Sono stati quindi individuati gli archi del sistema della rete di trasporto presso i quali svolgere le indagini ed i conteggi di traffico e in seguito calcolare la matrice O/D attualizzata.

Di seguito viene riportata la zonizzazione dello stato di fatto (tabella 6.2 e figura 6.2), e la matrice O/D attualizzata all'anno 2006 (tabella 6.3).

Il criterio usato per suddividere il territorio in zone omogenee (zonizzazione) è legato sostanzialmente alla minore o maggiore accessibilità delle zone limitrofe al sistema viario la cui spina dorsale è la SS 640 sia nella configurazione attuale sia in quella di progetto.

In particolare la zona oggetto di studio coincide con il territorio comunale di Caltanissetta (Zona 3, 10,11,12)

Le zone che vanno da 6 a 9 sono i comuni limitrofi al comune di Caltanissetta che si trovano sulle principali direttrici di accesso:

- San Cataldo sulla SS 122 e sulla SP 29
- S. Caterina Villarmosa sulla SS 122 bis
- Pietraperzia sulla SS 626 raccordo per Caltanissetta
- Serradifalco sulla SS 122 e sulla SS 640

Le restanti zone (1,2,4,5) sono i centroidi esterni che raccolgono il traffico generato e attratto dai comuni esterni alla provincia di Caltanissetta

A completamento della descrizione socio economica del Cap 3 si riportano gli indicatori socio economici per i comuni della Provincia di Caltanissetta (Censimento Istat 2001):

Comune	Imprese	Indipendenti	Dipendenti	Totale
Acquaviva Platani	44	50	6	56
Bompensiere	30	39	36	75
Butera	183	214	69	283
Caltanissetta	3.857	4.679	5.967	10.646
Campofranco	144	176	49	225
Delia	190	220	122	342
Gela	3.231	3.958	5.147	9.105
Marianopoli	73	86	22	108
Mazzarino	404	508	253	761
Milena	152	180	90	270
Montedoro	84	118	37	155
Mussomeli	673	805	750	1.555
Niscemi	1.033	1.277	256	1.533
Resuttano	113	131	58	189
Riesi	382	456	615	1.071
SanCataldo	1.067	1.344	1.986	3.330
Santa Caterina Villarmosa	272	314	148	462
Serradifalco	350	433	334	767
Sommatino	319	414	324	738
Sutera	77	88	30	118
Vallelunga Pratameno	146	180	68	248
Villalba	84	109	41	150
Totale	12.908	15.779	16.408	32.187

Tabella 6-13: Tabella riassuntiva delle imprese, degli occupati indipendenti, di quelli dipendenti e totali complessivi.

Comune	1	2	3 a	6 a	10 a	16 a	20 a	50 a	100 a	200 a	250 a	500 a	Tot
			5	9	15	19	49	99	199	249	499	999	ale
Acquaviva Platani	35	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
Bompensiere	19	7	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	30
Butera	147	20	12	2	1	0	1	0	0	0	0	0	183
Caltanissetta	2.372	604	563	163	79	19	44	8	4	1	0	0	3.857
Campofranco	109	24	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	144
Delia	141	29	12	3	3	2	0	0	0	0	0	0	190
Gela	2.067	484	390	135	73	23	46	11	1	0	1	0	3.231
Marianopoli	55	10	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	73
Mazzarino	280	64	40	14	3	1	2	0	0	0	0	0	404
Milena	108	20	20	3	0	0	1	0	0	0	0	0	152
Montedoro	59	11	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	84
Mussomeli	436	101	73	38	16	3	6	0	0	0	0	0	673
Niscemi	758	185	78	6	4	1	1	0	0	0	0	0	1.033
Resuttano	80	19	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	113
Riesi	273	43	37	14	6	0	6	3	0	0	0	0	382
San Cataldo	627	186	153	56	21	12	8	3	0	0	0	1	1.067
Santa Caterina Villarmosa	192	44	28	5	1	2	0	0	0	0	0	0	272
Serradifalco	225	58	40	21	4	0	1	1	0	0	0	0	350
Sommatino	207	50	38	12	8	1	3	0	0	0	0	0	319
Sutera	61	9	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	77
Vallelunga Pratameno	105	23	12	4	2	0	0	0	0	0	0	0	146
Villalba	60	15	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	84
Totale	8.416	2.014	1.542	489	229	64	120	26	5	1	1	1	12.908

Tabella 6-14: Tabella riassuntiva delle imprese raggruppate per numerosità di addetti.

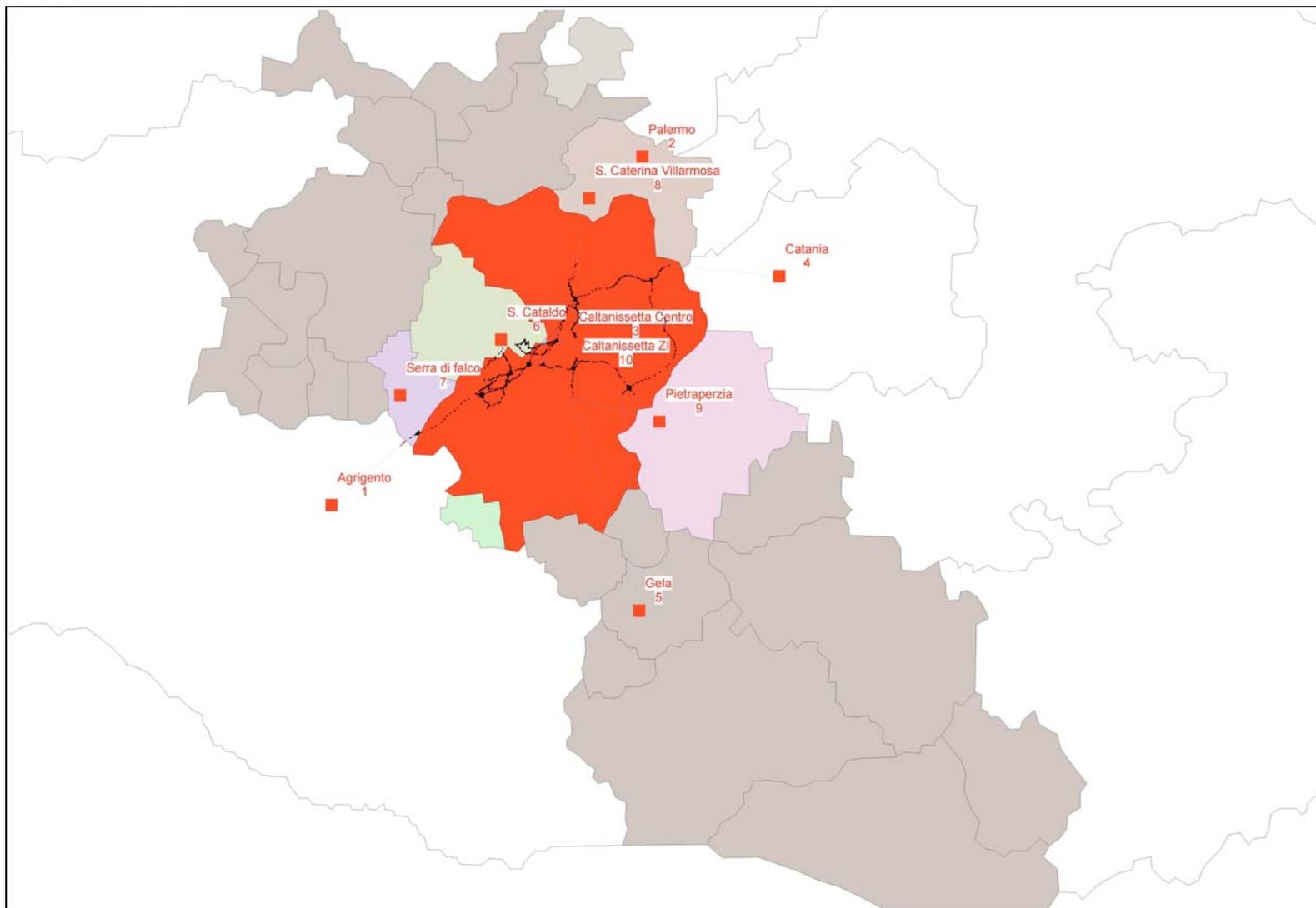


Figura 6-2: Zonizzazione Stato di Fatto Anno 2006

Numero Zona	Descrizione	Numero Zona	Descrizione
1	Agrigento Esterno Sud Ovest	7	Serra di Falco
2	Palermo Esterno Nord Ovest	8	S. Caterina Villarmosa
3	Caltanissetta Centro	9	Pietraperzia
4	Catania Esterno Est	10	Caltanissetta Z.I.
5	Gela Esterno Sud est	11	Caltanissetta Sud
6	San Cataldo	12	Caltanissetta Nord

Tabella 6-15: Zonizzazione Stato di Fatto Anno 2006

O\D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	40	145	252	4	131	1	3	2	4	2	3	585
2	34	0	88	78	10	2	1	1	10	24	17	11	277
3	54	45	0	72	44	595	6	1	26	4	21	1	870
4	90	5	88	0	10	41	1	1	10	24	17	11	299
5	0	7	86	107	0	1	0	2	1	1	0	2	205
6	93	2	686	2	183	0	103	3	157	161	208	3	1.602
7	1	2	10	2	4	5	0	3	2	4	2	3	37
8	1	1	44	1	2	2	1	0	1	2	1	56	112
9	10	0	12	0	1	251	10	4	0	31	21	5	344
10	6	18	77	18	1	1	0	2	0	0	0	2	124
11	62	60	359	60	4	6	2	3	3	4	0	3	568
12	1	12	13	12	2	2	1	36	1	2	1	0	83
Totale	353	192	1.606	605	265	1.036	127	59	215	261	290	99	5.107

Tabella 6-16: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Fatto Anno 2006

6.3 ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE ANTE - OPERAM ANNO 2006

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2006) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2006) ha permesso di definire la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2006 ante operam. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.4) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	11.002	352	584
Sv1 – Sv2	11.641	373	598
Sv2 – Sv2 bis	11.480	359	598
Sv2 bis – Sv 3 bis	18.720	560	914
Sv 3 bis – Sv 3 ter	16.383	600	1.016
Sv 3 ter – Sv 4	10.637	422	454
Sv 4 – Sv 5	9.516	454	527
Sv 5 - A19	16.758	576	797

Tabella 6-17: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti Stato di Fatto Anno 2006

L'affidabilità della simulazione è riscontrabile dall'analisi del coefficiente di correlazione ovvero dallo scostamento tra i valori simulati e quelli realmente riscontrati. Di seguito (tabella 6.5) si riportano tali differenze evidenziando uno scarto minimo, che complessivamente per l'intera rete è pari al 7.69% (correlazione pari al 92.31%).

Sezione di rilevamento	Veicoli equivalenti/ora misurati	Veicoli equivalenti/ora simulati	Scarto %e
<i>Post 6 - S.S. 640 direzione A 19</i>	1096	1013	7.57%
<i>Post 5 - S.S. 122 direzione Caltanissetta</i>	1041	998	4.13%
<i>Rampa uscita da SS 640 lato Agrigento a Caltanissetta</i>	725	688	5.10%
<i>Post 5 - S.S. 122 direzione San Cataldo</i>	644	642	0.31%
<i>Post 6 - S.S. 640 direzione Agrigento</i>	617	601	-2.59%
<i>Post 1 - S.S. 640 direzione A19</i>	583	598	-2.57%
<i>S.S 191 dir Gela lato Caltanissetta Zona Industriale</i>	527	502	4.74%
<i>S.S 191 dir Gela lato Caltanissetta Centro</i>	511	568	-11.15%
<i>Post 4 - S.S. 640 direzione Agrigento</i>	455	422	7.25%
<i>Post 1 - S.S. 640 direzione Agrigento</i>	453	373	17.66%
<i>Post 4 - S.S. 640 direzione A 19</i>	435	454	-4.37%
<i>Post 3 - S.S. 640 direzione A 19</i>	420	444	-5.71%
<i>Post 2 - S.S. 626 Raccordo per Caltanissetta direzione SS 640</i>	402	420	-4.48%
<i>Post 3 - S.S. 640 direzione Agrigento</i>	373	374	-0.27%
<i>Post 2 - S.S. 626 Raccordo per Caltanissetta Pietraperzia</i>	353	349	1.13%
<i>S.S 191 dir Caltanissetta lato Caltanissetta Centro</i>	331	289	12.69%
<i>S.S. 626 direzione SS 640</i>	274	275	-0.36%
<i>S.S 191 dir Caltanissetta lato Caltanissetta Zona Industriale</i>	187	213	-13.90%
<i>S.S. 626 direzione Gela</i>	120	123	-2.50%
<i>SS 122 dir Caltanissetta</i>	100	99	1.00%
<i>SS 122 dir Santa Caterina Villarmosa</i>	86	83	3.49%
<i>Rampa uscita da SS 640 lato A19 a San Cataldo</i>	54	47	12.96%
Totale	9787	9575	7.69%

Tabella 6-18: Flussi simulati, Flussi misurati e scarto percentuale (ora di punta 8:00-9:00 stato di fatto anno 2006)

6.4 ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE POST - OPERAM ANNO 2006

Lo scenario Stato di Progetto Anno 2006 è uno scenario fittizio che ha lo scopo di mettere a confronto i volumi di traffico assegnati dal modello nel caso di rete con e senza nuova infrastruttura.

In questo modo si può fare un confronto tra volumi di traffico nelle stesse condizioni temporali e quindi a parità di Matrice OD.

La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.6) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	11.002	352	584
Sv1 – Sv2	13.543	439	620
Sv2 – Sv3	11.058	330	484
Sv3 – Sv4	9.045	166	409
Sv4 – Sv5	10.957	406	529
Sv5 - A19	16.758	493	714

Tabella 6-19: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti Stato di Progetto Anno 2006

Confrontando i dati sopra riportati con quelli dello Stato di Fatto si nota che i valori nei vari tronchi si mantengono abbastanza simili tra loro nel passaggio tra vecchia e nuova infrastruttura tranne che tra gli svincoli 3 e 4. Tale tratta infatti risulta molto scarica rispetto allo stato di fatto, condizione dovuto al fatto che nella configurazione di progetto tale tratta serve la sola componente del traffico di attraversamento della zona oggetto di studio, mentre le relazioni interno-interno e interno-esterno e vv impegnano ancora il vecchio tracciato della SS 640 (ad es. tra lo Sv 3 bis e Sv 3 ter si passa dai 1.016 veicoli equivalenti ai 688 in direzione A19 e dai 600 veic/eq ai 531 in direzione Agrigento).

6.5 STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2011

La redazione dello studio del traffico prevedeva di sviluppare le analisi relativamente allo scenario progettuale confacente ai due archi temporali dei 10 anni (anno 2016) e dei 20 anni (anno 2026); si è tuttavia ritenuto significativo sviluppare lo studio anche per uno scenario temporale di più breve periodo rappresentativo di uno stato dello sviluppo insediativo e della mobilità non ancora influenzato dalla nuova infrastruttura realizzata (l'anno 2011 si riferisce all'anno di probabile apertura al traffico dell'infrastruttura). Si è quindi proceduto alla stima della matrice origine destinazione e alla assegnazione dei volumi di traffico alla rete di progetto all'anno 2011 con la conseguente stima dei flussi sulla rete. Per quanto attiene alle verifiche di capacità si è ritenuto non necessario eseguire tali verifiche per l'anno 2011 ritenendo più significative quelle relative allo scenario progettuale 2026 in conseguenza del più alto carico veicolare.

