

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti
tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11
del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

Ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n. 3594

Ing. Giuseppe Danilo Malgeri
Ordine Ing. di Roma n. A34610

Geol. Serena Majetta
Ordine Geologi del Lazio n. 928

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

DATA

ELABORATI GENERALI

Studio Trasportistico

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

T00EG00GENRE03_A

L**O****6****0****1****A** **D** **1****6****0****1**

CODICE ELAB. **T****0****0****E****G****0****0****G****E****N****R****E****0****3**

A

-

D

C

B

A

EMISSIONE

GEN 2019

P. D'Armini

I. Coppa

V. Marzi

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

INDICE

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO DELLO STUDIO.....	4
1 DEFINIZIONE DELLA RETE DI TRASPORTO STRADALE.....	5
1.1 Consistenza e caratteristiche della rete stradale principale	6
1.2 Analisi dei dati relativi all'incidentalità sulla rete stradale principale	13
1.3 L'offerta di trasporto attuale	15
1.4 L'offerta di trasporto di Riferimento.....	18
1.5 L'offerta di trasporto di progetto	21
2 DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO, DI PIANO E RELATIVA ZONIZZAZIONE.....	23
2.1 Premessa.....	24
2.2 Zonizzazione dell'Area di Piano	25
2.3 Zonizzazione dell'Area di Studio	27
3 LE INDAGINI DI TRAFFICO	30
3.1 Le sezioni di conteggio strumentale.....	36
3.2 Le sezioni di intervista.....	37
4 DETERMINAZIONE DELLE MATRICI O/D.....	40
4.1 La calibrazione delle Matrici O/D	40
4.2 La domanda di trasporto all'attualità	42
4.3 Espansione della matrice O/D agli orizzonti temporali futuri.....	45
5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	47
5.1 La modellistica di assegnazione	49
5.2 Lo Scenario Attuale.....	50
5.3 Gli Scenari di Riferimento	53
5.4 Gli Scenari di Progetto	57
5.4.1 I risultati di rete e sull'infrastruttura di progetto.....	57
6 Analisi dei Livelli di Servizio dell'asse	66
6.1 Premessa.....	66
6.2 Livelli di servizio sull'infrastruttura di progetto.....	67
6.3 Analisi dei Livelli di Servizio delle intersezioni	70
6.3.1 Asse Nord-Sud. Rotatoria di innesto con la SS12.....	73
6.3.2 Asse Nord-Sud. Rotatoria di innesto con la SR 435 "Lucchese"	74
6.3.3 Asse Nord-Sud. Intersezione di Antracoli.....	75
6.3.4 Asse Ovest - est. Rotatoria Km 4+500 (Ospedale)	77
6.3.5 Asse Ovest - est. Svincolo Lucca Est	78

PREMESSA

Il presente studio è relativo all'intero progetto del Sistema Tangenziale di Lucca che prevedeva un riassetto della rete stradale costituito in parte da tratti nuovi, in parte dall'adeguamento di tratti esistenti a due corsie e, in altra parte, da opere connesse e complementari alla tangenziale stessa, per un'estensione di circa 30 km. Nel dettaglio, l'intervento, nel suo complesso, comprendevano:

1. l'Asse Nord-Sud, per un'estesa di 5,14 km, che si connette a Nord con la S.S.12 dell'Abetone e del Brennero in località Tacchini e a Sud con la S.P.23 Romana in localita' Antraccoli;
2. l'Asse Est-Ovest, con estensione di 4,33 km e che si sviluppa in direzione Est verso il nuovo casello autostradale di Capannori sull'autostrada A11 Firenze-Pisa in localita' Frizzone;
3. l'Asse Ovest-Est, di collegamento tra il casello di Lucca Est e la nuova intersezione di Antraccoli, con uno sviluppo di 6,08 km;
4. l'Adeguamento della S.S.12, avente uno sviluppo totale di 3,72 km, di collegamento tra il ponte esistente sul fiume Serchio in localita' Ponte a Moriano ed il nuovo ponte in progetto (non di competenza ANAS S.p.A.) in localita' Corte Pasquinelli;
5. il Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze, nell'area «ex scalo merci» di Lucca, avente uno sviluppo di circa 0,6 km, comprensivo del collegamento con la viabilità esistente;
6. l'Opera connessa, rappresentata dalla nuova viabilità di collegamento fra Carraia, il casello del Frizzone (adeguamento di via del Rogio) sull'autostrada A11 ed il collegamento con via di Sottomonte, avente uno sviluppo di 5,86 km;
7. la Circonvallazione di Altopascio, ovvero una nuova viabilità di collegamento tra il casello del Frizzone sull'autostrada A11 e la S.P.3 Bientina Altopascio, avente un'estensione di 5,79 km.

Tutti gli interventi sopra elencati, con la Delibera CIPE di approvazione del progetto preliminare, sono stati successivamente suddivisi in due stralci funzionali:

- I. Primo stralcio, costituito dall'Asse Nord-Sud (n. 1), dall'Asse Est-Ovest (n. 2) e dalla parte dell'Asse Ovest-Est (n. 3) dall'intersezione di Antraccoli fino alla rotatoria di collegamento con l'ospedale «San Luca»;
- II. Secondo stralcio, che include il completamento dell'Asse Ovest-Est (n. 3) dalla rotatoria di collegamento con l'ospedale «San Luca» fino al casello di Lucca Est dell'A11, l'adeguamento della S.S.12 (n. 4), il cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze (n. 5), l'opera connessa (n. 6) e la circonvallazione di Altopascio (n. 7).

Il II stralcio, è stato a sua volta suddiviso in:

- lotto A (completamento), comprendente gli interventi dell'Asse Ovest-Est (n. 3), dalla rotonda con l'ospedale fino all'intersezione di Lucca Est compresa;
- lotto B (opere connesse), comprendente i restanti interventi del II stralcio di cui ai numeri 4, 5, 6,

I risultati dello studio sono stati verificati ed aggiornati nell'ambito delle verifiche di funzionalità delle intersezioni condotte nel 2018 il cui documento è parte del Progetto Definitivo (documento T00EG00GENRE04A), i cui risultati evidenziano uno scostamento accettabile tra la campagna di indagini e le stime di crescita della domanda alla base dello studio di traffico per la progettazione preliminare e la campagna di indagini e le stime di crescita della domanda effettuate nel 2018 finalizzate alla verifica geometrica e funzionale delle intersezioni di progetto. Per tale motivo i risultati dello studio sono da ritenersi attendibili avendo, tra l'altro, stime di traffico servito leggermente superiori a quelle risultanti dal confronto tra le indagini e le ipotesi di crescita della mobilità nel territorio, facendo risultare in sicurezza le verifiche di funzionalità degli assi dello studio.

Allo stesso modo, i risultati degli indicatori di rete stimati nello studio di traffico, per il solo primo stralcio funzionale dell'opera, sono stati utilizzati, opportunamente "corretti" in base ai confronti precedentemente descritti, come dato di input dell'Analisi Costi Benefici del Progetto definitivo di primo stralcio (documento T00EG00GENRE05A), i cui risultati evidenziano ancora una volta la solida sostenibilità economica del progetto.

INQUADRAMENTO DELLO STUDIO

L'analisi trasportistica del Sistema Tangenziale di Lucca è stata sviluppata tenendo conto che la nuova infrastruttura si inserisce nella rete stradale esistente e di riferimento assumendo un ruolo più complesso rispetto a quello in senso stretto di by-pass urbano.

Gli attuali assi di penetrazione individuabili nella SS12 e nella SP29 (viale Europa in comune Capannoni), oltre a svolgere una funzione di accesso alla Garfagnana ed ai comuni a nord della Piana di Lucca, rivestono un ruolo importante per la viabilità di carattere locale di ambito comunale.

La forte urbanizzazione ed industrializzazione della piana, unita all'importanza dei poli produttivi della Garfagnana, ha determinato la saturazione delle infrastrutture esistenti, sia per i carichi di traffico che devono servire, sia per le interazioni tra differenti componenti di domanda servita.

La necessità di isolare, rappresentandole, le due componenti di domanda ha condotto ad una schematizzazione del sistema della mobilità stradale a scala ridotta all'interno dell'area di studio, inserendola comunque in un contesto regionale-nazionale.

L'asse di progetto, una volta collegato a formare sistema con la viabilità a monte e a valle dell'area urbana/suburbana di Lucca, raggiunge efficacemente l'obiettivo di allontanare i flussi veicolari, soprattutto merci, di attraversamento dall'area urbana in generale e dal centro storico in particolare.

Il progetto inoltre, inserendosi in un'area ad urbanizzazione diffusa a ridosso del nucleo urbano centrale di Lucca, pur garantendo la captazione dei traffici di attraversamento, risulta anche caratterizzato da traffici interni all'area di studio e/o di scambio, essendo il 55% della domanda che insiste sull'asse di tipo "locale".

L'articolazione dello studio vede:

- L'individuazione delle infrastrutture stradali a supporto della modellistica di simulazione e loro caratterizzazione funzionale (cap.1);
- La rappresentazione del territorio in zone omogenee di traffico attraverso la definizione dell'area di piano e dell'area di studio (cap.2);
- la descrizione dei risultati emersi dalla campagna di indagini di traffico svolta a supporto dello studio ed i suoi aggiornamenti (cap.3);
- La determinazione delle matrici di domanda passeggeri e merci e loro proiezioni agli scenari futuri (cap.4);

- L'analisi critica dei risultati emersi dalle simulazioni effettuate sullo scenario attuale, di riferimento e di progetto agli anni 2013, 2018, 2020 e 2028 valutando gli effetti in termini di rete, singoli assi, domanda servita e livelli di servizio (cap5).

1 DEFINIZIONE DELLA RETE DI TRASPORTO STRADALE

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

Le strade principali che definiscono l'offerta di trasporto dell'area sono le seguenti:

- le autostrade A12, la bretella A11-A12 e l'A11. Quest'ultima, oltre al collegamento trasversale (ovest-est e viceversa), consente la distribuzione ai comuni di Lucca e Capannori attraverso i due omonimi svincoli;
- la SS12 posta ad ovest rispetto al centro abitato di Lucca, corre parallela al fiume Serchio e, quindi, arriva da nord rispetto all'area di studio per poi trovare prosecuzione in viale Europa fino all'autostrada e, successivamente, nel raddoppio della stessa statale in direzione Pisa. La vecchia SS12, invece, raggiunge Pisa più spostata verso ovest;
- la SS435 "Pesciatina" arriva fino alle mura di Lucca tagliando in due parti il territorio comunale di Capannori;
- SS 439 che provenendo da sud (via di Tiglio) interseca l'autostrada (casello che in previsione verrà chiuso) per poi piegare a sinistra e trovare esito in direzione ovest verso il mare;
- la SP1 "di Lucca - Camaiore", che consente l'accesso da Ovest provenendo da Camaiore, e su cui svincola la nuova Tangenziale Ovest;
- i due itinerari composti dalle strade provinciali SP3-SP61-SP23 (via Romana) da un lato e dalle strade provinciali SP3-SP61-SP29 (viale Europa) dall'altro, consentono l'accesso e l'attraversamento dei comuni oggetto di studio dalla direzione Est.

Internamente all'area di studio, porzione di territorio racchiusa a nord-ovest dal fiume Serchio, a nord-est dall'asse costituito da viale Europa (SP29)-strada provinciale romana lucchese-romana (SP61) e a sud dall'autostrada A11, sono state considerate strade di carattere secondario fondamentali però per una corretta interpretazione delle dinamiche veicolari. Inoltre, vista la natura dell'asse di progetto sono state incluse anche infrastrutture che allo stato attuale

presentano uno scarso utilizzo ma che, successivamente, con l'inserimento delle nuove infrastrutture, possono assumere un ruolo importante.