6.5.1 IPOTESI ALTA

Per quanto precedentemente evidenziato, la zonizzazione relativa allo scenario progettuale per l'anno 2011 post operam (tabella 6.6) non prevede l'introduzione di nuove zone di origine e destinazione. La zonizzazione anno 2011 risulta pertanto uguale a quella rappresentativa dello stato di fatto anno 2006. Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2011 - ipotesi alta (tabella 6.7) si è applicato un tasso di crescita del 1.5% semplice annuo;

O\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	43	155	271	4	140	1	3	2	4	2	3	629
2	36	0	94	84	11	2	1	1	11	26	18	12	298
3	58	48	0	78	48	639	6	1	28	5	23	1	935
4	97	5	94	0	11	44	1	1	11	26	18	12	322
5	0	7	92	115	0	1	0	2	1	1	0	2	220
6	100	2	737	2	197	0	111	3	169	174	224	3	1.722
7	1	3	11	3	4	5	0	3	2	4	2	3	40
8	1	1	47	1	2	3	1	0	1	2	1	60	120
9	10	0	13	0	1	269	10	5	0	33	23	5	370
10	7	19	83	19	1	1	0	2	0	0	0	2	134
11	67	65	386	65	5	7	2	4	3	5	0	4	611
12	1	13	14	13	2	2	1	39	1	2	1	0	90
Totale	379	207	1.727	651	285	1.113	136	63	231	281	312	106	5.491

Tabella 6-20: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2011 - Ipotesi Alta

6.5.2 IPOTESI BASSA

Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2011 nello scenario ipotesi bassa si è applicato un tasso di crescita del 1.0% semplice annuo

O\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	42	152	265	4	137	1	3	2	4	2	3	614
2	36	0	92	82	11	2	1	1	11	25	18	12	291
3	57	47	0	76	47	624	6	1	27	5	22	1	914
4	95	5	92	0	11	43	1	1	11	25	18	12	314
5	0	7	90	112	0	1	0	2	1	1	0	2	215
6	97	2	720	2	192	0	108	3	165	170	219	3	1.682
7	1	2	11	2	4	5	0	3	2	4	2	3	39
8	1	1	46	1	2	3	1	0	1	2	1	59	117
9	10	0	12	0	1	263	10	5	0	32	22	5	361
10	7	19	81	19	1	1	0	2	0	0	0	2	131
11	65	63	377	63	5	6	2	4	3	5	0	3	597
12	1	13	14	13	2	2	1	38	1	2	1	0	87
Totale	370	202	1.687	635	279	1.088	133	62	225	274	305	104	5.363

Tabella 6-21: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2011 - Ipotesi Bassa

6.6 ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE POST - OPERAM ANNO 2011

6.6.1 IPOTESI ALTA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2011) all'offerta (grafo dello stato di progetto 2011) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2011 post operam - ipotesi alta. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.10) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	11.827	379	628
Sv1 – Sv2	14.397	481	667
Sv2 – Sv3	11.891	364	521
Sv3 – Sv4	9.486	181	422
Sv4 – Sv5	11.648	440	549
Sv5 - A19	18.014	530	768

Tabella 6-22: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti Stato di Progetto Anno 2011 Ipotesi Alta

6.6.2 IPOTESI BASSA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2011) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2011) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2011 post operam - ipotesi bassa. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.11) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	11.552	370	614
Sv1 – Sv2	14.067	470	651
Sv2 – Sv3	11.613	354	509
Sv3 – Sv4	9.405	177	412
Sv4 – Sv5	11.515	430	536
Sv5 - A19	17.596	517	750

**Tabella 6-23: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti
Stato di Progetto Anno 2011 Ipotesi Bassa**

6.7 STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2016

La redazione dello studio del traffico prevede di sviluppare le analisi relativamente agli scenari progettuali confacenti agli archi temporali dei 10 anni (anno 2016) e dei 20 anni (anno 2026); si è quindi reso necessario sviluppare uno studio che fosse rappresentativo dello sviluppo insediativo e di mobilità che la riqualificazione della S.S. 640 di "Porto Empedocle" promuoverà nel territorio interessato dalla nuova infrastruttura.

Lo studio del traffico ha quindi analizzato lo sviluppo che ha interessato la provincia di Agrigento nel corso degli anni ma ha soprattutto focalizzato l'attenzione sullo sviluppo futuro in relazione alla realizzazione delle nuove infrastrutture in progetto. In particolar modo si è fatto riferimento ai futuri interventi sulla rete stradale extraurbana ed autostradale, fra questi emerge la riqualificazione della S.S.121/189 Palermo-Agrigento.

In particolare la riqualificazione della S.S.640, renderà più agevoli e veloci i collegamenti con le province di Agrigento, Caltanissetta ed Enna. Altri interventi di rilievo regionale in fase di studio o in corso di realizzazione sono:

- Il completamento dell'autostrada Siracusa – Gela, aperta al traffico solo per un tratto assai breve, per il quale è in corso di redazione la progettazione esecutiva di alcuni lotti a partire dallo svincolo di Cassibile, e sono stati appena consegnati i lavori di tre lotti.

- Il completamento dell'autostrada Siracusa - Catania;
- La riqualificazione della S.S.115 tra Castel Vetrano e Gela a percorso autostradale;
- Il prolungamento dell'autostrada A29 nel tratto fra Trapani e Mazara del Vallo attualmente allo studio.

Si è quindi proceduto alla stima della matrice origine destinazione e alla assegnazione dei volumi di traffico alla rete di progetto all'anno 2016 con la conseguente stima dei flussi sulla rete.

6.7.1 IPOTESI ALTA

Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2016 per lo scenario ipotesi alta si è applicato un tasso di crescita del 1.5% semplice annuo

O\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	46	166	290	4	150	1	3	2	4	2	3	673
2	39	0	101	90	12	2	1	1	12	28	19	13	318
3	62	51	0	83	51	684	7	1	30	5	25	1	1001
4	104	6	101	0	12	47	1	1	12	28	19	13	344
5	0	8	98	122	0	1	0	2	1	1	0	2	236
6	107	2	788	2	211	0	119	4	180	186	239	3	1842
7	1	3	12	3	4	6	0	3	2	4	2	3	43
8	1	1	50	1	2	3	1	0	1	2	1	64	129
9	11	0	13	0	1	288	11	5	0	35	25	6	396
10	7	21	89	21	1	1	0	2	0	0	0	2	143
11	71	69	413	69	5	7	2	4	3	5	0	4	653
12	1	14	15	14	2	2	1	41	1	2	1	0	96
Totale	405	221	1847	696	305	1191	146	68	247	300	333	114	5874

Tabella 6-24: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2016 - Ipotesi Alta

6.7.2 IPOTESI BASSA

Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2016 nello scenario ipotesi bassa si è applicato un tasso di crescita del 1.0% semplice annuo

O\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	44	159	277	4	144	1	3	2	4	2	3	643
2	37	0	97	86	11	2	1	1	11	27	19	12	305
3	60	49	0	80	49	654	6	1	29	5	24	1	957
4	99	6	97	0	11	45	1	1	11	27	19	12	329
5	0	7	94	117	0	1	0	2	1	1	0	2	225
6	102	2	754	2	202	0	114	3	173	178	229	3	1.762
7	1	3	11	3	4	6	0	3	2	4	2	3	41
8	1	1	48	1	2	3	1	0	1	2	1	61	123
9	11	0	13	0	1	276	11	5	0	34	24	5	379
10	7	20	85	20	1	1	0	2	0	0	0	2	137
11	68	66	395	66	5	7	2	4	3	5	0	4	625
12	1	14	14	14	2	2	1	40	1	2	1	0	92
Totale	388	212	1.767	666	292	1.139	139	65	236	287	319	109	5.618

Tabella 6-25: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2016 - Ipotesi Bassa

6.8 ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2016

6.8.1 IPOTESI ALTA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2016) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2016) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2016 post operam - ipotesi alta. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.16) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	12.653	405	672
Sv1 – Sv2	15.301	501	713
Sv2 – Sv3	12.723	376	557
Sv3 – Sv4	9.894	195	453
Sv4 – Sv5	12.179	472	590
Sv5 - A19	19.271	567	821

**Tabella 6-26: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti
Stato di Progetto Anno 2016 Ipotesi Alta**

6.8.2 IPOTESI BASSA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2016) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2016) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2016 post operam - ipotesi bassa. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.17) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	12.103	387	643
Sv1 – Sv2	14.724	493	682
Sv2 – Sv3	12.168	373	533
Sv3 – Sv4	9.635	186	432
Sv4 – Sv5	11.846	451	562
Sv5 - A19	18.433	542	786

**Tabella 6-27: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti
Stato di Progetto Anno 2016 Ipotesi Bassa**

6.9 STIMA DEI VOLUMI DI TRAFFICO SULLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2026

La redazione dello studio del traffico prevede di sviluppare le analisi relativamente agli scenari progettuali confacenti agli archi temporali dei 10 anni (anno 2016) e dei 20 anni (anno 2026); si è quindi reso necessario sviluppare uno studio che fosse rappresentativo dello sviluppo insediativo e di mobilità che la riqualificazione della S.S. 640 di "Porto Empedocle" promuoverà nel territorio interessato dalla nuova infrastruttura.

Lo studio del traffico ha quindi analizzato lo sviluppo che ha interessato la provincia di Agrigento nel corso degli anni ma ha soprattutto focalizzato l'attenzione sullo sviluppo futuro in relazione alla realizzazione delle nuove infrastrutture in progetto. In particolar modo si è fatto riferimento ai futuri interventi sulla rete stradale extraurbana ed autostradale, fra questi emerge la riqualificazione della S.S.121/189 Palermo-Agrigento.

In particolare la riqualificazione della S.S.640, renderà più agevoli e veloci i collegamenti con le province di Agrigento, Caltanissetta ed Enna. Altri interventi di rilievo regionale in fase di studio o in corso di realizzazione sono:

- Il completamento dell'autostrada Siracusa – Gela, aperta al traffico solo per un tratto assai breve, per il quale è in corso di redazione la progettazione esecutiva di alcuni lotti a partire dallo svincolo di Cassibile, e sono stati appena consegnati i lavori di tre lotti.
- Il completamento dell'autostrada Siracusa - Catania;

- La riqualificazione della S.S.115 tra Castel Vetrano e Gela a percorso autostradale;
- Il prolungamento dell'autostrada A29 nel tratto fra Trapani e Mazara del Vallo attualmente allo studio.

Si è quindi proceduto alla stima della matrice origine destinazione e alla assegnazione dei volumi di traffico alla rete di progetto all'anno 2026 con la conseguente stima dei flussi sulla rete.

6.9.1 IPOTESI ALTA

Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2026 per lo scenario ipotesi alta si è applicato un tasso di crescita del 1.5% semplice annuo per i primi 10 anni poi ridotto prudenzialmente all'1 % semplice annuo per gli ulteriori 10 anni, data l'impossibilità di definire trend di crescita su orizzonti temporali così ampi.

O\ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	51	183	319	5	165	1	4	3	5	2	4	740
2	43	0	111	99	13	3	1	1	13	31	21	14	350
3	69	57	0	92	56	752	7	1	33	6	27	1	1.101
4	114	6	111	0	13	52	1	1	13	31	21	14	379
5	0	8	108	135	0	1	0	2	1	1	0	2	259
6	117	3	867	3	232	0	131	4	198	204	263	4	2.026
7	1	3	13	3	5	6	0	4	3	5	2	4	47
8	1	1	55	1	2	3	1	0	2	2	1	71	141
9	12	0	15	0	1	317	12	6	0	39	27	6	436
10	8	23	97	23	1	1	0	2	0	0	0	2	157
11	78	76	454	76	5	8	3	4	4	5	0	4	719
12	1	16	17	16	2	3	1	46	1	2	1	0	105
Totale	446	243	2.032	766	336	1.310	160	75	271	330	367	125	6.461

Tabella 6-28: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2026 - Ipotesi Alta

6.9.2 IPOTESI BASSA

Per la stima dell'analisi della matrice origine destinazione post operam all'anno 2026 per lo scenario ipotesi alta si è applicato un tasso di crescita del 1 % semplice annuo per i primi 10 anni poi ridotto prudenzialmente allo 0.5 % semplice annuo per gli ulteriori 10 anni, data l'impossibilità di definire trend di crescita su orizzonti temporali così ampi.

O\D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Totale
1	0	46	167	291	4	151	1	3	2	4	2	3	676
2	39	0	101	90	12	2	1	1	12	28	20	13	320
3	63	52	0	84	51	687	7	1	30	5	25	1	1.005
4	104	6	101	0	12	48	1	1	12	28	20	13	346
5	0	8	99	123	0	1	0	2	1	1	0	2	237
6	107	2	792	2	212	0	119	4	181	187	241	3	1.850
7	1	3	12	3	4	6	0	3	2	4	2	3	43
8	1	1	50	1	2	3	1	0	1	2	1	65	129
9	11	0	14	0	1	289	11	5	0	36	25	6	398
10	7	21	89	21	1	1	0	2	0	0	0	2	144
11	72	70	415	70	5	7	2	4	3	5	0	4	656
12	1	14	15	14	2	2	1	42	1	2	1	0	96
Totale	407	222	1.855	699	306	1.196	146	68	248	301	335	114	5.899

Tabella 6-29: Matrice OD Ora di punta 8,00 - 9,00 Stato di Progetto Anno 2026 - Ipotesi Bassa

6.10 ASSEGNAZIONE DEI VOLUMI DI TRAFFICO ALLA RETE STRADALE DI PROGETTO ANNO 2026

6.10.1 IPOTESI ALTA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2026) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2026) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2026 post operam - ipotesi alta. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.22) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	13.918	445	740
Sv1 – Sv2	16.643	561	783
Sv2 – Sv3	13.986	423	613
Sv3 – Sv4	10.516	218	509
Sv4 – Sv5	13.414	524	659
Sv5 - A19	21.198	623	903

**Tabella 6-30: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti
Stato di Progetto Anno 2026 Ipotesi Alta**

6.10.2 IPOTESI BASSA

L'assegnazione della domanda di trasporto (matrice O/D 2026) all'offerta (grafo dello stato di fatto 2026) ha permesso di definire, la rete rappresentativa dello stato di fatto e la stima dei volumi di traffico all'anno 2026 post operam - ipotesi bassa. La simulazione è stata espressa in veicoli equivalenti applicando un coefficiente di equivalenza pari a 2.5 per i mezzi pesanti e pari a 1 per i veicoli leggeri; si riportano di seguito (tabella 6.23) i valori in veicoli equivalenti relativi al TGM totale e al periodo dell'ora di punta dei vari tronchi stradali costituenti la SS 640.

Tronco N°	TGM Totale	Veicoli equivalenti / Ora di Punta	
		Dir Agrigento	Dir A19
Agrigento – Sv1	12.708	407	675
Sv1 – Sv2	15.366	504	716
Sv2 – Sv3	12.779	378	559
Sv3 – Sv4	9.936	199	456
Sv4 – Sv5	12.231	474	593
Sv5 - A19	19.355	569	825

**Tabella 6-31: Valori di TGM totale e dell' Ora di punta 8,00 - 9,00 in veicoli equivalenti
Stato di Fatto Anno 2026 Ipotesi Bassa**

7. CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO (LdS) E VERIFICHE DI CAPACITA' - CONFRONTO TRA LO SCENARIO ANTE OPERAM (ANNO 2006) E POST OPERAM (2026)

Tutte le verifiche dei Livello di Servizio degli archi stradali a 2 e 4 corsie, delle rampe di accesso e recesso dalle strade principali, dei tronchi di scambio e le intersezioni regolate con diritto di precedenza sono state effettuate con il software specialistico HCS2000 relativo all'HCM (Highway Capacity Manual). Nel dettaglio sono state eseguite le seguenti verifiche:

Stato di Fatto 2006 ante operam:

- Verifiche di capacità degli archi stradali della S.S. 640 di "Porto Empedocle" secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo per le strade extraurbane a 2 corsie (two way lane highways);
- Verifiche di capacità degli svincoli presenti sulla S.S. 640 di "Porto Empedocle" interessati dalla riqualificazione secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo per le intersezioni non semaforizzate (unsignalized intersections);

Stato di Progetto 2026 post operam - Ipotesi alta:

- Verifiche di capacità degli archi stradali della S.S. 640 di "Porto Empedocle" secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo per le strade extraurbane a 4 corsie (freeway segments);
- Verifiche di capacità degli svincoli presenti sulla S.S. 640 di "Porto Empedocle" interessati dalla riqualificazione secondo il metodo definito dall'Highway Capacity Manual 2000 relativamente alla procedura di calcolo delle rampe di accelerazione (ramps).

Occorre sottolineare infine che le verifiche di capacità ed il calcolo del livello di servizio non sono state effettuate per gli scenari di progetto post operam all'anno 2011 e 2016 e per gli scenari relativi all' ipotesi bassa pur avendo implementato anche per questi scenari l'intera procedura di assegnazione.

Si è ritenuto infatti sufficiente eseguire le verifiche per l'anno 2026 - ipotesi alta essendo il carico veicolare più gravoso e quindi tale da configurare scenari di maggior impatto in termini di flussi in transito.

7.1 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DEGLI SVINCOLI

Tutti gli svincoli tra l'asse principale della SS 640 riqualificata e le altre strade sono previsti a livelli sfalsati con piste di raccordo alla viabilità ordinaria di superficie complete e funzionanti con la sola manovra in destra mano.

Anche per quanto riguarda lo stato di fatto tutti gli svincoli sono a livelli sfalsati caratterizzati come sopra.

Le intersezioni presenti nell'elaborato relativo allo stato di fatto sono:

- Svincolo 1 (svincolo per Serradifalco)
- Svincolo 2 (svincolo per San Cataldo attraverso la SP 40)
- Svincolo 2 bis (svincolo per San Cataldo attraverso la SP 6)
- Svincolo 3 bis (svincolo per il raccordo con la SS 626 o tangenziale Sud)
- Svincolo 3 ter (svincolo per Caltanissetta Centro)
- Svincolo 4 (svincolo con la SS 122 bis)
- Svincolo 5 (svincolo con la SS 626)
- Svincolo 6 (svincolo con la A19)

Le intersezioni a livelli sfalsati previste nell'elaborato di progetto sono:

- Svincolo 1 (svincolo per Serradifalco)
- Svincolo 2 (svincolo per San Cataldo attraverso la SP 40)
- Svincolo 3 (svincolo di raccordo tra nuovo e vecchio tracciato)
- Svincolo 4 (svincolo con la SS 122 bis e raccordo tra nuovo e vecchio tracciato)
- Svincolo 5 (svincolo con la SS 626)
- Svincolo 6 (svincolo con la A19)

La verifica delle intersezioni sulla SS 640 riqualificata (stato di progetto) è stata effettuata secondo la procedura di calcolo del Livello di Servizio (LoS) per le rampe di ingresso e uscita (Ramp junctions merge and diverge analysis) su strade extraurbane

principali a carreggiate separate (Freeways) secondo il metodo HCM (Highways Capacity Manual versione 2000) utilizzando il software specialistico HCS 2000.

Le verifiche del livello di servizio delle rampe di accesso e degli svincoli relative allo stato di fatto sono stato effettuato invece utilizzando la procedura di calcolo per le intersezioni non semaforizzate (unsignalized intersections two-way stop controlled) secondo il metodo HCM (Highways Capacity Manual versione 2000) utilizzando il software specialistico HCS 2000.

I criteri fondamentali e la procedura di calcolo di Livello di Servizio sono riportati nei successivi paragrafi 8 e 9.

7.1.1 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 1

Lo svincolo 1 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati (svincolo a semiquadrifoglio) con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; le relazioni dei veicoli uscenti ed entranti dalla SS 640 con la viabilità locale (strada Grottarossa) avvengono tramite due intersezioni a T (vedi Figura 7-1).



Figura 7-1: Svincolo 1 - Stato di Fatto

La configurazione dello stato di progetto prevede uno svincolo a trombetta con corsie di accelerazione e decelerazione più lunghe rispetto alla configurazione dello stato di fatto (180 m - 200 m contro i 64 m della corsia di uscita lato Agrigento); le correnti veicolari che impegnano le rampe si relazionano alla viabilità locale attraverso una rotonda.



Figura 7-2: Svincolo 1 - Stato di Progetto

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

OD	SS 640 lato AG	SS 640 lato A19	Strada Grottarossa lato Nord	Totale
SS 640 lato AG	0	583	1	584
SS 640 lato A19	351	0	22	373
Strada Grottarossa lato Nord	1	14	0	15
Totale	352	597	23	972

Tabella 7-1: Matrice OD dello Svincolo 1 - OdP 8,00 - 9,00- Stato di Fatto Anno 2006

OD	SS 640 lato AG	SS 640 lato A19	Strada Grottarossa lato Nord	Totale
SS 640 lato AG	0	738	1	739
SS 640 lato A19	444	0	116	560
Strada Grottarossa lato Nord	1	44	0	45
Totale	445	782	117	1344

Tabella 7-2: Matrice OD dello Svincolo 1 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

Si riportano nella tabella seguente i risultati delle verifiche mettendo a confronto le prestazioni degli svincoli allo stato attuale e nella configurazione di progetto:

Rampa	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19	B	A
Accesso dir AG	B	A
Uscita prov AG		A
Uscita prov A19		A

Tabella 7-3: LoS; risultati a confronto delle verifiche

Il confronto dei livelli di servizio riportati in tabella 7-3 evidenzia il miglioramento delle prestazioni dello svincolo di progetto rispetto all'attuale (passaggio da un livello B ad A) pur a distanza di vent'anni.

7.1.2 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 2

Lo svincolo 2 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; di fatto questo svincolo nella configurazione dello stato di fatto risulta impegnato da flussi di traffico trascurabili essendo a servizio delle contrade limitrofe alla SS 640.

La verifica della Capacità e il calcolo del Livello di Servizio in questo caso è stato condotto per l'intersezione a raso della SP 5 posto circa 1300 m a Nord dello svincolo 2 tenendo conto della impossibilità di svolta a sinistra sia dalla principale che dalla secondaria.

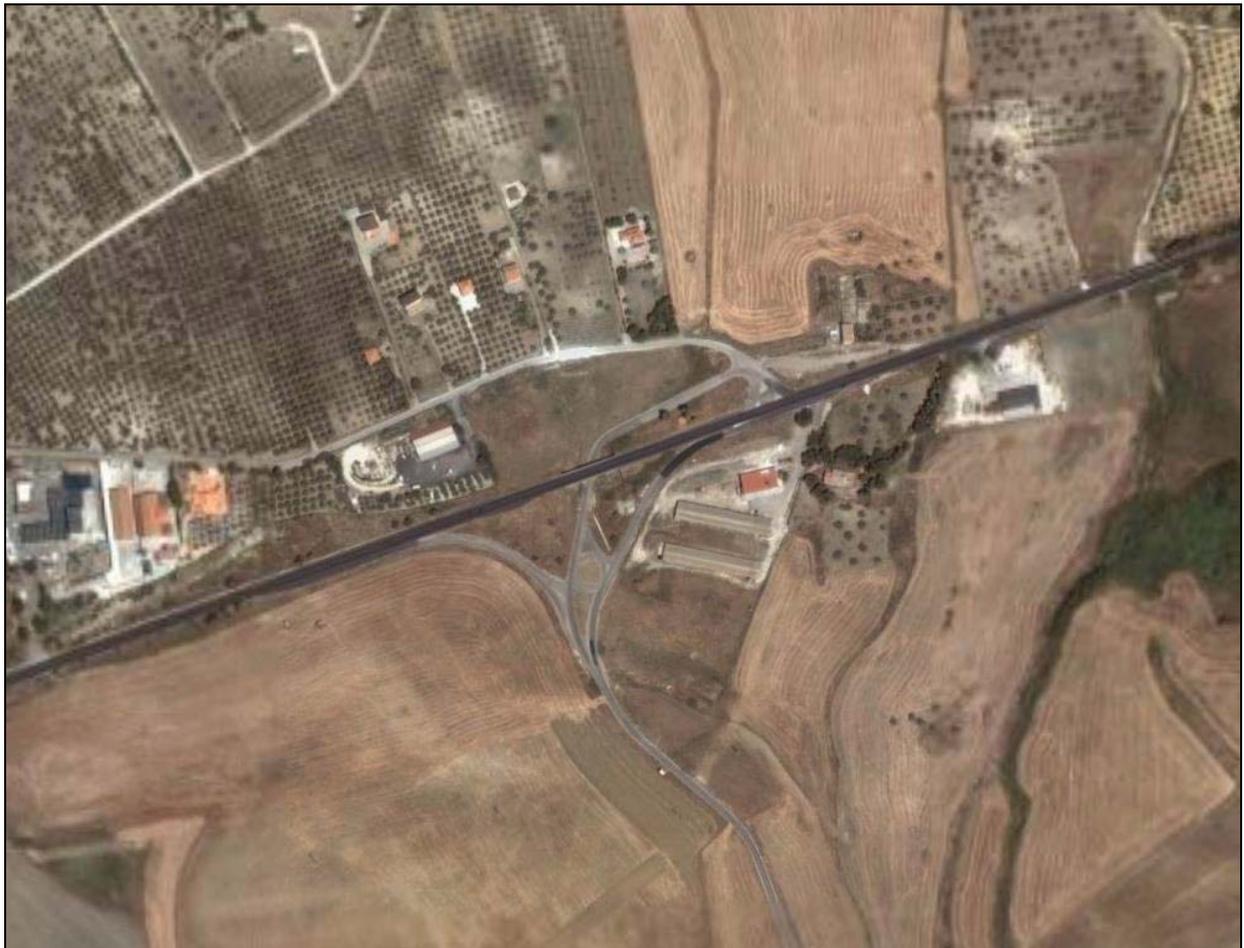


Figura 7-3: Svincolo 2 - Stato di Fatto

La configurazione dello stato di progetto prevede uno svincolo a trombetta con corsie di accelerazione e decelerazione più lunghe rispetto alla configurazione dello stato di fatto (180 m - 200 m); le correnti veicolari che impegnano le rampe si relazionano alla viabilità locale attraverso un sistema di tre rotatorie che smistano i flussi di traffico non solo generati / attratti dalle contrade limitrofe come avveniva nello stato di fatto ma anche della SP 5 e della SP 40.



Figura 7-4: Svincolo 2 - Stato di Progetto

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

OD	SS 640 lato AG	SS 640 lato A19	SP 5	Totale
SS 640 lato AG	0	598	0	598
SS 640 lato A19	359	0	0	359
SP 5	14	0	0	14
Totale	373	598	0	971

Tabella 7-4: Matrice OD dello Svincolo 2 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SP 5</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	513	170	683
<i>SS 640 lato A19</i>	423	0	1	424
<i>SP 5</i>	137	1	0	138
<i>Totale</i>	560	514	171	1245

Tabella 7-5: Matrice OD dello Svincolo 1 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

Rampa	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19	B	A
Accesso dir AG	B	A
Uscita prov AG		A
Uscita prov A19		A

Tabella 7-6: LoS; risultati a confronto delle verifiche

Il confronto dei livelli di servizio riportati in tabella 7-6 evidenzia il miglioramento delle prestazioni dello svincolo di progetto rispetto all'attuale (passaggio da un livello B ad A) pur a distanza di vent'anni.

7.1.3 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 2 bis

Lo svincolo 2 bis si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.

La configurazione allo Stato di Progetto prevede la rettifica fuori sede della S.S. 640 affiancandosi al vecchio tracciato che rimane in uso (tra lo svincolo 2 e 3) e la cui fruizione è imputabile ai soli utenti interessati alle relazioni strettamente locali.

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SP 6</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	467	130	597
<i>SS 640 lato A19</i>	303	0	257	560
<i>SP 6</i>	56	447	0	503
<i>Totale</i>	359	914	387	1660

Tabella 7-7: Matrice OD dello Svincolo 2 bis - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SP 6</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	10	1	11
<i>SS 640 lato A19</i>	10	0	264	274
<i>SP 6</i>	1	480	0	481
<i>Totale</i>	11	490	265	766

Tabella 7-8: Matrice OD dello Svincolo 2 bis - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

In questo caso la verifica viene omessa dal momento che il passaggio dalla configurazione dello stato di fatto a quella di progetto implica una diminuzione dei flussi che impegnano l'intersezione; questa rimane a servizio dei soli flussi locali senza l'interferenza del traffico passante.

7.1.4 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3

Dalla Km 54+200 andando in direzione della A19 il nuovo tracciato si discosta dal vecchio tracciato lasciandolo inizialmente sulla sinistra e by-passando lo svincolo 2bis come descritto nel paragrafo precedente e successivamente sulla destra by-passando lo svincolo per il raccordo con la SS 626 e lo svincolo di Caltanissetta centro;

Le relazioni veicolari tra il nuovo e il vecchio tracciato, che in questo tratto rimane funzionante e funzionale ai movimenti interni di Caltanissetta e a quelli interni esterni e viceversa, sono assicurate dallo Svincolo 3.

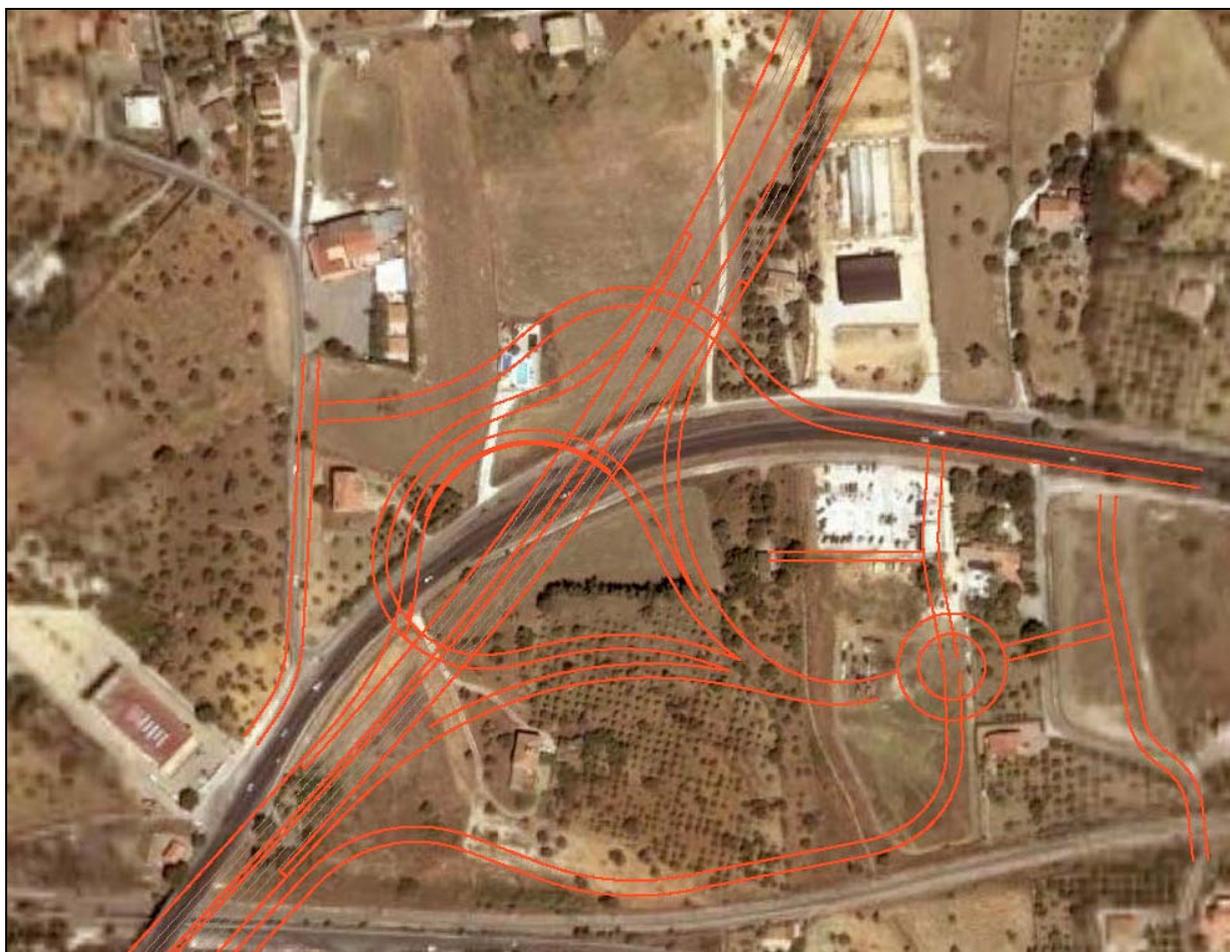


Figura 7-5: Svincolo 3 - Stato di Progetto

Si riporta di seguito la matrice O/D relativa all'intersezione allo stato di progetto Anno 2026:

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 vecchio tracciato</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	222	390	612
<i>SS 640 vecchio tracciato</i>	258	0	118	376
<i>SS 640 lato A19</i>	165	52	0	217
<i>Totale</i>	423	274	508	1205

Tabella 7-9: Matrice OD dello Svincolo 3 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

<i>Rampa</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19		A
Accesso dir AG		A
Uscita prov AG		A
Uscita prov A19		A

Tabella 7-10: LoS; risultati a confronto delle verifiche

In questo caso non è ovviamente possibile fare un confronto tra stato di fatto e stato di progetto ma solo evidenziare l'ottimo livello di servizio che presentano le rampe del nuovo svincolo.

7.1.5 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3bis

Lo svincolo 3 bis si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.

Non sono previste variazioni alla struttura dell'intersezione (vedi anche par 7.1.4) dal momento che il nuovo tracciato si discosta in questo punto dall'attuale.