1.1 Consistenza e caratteristiche della rete stradale principale presente

La rappresentazione della rete stradale considerata per le valutazioni di carattere trasportistico aumenta il livello di dettaglio con l'avvicinarsi all'area dei Comuni di Lucca e Capannori dove è collocata l'infrastruttura di progetto.

Su tale rete è possibile individuare più livelli funzionali attraverso cui classificare le diverse infrastrutture del sistema viario.

La rete nazionale autostradale è costituita dall'autostrada A11 Firenze – Pisa Nord in concessione alla società Autostrade per l'Italia, dalla tratta Sestri Levante – Livorno della A12 con relativa diramazione Lucca – La Spezia di collegamento tra le due autostrade entrambe in concessione alla società S.A.L.T.

L'autostrada A11, compresa tra le barriere di Firenze Ovest e di Pisa Nord ed appartenente al sistema autostradale chiuso, risulta collegata al sistema autostradale attraverso gli svincoli sulla A1 Roma – Bologna e sulla A12 Sestri Levante – Livorno in prossimità rispettivamente delle suddette barriere.

Di particolare interesse per il presente studio il tratto di oltre 16 km comprendente i caselli di Altopascio, Capannori e Lucca, nonché lo svincolo con la diramazione A11-A12 Lucca – Viareggio.

Così come la A 11 anche la tratta della A12 Sestri Levante – Livorno risulta appartenere al sistema autostradale chiuso al quale risulta collegato attraverso i nodi con la A7 Genova Milano in prossimità di Genova Est e con la A 15 Parma – La Spezia in prossimità di quest'ultima. L'autostrada termina a sud con la barriera di Livorno, proseguendo poi per oltre 36 km circa sino a Rosignano (concessionaria S.A.T.)

Sistema di esazione di tipo aperto è invece presente sulla diramazione Lucca - Viareggio lunga circa 20 km e compresa tra le barriere di Viareggio e di Lucca. Unico svincolo presente risulta essere quello di Massarosa posto a circa 6 km dalla connessione all'A12.

La rete di livello regionale è costituita dalla S.S. 439 Sarzanese –Valdera, dalla S.S.12 dell'Abetone e del Brennero (di livello interregionale), dalle varianti alla SS12 e dalla S.S. 435 Pesciatina.

La Strada Statale 12 ha origine a sud nel comune di Pisa e termina a nord al valico del Brennero. A partire da Pisa corre in direzione nord ed in corrispondenza del comune di San Giuliano Terme il tracciato storico devia verso ovest e correndo quindi parallela al fiume Serchio giunge sino alla città di Lucca. La SS12 radd. congiunge il comune di San Giuliano Terme a Lucca attraverso un

percorso più diretto sino all'altezza del casello di Lucca sulla A11. In prossimità del centro storico l'itinerario insiste sulla viabilità di livello comunale riprendendo più a nord e mantenendosi sulla sponda Est del fiume Serchio sino al comune di Borgo a Mozzano. Segue quindi l'andamento del Torrente Lima valicando l'Appennino nel comune dell'Abetone (1388 m). Quindi, arriva da nord rispetto all'area di studio per poi trovare prosecuzione in viale Europa fino all'autostrada e, successivamente, nel raddoppio della stessa statale in direzione Pisa. La vecchia SS12, invece, raggiunge Pisa più spostata verso ovest.

La SS435 collega la città di Pistoia a Lucca arrivando fino alle mura del centro storico di quest'ultima attraversando i comuni di Capannoni, Pescia, Uzzano, Baggiano, Massa e Cossile, Montecatini-Terre, Pieve a Nievole, Serravalle Pistoiese e Musumano Terme.

La SS 439 da Follonica a Viareggio ha un tracciato interno e parallelo alla costa collega inoltre Pontedera a Lucca intersecando la A11 in corrispondenza del casello di Capannoni (casello che in previsione verrà chiuso) per poi piegare a sinistra e trovare esito in direzione ovest verso il mare.

A livello provinciale si distinguono i due itinerari composti dalle strade provinciali SP3-SP61-SP23 (via Romana) da un lato e dalle strade provinciali SP3-SP61-SP29 (viale Europa) dall'altro, che consentono l'accesso e l'attraversamento dei comuni oggetto di studio dalla direzione Est.

Sul versante Ovest del fiume Serchio si distinguono la SP1 di Camaiore di collegamento con l'omonimo comune sito all'interno della costa all'altezza di Viareggio e la SP2 di collegamento con la zona della Garfagnana che corre lungo la riva ovest del fiume Serchio.

La rete di carattere comunale e locale si concentra internamente alla porzione di territorio che si estende da ovest del fiume Serchio a nord-est dall'asse costituito da viale Europa (SP29)-strada provinciale romana lucchese-romana (SP61) chiudendosi a sud sull'autostrada A11.

Sono state considerate strade di carattere secondario fondamentali per una corretta interpretazione delle dinamiche veicolari (via dell'acquacalda, via delle ville, via della santissima annunciata, via del frizzone dove verrà aperto il nuovo casello, ecc.).

Inoltre, vista la natura dell'asse di progetto sono state incluse anche infrastrutture che allo stato attuale presentano uno scarso utilizzo ma che, successivamente, con l'inserimento della nuova infrastruttura, possono assumere un ruolo importante.

Propriamente di livello comunale ma che a livello funzionale svolgono un ruolo di interesse sovracomunale sono state individuate Via Einaudi, Via Luporini, Viale Europa a Lucca. Di carattere strettamente locale sono state individuate quelle strade comunali che svolgono principalmente una funzione di accesso e uscita dalle zone di traffico.

Ai fini operativi, l'infrastrutturazione stradale appena descritta è rappresentata nel modello stradale di simulazione dell'offerta di mediante il disegno di un grafo rappresentativo delle caratteristiche geometriche e funzionali della rete stradale, sia nelle condizioni attuali che nella configurazione di progetto.

Sul grafo stesso è simulata la distribuzione della domanda di trasporto (rappresentata dalle matrici Origine Destinazione definite dalla zonizzazione adottata e descritte rispettivamente nei Capitoli 4 e 2), con le relative scelte di itinerario.

Il grafo si compone dei seguenti elementi fondamentali:

- i centroidi, ovvero i poli generatori/attrattori della domanda di trasporto;
- i nodi, ovvero i punti che non hanno associato alcun potenziale di attrazione o generazione ed hanno invece funzione di consentire una riproduzione il più possibile fedele della rete, permettendo la rappresentazione delle intersezioni stradali tra differenti assi viari;
- gli archi, ovvero i collegamenti tra i nodi, che rappresentano le infrastrutture di trasporto della rete stradale.

Nel caso specifico, il grafo messo a punto è costituito dagli elementi di seguito riportati:

- 550 archi che rappresentano la rete stradale dell'area di Piano (di cui 107 rappresentano archi connettori che servono per la connessione dei centroidi al grafo). La rete viaria considerata ha un'estensione totale di circa 865 km (esclusi gli archi connettori) con circa il 40% dell'estensione interna all'area di Studio;
- 331 nodi che rappresentano punti di notevole interesse per la rete stradale (intersezioni);
- 86 centroidi rappresentativi delle zone in cui è stato suddiviso il territorio e da cui si intende proveniente/entrante tutta la domanda di spostamento dell'area che rappresentano.

Agli archi stradali sono associate una serie di caratteristiche sia fisiche che funzionali quali, ad esempio:

- la lunghezza;
- la direzione dei flussi;
- il numero delle corsie, distinto per senso di marcia;
- la classe funzionale della strada;
- la capacità distinta per senso di marcia espressa in veicoli/ora;
- la velocità a flusso nullo espressa in km/h;
- il costo del pedaggio (se presente);

- i toponimi.

La rete stradale è schematizzata con archi, rappresentati con elementi lineari di collegamento fra due diversi nodi, e classificati mediante le proprie caratteristiche geometriche e funzionali.

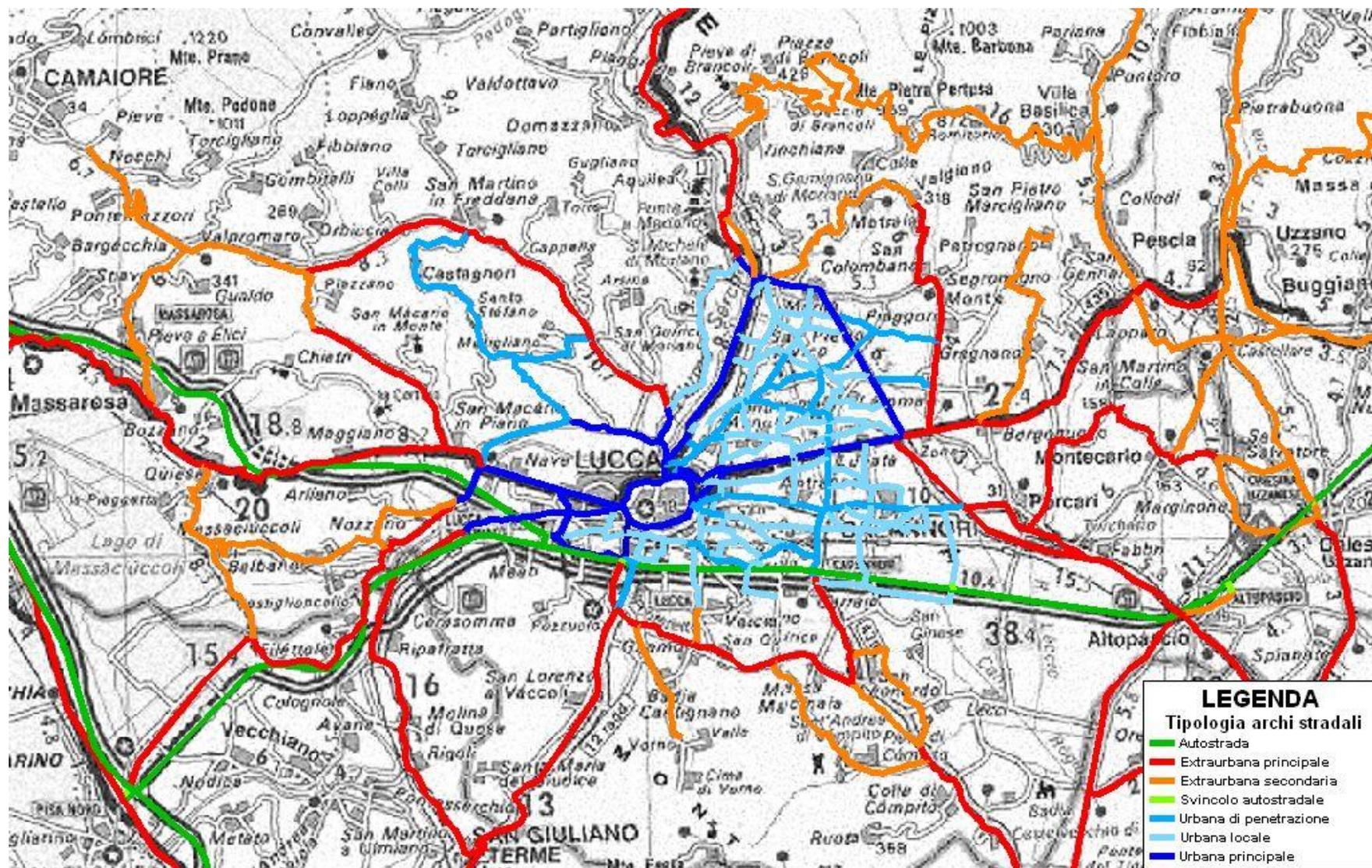
Una rappresentazione della rete attraverso le sole caratteristiche geometriche non è sufficiente a descrivere il reale comportamento del sistema, ma solo attraverso delle funzioni di ritardo è possibile analizzare la "funzionalità" degli archi al variare del flusso. A tal fine si è predisposta una classe di funzioni di ritardo (Funzioni di deflusso) per ogni arco della rete.