Figura 7-6: Svincolo 3 bis - Stato di Fatto

Si riportano di seguito le matrici O/D relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>Raccordo per SS 626</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	451	463	914
<i>Raccordo per SS 626</i>	347	0	550	897
<i>SS 640 lato A19</i>	213	387	0	600
<i>Totale</i>	560	838	1013	2411

Tabella 7-11: Matrice OD dello Svincolo 3 bis - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>Raccordo per SS 626</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	560	195	755
<i>Raccordo per SS 626</i>	496	0	736	1232
<i>SS 640 lato A19</i>	144	551	0	695
<i>Totale</i>	640	1111	931	2682

Tabella 7-12: Matrice OD dello Svincolo 3 bis - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

<i>Rampa</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19	C	C
Accesso dir AG	B	B

Tabella 7-13: LoS; risultati a confronto delle verifiche

7.1.6 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 3 ter

Lo svincolo 3 ter si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; tale svincolo allo stato attuale serve le relazioni tra la SS 640, San cataldo (SP 29 e SS 122) e Caltanissetta Centro (via Leone XIII e viale della Regione Siciliana) costituendo in quest'ultimo caso l'accesso più diretto alla città tra gli svincoli che la servono.

Non sono previste variazioni nella configurazioni di progetto (il nuovo tracciato passa più ad ovest senza connessioni né con la SP 29 né con la SS 122).



Figura 7-7: Svincolo 3 ter - Stato di Fatto

Si riportano di seguito le matrici OVD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>Caltanissetta Centro</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	325	668	993
<i>SS 640 lato A19</i>	141	0	280	421
<i>Caltanissetta Centro</i>	458	129	0	587
<i>Totale</i>	599	454	948	2001

Tabella 7-14: Matrice OD dello Svincolo 3 ter - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>Caltanissetta Centro</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	0	932	932
<i>SS 640 lato A19</i>	12	0	354	366
<i>Caltanissetta Centro</i>	683	163	0	846
<i>Totale</i>	695	163	1286	2144

Tabella 7-15: Matrice OD dello Svincolo 3 ter - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

<i>Rampa</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19	A	A
Accesso dir AG	B	B

Tabella 7-16: LoS; risultati a confronto delle verifiche

7.1.7 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 4

Lo svincolo 4 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni; lo svincolo mette in relazione la SS 640 con la SS 122 bis che collega Caltanissetta con Santa Caterina Villarmosa e Resuttano.



Figura 7-8: Svincolo 4 - Stato di Fatto

Nella configurazione di progetto lo svincolo si presenta come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni e corsie di accelerazione e decelerazione più lunghe rispetto al precedente; le rampe di ingresso e uscita si interconnettono alla viabilità locale (SS 122 bis) tramite un sistema di due rotonde che sostituiscono le precedenti intersezioni non semaforizzate.



Figura 7-9: Svincolo 4 - Stato di Progetto

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SS 122 bis</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	417	36	453
<i>SS 640 lato A19</i>	345	0	29	374
<i>SS 122 bis</i>	76	26	0	102
<i>Totale</i>	421	443	65	929

Tabella 7-17: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640 lato AG</i>	<i>SS 640 lato A19</i>	<i>SS 122 bis</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640 lato AG</i>	0	472	36	508
<i>SS 640 lato A19</i>	210	0	313	523
<i>SS 122 bis</i>	7	186	0	193
<i>Totale</i>	217	658	349	1224

Tabella 7-18: Matrice OD dello Svincolo 4 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

<i>Rampa</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir A19	B	A
Accesso dir AG	B	A
Uscita prov AG		A
Uscita prov A19		A

Tabella 7-19: LoS; risultati a confronto delle verifiche

Il confronto dei livelli di servizio riportati in tabella 7-20 evidenzia il netto miglioramento delle prestazioni dello svincolo di progetto rispetto all'attuale (passaggio da un livello B ad A) pur a distanza di vent'anni.

7.1.8 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 5

Lo svincolo 5 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla SS 640 in entrambe le direzioni.



Figura 7-10: Svincolo 5 - Stato di Fatto

La configurazione dello stato di progetto prevede uno svincolo a trombetta con corsie di accelerazione e decelerazione più lunghe rispetto alla configurazione dello stato di fatto (180 m - 200 m contro i 64 m della corsia di uscita lato Agrigento)



Figura 7-11: Svincolo 5 - Stato di Progetto

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

OD	SS 640 lato AG	SS 626	SS 640 lato A19	Totale
SS 640 lato AG	0	1	444	445
SS 626	5	0	269	274
SS 640 lato A19	369	123	0	492
Totale	374	124	713	1211

Tabella 7-20: Matrice OD dello Svincolo 5 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

OD	SS 640 lato AG	SS 626	SS 640 lato A19	Totale
SS 640 lato AG	0	1	659	660
SS 626	6	0	244	250
SS 640 lato A19	518	105	0	623
Totale	524	106	903	1533

Tabella 7-21: Matrice OD dello Svincolo 5 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

Rampa	Livello di Servizio Stato di Fatto 2006	Livello di Servizio Stato di Progetto 2026
Accesso dir A19	B	A
Accesso dir AG	A	A
Uscita prov AG		A
Uscita prov A19		A

Tabella 7-22: LoS; risultati a confronto delle verifiche

Il confronto dei livelli di servizio riportati in tabella 7-23 evidenzia il netto miglioramento delle prestazioni dello svincolo di progetto rispetto all'attuale (passaggio da un livello B ad A) pur a distanza di vent'anni

7.1.9 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DELLO SVINCOLO 6

Lo svincolo 6 si presenta allo stato di fatto come un'intersezione a livelli sfalsati con rampe di accesso e di uscita che permettono la manovra in destra mano per l'immissione e l'uscita dalla autostrada A19 in entrambe le direzioni.



Figura 7-12: Svincolo 6 - Stato di Fatto

Il nuovo svincolo di Progetto ricalca la tipologia di quello dello stato di fatto ad eccezione dei raggi di curvatura delle rampe che sono stati aumentati per adattarli alla nuova tipologia di infrastruttura.



Figura 7-13: Svincolo 6 - Stato di Progetto

Si riportano di seguito le matrici OD relative all'intersezione sia allo stato di fatto Anno 2006 che allo stato di progetto Anno 2026:

OD	SS 640	A 19 lato CT	A 19 lato PA	Totale
SS 640	0	527	187	714
A 19 lato CT	294	0	500	794
A 19 lato PA	199	500	0	699
Totale	493	1027	687	2207

Tabella 7-23: Matrice OD dello Svincolo 6 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Fatto Anno 2006

<i>OD</i>	<i>SS 640</i>	<i>A 19 lato CT</i>	<i>A 19 lato PA</i>	<i>Totale</i>
<i>SS 640</i>	0	667	237	904
<i>A 19 lato CT</i>	372	0	633	1005
<i>A 19 lato PA</i>	252	633	0	885
<i>Totale</i>	624	1300	870	2794

Tabella 7-24: Matrice OD dello Svincolo 6 - OdP 8,00 - 9,00 - Stato di Progetto Anno 2026

Rampa	<i>Livello di Servizio Stato di Fatto 2006</i>	<i>Livello di Servizio Stato di Progetto 2026</i>
Accesso dir CT	B	B
Accesso dir PA	A	B
Uscita prov CT	A	B
Uscita prov PA	A	A

Tabella 7-25: LoS; risultati a confronto delle verifiche

Il confronto dei livelli di servizio riportati in tabella 7-26 evidenzia il miglioramento delle prestazioni dello svincolo di progetto rispetto all'attuale; infatti su un arco temporale ventennale abbiamo un livello di servizio costante (LoS=A per l'uscita e LoS=B per la pista di entrata) per quanto riguarda la direzione Catania e una diminuzione del LoS da A a B (Livello di Servizio comunque ottimale) per le manovre di ingresso e uscita dall' A19 in direzione Palermo

7.2 CALCOLO DEL LIVELLO DI SERVIZIO E VERIFICHE DI CAPACITA' DEI TRONCHI STRADALI

Il calcolo dei Livelli di servizio (LoS) è effettuato sui tratti omogenei per sezione, condizioni plano-altimetriche e carico veicolare dei vari tronchi della SS 640 sia relativamente allo stato di fatto (carreggiata unica con una corsia per senso di marcia) sia per quanto riguarda la SS 640 riqualificata a doppia corsia per senso di marcia e spartitraffico centrale, catalogabile come Categoria B “Strade Extraurbane Principali” in base alle nuove “Norme per le caratteristiche geometriche e funzionali delle strade” D.M. 5 Novembre 2001”. Dai rilievi effettuati e dalle elaborazioni effettuate sulla base dei dati ANAS, l’ora di massima punta considerata è quella della mattina ore 8,00-9,00; tale flusso bidirezionale dell’ora di punta è pari all’8,50% del Traffico giornaliero totale nelle due direzioni. La verifica è condotta in base ai volumi di traffico assegnati all’anno 2006 sui vari rami proiettati all’anno 2026 con incremento dell’1,5% annuo. La ripartizione auto - commerciali/pesanti è variabile tra un valore minimo del 96% - 4% nella tratta tra lo svincolo della SS 640 con il raccordo per la SS 626 e lo svincolo di Caltanissetta Centro dir A19 e un valore massimo dell’ 87% - 13% nel tratto compreso tra lo svincolo di Santa Caterina Villarmosa e lo svincolo con la SS 626 per Gela sempre dir A19, con i coefficienti di equivalenza auto / commerciali pesanti = 2.50 in considerazione dell’andamento plano-altimetrico e del tipo di sezione stradale. Tali valori sono stati considerati sia per lo stato di fatto (anno 2006) che per l’ipotesi progettuale proiettata nel 2026. La verifica è effettuata per tratti significativi omogenei così distinti:

- Tratto 1 dal km 44+000 al km 45+400
- Tratto 2 dal km 45+400 al km 51+900
- Tratto 3 dal km 51+900 al km 56+500
- Tratto 4 dal km 56+500 al km 59+000
- Tratto 5 dal km 59+000 al km 61+700
- Tratto 6 dal km 61+700 al km 63+900
- Tratto 7 dal km 63+900 al km 71+000
- Tratto 8 dal km 71+000 al km 72+100

per quanto riguarda lo stato di fatto

- Tratto 1 dal km 44+000 al km 45+400
- Tratto 2 dal km 45+400 al km 51+900
- Tratto 3 dal km 51+900 al km 56+500
- Tratto 4 dal km 56+500 al km 64+300
- Tratto 5 dal km 64+300 al km 70+300
- Tratto 6 dal km 70+300 al km 72+100

per quanto riguarda lo stato di progetto

La verifica di tali tratti sulla SS 640 riqualificata è stata effettuata secondo la procedura di calcolo della Capacità e del Livello di Servizio per le strade extraurbane principali a carreggiate separate (Freeways) secondo il metodo HCM (Highways Capacity Manual versione 2000) utilizzando il software specialistico HCS 2000. La verifica di tali tratti nell'elaborato relativo allo stato di fatto è stato effettuato invece utilizzando la procedura di calcolo della Capacità e del Livello di Servizio per le strade extraurbane secondarie (Two-Lane Highways) secondo il metodo HCM (Highways Capacity Manual versione 2000) utilizzando il software specialistico HCS 2000.

Tratto	Sezione Tipo	Rapporto Flusso / Capacità	Livello di Servizio
Tratto 1	C1	0.29	D
Tratto 2	C1	0.30	D
Tratto 3	C1	0.30	D
Tratto 3b	C1	0.43	D
Tratto 4	C1	0.48	D
Tratto 5	C1	0.27	D
Tratto 6	C1	0.25	C
Tratto 7	C1	0.36	D

Tabella 7-26: LoS dei tronchi stradali Stato di Fatto Anno 2006

Per quanto attiene lo stato di fatto 2006 le verifiche di capacità sulla S.S. 640 sono state realizzate nella direzione più caricata che nell'ora di punta 8:00-9:00 risulta

essere in direzione A19 (la procedura di calcolo implementata dall'HCM considera comunque l' entità del traffico nella direzione opposta). Diversamente per quanto attiene lo stato post operam 2026 le specificità della sezione tipo di progetto (tipo B) hanno reso necessario estendere le verifiche per entrambe le direzioni di marcia.

Tratto	Sezione Tipo	Direz Agrigento	Direz A19
Tratto 1	B	A	A
Tratto 2	B	A	A
Tratto 3	B	A	A
Tratto 4	B	A	A
Tratto 5	B	A	A
Tratto 6	B	A	A

Tabella 7-27: LoS dei tronchi stradali Stato di Progetto Anno 2026

Dall'analisi dei dati che scaturiscono dalle verifiche si osserva un significativo miglioramento in termini di livello di servizio che sale dal C-D dello stato di fatto a A dello stato di progetto, garantendo così, oltre ad una diminuzione complessiva dei tempi di percorrenza, anche una più bassa densità veicolare e conseguentemente una minore interazione tra i veicoli, a favore di un aumento generalizzato della sicurezza stradale.

I criteri fondamentali e la procedura di calcolo di Livello di Servizio sono riportati nei successivi paragrafi 10 e 11.

8. INDICATORI DI RETE

Di seguito si riporta i risultati degli indicatori di rete ottenuti considerando sia l'intera rete, sia la sola SS 640 a tutti gli orizzonti temporali oggetto di simulazioni:

	2006	2011	Diff	2016	Diff	2026	Diff
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/h)	1.104	1.087	-17	1.226	139	1.493	267
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/giorno)	12.701	12.534	-167	14.045	1.511	16.891	2.846
Veicoli_Legg*km/giorno	605.385	654.257	48.872	703.332	49.075	773.931	70.599
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/h)	96	95	-11	107	12	130	23
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/giorno)	1.104	1.090	-14	1.221	131	1.469	248
Veicoli_Pes*km/giorno	52.642	56.892	4250	61.159	4.267	67.298	6.139

Tabella 8-1: Intera rete OdP e TGM Ipotesi Alta

	2006	2011	Diff	2016	Diff	2026	Diff
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/h)	1.104	1.042	-62	1.141	99	1.236	95
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/giorno)	12.701	12.043	-658	13.094	1.051	14.155	1.061
Veicoli_Legg*km/giorno	605.385	638.940	33.555	673.243	34.303	706.373	33.130
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/h)	96	91	-5	99	8	108	9
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/giorno)	1.104	1.047	-57	1.139	92	1.231	92
Veicoli_Pes*km/giorno	52.642	55.560	2.918	58.543	2.983	61.424	2.881

Tabella 8-2: Intera rete OdP e TGM Ipotesi Bassa

	2006	2011	Diff	2016	Diff	2026	Diff
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/h)	489	215	-274	232	17	264	32
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/giorno)	5.503	2.790	-2.713	2.983	193	3.322	339
Veicoli_Legg*km/giorno	312.375	285.146	-27.229	301.521	16.375	328.729	27.208
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/h)	43	19	-24	20	1	23	3
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/giorno)	479	243	-236	259	16	289	30
Veicoli_Pes*km/giorno	27.163	24.795	-2.368	26.219	1.424	28.585	2.366

Tabella 8-3: SS 640 OdP e TGM Ipotesi Alta

	2006	2011	Diff	2016	Diff	2026	Diff
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/h)	489	210	-279	221	11	233	12
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Legg/giorno)	5.503	2.731	-2772	2.857	126	2.998	141
Veicoli_Legg*km/giorno	312.375	280.136	-32.239	290.913	10.777	302.816	11.903
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/h)	43	18	-25	19	1	20	1
<i>Tempo speso da flusso veicoli</i> h*(veicoli_Pes/giorno)	479	237	-242	248	11	261	13
Veicoli_Pes*km/giorno	27.163	24.360	-2.803	25.297	937	26.332	1.035

Tabella 8-4: SS 640 OdP e TGM Ipotesi Bassa

Sono inoltre stati calcolati gli indicatori seguenti limitatamente allo scenario Stato di fatto Anno 2006 e allo scenario Stato di Progetto 2026 - Ipotesi Alta

1) Risparmio in termini di km percorsi

Stato di fatto=29.940 km

Stato di Progetto=28.310 km

Differenza=1.63 km

2) Variazione della Velocità di percorrenza

Stato di Fatto dir AG=65 km/h

dir PA-CT=57 km/h

media=61 km/h

Stato di Progetto Anno 2026 Ipotesi Alta dir AG=87 km/h

dir PA-CT=81 km/h

media=84 km/h

3) Percorrenza media veicoli

Stato di Fatto Anno 2006 Ora di Punta=17.94 km

Stato di Progetto Anno 2026 Ora di Punta=16.54 km

Media=17.24 km

9. CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO DEI TRONCHI STRADALI (AUTOSTRADE E SUPERSTRADE)

Si riportano di seguito alcune indicazioni esplicative della **procedura di calcolo dei Livelli di Servizio (LoS) per i tratti stradali (autostrade e superstrade - Basic Freeway Segments)** secondo i metodi HCM (Highway Capacity Manual versione 2000); le procedure di calcolo sono sviluppate secondo la metodologia HCM, utilizzando il software specialistico HCS 2000 (Highway Capacity Software).