Nella figura seguente è rappresentata la struttura dell'intero grafo utilizzato nelle simulazioni.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Ciascun arco è inoltre caratterizzato da una funzione di deflusso, che simula la variazione del tempo necessario a percorrere l'arco in funzione del carico veicolare dello stesso e delle sue caratteristiche funzionali e geometriche.

Le funzioni di deflusso messe a punto in questo studio per l'utilizzo sul modello di simulazione TransCad hanno tenuto conto della complessità della rete stradale di riferimento in relazione alla contemporanea presenza di infrastrutture a carattere prettamente urbano con altre di tipologia extraurbana ed autostradale.

La funzione di deflusso viene attribuita a ciascun arco della rete attraverso la seguente forma:

$$t=t(q, n, C, \alpha, \beta, l)$$

Le variabili della funzione dipendono dalla collocazione dell'infrastruttura (strada urbana o extraurbana, principale o secondaria), dalle caratteristiche geometrico-funzionali (sosta, intersezioni con strade secondarie non inserite nel grafo, larghezza della carreggiata, tortuosità, pendenza, ecc.).

E' prassi comune ricorrere ad una semplificazione del problema procedendo alla definizione di categorie di infrastrutture stradali, caratterizzate ciascuna da una singola curva di deflusso che rappresenti le condizioni medie di categoria.

La suddivisione in categorie è stata trattata nell'ambito di due gruppi principali: le infrastrutture urbane e quelle extraurbane.

In entrambi i casi si è utilizzata una funzione del tipo BPR¹, la cui espressione generale è:

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

in cui il tempo di percorrenza di un tratto unitario dell'arco ad un dato livello di flusso è espresso come funzione del tempo di percorrenza dell'arco a flusso nullo t_0 per un fattore maggiore dell'unità che dipende dal flusso q , dalla capacità $n \cdot C$ dell'arco stesso (n rappresenta il numero di corsie per senso di marcia, C la capacità per corsia) e da due parametri α e β che sottintendono un insieme di fattori funzionali dell'arco (caratteristiche geometriche, condizioni d'uso, presenza di sosta, ecc.).

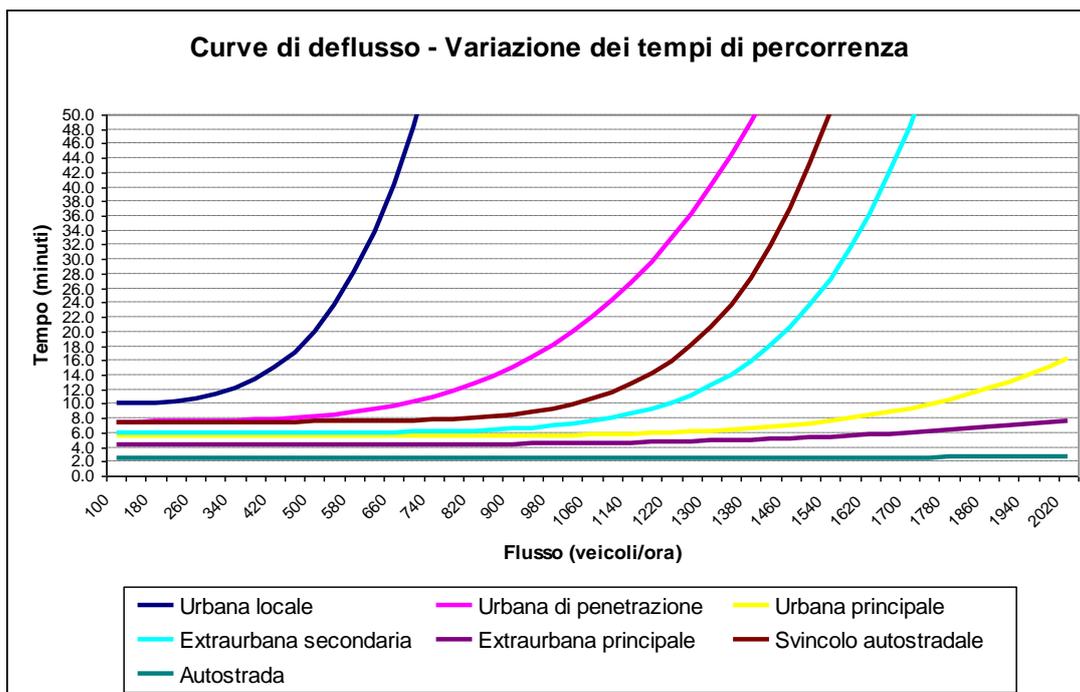
¹ Bureau of Public Roads, Traffic Assignment Manual, U.S. Dept. of Commerce, Urban Planning Division, Washington D.C., 1964.

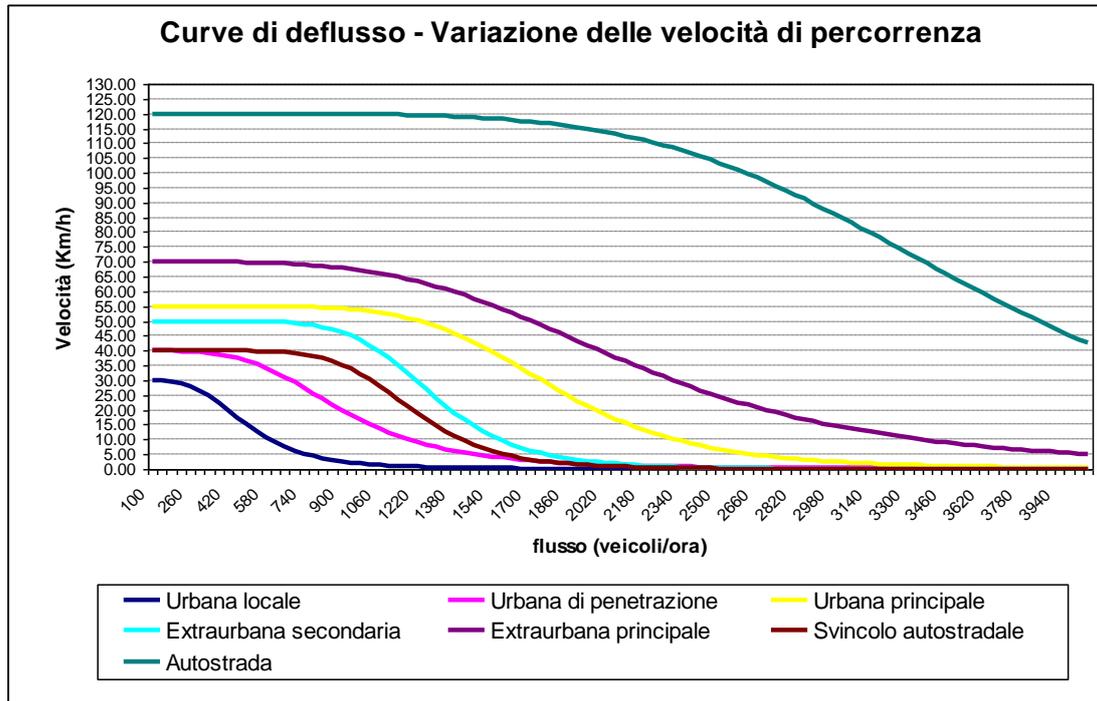
In ambito urbano si è tenuto conto di un abbattimento della capacità e della velocità di percorrenza a flusso nullo dovute sia ai limiti di velocità imposti in tali ambiti sia alla presenza di fattori quali attività produttive, presenza di sosta illegale, passi carrabili, ecc. che riducono le caratteristiche di deflusso degli archi stessi.

Inoltre, per tener conto anche del ritardo dovuto alle intersezioni semaforizzate è stato attribuito un valore fisso di perditempo al nodo valutato in relazione alla probabilità di avere la precedenza/verde al semaforo. Sono inoltre state impedito le inversioni di marcia in corrispondenza dei nodi terminali di ciascun arco.

L'attribuzione della curva di deflusso agli assi stradali ricopre un ruolo fondamentale nella caratterizzazione dell'offerta di trasporto che si sta simulando. La variazione dei tempi di percorrenza degli archi in funzione del traffico simulato sull'infrastruttura incide sul costo dello spostamento determinando, se si utilizza un modello di assegnazione all'equilibrio, la scelta del percorso di ogni singolo utente in funzione della scelta contemporanea degli altri utenti, con l'obiettivo di minimizzare il costo generalizzato del trasporto.

Nelle figure seguenti è visualizzata la curva di deflusso utilizzata nel modello di offerta stradale per ognuna delle tipologie di infrastruttura adottate nella rete, e la conseguente variazione di velocità (e quindi di tempo di percorrenza dell'asse stradale) in funzione della variazione del "carico" (numero di veicoli) che insiste sull'asse stradale.





1.2 Analisi dei dati relativi all'incidentalità sulla rete stradale principale

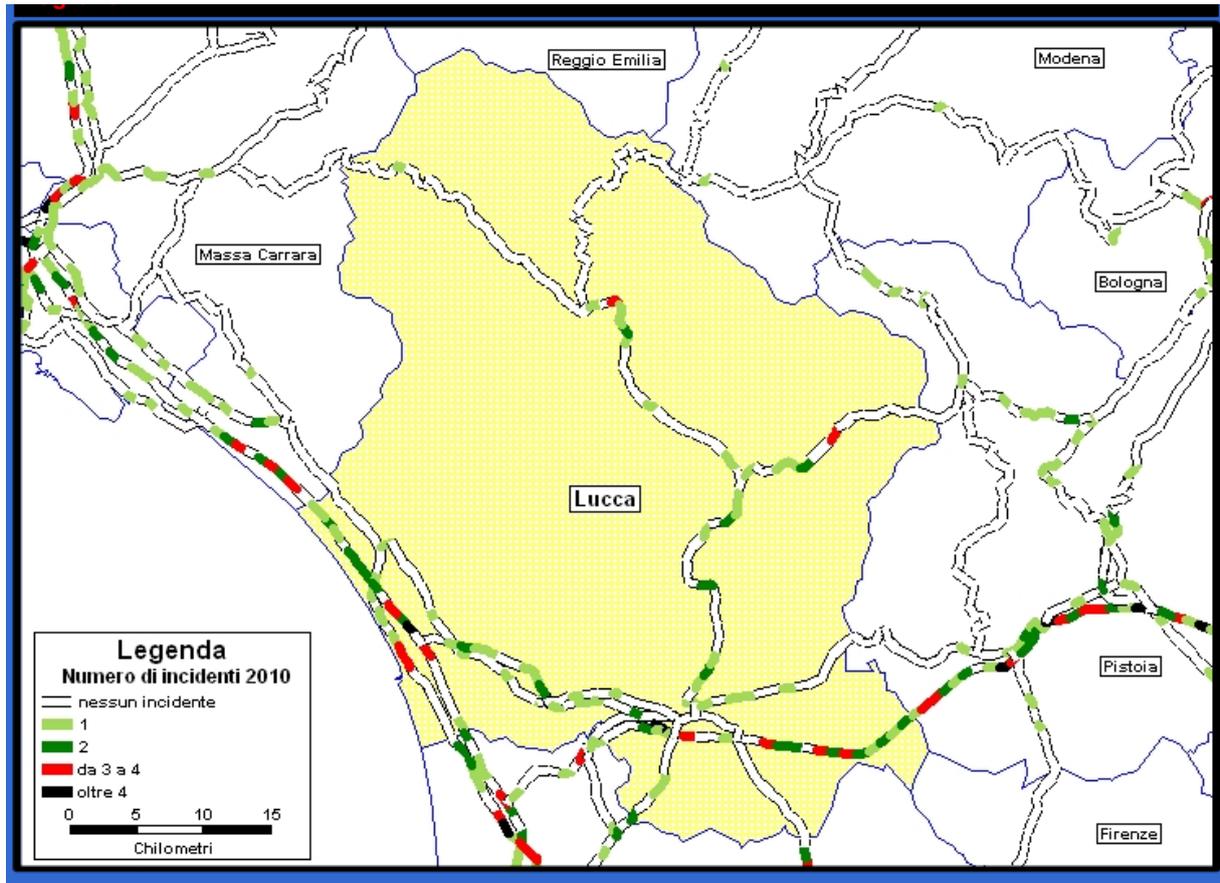
Il Sistema Tangenziale di Lucca si inserisce nel contesto urbano di Lucca come collegamento di penetrazione alle zone della Garfagnana per spostamenti di media e lunga percorrenza, nonché a supporto delle relazioni locali di scambio tra comuni limitrofi ed interni ai comuni stessi (nella fattispecie Lucca e Capannoni).

L'analisi verrà quindi svolta con riferimento alla sola rete ricadente all'interno del territorio della Provincia di Lucca in quanto gli eventuali effetti del progetto sull'incidentalità stradale potranno risentirsi solo all'interno di tali confini.

Questo accentuato carattere locale comporta inoltre che l'analisi dell'incidentalità sulla rete stradale attuale risulta orfana dei dati relativi alla numerosità ed alle conseguenze dei sinistri che avvengono sulla rete locale comunale interessata da spostamenti di media lunga percorrenza.

Come si nota infatti dalla seguente figura (estratta direttamente dalla pubblicazione ACI – Localizzazione degli incidenti stradali – Anno 2010) gli incidenti sulla rete non autostradale hanno una maggiore frequenza in prossimità del centro urbano di Lucca.

La mancanza di informazioni sulla rete locale inoltre non permette di approfondire il tema relativo ad eventuali conflitti tra le diverse categorie di traffici, in particolari sulle così dette "utenze deboli".



Fonte: Localizzazione degli incidenti stradali 2010 – ACI – Istituto Nazionale di Statistica

Si ritiene peraltro utile fornire alcune informazioni estratte dalla pubblicazione ACI relativamente alle infrastrutture di carattere regionale precedentemente descritte.

La SS12 del Brennero e dell'Abetone, che dal km 16,9 al 64,7 ricade nel territorio della provincia di Lucca, è stata scena di 20 incidenti nell'anno 2010 che hanno comportato 1 e 31 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 13 ed 11.

Sulla SS12 Radd., dal km 3,1 al 12,6, si sono verificati 4 incidenti con una conseguenza mortale e con 4 feriti, , mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 7 e 6.

Sulla SS439 Sarzanese, dal km 0,00 al 47,5 sono stati verbalizzati 7 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 19 e 9.

La SS435 Lucchese, dal km 0,0 al 13,0, è stata scena di 4 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati 3 in ciascun anno. Si evidenzia, inoltre la presenza di 30 incidenti sulla diramazione A11-A12 Lucca-Viareggio, con 43 feriti e nessun morto, mentre sulla A11 tra i chilometri 50 e 66 si sono verificati 31 incidenti con nessun morto e 61 feriti.

1.3 L'offerta di trasporto attuale

Il grafo che schematizza la rete di trasporto stradale dell'area di Studio e di Piano è rappresentato da 550 archi e 420 nodi che rappresentano l'offerta di trasporto dell'area.

Dei 420 nodi 89 sono "Centroidi", ovvero nodi fittizi rappresentativi delle zone di traffico da cui si ritiene sia originata/destinata la domanda di trasporto dell'area.

Dei 550 archi, 107 sono archi fittizi ("Connettori") che servono ad agganciare la rete che rappresenta l'offerta di trasporto alle zone di traffico ("Centroidi").

L'estensione complessiva dell'offerta di trasporto è di 865 Km circa monodirezionali.

Per meglio caratterizzare l'offerta di trasporto dell'area, la rete è stata suddivisa in sette differenti tipologie di infrastruttura. Nella tabella seguente, per ogni tipologia viene riportata l'estensione complessiva considerata.

Tipologia di infrastruttura	Lunghezza (Km per direzione)
Autostrada	144
Extraurbana principale	310
Extraurbana secondaria	241
Svincolo autostradale	2
Urbana di penetrazione	51
Urbana locale	75
Urbana principale	42
Totale complessivo	865

L'offerta precedentemente descritta rappresenta l'intera rete rappresentativa dell'area di Studio e dell'area di Piano.

Per meglio analizzare l'impatto sull'offerta di trasporto attuale degli assi stradali in progetto, dalla rete precedente è stata estratta una sub-rete che rappresenta meglio l'offerta strettamente influenzata dal progetto, ovvero quella strettamente interna all'area di Studio. Su questa sub-rete sono stati analizzati tutti gli indicatori trasportistici che servono a valutare l'impatto della nuova infrastruttura sul sistema viario dell'area.

La tabella seguente evidenzia l'estensione delle singole tipologie considerate all'interno della sub-area.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

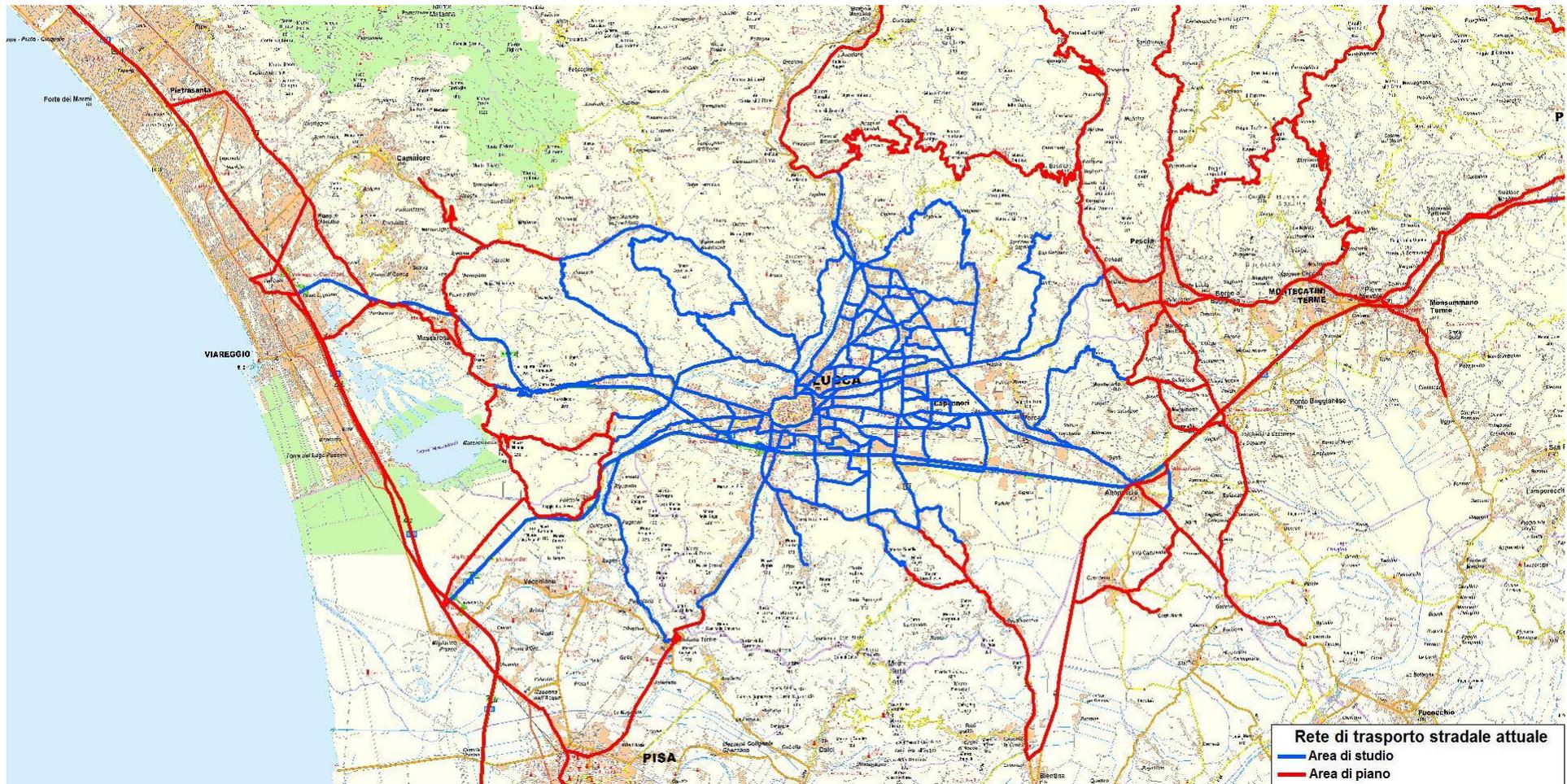
Tipologia di infrastruttura	Lunghezza (Km per direzione)
Autostrada	51
Extraurbana principale	94
Extraurbana secondaria	30
Svincolo autostradale	1
Urbana di penetrazione	51
Urbana locale	75
Urbana principale	42
Totale complessivo	345

Nella figura seguente viene rappresentata la suddivisione delle infrastrutture stradali tra area di Studio ed area di Piano.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



1.4 L'offerta di trasporto di Riferimento

Nell'ambito della valutazione dell'impatto sul territorio dell'asse di progetto, si è reso necessario introdurre nell'assetto di rete stradale futuro due infrastrutture in corso di avanzata progettazione che interagiscono "a rete" con l'asse di progetto.

Questi due assi determinano l'assetto infrastrutturale stradale futuro su cui si andrà ad inserire il tracciato di progetto, e costituiscono insieme alla rete stradale attuale la rete stradale di riferimento a tutti gli orizzonti temporali di previsione delle simulazioni.

Come già accennato in premessa, i due assi sconsiderati sono:

- il Nuovo Asse Suburbano;
- il Nuovo ponte Serchio.

Ad entrambe le infrastrutture è stata data la caratterizzazione di strada Urbana principale.