Le condizioni ideali sotto le quali si ha la massima capacità del tratto stradale in esame sono: condizioni atmosferiche buone, buona visibilità, assenza di eventi particolari (incidenti, blocchi o comunque condizioni perturbate).

Le relazioni tra velocità-flusso-densità veicolari su di un tronco stradale dipendono dalle condizioni di traffico prevalente e dall'infrastruttura stradale.

La metodologia assume che siano garantiti i seguenti standard:

- Larghezza delle corsie pari ad almeno 3,60 m;
- Distanza minima di 1,80 m tra il margine della corsia di marcia più esterna e il più vicino ostacolo che possa influenzare la circolazione stradale;
- Larghezza minima dello spartitraffico pari a 0,60 m;
- Traffico veicolare interamente costituito da autovetture (veicoli leggeri);
- Cinque o più corsie per senso di marcia (vale solo per aree urbane);
- Distanza tra uno svincolo ed un altro pari ad almeno 3 Km ;
- Terreno pianeggiante o con pendenza massima pari al 2%;
- Conducenti costituiti da pendolari (utilizzatori regolari del tronco stradale).

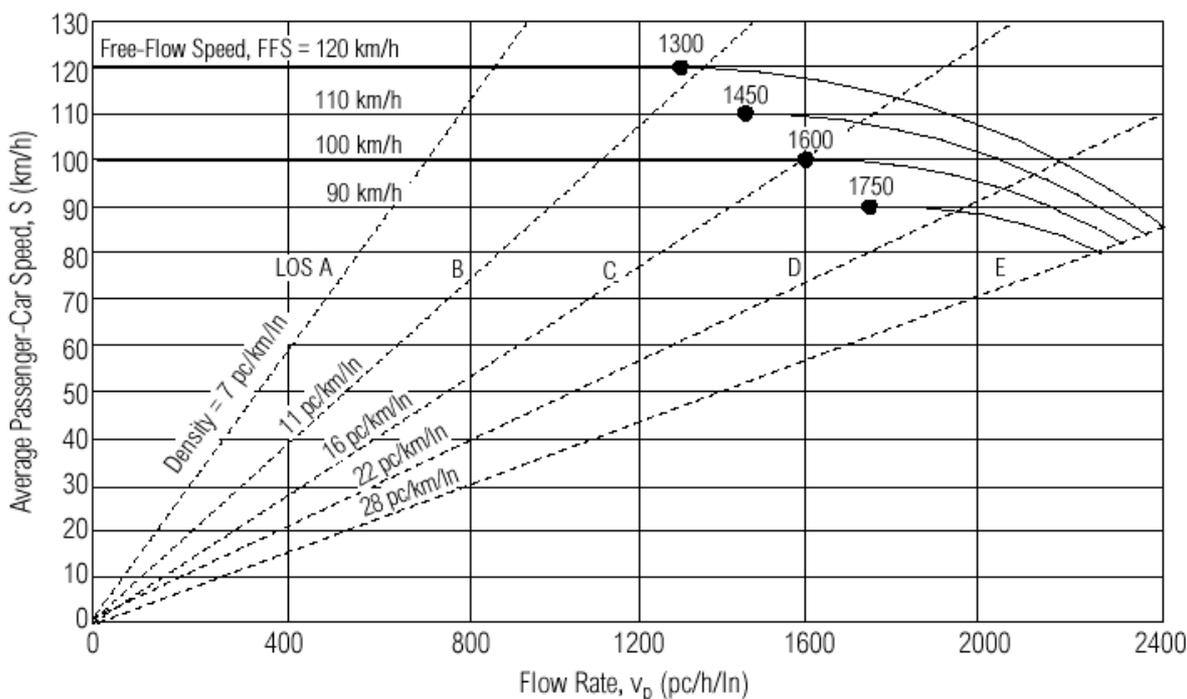
Queste condizioni *ideali* costituiscono un alto livello operativo del tronco stradale che permette velocità di flusso libero pari a 110 Km/h o maggiori. Per condizioni reali che si discostano dalla sovraesposta situazione *ideale* vengono applicati opportuni coefficienti di riduzione della velocità, della capacità e del livello di servizio.

Questa metodologia non può essere applicata nei seguenti casi:

- Corsie riservate a particolari tipologie di veicoli o ai mezzi pesanti ;
- Nei tratti in corrispondenza di ponti e delle gallerie lunghi;

- Nei tratti in prossimità dei caselli autostradali;
- Nei tratti con velocità a flusso libero sotto i 90 Km/h e sopra i 120 Km/h;
- Quando la domanda di spostamento è superiore alla capacità;
- In presenza di fenomeni quali blocchi del traffico o accodamenti a valle del tronco in esame;
- Limiti di velocità imposti, posti di blocco della polizia.

EXHIBIT 23-3. SPEED-FLOW CURVES AND LOS FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS



Note:

Capacity varies by free-flow speed. Capacity is 2400, 2350, 2300, and 2250 pc/h/ln at free-flow speeds of 120, 110, 100, and 90 km/h, respectively.

For $90 \leq \text{FFS} \leq 120$ and for flow rate (v_p)
 $(3100 - 15\text{FFS}) < v_p \leq (1800 + 5\text{FFS})$,

$$S = \text{FFS} - \left[\frac{1}{28} (23\text{FFS} - 1800) \left(\frac{v_p + 15\text{FFS} - 3100}{20\text{FFS} - 1300} \right)^{2.6} \right]$$

For $90 \leq \text{FFS} \leq 120$ and
 $v_p \leq (3100 - 15\text{FFS})$,
 $S = \text{FFS}$

La metodologia di analisi dei tronchi stradali consta di:

1. Acquisizione dei parametri geometrici dell'infrastruttura;

2. Acquisizione della velocità di flusso libero (FFS) misurata in sito o della velocità di base di flusso libero (BFFS) nel caso di valore stimato della FSS;
3. Acquisizione del volume di traffico;
4. Correzione del volume di traffico in relazione al fattore dell'ora di punta, alle caratteristiche dei conducenti, ai veicoli pesanti e al numero di corsie;
5. Correzione delle BFFS in relazione alle condizioni reali dell'infrastruttura;
6. Calcolo del flusso orario;
7. Definizione della curva velocità-flusso;
8. Determinazione della velocità veicolare mediante la curva velocità-flusso;
9. Calcolo della densità veicolare mediante la conoscenza del flusso e della velocità;
10. Determinazione del Livello di Servizio (LOS).

Livelli di Servizio (LoS)

Il "Livello di Servizio (LoS)" corrisponde ad una misura delle condizioni operative della strada ed indica, nella pratica, l'insieme di vari parametri oggettivi di circolazione e di funzionamento dell'insieme strada - veicolo così come vengono percepiti dall'utente.

Le condizioni operative delle strade possono essere caratterizzate da tre parametri prestazionali fondamentali:

- densità in termini di autoveicoli (veicoli equivalenti) per chilometro per corsia (pc/km/ln);
- velocità media degli autoveicoli (km/h);
- rapporto flusso/capacità (v/c).

Nella verifica col metodo HCM si fa riferimento al Livello di Servizio in termini di densità (numero di veicoli leggeri per chilometro per corsia – pc/km/ln).

Si distinguono 6 (sei) Livelli di Servizio decrescenti da A → B → C → D → E → F in cui (A) corrisponde alla situazione ideale, (B) LoS elevato, (C) medio-alto, (D) medio-basso, (E) inizio condizionamento, (F) saturazione.

La Tabella 23-2 dell’HCM riporta le corrispondenze tra i tre parametri presi come riferimento e i vari LOS.

EXHIBIT 23-2. LOS CRITERIA FOR BASIC FREEWAY SEGMENTS

Criteria	LOS				
	A	B	C	D	E
FFS = 120 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	120.0	120.0	114.6	99.6	85.7
Maximum v/c	0.35	0.55	0.77	0.92	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	840	1320	1840	2200	2400
FFS = 110 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	110.0	110.0	108.5	97.2	83.9
Maximum v/c	0.33	0.51	0.74	0.91	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	770	1210	1740	2135	2350
FFS = 100 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	100.0	100.0	100.0	93.8	82.1
Maximum v/c	0.30	0.48	0.70	0.90	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	700	1100	1600	2065	2300
FFS = 90 km/h					
Maximum density (pc/km/ln)	7	11	16	22	28
Minimum speed (km/h)	90.0	90.0	90.0	89.1	80.4
Maximum v/c	0.28	0.44	0.64	0.87	1.00
Maximum service flow rate (pc/h/ln)	630	990	1440	1955	2250

Note:

The exact mathematical relationship between density and v/c has not always been maintained at LOS boundaries because of the use of rounded values. Density is the primary determinant of LOS. The speed criterion is the speed at maximum density for a given LOS.

Per le **strade a più corsie per senso di marcia e carreggiate separate**, la velocità di percorrenza e la possibilità di manovra – ambedue correlati alla densità di traffico ($D = \text{pc/pkm/ln}$ o autovetture / km / corsia) - sono i fattori determinanti nella valutazione del Livello di Servizio. Al contrario della velocità, la densità aumenta all’aumentare del carico veicolare fino al raggiungimento della capacità della strada e del livello di saturazione che è uno stato della circolazione direttamente percepito dall’utente.

Per tale ragione la densità e la velocità a flusso libero sono assunte come parametro di base per la definizione del Livello di Servizio (LoS HCM – Basic Freeway Segments) come indicato dalla Tabella 23.2 HCM e dalla Figura 23.3 HCM. La Tabella HCM 23-3 mostra le relazioni tra velocità (speed), flusso (flow) e densità (density) per

tronchi autostradali *ideali* così come la definizione dei vari LOS sulla base dei vari intervalli di densità. Le relazioni tra LoS e densità sono riportate, in maniera sintetica, nella sottostante Tabella 1:

Tab. 1 HCM : Basic Freeways Segments

Relazione fra LoS e densità di traffico

Livello di Servizio LoS	Densità (pc / km / ln)
A	0 - 7
B	> 7 - 11
C	> 11 - 16
D	> 16 - 22
E	> 22 - 28
F	> 28

Determinazione della velocità di flusso libero (FFS)

La FFS è la velocità media delle autovetture misurata in una situazione di flusso da basso a moderato (fino a 1300 pc/h/ln). In questa situazione di flusso, per uno specifico tronco stradale, le velocità si possono considerare infatti costanti.

Per misurare la FFS in un tronco stradale possono essere utilizzati due metodi:

- misura diretta in sito della FFS
- calcolo della FFS mediante un procedimento di stima

Se vengono utilizzate misure direttamente effettuate in sito (vedi metodologia HCM), non sono necessarie correzioni alla velocità di flusso libero che può essere introdotto direttamente nelle formule di calcolo seguenti.

Se la misura della FFS non può essere presa direttamente in sito, essa può essere stimata indirettamente sulla base delle caratteristiche fisiche del tronco stradale

oggetto di studio. Queste caratteristiche fisiche includono la larghezza della carreggiata, il numero di corsie, la larghezza della banchina e la densità di svincoli (ossia il numero di svincoli per chilometro).

La seguente equazione viene utilizzata per stimare la velocità di flusso libero su di un tronco stradale in condizioni *ideali*.

$$FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_N - f_{ID} \quad (\text{HCM 23-1})$$

FFS = velocità a flusso libero calcolata (Km/h)

$BFFS$ = velocità a flusso libero ideale (110 Km/h per autostrade e superstrade urbane, 120 Km/h per autostrade e superstrade extraurbane)

f_{LW} = fattore di correzione per larghezza corsie (Km/h HCM Tab. 23.4)

f_{LC} = fattore di correzione per franco laterale (Km/h HCM Tab. 23.5)

f_N = fattore di correzione per numero di corsie (Km/h HCM Tab. 23.6)

f_{ID} = fattore di correzione per distanziamento intersezioni (Km/h HCM Tab. 23.7)

La stima della FFS non direttamente misurata in sito passa quindi attraverso la fase di correzione della BFFS mediante opportuni fattori dipendentemente dal tipo di elemento che influenza la stessa BFFS e cioè:

▪ La dimensione della corsia

La corsia ideale è di almeno 3.60 m.. Quando la larghezza media della corsia risulta essere inferiore a tale valore, la velocità ideale di flusso libero si riduce. Le correzioni da effettuarsi (in termini di riduzione di velocità (f_{LW}) sono riportate in Tab, 23-4 dell' HCM.

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LW} (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

▪ **Larghezza della banchina laterale e dello spartitraffico**

Le condizioni ideali della geometria delle banchine risultano essere di 1,80 m per la banchina laterale destra e di 0,60 m distanza dallo spartitraffico centrale a sinistra. Quando la larghezza della banchina laterale fosse inferiore a 1,80 m, la BFFS risulta ridotta. I coefficienti correttivi (f_{LC}) si trovano in Tabella 23-5 dell'HCM.

Non sono disponibili parametri di riduzione in caso di spartitraffico di larghezza inferiore a 0,60 m in quanto tali dimensioni sono alquanto rare sulle autostrade e superstrade.

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT-SHOULDER LATERAL CLEARANCE

Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, f_{LC} (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	≥ 5
≥ 1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

- **Numero di corsie**

La velocità media aumenta all'aumentare del numero delle corsie in quanto si stabiliscono delle correnti di traffico con velocità crescente da destra verso centro strada ed i conducenti hanno più ampio margine di manovrabilità.

Le corsie per la procedura in oggetto (condizioni *ideali*) sono 5 o più per senso di marcia (solo in area urbana). Qualora il numero di corsie fosse inferiore a 5, saranno applicati dei coefficienti di riduzione della velocità di flusso libero (f_N) riportati in Tabella 23.6 dell'HCM.

EXHIBIT 23-6. ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, f_N (km/h)
≥ 5	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

Note: For all rural freeway segments, f_N is 0.0.

- **Distanza e frequenza degli svincoli**

Se la densità degli svincoli supera il valore di 0,3 al Km (ossia uno svincolo ogni 3,3 Km), la velocità di base del flusso viene ridotta applicando dei coefficienti moltiplicativi (f_{ID}) secondo quanto riportato in Tabella 23.7 dell'HCM. La densità degli svincoli viene determinata in un tratto di 10 Km (5 Km a monte e 5 Km a valle) del tratto in cui il tronco oggetto di studio è situato. Per "svincoli" si intendono solo quelli in ingresso, mentre quelli in uscita non sono considerati nel computo della densità.

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, f_{ID} (km/h)
≤ 0.3	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1

Determinazione del flusso orario

Il flusso orario deve tenere conto dell'influenza del traffico pesante, delle variazioni del flusso del traffico all'interno di un'ora e le caratteristiche di guida dei conducenti.

Di tutti questi fattori si tiene conto modificando il volume orario (di solito espresso in veicoli/ora) tramite opportuni coefficienti per arrivare ad un flusso di veicoli equivalenti-ora (pc/h). La relazione interessata è la seguente (23-2):

$$V_P = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_P} \quad (\text{HCM 23-2})$$

dove:

v_p = flusso di veicoli equivalenti per un intervallo di 15 minuti (pc/h/corsia)

V = flusso orario totale (veh/h)

PHF = fattore dell'ora di punta

N = numero di corsie

f_{HV} = fattore di conversione per veicoli pesanti e pesanti da turismo

f_p = fattore di conversione dipendente dalle caratteristiche dei conducenti

- **Fattore dell'ora di punta (PHF)**

Il fattore dell'ora di punta rappresenta la variazione del flusso veicolare all'interno di un'ora. Osservazioni sul traffico indicano che il flusso trovato in un periodo di 15 minuti in un'ora non si mantengono in tutta l'ora. Il fattore PHF utilizzato nella (23-2) tiene conto di questo fenomeno. Sulle autostrade il valore del PHF si attesta con valori tra 0.80 e 0.95.

- **Correzione per veicoli pesanti**

Come già detto sulle autostrade viaggiano diverse tipologie di veicoli che devono essere omogeneizzate e rese pari ai veicoli equivalenti e quindi il flusso sarà determinato in termini di veicoli equivalenti per ora e per corsia. La correzione del flusso veicolare disomogeneo viene fatta tenendo conto del fattore f_{HV} . Tale fattore viene determinato mediante la seguente relazione (23-3)

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (\text{HCM 23-3})$$

dove:

f_{HV} = fattore di correzione veicoli pesanti

P_R P_T = percentuali di veicoli pesanti/bus e veicoli da turismo rispettivamente

E_R E_T = veicoli equivalenti per veicoli pesanti/bus e veicoli da turismo rispettivamente

Autobus e veicoli pesanti si comportano similmente nelle autostrade; essi saranno considerati come un'unica tipologia veicolare. Nella metodologia HCM viene anche considerata una categoria di veicoli turistici a traino e/o di prestazioni intermedie (RVs – Recreational Vehicles) che sono presenti in più modesta percentuale sulle strade europee.

L'effetto del traffico pesante sul traffico complessivo dipende dalle condizioni della strada : tronchi estesi, tratti in salita e tratti in discesa.

Tronchi stradali estesi: talvolta conviene considerare un tronco stradale composto da tratti pianeggianti, in discesa ed in salita come un unico tratto di caratteristiche uniformi. Questo perché le salite o discese, anche se contemporaneamente presenti in tale tronco, non sono tali da avere un effetto significativo sulle condizioni del flusso nel tronco in oggetto. In linea generale si può considerare uniforme un tratto stradale dove la pendenza sia del 3% o superiore ma su di una lunghezza inferiore a 0,5 Km oppure dove la pendenza è inferiore al 3% ma su di un tratto lungo al più 1 Km.

EXHIBIT 23-8. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS ON EXTENDED FREEWAY SEGMENTS

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
E_T (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
E_R (RVs)	1.2	2.0	4.0

La Tabella 23-8 mostra i coefficienti E_R (per veicoli pesanti da turismo) e E_T (per veicoli pesanti ed autobus).

La distinzione viene fatta per terreno pianeggiante (*level*) collinare (*rolling*) e montuoso (*mountainous*).

Pendenze specifiche : si applicano in tutti gli altri casi cioè per qualsiasi tratto di pendenza inferiore al 3% ma più lungo di 1 Km oppure per tratti con pendenza maggiore o uguale al 3% su tratti più lunghi di 0,5 Km.

La Tabella 23-9 permette di determinare E_T (per veicoli pesanti) ed E_R (veicoli pesanti da turismo) in funzione della lunghezza del tratto e della pendenza.

- **Correzione per le caratteristiche di guida dei conducenti**

L'approccio metodologico si basa sul fatto che gli utenti utilizzatori del tronco stradale siano utenti abituati all'uso di tale infrastruttura (pendolari). Si presume

infatti che il traffico occasionale/vacanziero utilizzi l'infrastruttura in maniera meno efficiente facendo calare quindi il Livello di Servizio. Per tenere conto di ciò si utilizza il fattore correttivo f_p che varia da 0,85 (forte componente di traffico occasionale) a 1,00 (traffico prevalentemente pendolare).

EXHIBIT 23-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E_T								
		Percentage of Trucks and Buses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
≥ 2-3	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.8-1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.2-1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.6-2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
> 3-4	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8-1.2	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.2-1.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 1.6-2.4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 2.4	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
> 4-5	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.8-1.2	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 1.2-1.6	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
> 5-6	0.0-0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 0.5-0.8	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
> 6	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.4-0.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.5-0.8	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	> 1.6	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

EXHIBIT 23-10. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR RVs ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E_R								
		Percentage of RVs								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
> 2-3	0.0-0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
> 3-4	0.0-0.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.4-0.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
> 4-5	0.0-0.4	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.8	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
> 5	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
	> 0.4-0.8	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> 0.8	6.0	4.5	4.0	4.5	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0

Determinazione del LoS

Individuato il tronco stradale da verificare, sulla base della velocità a flusso libero misurata o stimata e corretta (FFS) viene costruita una adeguata curva velocità/flusso (vedi figura 23.3 HCM). Sulla base del flusso orario v_p e delle curve di velocità di flusso libero si determina la velocità media dei veicoli (S).

Successivamente si calcola la densità secondo la relazione (23-4) di seguito riportata:

$$D = \frac{v_p}{S} \quad (\text{HCM 23-4})$$

dove:

D = densità di traffico (pc / km / ln = veicoli equivalenti / km / corsia)

v_p = flusso orario autovetture (pc/h/ln = veicoli equivalenti / ora / corsia)

S = velocità media oraria per le autovetture (km/h)

Il Livello di Servizio (LoS) per le autostrade e superstrade è determinato confrontando la densità calcolata con gli intervalli definiti in Tabella 23.2 HCM.

Il calcolo è sviluppato secondo la procedura indicata nel tabulato 23-16 seguente (BASIC FREEWAY SEGMENTS WORKSHEET) o utilizzando il software specifico HCS 2000.

EXHIBIT 23-16. BASIC FREEWAY SEGMENTS WORKSHEET

BASIC FREEWAY SEGMENTS WORKSHEET																						
<p>The graph plots Average Passenger-Car Speed (km/h) on the y-axis (40 to 130) against Flow Rate (pc/h/ln) on the x-axis (0 to 2400). It shows curves for different Levels of Service (LOS A, B, C, D, E) and Free-Flow Speeds (FFS) of 120, 110, 100, and 90 km/h. A dashed line represents the 20 pc/h/ln threshold.</p>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Application</th> <th>Input</th> <th>Output</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operational (LOS)</td> <td>FFS, N, v_p</td> <td>LOS, S, D</td> </tr> <tr> <td>Design (N)</td> <td>FFS, LOS, v_p</td> <td>N, S, D</td> </tr> <tr> <td>Design (v_p)</td> <td>FFS, LOS, N</td> <td>v_p, S, D</td> </tr> <tr> <td>Planning (LOS)</td> <td>FFS, N, AADT</td> <td>LOS, S, D</td> </tr> <tr> <td>Planning (N)</td> <td>FFS, LOS, AADT</td> <td>N, S, D</td> </tr> <tr> <td>Planning (v_p)</td> <td>FFS, LOS, N</td> <td>v_p, S, D</td> </tr> </tbody> </table>	Application	Input	Output	Operational (LOS)	FFS, N, v_p	LOS, S, D	Design (N)	FFS, LOS, v_p	N, S, D	Design (v_p)	FFS, LOS, N	v_p , S, D	Planning (LOS)	FFS, N, AADT	LOS, S, D	Planning (N)	FFS, LOS, AADT	N, S, D	Planning (v_p)	FFS, LOS, N	v_p , S, D
Application	Input	Output																				
Operational (LOS)	FFS, N, v_p	LOS, S, D																				
Design (N)	FFS, LOS, v_p	N, S, D																				
Design (v_p)	FFS, LOS, N	v_p , S, D																				
Planning (LOS)	FFS, N, AADT	LOS, S, D																				
Planning (N)	FFS, LOS, AADT	N, S, D																				
Planning (v_p)	FFS, LOS, N	v_p , S, D																				
Flow Rate (pc/h/ln)																						
General Information		Site Information																				
Analyst _____ Agency or Company _____ Date Performed _____ Analysis Time Period _____	Highway/Direction of Travel _____ From/To _____ Jurisdiction _____ Analysis Year _____																					
<input type="checkbox"/> Operational (LOS) <input type="checkbox"/> Design (N) <input type="checkbox"/> Design (v_p)		<input type="checkbox"/> Planning (LOS) <input type="checkbox"/> Planning (N) <input type="checkbox"/> Planning (v_p)																				
Flow Inputs																						
Volume, V _____ veh/h Annual avg. daily traffic, AADT _____ veh/day Peak-hour proportion of AADT, K _____ Peak-hour direction proportion, D _____ DDHV = AADT * K * D _____ veh/h Driver type <input type="checkbox"/> Commuter/Weekday <input type="checkbox"/> Recreational/Weekend	Peak-hour factor, PHF _____ % Trucks and buses, P_T _____ % RVs, P_R _____ General terrain <input type="checkbox"/> Level <input type="checkbox"/> Rolling <input type="checkbox"/> Mountainous Grade Length _____ km Up/Down _____ %																					
Calculate Flow Adjustments																						
f_p _____ E_T _____	E_R _____ $f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$ _____																					
Speed Inputs		Calculate Speed Adjustments and FFS																				
Lane width _____ m Rt.-shoulder lateral clearance _____ m Interchange density _____ /km Number of lanes, N _____ FFS (measured) _____ km/h Base free-flow speed, BFFS _____ km/h	f_{LW} _____ km/h f_{LC} _____ km/h f_{ID} _____ km/h f_N _____ km/h $FFS = BFFS - f_{LW} - f_{LC} - f_{ID} - f_N$ _____ km/h																					
LOS and Performance Measures																						
Operational (LOS) or Planning (LOS) $v_p = \frac{V \text{ or } DDHV}{PHF * N * f_{LW} * f_p}$ _____ pc/h/ln S _____ km/h D = v_p / S _____ pc/km/ln LOS _____ Design (v_p) or Planning (v_p) LOS _____ v_p _____ pc/h/ln $V = v_p * PHF * N * f_{HV} * f_p$ _____ veh/h S _____ km/h D = v_p / S _____ pc/km/ln	Design (N) or Planning (N) 1st Iteration N _____ assumed $v_p = \frac{V \text{ or } DDHV}{PHF * N * f_{LW} * f_p}$ _____ pc/h/ln LOS _____ Design (N) or Planning (N) 2nd Iteration N _____ assumed $v_p = \frac{V \text{ or } DDHV}{PHF * N * f_{LW} * f_p}$ _____ pc/h/ln S _____ km/h D = v_p / S _____ pc/km/ln LOS _____																					
Glossary		Factor Location																				
N - Number of lanes V - Hourly volume v_p - Flow rate LOS - Level of service DDHV - Directional design-hour volume	S - Speed D - Density FFS - Free-flow speed BFFS - Base free-flow speed	E_R - Exhibits 23-8, 23-10 f_{LW} - Exhibit 23-4 E_T - Exhibits 23-8, 23-9, 23-11 f_{LC} - Exhibit 23-5 f_p - Page 23-12 f_N - Exhibit 23-6 LOS, S, FFS, v_p - Exhibits 23-2, 23-3 f_{ID} - Exhibit 23-7																				

10. CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DELLE CORSIE DI ACCELERAZIONE - DECELERAZIONE - METODO HCM 2000 - HIGHWAY CAPACITY MANUAL.

Si riportano di seguito alcune indicazioni esplicative della **procedura di calcolo dei Livelli di Servizio (LoS) per le corsie di accesso e di uscita di tratti stradali** secondo i metodi HCM (Highway Capacity Manual versione 2000); la procedura di calcolo è sviluppata secondo la metodologia HCM utilizzando il software specialistico HCS 2000 (Highway Capacity Software).

La metodologia prevista per l'analisi delle corsie di accesso ed uscita dalle autostrade e/o superstrade ad accesso discretizzati/controllati prevede lo sviluppo dei seguenti punti:

1. Acquisizione della geometria della strada, del flusso veicolare, della velocità di flusso libero dei tratti sulla corsia;
2. Correzione dei volumi in considerazione del fattore dell'ora di punta, della presenza di veicoli pesanti e delle caratteristiche di guida dei conducenti;
3. Calcolo del flusso orario;
4. Analisi della domanda di flusso orario della zona immediatamente a monte della corsia di ingresso (o di uscita) relativamente alle corsie 1 e 2 dell'autostrada;
5. Calcolo della capacità:
6. Per corsie in ingresso: flusso totale dopo l'area di immissione e flusso totale che si immette nell'autostrada
7. Per corsie in uscita: flusso totale a monte della corsia in uscita, massimo flusso presente sulle corsie 1 e 2 prima della divergenza e calcolo capacità dei rami dell'autostrada
8. Calcolo della densità;
9. Calcolo del Livello di Servizio (LOS);
10. Eventuale calcolo della velocità all'interno del tronco influenzato dalle corsie di ingresso/uscita;

Nel caso in cui il flusso dopo l'immissione fosse superiore alla capacità del tronco autostradale il processo si ferma al punto (5) e viene assegnato un LoS tipo F (per corsie in ingresso).

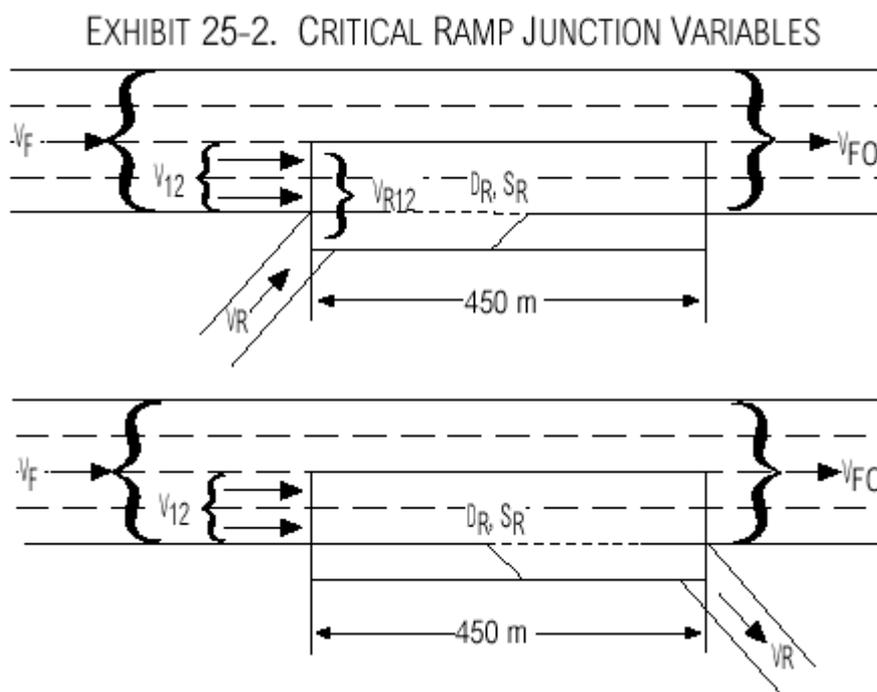
Nel caso in cui la capacità del tronco autostradale a monte e a valle della corsia di uscita oppure nel caso in cui la capacità della corsia di uscita sia superata dal flusso in uscita il processo si ferma al punto (5) e viene assegnato un LoS tipo F (per corsie in uscita).

La metodologia prevede tre passi fondamentali:

- la determinazione del flusso v_{12} presente sulle corsie prima delle corsie di ingresso/uscita;
- la determinazione della capacità considerando il flusso totale sull'autostrada a monte e a valle dell'ingresso/uscita dall'autostrada (v_F e v_{FO} rispettivamente), il flusso massimo su di una corsia (v_R) e il flusso totale percorrente il tronco autostradale influenzato dalla corsia in ingresso ed uscita (v_{R12} e v_{12} rispettivamente);
- la determinazione della densità di flusso sul tronco interessato dalla corsia di ingresso/uscita (D_R) e del conseguente livello di servizio.

Eventualmente si può stimare la velocità all'interno del tronco influenzato dalle corsie di ingresso/uscita (S_R); l'area di influenza è normalmente considerata nell'ordine dei 450 m.

La figura 25-2 mostra tutte le variabili poc'anzi descritte nei due casi di corsia di accesso e di recesso dall'autostrada.



Per tutte le computazioni utilizzate in questo procedimento si utilizza il flusso orario valutato in termini dei veicoli equivalenti o unità equivalenti per ora (pc/h) sulla base del flusso veicolare presente nei 15 minuti all'interno dell'ora di punta. L'equazione utilizzata è:

$$v_i = \frac{V_i}{PHF * f_{HV} * f_P} \quad (HCM 25-1)$$

dove:

v_i = flusso di veicoli equivalenti per la manovra i in un intervallo di 15 minuti (pc/h)

V_i = Volume orario totale per la manovra i (veh/h)

PHF = fattore dell'ora di punta

f_{HV} = fattore di conversione per veicoli pesanti/bus e veicoli da turismo

f_p = fattore di conversione dipendente dalle caratteristiche dei conducenti

I valori dei termini al denominatore sono specificati e determinati in maniera analoga a quanto descritto nella parte riguardante il criterio per il calcolo del Livello di Servizio dei tronchi stradali (HCM Section 23)

▪ **Livello di Servizio (LoS)**

Il Livello di Servizio (LoS) di un tronco di autostrada interessato dalla presenza di una corsia di ingresso o di uscita in autostrada viene determinato confrontando la densità calcolata con i valori illustrati in Tabella 25-4 dell’HCM. I Livelli di Servizio presi in considerazione sono quelli che vanno da A ad E in quanto il Livello di Servizio F prevede il superamento della capacità nel tronco autostradale (saturazione).

La densità viene valutata come numero di autoveicoli per chilometro per corsia (pc/km/ln)

EXHIBIT 25-4. LOS CRITERIA FOR MERGE AND DIVERGE AREAS

LOS	Density (pc/km/ln)
A	≤ 6
B	> 6–12
C	> 12–17
D	> 17–22
E	> 22
F	Demand exceeds capacity

VERIFICA DELLE CORSIE DI IMMISSIONE

- **Stima dei flussi che percorrono le corsie 1 e 2 (v_{12})**

Per il calcolo dei flussi che occupano le corsie 1 e 2 dell'autostrada nel tratto interessato dalla manovra di immissione si utilizzano le equazioni che sono riportate in Tabella 25-5 HCM. Le equazioni sono valide per autostrade a otto corsie (quattro per senso di marcia) e a sei corsie (tre per senso di marcia). Per quelle a quattro corsie (due per senso di marcia) si fa l'ovvia considerazione che $v_{12}=v_F$.