La figura seguente mostra le due infrastrutture inserite nel modello di offerta stradale alla base dello studio, mentre la figura successiva ne mostra l'inserimento progettuale previsto nel territorio.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

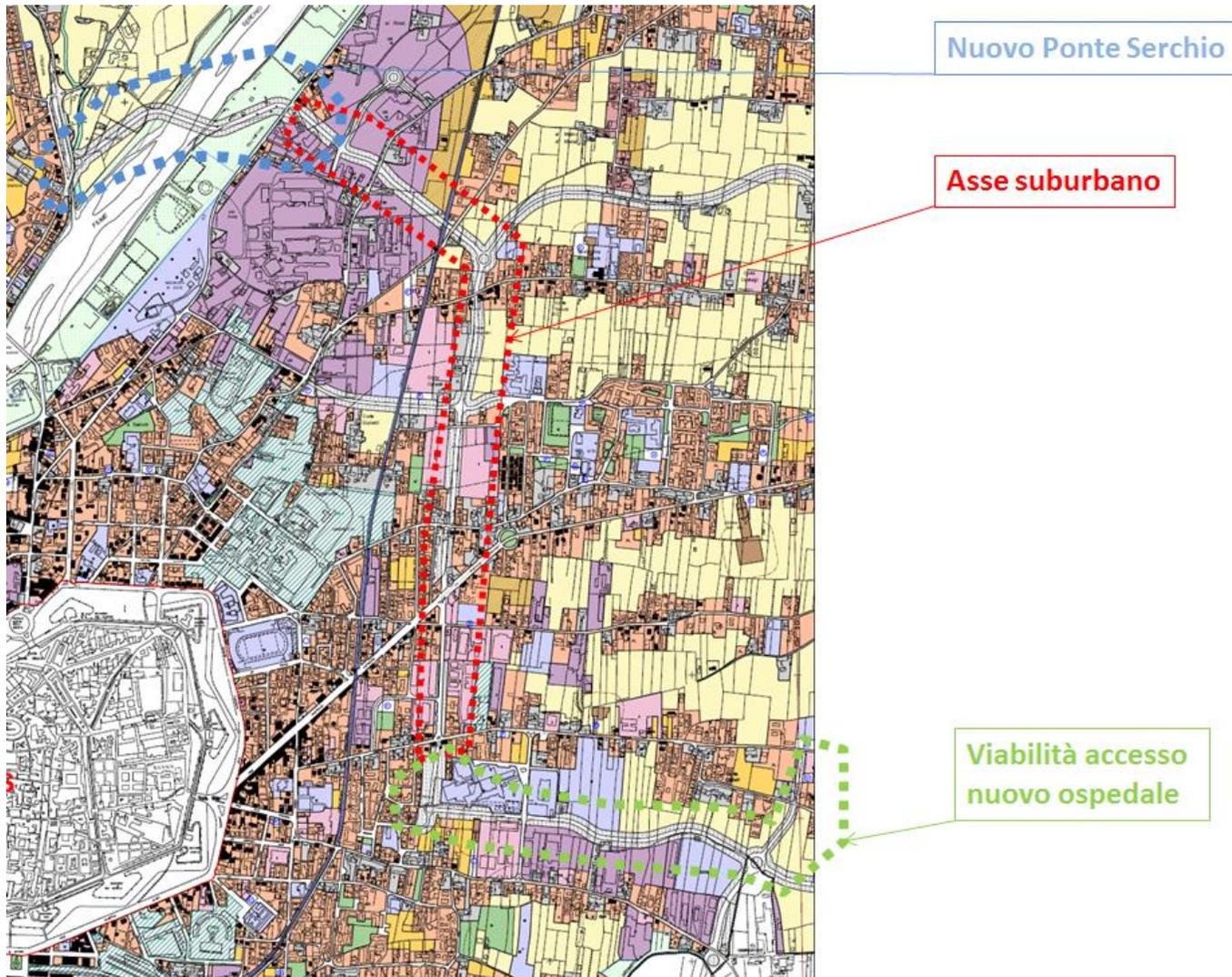
Progetto Definitivo



SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



1.5 L'offerta di trasporto di progetto

In questo paragrafo sono descritte sinteticamente le caratteristiche delle infrastrutture stradali che compongono il "Sistema Tangenziale" di Lucca.

L'estensione totale dell'intervento è di circa 30 Km, costituita dall'adeguamento di viabilità esistenti e dalla realizzazione di nuovi tratti di strada di categoria C1, così composte:

- Asse Nord-Sud : lunghezza pari a 5,14 Km, si connette a nord con la S.S.12 dell'Abetone e del Brennero in località Tacchini ed a sud con la S.P.23 Romana in località Antraccoli;
- Asse Ovest-Est: in direzione ovest verso il casello di Lucca Est (L=4,95 Km), di categoria C1;
- Asse Est-Ovest: in direzione est verso il nuovo casello autostradale di Capannori sulla A11 Firenze-Pisa in località Frizzone (L=4,65 Km)), di categoria C1.

Tutti questi assi sono completati da una rete di viabilità di rammaglio all'esistente.

- Adeguamento della SS12: di categoria stradale C2 avente uno sviluppo totale di 3,87 km, di collegamento tra il ponte esistente sul fiume Serchio in località Ponte a Moriano ed il nuovo ponte in progetto da parte della Provincia di Lucca in località Corte Pasquinelli;
- Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze: nell'area "ex scalo merci" di Lucca, avente uno sviluppo di circa 0,6 km, comprensivo del collegamento con la viabilità esistente;
- Opera connessa: nuova viabilità di collegamento fra Carraia ed il casello A11 del Frizzone (adeguamento di via del Rogio) e collegamento con via di Sottomonte, avente uno sviluppo di 3,5 km;
- Circonvallazione di Altopascio: nuova viabilità di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio avente un'estensione di 5,78 km.

L'entrata in esercizio dell'infrastruttura è stata ipotizzata suddividendo la stessa in due stralci funzionali: il primo stralcio prevede la realizzazione dell'asse Nord-Sud e dell'asse Est-Ovest, con entrata in esercizio nel 2018; il secondo stralcio prevede la realizzazione dell'asse Ovest-Est, che è stato studiato con scenario di esercizio al 2020 e, per continuità con le elaborazioni di rumore ed atmosfera presenti nel SIA, anche al 2028.

La figura seguente evidenzia il posizionamento delle infrastrutture di progetto all'interno del sistema stradale dell'area, distinguendo le differenti fasi realizzative.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



2 DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO, DI PIANO E RELATIVA ZONIZZAZIONE

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

L'entità degli effetti diminuisce progressivamente con la distanza e, quindi, potrà essere definita un'area (detta Area di Studio) in cui viene realizzato l'intervento ed al cui interno si risentono in misura maggiore le sue conseguenze.

L'area entro cui, invece, si propagano, in qualche misura, gli effetti, viene definita come Area di Piano.

Gli spostamenti interessanti le due aree, come illustrato nella figura seguente, possono essere definiti come:

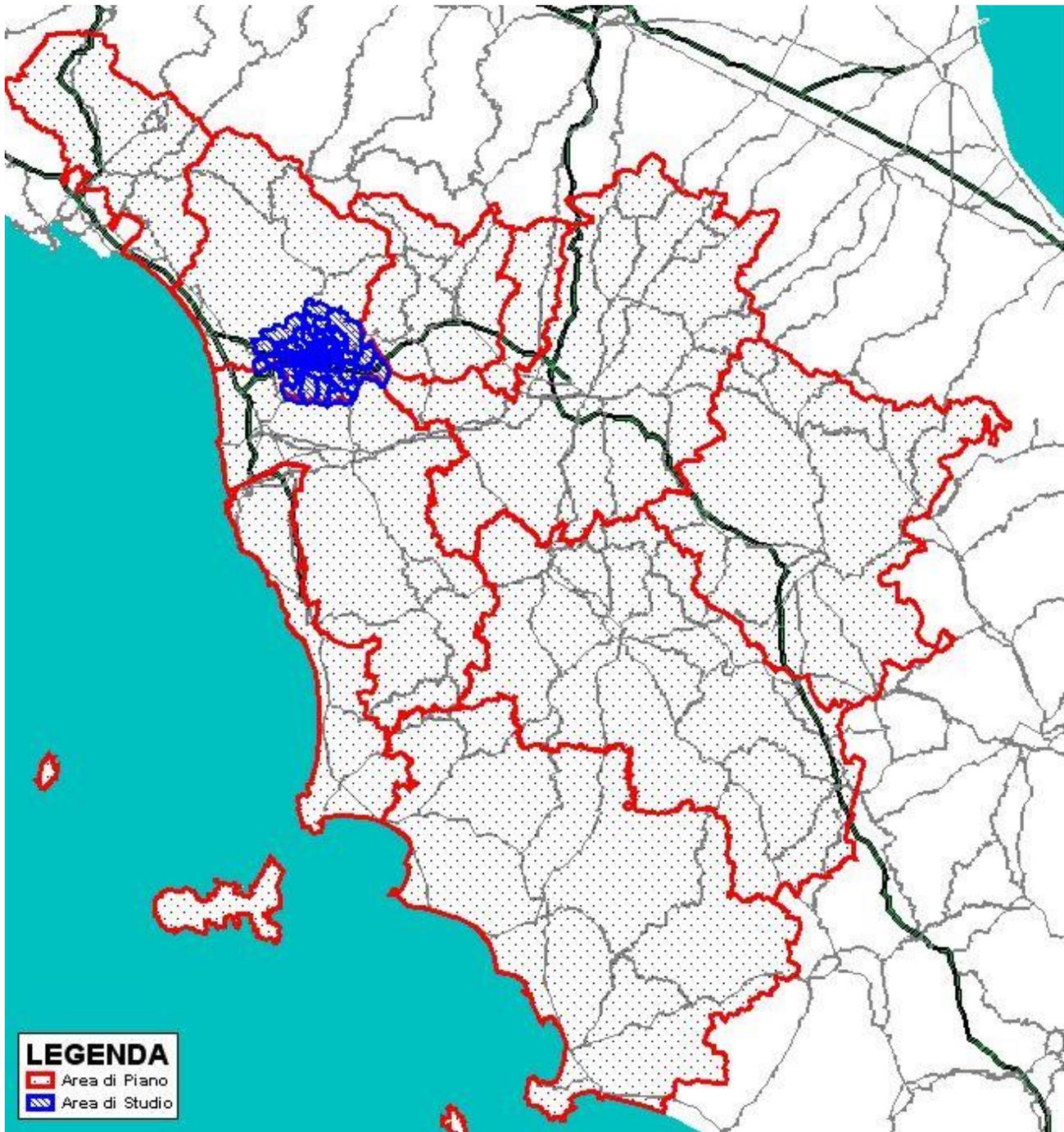
- **Interni:** si esauriscono all'interno dell'Area di Studio;
- **Penetrazione-uscita:** presentano solo uno dei due terminali interni all'Area di Studio e, l'altro, esterno ad essa ma compreso nell'Area di Piano;
- **Attraversamento:** presentano entrambi i terminali esterni all'Area di Studio ma compresi nell'Area di Piano.

Tenuto conto dell'importanza locale dell'intervento costituito dalla costruzione di un nuovo asse nord – sud nel territorio della piana di Lucca e dei relativi collegamenti all'attuale casello autostradale di Lucca e del futuro casello di Capannoni, l'Area di Studio è stata estesa ai comuni di Lucca, Capannoni, Porcari ed Altopascio.

Per le stesse ragioni l'Area di Piano è stata estesa al territorio della Regione Toscana.

Visto il carattere nazionale degli scambi del territorio dell'Area di Studio, le zone di bordo dell'Area di Piano collegate alle principali infrastrutture autostradali (Firenze, Massa-Carrara, Livorno-Grosseto), rappresentano in termini di spostamenti anche porzioni di territorio non considerate all'interno dell'Area di Piano stessa.

La rappresentazione Aree di Studio e di Piano è riportata nella figura successiva.



2.1 Premessa

Al fine di definire il modello interpretativo della domanda di trasporto è necessario individuare delle zone di traffico, di dimensione opportuna, attraverso la "suddivisione" del territorio costituente l'Area di Studio e di Piano.

Le zone di traffico, infatti, rappresentano l'unità elementare in cui viene "discretizzato" il territorio e, conseguentemente, l'aumento del loro numero comporta un incremento del livello di

complessità delle analisi da effettuare; d'altro canto, un numero limitato di zone limita il livello di precisione dei risultati che possono essere ottenuti.

Nella scelta della dimensione e della forma delle zone di traffico sono, normalmente, considerati i seguenti fattori essenziali:

- definizione dei confini amministrativi (ad es. confini provinciali, confini comunali, sezioni censuarie, ecc.);
- limiti fisici naturali quali fiumi, laghi catene montuose e limiti fisici antropici quali linee ferroviarie;
- possibilità di rendere trascurabile o, quanto meno, determinabile con precisione l'uso della rete e dei servizi da parte degli spostamenti interni alle zone stesse (minimizzazione degli spostamenti intrazonali).