EXHIBIT 25-5. MODELS FOR PREDICTING v_{12} AT ON-RAMPS

$v_{12} = v_F * P_{FM}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FM} = 1.000$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.5775 + 0.000092L_A$ (Equation 1)
	$P_{FM} = 0.7289 - 0.0000135 (v_F + v_R) - 0.002048S_{FR} + 0.0002L_{up}$ (Equation 2)
	$P_{FM} = 0.5487 + 0.0801 v_D/L_{down}$ (Equation 3)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FM} = 0.2178 - 0.000125v_R + 0.05887L_A/S_{FR}$ (Equation 4)

Le variabili utilizzate nelle equazioni precedenti sono:

v_{12} = flusso orario nelle corsie 1 e 2 dell'autostrada nel tratto immediatamente a monte dell'area interessata dall'immissione (pc/h)

v_F = flusso orario sul tronco autostradale a monte dell'area di accesso (pc/h)

v_R = flusso orario sulla corsia di ingresso in autostrada (pc/h)

v_D = flusso orario sulla corsia di uscita a valle ed adiacente alla corsia di ingresso (pc/h)

P_{FM} = percentuale tra il flusso totale e quello che resta sulle corsie 1 e 2

L_A = lunghezza della corsia di accelerazione (m)

S_{FR} = velocità di flusso libero sulla corsia (km/h)

L_{up} = distanza della corsia a monte nelle adiacenze di quella da verificare (m)

L_{down} = distanza della corsia a valle nelle adiacenze di quella da verificare (m)

In generale si vede che il flusso che percorre le corsie 1 e 2 dell'autostrada è definito come una percentuale del flusso complessivo che percorre l'infrastruttura stradale. Nell'analisi delle autostrade a sei corsie (tre per senso di marcia) l'analisi è complicata in quanto può esserci la presenza di altre corsie (di ingresso o uscita) adiacenti a quella oggetto di studio. La Tabella 25-5 HCM mostra quali equazioni utilizzare dipendentemente dalla presenza o meno di queste corsie adiacenti.

EXHIBIT 25-6. SELECTING EQUATIONS FOR P_{FM} FOR SIX-LANE FREEWAYS

Adjacent Upstream Ramp	Subject Ramp	Adjacent Downstream Ramp	Equation(s) Used
None	On	None	Equation 1
None	On	On	Equation 1
None	On	Off	Equation 3 or 1
On	On	None	Equation 1
Off	On	None	Equation 2 or 1
On	On	On	Equation 1
On	On	Off	Equation 3 or 1
Off	On	On	Equation 2 or 1
Off	On	Off	Equation 3, 2, or 1

L'equazione (2) viene utilizzata nei casi in cui ci sia una corsia di uscita a monte che sia adiacente alla corsia oggetto di studio (adjacent upstream off-ramp); l'equazione (3) viene utilizzata nei casi di corsia di uscita a valle che sia adiacente alla corsia oggetto di studio (adjacent downstream off-ramp). Le corsie di ingresso (a monte o a valle) adiacenti alla corsia oggetto di studio non influenzano il comportamento della corsia sotto esame e pertanto la procedura prende in considerazione l'equazione (1).

Nei casi in cui esista una corsia di uscita a monte o a valle (o siano presenti entrambi) del tronco interessato dalla corsia di ingresso sotto esame, c'è da scegliere il tipo di equazione da preferire. L'elemento discriminante sarà il parametro di distanza di separazione (L_{EQ}) tra le corsie. Se la distanza tra le corsie è uguale o superiore a L_{EQ} si utilizzerà l'equazione (1). Se la distanza tra le corsie è inferiore a L_{EQ} si utilizzerà l'equazione (2) o (3). L_{EQ} è la distanza per la quale l'equazione (1) e le equazioni (2) e

(3) producono lo stesso valore di P_{FM} . Quindi, dove esiste una uscita adiacente a monte, si deve considerare l'equazione (2). Se l'equazione (2) è posta uguale all'equazione (1), L_{EQ} si determina come nella seguente (25-3):

$$L_{EQ} = 0,0675(v_F + v_R) + 0,46L_A + 10,24S_{FR} - 757 \quad (\text{HCM 25-3})$$

dove L_{EQ} = distanza di equilibrio quando l'equazione (1) è posta uguale alla (2) nella Tabella 25-5 (m). Se L_{up} è maggiore od uguale a L_{EQ} si utilizza l'equazione (1). In caso contrario si userà l'equazione (2). In maniera similare se deve essere fatta una scelta tra l'equazione (3) e (1) si deve calcolare L_{EQ} in questo modo:

$$L_{EQ} = \frac{v_D}{0,3596 + 0,001149L_A} \quad (\text{HCM 25-2})$$

dove:

L_{EQ} = distanza di equilibrio con quando l'equazione (1) è posta uguale all'equazione (3) nella Tabella 25-5 (m).

In questo caso, se la distanza con la corsia di uscita a valle è maggiore od uguale a L_{EQ} si usa l'equazione (1). In caso contrario ($L_{down} < L_{EQ}$) si utilizza l'equazione (3).

▪ **Determinazione della capacità**

La capacità di un'area di intersezione tra l'autostrada e la corsia di accesso dipende principalmente dalla capacità del tronco stradale a valle del raccordo di ingresso.

Per una corsia di ingresso il flusso che si immette nella zona di influenza include v_{12} e v_R .

Quindi il flusso complessivo che percorre la zona di influenza è:

$$v_{R12} = v_{12} + v_R$$

La Tabella 25-7 mostra la capacità tenendo conto del flusso ($v = v_F + v_R$) e i valori desiderabili per il flusso totale che percorre il tronco influenzato dalla corsia di accesso (v_{R12}).

Nell'analizzare un tronco stradale con corsia di immissione, possono verificarsi due ipotesi:

- la prima è che il flusso totale presente sulla strada (v) possa superare la capacità del tronco stradale a valle della zona di influenza della corsia di accesso. In questo caso si ottiene un Livello di Servizio F e si creano code anche a monte della corsia di ingresso.
- La seconda è che il flusso totale che si trova sulla corsia di accesso (v_{R12}) superi il massimo livello desiderabile ma il flusso totale (v) non supera la capacità del tronco stradale a valle. In questo caso ci si attendono alte densità localizzate ma non congestione.

EXHIBIT 25-7. CAPACITY VALUES FOR MERGE AREAS

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Downstream Freeway Flow, v (pc/h)				Max Desirable Flow Entering Influence Area, v_{R12} (pc/h)
	Number of Lanes in One Direction				
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4600
110	4700	7050	9400	2350/ln	4600
100	4600	6900	9200	2300/ln	4600
90	4500	6750	9000	2250/ln	4600

▪ **Determinazione del Livello di Servizio (LoS)**

Il criterio per la determinazione del LOS è la densità veicolare in corrispondenza dell'area di influenza della corsia di immissione. L'equazione che stima la densità risulta essere la seguente (25-5)

$$D_R = 3,402 + 0,00456v_R + 0,0048v_{12} - 0,01278L_A \quad (\text{HCM 25-5})$$

dove :

D_R = densità del tronco interessato dalla corsia di immissione (pc/km/ln)

v_R = flusso massimo dei 15 minuti sulla corsia (pc/h)

v_{12} = flusso complessivo contenuto nel tronco oggetto di studio (pc/h)

L_A = lunghezza della corsia di accelerazione (m)

VERIFICA DELLE CORSIE DI USCITA

La procedura per la verifica dei tratti stradali influenzati dalla corsia di uscita sono in buona parte le medesime di quelle viste per le corsie di ingresso.

Si determinano i flussi nelle corsie 1 e 2 (v_{12}), la capacità del tronco (V_F e v_{12}) e si determina la densità veicolare nel tronco influenzato dalla corsia di recesso. Le equazioni sono state opportunamente modificate in relazione al diverso tipo di manovra.

▪ **Stima dei flussi che percorrono le corsie 1 e 2 (v_{12})**

Le equazioni che determinano il flusso sulle corsie 1 e 2 risultano diverse da quelle utilizzate nella trattazione precedente in quanto il flusso v_{12} è determinato per un punto immediatamente a monte della corsia di decelerazione anche se questo punto si trova a monte o a valle dell'inizio dell'area di influenza della corsia in uscita e, secondariamente, in una manovra di recesso, il flusso v_{12} include v_R . Quindi, in generale, il modello considera v_{12} come la somma del flusso in uscita più una porzione del flusso che prosegue lungo la strada.

Tali equazioni vengono riportate in Tabella 25-12

EXHIBIT 25-12. MODELS FOR PREDICTING V_{12} AT OFF-RAMPS

$V_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$	
For 4-lane freeways (2 lanes each direction)	$P_{FD} = 1.00$
For 6-lane freeways (3 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.760 - 0.000025v_F - 0.000046v_R$ (Equation 5)
	$P_{FD} = 0.717 - 0.000039v_F + 0.184v_U/L_{up}$ (Equation 6)
	$P_{FD} = 0.616 - 0.000021v_F + 0.038v_D/L_{down}$ (Equation 7)
For 8-lane freeways (4 lanes each direction)	$P_{FD} = 0.436$ (Equation 8)

Le variabili utilizzate nelle equazioni precedenti sono:

v_{12} = flusso orario nelle corsie 1 e 2 dell'autostrada nel tratto immediatamente a monte dell'area interessata dal recesso (pc/h)

v_F = flusso orario sul tronco autostradale immediatamente a monte dell'uscita (pc/h)

v_R = flusso orario sulla corsia uscita dall'autostrada (pc/h)

v_U = flusso orario sulla corsia a monte ed adiacente alla corsia oggetto di verifica (pc/h)

v_D = flusso orario su di una corsia a valle ed adiacente alla corsia oggetto di verifica (pc/h)

P_{FD} = percentuale tra il flusso totale e quello che resta sulle corsie 1 e 2 a monte della corsia di decelerazione

L_{up} = distanza della corsia a monte nelle adiacenze di quella da verificare (m)

L_{down} = distanza della corsia a valle nelle adiacenze di quella da verificare (m)

La Tabella 25-12 mostra le equazioni da utilizzare nel caso di autostrada a 6 corsie (3 per ciascun senso di marcia), unico caso in cui si abbia incertezza nella scelta dell'equazione da utilizzare.

EXHIBIT 25-13. SELECTING EQUATIONS FOR P_{FD} FOR SIX-LANE FREEWAYS

Adjacent Upstream Ramp	Subject Ramp	Adjacent Downstream Ramp	Equation(s) Used
None	Off	None	Equation 5
None	Off	On	Equation 5
None	Off	Off	Equation 7 or 5
On	Off	None	Equation 6 or 5
Off	Off	None	Equation 5
On	Off	On	Equation 6 or 5
On	Off	Off	Equation 7, 6, or 5
Off	Off	On	Equation 5
Off	Off	Off	Equation 7 or 5

Nelle autostrade a sei corsie, infatti, l'analisi è complicata dal fatto che la presenza di corsie adiacenti a quella in oggetto può influenzare il comportamento della corsia di recesso oggetto di studio. L'equazione 6 viene utilizzata nei casi di una corsia di accesso nelle vicinanze (a monte) della corsia oggetto di studio; l'equazione (7) si utilizza nei casi di una corsia di uscita a valle posta nelle adiacenze della corsia sotto analisi. Se nelle adiacenze dell'area interessata dalla corsia di decelerazione oggetto di studio si trova una corsia di uscita (a monte) o una di ingresso (a valle) essa non ne influenza l'analisi e si procede utilizzando l'equazione (5).

Dove invece esiste una corsia di ingresso a monte o una corsia di uscita a valle (o entrambe) c'è il problema di scelta tra l'utilizzo dell'equazione (6),(7) oppure la (5). Ancora una volta si deve prendere in considerazione il parametro L_{EQ} . Se la distanza tra le corsie è maggiore od uguale a L_{EQ} si deve sempre utilizzare l'equazione (5). Se la distanza tra le corsie è minore di L_{EQ} , si deve utilizzare l'equazione (6) o (7).

L_{EQ} è la distanza per la quale le equazioni (5) e le equazioni (6) o (7), se appropriate, danno lo stesso valore di P_{FD} . Quindi dove esiste una corsia di ingresso nelle adiacenze (a monte) della corsia in uscita sotto analisi, si deve considerare l'equazione (6). Se l'equazione (6) è posta uguale all'equazione (5) ne deriva la seguente equazione 25-8:

$$L_{EQ} = \frac{v_U}{0,2337 + 0,000076v_F - 0,00025v_R} \quad (\text{HCM 25-8})$$

dove la L_{EQ} è la distanza di equilibrio quando l'equazione (5) è posta uguale alla equazione (6) della Tabella 25-12. Se L_{UP} è maggiore o uguale a L_{EQ} si usa l'equazione (5). Se $L_{UP} < L_{EQ}$ si usa l'equazione (6). Una analisi simile viene condotta in presenza di una corsia in uscita a valle e nelle adiacenze della corsia oggetto di studio.

$$L_{EQ} = \frac{V_D}{3,79 - 0,00011V_F - 0,00025V_R} \quad (\text{HCM 25-9})$$

dove L_{EQ} è la distanza di equilibrio quando l'equazione (5) è posta uguale all'equazione (7) della Tabella 25-12. In questo caso se la distanza dalla corsia di uscita nelle adiacenze a valle della corsia oggetto di studio è maggiore od uguale a L_{EQ} ($L_{down} \geq L_{EQ}$) si utilizza l'equazione (5). Se, per contro, $L_{down} < L_{EQ}$.

▪ **Determinazione della capacità**

I tre parametri che devono essere valutati in una corsia di decelerazione sono il flusso totale che si approssima alla corsia di decelerazione, la capacità della corsia di decelerazione e il flusso massimo che può transitare sulle corsie 1 e 2 appena prima della corsia di decelerazione.

La Tabella 25-14 mostra la capacità per un flusso complessivo v_F che si avvicina alla corsia di uscita dall'autostrada e il valore massimo del flusso sulle corsie 1 e 2.

- Il tronco stradale interessato dalla manovra di uscita non risulta verificato (LoS pari a F) quando risulta una delle seguenti condizioni:
- La capacità del tronco stradale a monte della divergenza è superata dal flusso veicolare;
- La capacità del tronco stradale a valle della divergenza è superata dal flusso che prosegue (cioè che non effettua la manovra di uscita);
- La capacità della corsia di decelerazione è superata dal flusso in uscita.

Quando il flusso che si approssima al tronco di uscita (v_{12}) supera il livello massimo desiderabile (Tabella 25-14 ultima colonna) ma il flusso totale non eccede la capacità

complessiva dell'infrastruttura, si registrano localmente alte densità veicolari ma si mantiene un flusso stabile, senza fenomeni di accodamento.