A ciascuna zona di traffico corrisponderà un unico polo (centroide) del grafo, nel quale si considerano concentrati tutti i terminali degli spostamenti aventi origine o destinazione all'interno della zona stessa.

Nei paragrafi successivi sono riportati i risultati dell'attività svolta in relazione alla definizione della zonizzazione di traffico.

2.2 Zonizzazione dell'Area di Piano

L'Area di Piano è costituita da 18 zone omogenee di traffico tracciate a partire dai confini dei Comuni della Regione Toscana.

I criteri di individuazione delle zone di traffico hanno comportato la definizione di porzioni di territorio la cui superficie aumenta all'aumentare della distanza dall'Area di Studio. Le Province di Grosseto, Livorno, Siena, Massa Carrara sono state associate ciascuna ad una singola zona di traffico in considerazione della distanza e della scarsa possibilità di scelta di percorsi per accedere al territorio dell'Area di Studio.

La Provincia di Pisa è stata suddivisa in quattro zone omogenee di traffico di cui tre poste immediatamente a ridosso dei confini con la Provincia di Lucca e suddivise in relazione alla conformazione della rete stradale principale.

La Provincia di Firenze, i cui confini sono cambiati dal 1991 ad oggi in relazione all'introduzione della Provincia di Prato, è stata considerata assieme alla Provincia di Prato con esclusione dei comuni posti a sud dei confini della Provincia di Pistoia. Tale zona è stata considerata a parte in relazione alla maggiore vicinanza ed ai differenti collegamenti stradali con l'Area di Studio.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

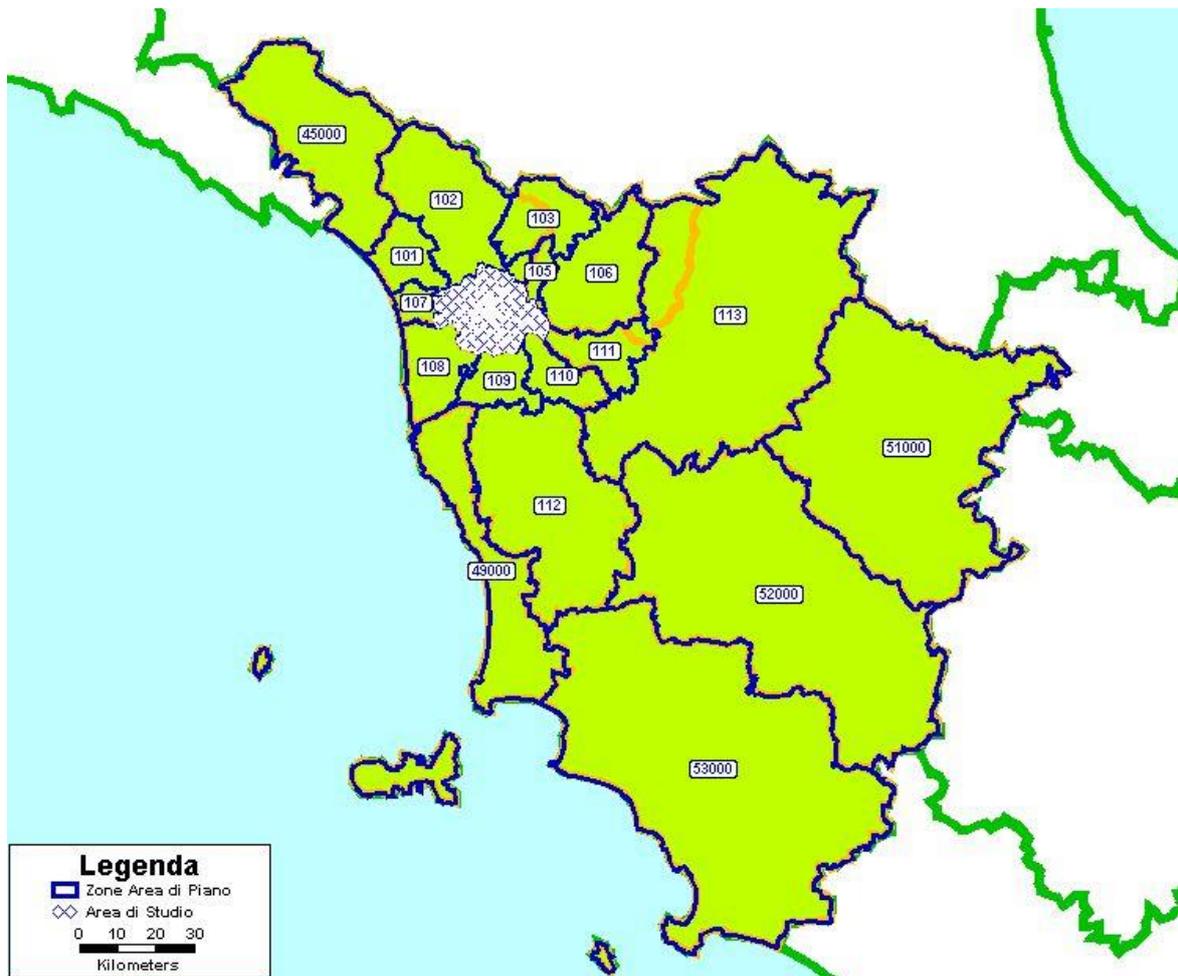
Progetto Definitivo

Per la provincia di Lucca, ad esclusione dell'Area di Studio, sono state considerate come principali poli generatori/attrattori la parte zona costiera della Versilia e l'alta valle del Serchio posta tra la Garfagnana e le Alpi Apuane.

Nella tabella e figura successiva sono riportate i codici ed i nomi delle zone di traffico appartenenti all'Area di Piano ed utilizzate nel modello di simulazione.

ID Zona	Nome Zona	ID Zona	Nome Zona
101	Versilia Camaiore	110	Pisa Est
102	Alta valle Serchio	111	Empoli
103	Abetone - Bagni di Lucca	112	Pisa
104	Villa Basilica	113	Prato - Firenze
105	Pescia	45000	Massa Carrara
106	Pistoia	49000	Livorno
107	Versilia Viareggio	51000	Arezzo
108	Pisa Ovest	52000	Siena
109	Pisa Centro	53000	Grosseto

Zone di traffico dell'Area di Piano



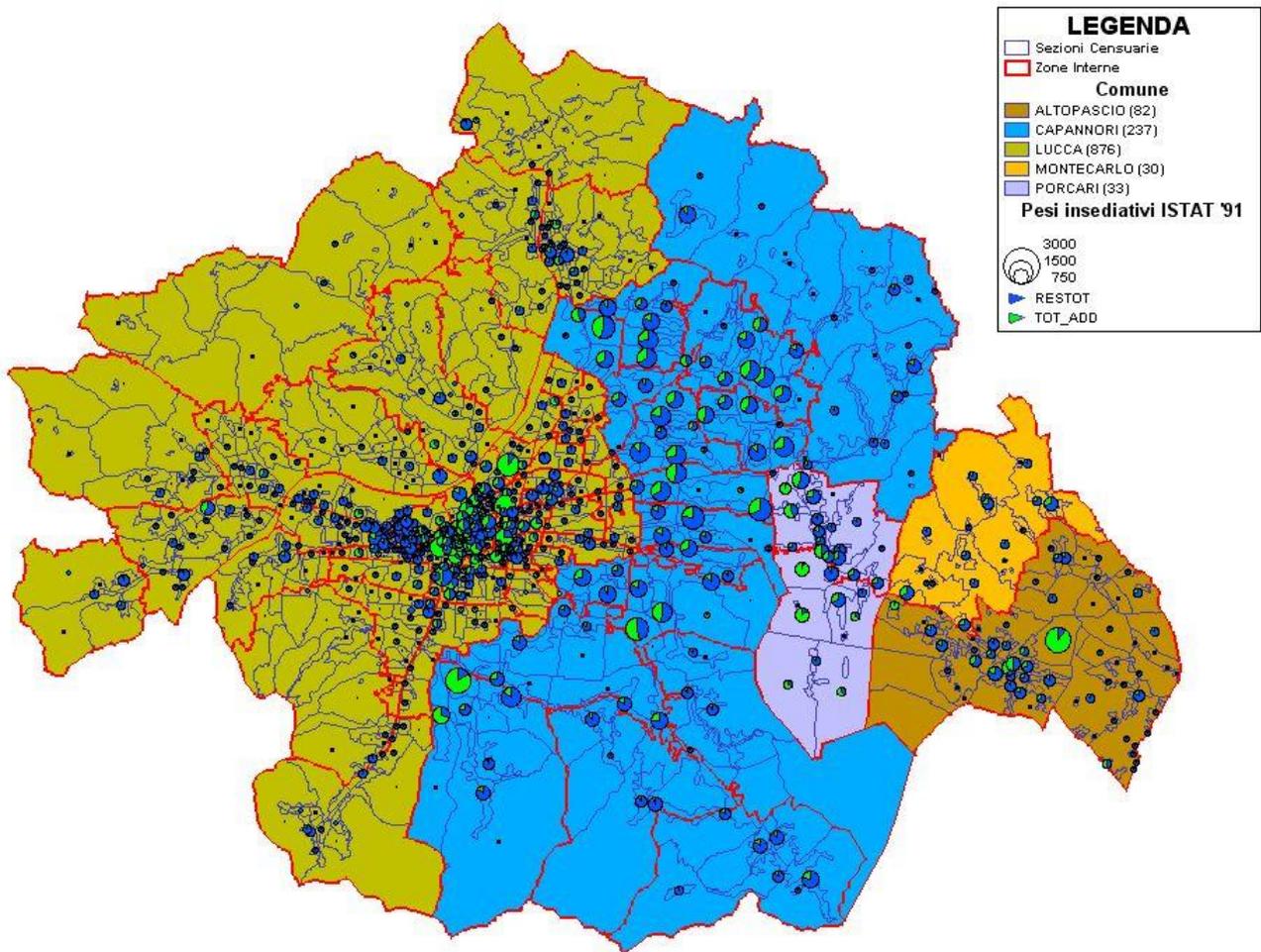
2.3 Zonizzazione dell'Area di Studio

L'Area di Studio, definita dall'insieme dei territori dei Comuni di Lucca, Capannoni, Porcari, Montecarlo ed Altopascio, risulta costituita da 71 zone omogenee di traffico.

I Comuni di Lucca e Capannoni sono stati suddivisi in base alle zone censuarie del 1991 rispettivamente in 50 e 17 zone omogenee, il comune di Porcari in due zone mentre i Comuni di Altopascio e Montecarlo sono stati considerati ciascuno come una singola zona di traffico.

Nella definizione delle zone di traffico sono stati considerati sia i tre principi guida riportati in premessa, che il criterio generale di aggregare porzioni di territorio man mano più grandi allontanandosi dal tracciato dell'infrastruttura di progetto.

Nella figura seguente viene fornita una visione di insieme della distribuzione delle residenze e delle attività attraverso la rappresentazione del numero di residenti ed addetti per zona censuaria relativa al censimento 1991 in diagrammi a torta.



La lettura di tale figura in scala ridotta rispetto quella presentata ha fornito un utile strumento per la chiusura dei confini di ciascuna singola zona (riportati in rosso). Sono infatti state isolate le zone a forte valenza industriale e commerciale da quelle a prevalente uso residenziale.