▪ **Determinazione del Livello di Servizio (LoS)**

EXHIBIT 25-20. RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET

RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET									
General Information					Site Information				
Analyst _____					Freeway/Direction of Travel _____				
Agency or company _____					Junction _____				
Date Performed _____					Jurisdiction _____				
Analysis Time Period _____					Analysis Year _____				
<input type="checkbox"/> Operational (LOS)		<input type="checkbox"/> Design (L _A , L _D , or N)			<input type="checkbox"/> Planning (LOS)			<input type="checkbox"/> Planning (L _A , L _D , or N)	
Inputs									
Upstream Adjacent Ramp		Terrain _____				Downstream Adjacent Ramp			
<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> On						<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> On			
<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Off						<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Off			
L _{up} = _____ m						L _{down} = _____ m			
V _u = _____ veh/h						V _D = _____ veh/h			
		S _{FF} = _____ km/h		S _{FR} = _____ km/h					
Sketch (show lanes, L _A , L _D , V _R , V _F)									
Conversion to pc/h Under Base Conditions									
(pc/h)	AADT (veh/day)	K	D	V (veh/h)	PHF	% HV	f _{HV}	f _p	$v = \frac{V}{PHF f_{HV} f_p}$
v _F									
v _R									
v _U									
v _D									
Merge Areas					Diverge Areas				
Estimation of v₁₂					Estimation of v₁₂				
$v_{12} = v_F * P_{FM}$					$v_{12} = v_R + (v_F - v_R)P_{FD}$				
L _{EQ} = _____ (Equation 25-2 or 25-3)					L _{EQ} = _____ (Equation 25-8 or 25-9)				
P _{FM} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-5)					P _{FD} = _____ using Equation _____ (Exhibit 25-12)				
v ₁₂ = _____ pc/h					v ₁₂ = _____ pc/h				
Capacity Checks					Capacity Checks				
	Actual	Maximum	LOS F?		Actual	Maximum	LOS F?		
v _{FD}		See Exhibit 25-7		v _{F1} = v _F		See Exhibit 25-14			
				v ₁₂		4400: All			
v _{R12}		4600: All		v _{FD} = v _F - v _R		See Exhibit 25-14			
				v _R		See Exhibit 25-3			
Level-of-Service Determination (if not F)					Level-of-Service Determination (if not F)				
$D_R = 3.402 + 0.00456 v_R + 0.0048 v_{12} - 0.01278 L_A$					$D_R = 2.642 + 0.0053 v_{12} - 0.0183 L_D$				
D _R = _____ pc/km/ln					D _R = _____ pc/km/ln				
LOS = _____ (Exhibit 25-4)					LOS = _____ (Exhibit 25-4)				
Speed Estimation					Speed Estimation				
M _s = _____ (Exhibit 25-19)					D _s = _____ (Exhibit 25-19)				
S _R = _____ km/h (Exhibit 25-19)					S _R = _____ km/h (Exhibit 25-19)				
S ₀ = _____ km/h (Exhibit 25-19)					S ₀ = _____ km/h (Exhibit 25-19)				
S = _____ km/h (Equation 25-14)					S = _____ km/h (Equation 25-15)				

Il criterio di determinazione del Livello di Servizio per le zone in prossimità di un'uscita autostradale è basato, come già detto, sulla densità veicolare. Analiticamente la densità viene espressa:

$$D_R = 2,642 + 0,0053 v_{12} - 0,0183L_D$$

(HCM 25-10)

dove :

D_R = densità del tronco interessato dalla corsia di uscita (pc/km/ln)

v_{12} = flusso complessivo contenuto nel tronco oggetto di studio (pc/h)

L_A = lunghezza della corsia di decelerazione (m).

Al solito, la densità non viene calcolata quando si ricade in uno dei tre casi specificati al precedente paragrafo; se ci si trovasse in questa situazione, al tronco viene assegnato un LoS pari ad F.

Una precisazione si rende necessaria: essendo pari a 450 m la zona interessata dalle manovre di accesso e di recesso (fig. 25-2) è possibile che in una autostrada vi siano

EXHIBIT 25-14. CAPACITY VALUES FOR DIVERGE AREAS

Freeway Free-Flow Speed (km/h)	Maximum Upstream, v_{FI} or Downstream Freeway Flow, v (pc/h)				Max Flow Entering Influence Area, v_{12} (pc/h)
	Number of Lanes in One Direction				
	2	3	4	> 4	
120	4800	7200	9600	2400/ln	4400
110	4700	7050	9400	2350/ln	4400
100	4600	6900	9200	2300/ln	4400
90	4500	6750	9000	2250/ln	4400

Note:

For capacity of off-ramp roadways, see Exhibit 25-3.

zone di sovrapposizione; in questo caso la verifica dovrà essere effettuata sul tronco avente maggiore densità.

PROCEDURA DI CALCOLO

Il calcolo dei Livelli di Servizio (LoS) sulle corsie di entrata/uscita è sviluppato secondo la procedura HCM (EXHIBIT 25-20 RAMPS AND RAMP JUNCTIONS WORKSHEET) e/o mediante l'utilizzo del software specialistico HCS 2000.

11. CRITERI DI CALCOLO DEI LIVELLI DI SERVIZIO - STRADE A DUE CORSIE (TIPO C - METODO HCM 2000 - HIGHWAY CAPACITY MANUAL).

Si riportano di seguito alcune indicazioni esplicative della **procedura di calcolo dei Livelli di Servizio (LoS) per strade extraurbane a due corsie** (Two Lane Highways) secondo i metodi HCM (Highway Capacity Manual versione 2000); la procedura di calcolo è sviluppata secondo la metodologia HCM utilizzando il software specialistico HCS 2000 (Highway Capacity Software).

La metodologia prevista per l'analisi di tale tipologia stradale prevede lo sviluppo dei seguenti punti:

DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' MEDIA DI PERCORRENZA (ATS)

- 1) Determinazione del fattore di correzione dovuto alla pendenza (f_g); I valori di tale fattore sono elencati in **Tab 20-7**

EXHIBIT 20-7. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_g) TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.71
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.93
> 1200	> 600	1.00	0.99

- 2) Calcolo del fattore di correzione relativo al traffico pesante (f_{HV}) utilizzando la **Tab 20-9** e l'**equazione 11-1**

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (11-1)$$

P_T = percentuale di traffico pesante espresso in decimi

P_R = percentuale di veicoli ad uso turistico (camper, roulotte, ecc.) espresso in decimi

E_T = fattore di equivalenza per veicoli pesanti

E_R = fattore di equivalenza per veicoli ad uso turistico

EXHIBIT 20-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVs TO DETERMINE SPEEDS ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.7	2.5
	> 600-1,200	> 300-600	1.2	1.9
	> 1,200	> 600	1.1	1.5
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.1
	> 600-1,200	> 300-600	1.0	1.1
	> 1,200	> 600	1.0	1.1

3) Calcolo del flusso orario V_p

$$V_p = \frac{V}{PHF * f_g * f_{HV}} \quad (11-2)$$

PHF= fattore dell'ora di punta

f_g =vedi punto 1

f_{HV} =vedi punto 2

4) Calcolo del flusso orario nella direzione più caricata

5) Verifica di Capacità:

Volume di traffico bidirezionale, $V_p < 3200$ ve/h

Volume di traffico sulla direzione più caricata < 1700 ve/h

6) Calcolo della velocità di flusso libero FFS attraverso **Tab 20-5 e 20-6** e attraverso **l'equazione 11-3**

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (11-3)$$

BFFS= velocità a flusso libero di base

f_{LS} = fattore correttivo per larghezza di corsia e banchina

f_A = fattore correttivo che tiene conto della densità degli accessi

EXHIBIT 20-5. ADJUSTMENT (f_{LS}) FOR LANE WIDTH AND SHOULDER WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in FFS (km/h)			
	Shoulder Width (m)			
	$\geq 0.0 < 0.6$	$\geq 0.6 < 1.2$	$\geq 1.2 < 1.8$	≥ 1.8
2.7 < 3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
$\geq 3.0 < 3.3$	8.5	5.9	3.8	1.7
$\geq 3.3 < 3.6$	7.5	4.9	2.8	0.7
≥ 3.6	6.8	4.2	2.1	0.0

EXHIBIT 20-6. ADJUSTMENT (f_A) FOR ACCESS-POINT DENSITY

Access Points per km	Reduction in FFS (km/h)
0	0.0
6	4.0
12	8.0
18	12.0
≥ 24	16.0

7) Calcolo della velocità media di percorrenza attraverso **Tab 20-11** e l'**equazione 11-4**

$$ATS = FFS - 0.0125V_p - f_{NP} \quad (11-4)$$

FFS = velocità di flusso libero

V_p = flusso orario

f_{NP} = fattore di correzione che tiene conto della percentuale di zone in cui non è permesso il sorpasso

EXHIBIT 20-11. ADJUSTMENT (f_{np}) FOR EFFECT OF NO-PASSING ZONES ON AVERAGE TRAVEL SPEED ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Demand Flow Rate, v_p (pc/h)	Reduction in Average Travel Speed (km/h)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	0.0	1.0	2.3	3.8	4.2	5.6
400	0.0	2.7	4.3	5.7	6.3	7.3
600	0.0	2.5	3.8	4.9	5.5	6.2
800	0.0	2.2	3.1	3.9	4.3	4.9
1000	0.0	1.8	2.5	3.2	3.6	4.2
1200	0.0	1.3	2.0	2.6	3.0	3.4
1400	0.0	0.9	1.4	1.9	2.3	2.7
1600	0.0	0.9	1.3	1.7	2.1	2.4
1800	0.0	0.8	1.1	1.6	1.8	2.1
2000	0.0	0.8	1.0	1.4	1.6	1.8
2200	0.0	0.8	1.0	1.4	1.5	1.7
2400	0.0	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7
2600	0.0	0.8	1.0	1.3	1.4	1.6
2800	0.0	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4
3000	0.0	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3
3200	0.0	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1

DETERMINAZIONE DELLA PERCENTUALE DI TEMPO PERSO NELL' ACCODAMENTO (PTSF)

- 8) Determinazione del fattore di correzione dovuto alla pendenza(f_g); i valori di tale fattore sono elencati in **Tab 20-8**

EXHIBIT 20-8. GRADE ADJUSTMENT FACTOR (f_G) TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
		Level	Rolling
0-600	0-300	1.00	0.77
> 600-1200	> 300-600	1.00	0.94
> 1200	> 600	1.00	1.00

- 9) Calcolo del fattore di correzione relativo al traffico pesante (f_{HV}) per determinare utilizzando la **Tab 20-10** e l'**equazione 11-1**

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (11-1)$$

EXHIBIT 20-10. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND RVS TO DETERMINE PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY AND DIRECTIONAL SEGMENTS

Vehicle Type	Range of Two-Way Flow Rates (pc/h)	Range of Directional Flow Rates (pc/h)	Type of Terrain	
			Level	Rolling
Trucks, E_T	0-600	0-300	1.1	1.8
	> 600-1,200	> 300-600	1.1	1.5
	> 1,200	> 600	1.0	1.0
RVs, E_R	0-600	0-300	1.0	1.0
	> 600-1,200	> 300-600	1.0	1.0
	> 1,200	> 600	1.0	1.0

10) Calcolo del flusso orario V_p

$$V_p = \frac{V}{PHF * f_G * f_{HV}} \quad (11-2)$$

11) Calcolo del flusso orario nella direzione più caricata

12) Verifica di Capacità:

Volume di traffico bidirezionale, $V_p < 3200$ veq/h

Volume di traffico sulla direzione più caricata < 1700 veq/h

13) Calcolo PTSF (percent time spent following) di base attraverso l'equazione

$$BPTSF = 100(1 - e^{-0.000879V_p}) \quad (11-5)$$

V_p = flusso orario

14) Calcolo del PTSF (percent time spent following) attraverso la **Tab 20-12** e attraverso l'equazione **11-6**

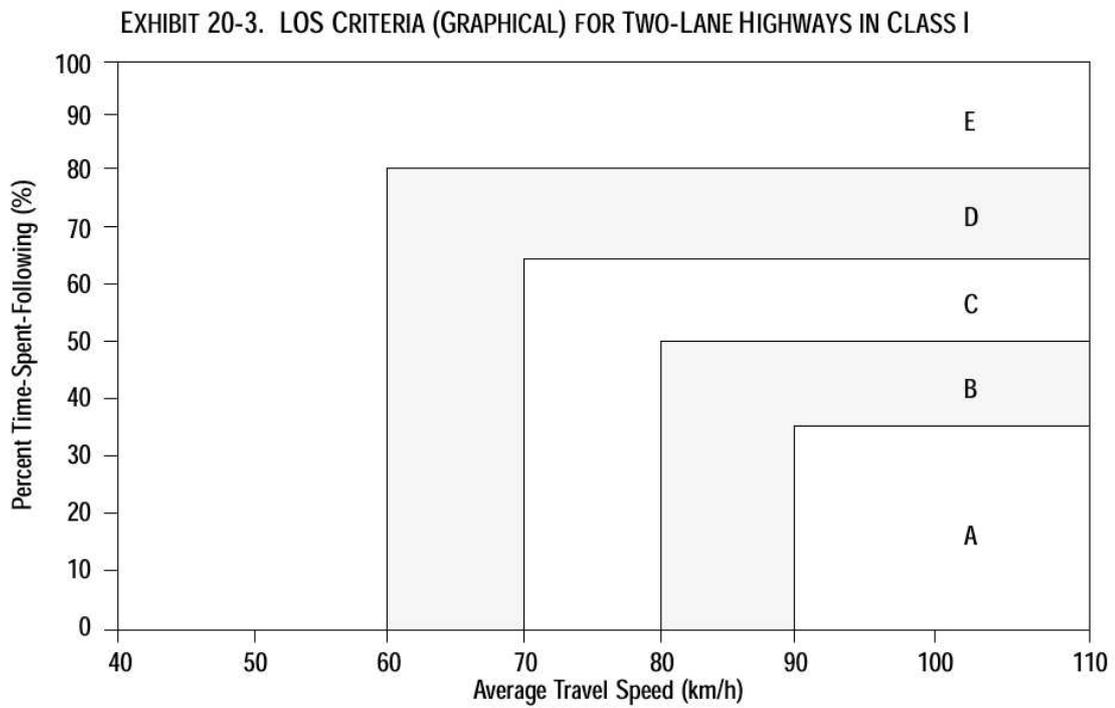
$$PTSF = BPTSF + f_{d/np} \quad (11-6)$$

$f_{d/np}$ = fattore di correzione che rappresenta la combinazione di effetti dovuti alla distribuzione di traffico sulle due direzioni e la percentuale di zone in cui non è permesso il sorpasso (no passing zone)

EXHIBIT 20-12. ADJUSTMENT ($f_{d/np}$) FOR COMBINED EFFECT OF DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF TRAFFIC AND PERCENTAGE OF NO-PASSING ZONES ON PERCENT TIME-SPENT-FOLLOWING ON TWO-WAY SEGMENTS

Two-Way Flow Rate, v_p (pc/h)	Increase in Percent Time-Spent-Following (%)					
	No-Passing Zones (%)					
	0	20	40	60	80	100
Directional Split = 50/50						
≤ 200	0.0	10.1	17.2	20.2	21.0	21.8
400	0.0	12.4	19.0	22.7	23.8	24.8
600	0.0	11.2	16.0	18.7	19.7	20.5
800	0.0	9.0	12.3	14.1	14.5	15.4
1400	0.0	3.6	5.5	6.7	7.3	7.9
2000	0.0	1.8	2.9	3.7	4.1	4.4
2600	0.0	1.1	1.6	2.0	2.3	2.4
3200	0.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4
Directional Split = 60/40						
≤ 200	1.6	11.8	17.2	22.5	23.1	23.7
400	0.5	11.7	16.2	20.7	21.5	22.2
600	0.0	11.5	15.2	18.9	19.8	20.7
800	0.0	7.6	10.3	13.0	13.7	14.4
1400	0.0	3.7	5.4	7.1	7.6	8.1
2000	0.0	2.3	3.4	3.6	4.0	4.3
≥ 2600	0.0	0.9	1.4	1.9	2.1	2.2
Directional Split = 70/30						
≤ 200	2.8	13.4	19.1	24.8	25.2	25.5
400	1.1	12.5	17.3	22.0	22.6	23.2
600	0.0	11.6	15.4	19.1	20.0	20.9
800	0.0	7.7	10.5	13.3	14.0	14.6
1400	0.0	3.8	5.6	7.4	7.9	8.3
≥ 2000	0.0	1.4	4.9	3.5	3.9	4.2
Directional Split = 80/20						
≤ 200	5.1	17.5	24.3	31.0	31.3	31.6
400	2.5	15.8	21.5	27.1	27.6	28.0
600	0.0	14.0	18.6	23.2	23.9	24.5
800	0.0	9.3	12.7	16.0	16.5	17.0
1400	0.0	4.6	6.7	8.7	9.1	9.5
≥ 2000	0.0	2.4	3.4	4.5	4.7	4.9
Directional Split = 90/10						
≤ 200	5.6	21.6	29.4	37.2	37.4	37.6
400	2.4	19.0	25.6	32.2	32.5	32.8
600	0.0	16.3	21.8	27.2	27.6	28.0
800	0.0	10.9	14.8	18.6	19.0	19.4
≥ 1400	0.0	5.5	7.8	10.0	10.4	10.7

- 15) Il Livello di Servizio (LOS) viene determinato attraverso la **Tab 20-3** in funzione dei parametri ATS e PTSF



Riferimenti Bibliografici

H.C.M. Highway Capacity Manual (2000)

H.C.M. Special Report 209

H.C.S. Highway Capacity Software (2000)

Teoria e metodi dei Sistemi di Trasporto (E. Cascetta 1998)

Ingegneria Stradale (Ferrari - Giannini 1994)

M. FABBIANI – G. ROSSI – M. MARTENS - La regolazione delle intersezioni a raso –
8° Seminario AIIT Associazione Italiana Ingegneria del Traffico e dei Trasporti
(Verona Febbraio 2002)