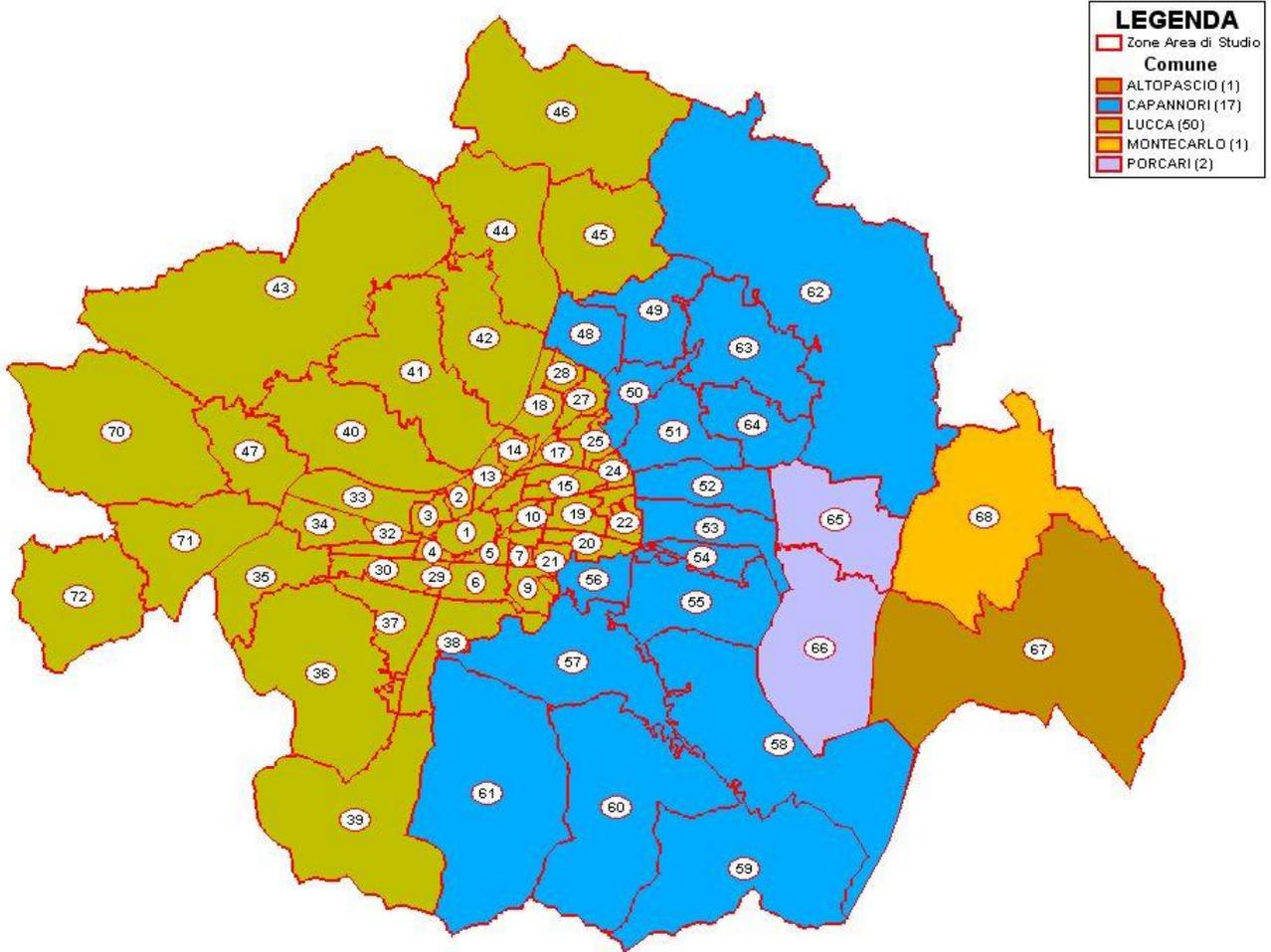
Inoltre è stato possibile isolare, in special modo in prossimità del tracciato di progetto, i nuclei abitativi/industriali in modo da poter considerare minimi gli spostamenti all'interno della zona stessa.

La rappresentazione finale, con a corredo gli identificativi delle zone omogenee di traffico individuate, è riportata nella figura seguente.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



3 LE INDAGINI DI TRAFFICO

Con le campagne di indagine sono state integrate le basi dati acquisite presso l'ISTAT e le rilevazioni di traffico già disponibili (PTCP e Società Autostrade).

Finalità della campagna è la ricalibrazione della matrice Origine Destinazione (O/D) di area, descritta nel capitolo 4, degli spostamenti passeggeri e merci dell'ora di punta, con specifico riferimento all'area di studio definita, includendo sia gli spostamenti sistematici che quelli non sistematici.

I dati O/D degli spostamenti ISTAT (riferiti al 2001, che sono gli ultimi disponibili) sono relativi alla mobilità passeggeri sistematica, generata dal primo spostamento della giornata.

I dati in possesso sono stati aggiornati nel corso della progettazione attraverso tre differenti campagne di rilievo:

- una campagna di indagine/conteggio effettuata da ANAS S.p.A. nel 2004 riguardo la componente merci e passeggeri;
- una campagna di solo conteggio del 2008 effettuata dall'Ufficio Viabilità del Comune di Lucca;
- una campagna di conteggi del 2013 effettuata dalla Provincia di Lucca.

Le diverse campagne di indagine/conteggio eseguite hanno permesso di:

- Rilevare gli andamenti orari dei flussi di traffico (passeggeri e merci) lungo le direttrici di principale interesse per il progetto;
- Definire la quota di traffico che impegna gli assi stradali dell'area di studio nell'ora di punta rispetto al Traffico Giornaliero Medio (TGM);
- Definire le quote di traffico nella fascia oraria diurna (06:00 – 22:00) e notturna (22:00 – 06:00) che impegnano l'area di studio;
- Aggiornare, con dati attuali, alcuni indicatori che caratterizzano lo spostamento, quali:

Tipologia di mezzo utilizzato per lo spostamento;

Durata dello spostamento e sistematicità dello stesso (frequenza ed eventuale ritorno in giornata);

Coefficiente di occupazione del veicolo (solo spostamenti passeggeri);

Motivo dello spostamento.

Progetto Definitivo

- Verificare nel corso degli anni le variazioni di traffico sulla rete, attraverso il confronto dei flussi rilevati nel territorio su sezioni statisticamente comparabili per prossimità ed omogeneità del dato;
- Aggiornare le matrici di domanda all'anno 2013 attraverso l'ultima campagna di conteggi della Provincia di Lucca.

La localizzazione delle sezioni è stata determinata in modo da intercettare sia i flussi interni all'area di studio che quelli esterni alla stessa. I conteggi sono stati svolti su 7 sezioni stradali con rilevamento strumentale, e su 3 intersezioni stradali con conteggio manuale.

I conteggi strumentali sulle sezioni del 2004 sono stati effettuati al minimo per 24 ore in un giorno feriale medio nei seguenti punti:

- Sez. 1 = Località S.S. 12 Ponte a Moriano (Comune di Lucca);
- Sez. 2 = Località Borgo Giannotti (Comune di Lucca);
- Sez. 3 = Località S.P. 23 Via Puccini (Comune di Porcari);
- Sez. 4 = Località S.S.435 Pesciatina (Comune di Capannori);
- Sez. 5 = Località S.P.69 Viale Europa (Comune di Capannori);
- Sez. 6 = Località Via San Concordio (Comune di Lucca);
- Sez. 7 = Località Via Di Ville (Comune di Capannori).

Sulla sezione 1 il rilievo è stato effettuato per sette giorni consecutivi in maniera tale da poter valutare l'andamento del traffico nell'arco di un'intera settimana.

Sulle tre intersezioni il rilievo è stato effettuato manualmente per sei ore nei periodi di punta della mattina e del pomeriggio con conteggio delle singole manovre di svolta. Per i risultati dei rilievi si rimanda all'allegato alla Relazione.

- Intersezione 1 = SP 27 – via Tiglio, Località Corte Celli;
- Intersezione 2 = SP 27 - SP 23, Località Antraccoli;
- Intersezione 3 = SP 23 – SS 435, Località Lunata.

Le indagini O/D sono state effettuate mediante la somministrazione di un questionario ai conducenti delle autovetture e dei veicoli merci, richiedendo informazioni circa l'origine e la destinazione dello spostamento, il motivo e la frequenza dello stesso, il numero dei passeggeri, la tipologia di veicolo e la sua alimentazione.

Progetto Definitivo

Delle cinque sezioni O/D, tre sono state ubicate in prossimità delle sezioni monitorate tramite strumento contraffico e le restanti due in corrispondenza dei caselli autostradali, dove peraltro sono disponibili i dati di flusso forniti dalla Società Autostrade.

L'indagine è stata svolta in un giorno ferialo medio per 12 ore continuative, dalle 7.00 alle 19.00.

La localizzazione delle cinque sezioni è la seguente:

- Sez. 1 = SS 12, Località Ponte a Moriano, direzione Nord;
- Sez. 2 = SS 12, Località Borgo Giannotti interviste, direzione Sud
- Sez. 3 = Località, Sp 23 Via Puccini (Comune di Porcari) bidirezionali;
- Sez. 4 = A11 Casello di Capannori, bidirezionali;
- Sez. 5 = A11 Casello di Lucca Est, dir. uscita dal casello.

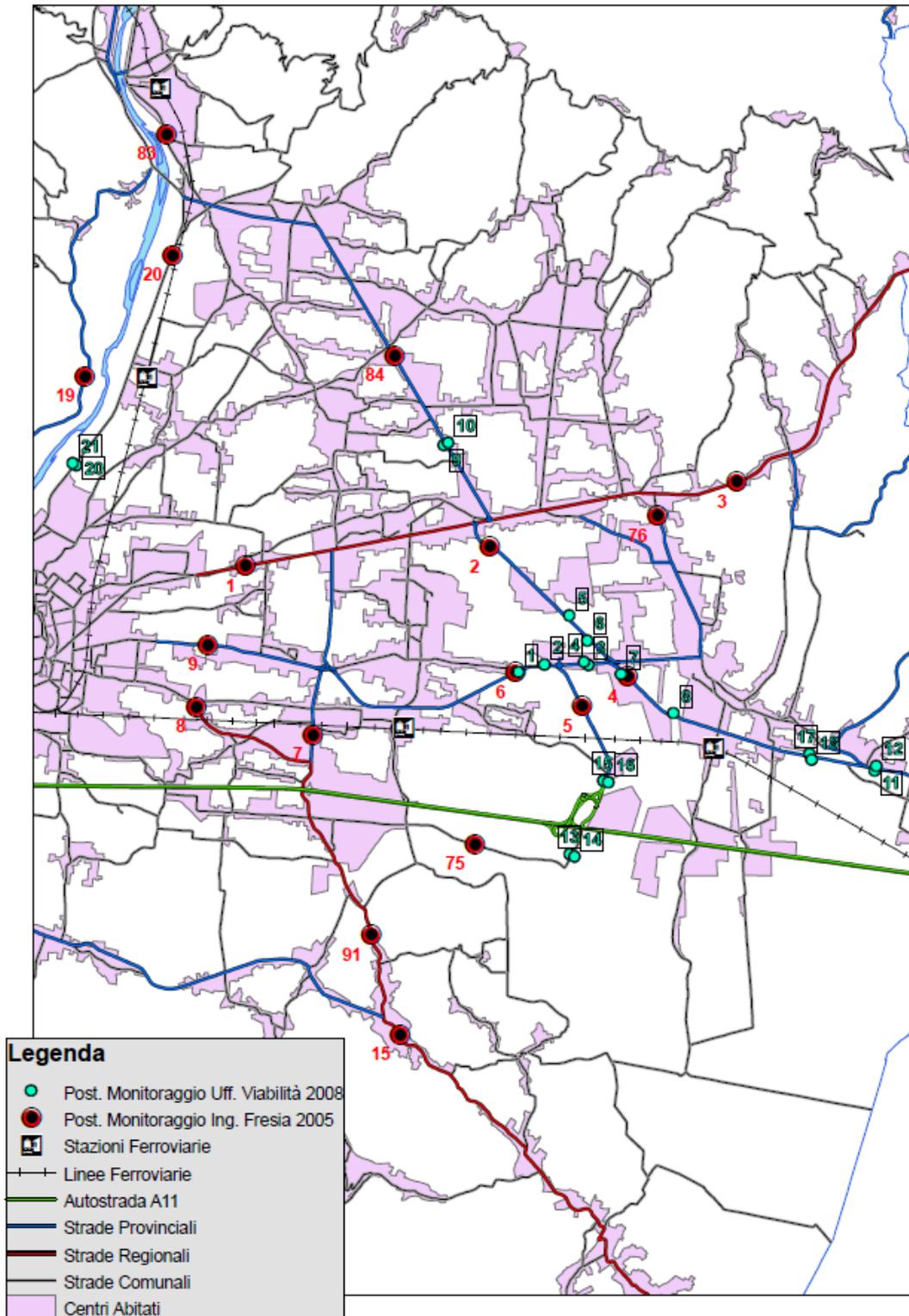
I dati della campagna di conteggi del 2008, unitamente a quella del 2013, hanno permesso di aggiornare ulteriormente la base dati utilizzata per la redazione dello studio.

Le figure seguenti mostrano la localizzazione delle sezioni di rilievo delle tre differenti campagne di indagine.

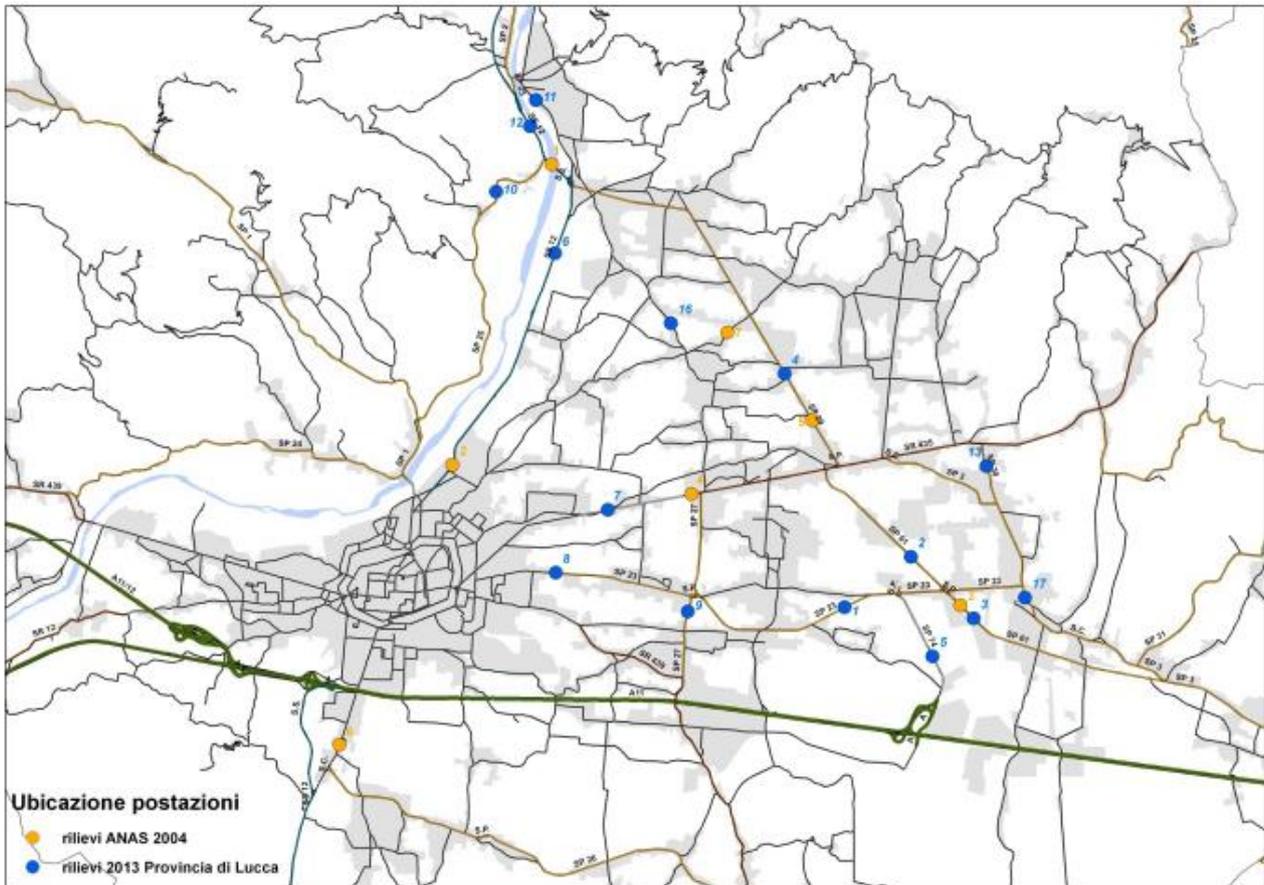
SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Localizzazione delle sezioni del 2008



Localizzazione delle sezioni del 2013

Nei paragrafi seguenti sono descritti i principali risultati scaturiti dalla campagna di indagine/conteggio.

Una volta raccolte tutte le basedati disponibili, è stato fatto un confronto tra le sezioni ANAS e quelle della Provincia, lungo le sole postazioni statisticamente comparabili per prossimità ed omogeneità del dato.

L'analisi, nella difficoltà della comparazione dei dati, conteggiati in periodi temporali differenti, in alcuni casi in diversi intervalli temporali della giornata (TGM e DIURNO a seconda della campagna di conteggi) e con differenti criteri di classificazione veicolare sono stati confrontati utilizzando 4 sezioni di rilievo sufficientemente comparabili statisticamente.

Per omogeneizzare il dato si è scelto di confrontare solo i flussi di veicoli equivalenti, riducendo la distorsione della diversa classificazione veicolare adottata nelle due campagne di conteggio.

La tabella seguente mostra i dati confrontati.

Progetto Definitivo

Strada	N° sez Provincia	N° sez ANAS	Campionamento	Traffici ANAS in Veq	Traffici Provincia in Veq	Variazione % 2013/2004
SS12	12	1	TGM	26.455	24.002	-9,3%
SP29	4	5	TGM	23.939	25.379	6,0%
SP61	3	3	TGM	27.878	26.587	-4,6%
SR435	1	4	DIURNO	15.973	18.057	13,0%

I dati evidenziano complessivamente una discreta congruità tra di loro, evidenziando come dal 2004 al 2013, per effetto della crescita economica iniziale e della successiva contrazione della produzione e dei consumi, con conseguente riduzione della mobilità, il traffico sia rimasto piuttosto stabile.

L'unica variazione più sensibile è sulla SR435, in cui però il campionamento veicolare non è su tutta la giornata ma sulla fascia diurna, rendendo il dato statisticamente meno significativo.

3.1 Le sezioni di conteggio strumentale

L'analisi dei flussi di traffico aggregati rilevati in tutte le sezioni, ha lo scopo di monitorare l'occupazione media degli assi stradali all'interno dell'area di studio.

Il dato aggregato evidenzia come il 92,6% del traffico di veicoli leggeri ed il 94,6% di quello dei pesanti impegna gli assi stradali nella fascia oraria diurna (06:00 – 22:00).

Il traffico di veicoli pesanti è piuttosto uniforme nell'arco della giornata, ben distribuito nella fascia 07:00 - 18:00.

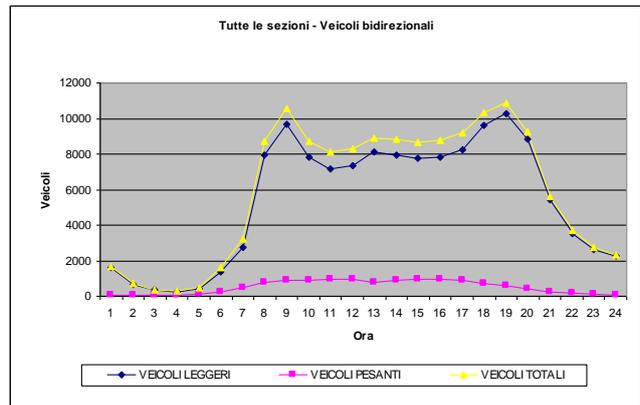
Per quanto riguarda i veicoli leggeri, si evidenziano due picchi, rispettivamente del 7,4% e del 7,9% rispettivamente nelle fasce 08:00 – 09:00 e 18:00 – 19:00.

Per la valutazione dell'ora di punta della giornata si è deciso di considerare la fascia oraria delle 08:00 – 09:00, essendo in questa fascia la percentuale di veicoli pesanti il 7,2% dell'intera giornata, contro il 5,1% rilevato tra le 18:00 e le 19:00. In base a queste considerazioni, la percentuale di flussi nell'ora di punta rispetto al traffico giornaliero medio è pari al 7,4% per i veicoli leggeri ed al 7,2% per i pesanti.

Sull'intera rete dell'area di studio la percentuale di veicoli pesanti è l'8,6%. Risulta evidente, dalle analisi delle singole sezioni, come il dato è molto più elevato, con picchi del 14 - 15% nelle sezioni su assi di penetrazione e collegamento con zone ad elevata concentrazione industriale e lungo le principali direttrici di collegamento da/verso Lucca.

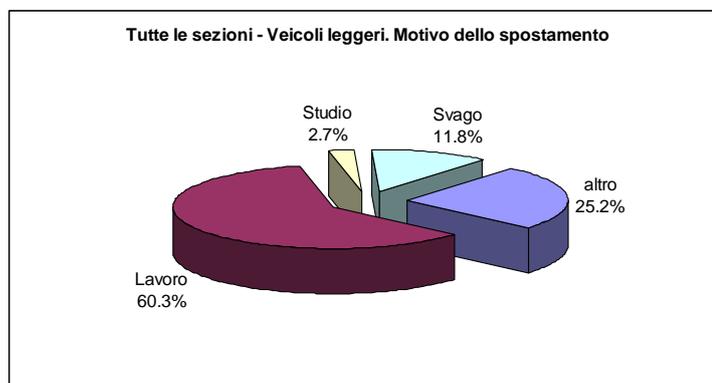
La tabella seguente mostra l'andamento percentuale dei flussi orari in tutta l'area, evidenziando l'ora di punta scelta; la figura evidenzia l'andamento medio orario degli stessi.

ORA	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali	Veicoli equivalenti
1	1.2%	0.5%	1.2%	1.1%
2	0.5%	0.3%	0.5%	0.5%
3	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
4	0.2%	0.4%	0.2%	0.2%
5	0.3%	0.8%	0.3%	0.4%
6	1.1%	1.8%	1.1%	1.2%
7	2.1%	4.0%	2.3%	2.5%
8	6.1%	6.3%	6.1%	6.2%
9	7.4%	7.2%	7.4%	7.4%
10	6.0%	7.4%	6.1%	6.3%
11	5.5%	8.0%	5.7%	6.0%
12	5.7%	7.7%	5.9%	6.1%
13	6.3%	6.4%	6.3%	6.3%
14	6.1%	7.3%	6.2%	6.3%
15	6.0%	7.6%	6.1%	6.3%
16	6.0%	7.6%	6.2%	6.3%
17	6.4%	7.5%	6.5%	6.6%
18	7.4%	6.0%	7.3%	7.1%
19	7.9%	5.1%	7.6%	7.4%
20	6.8%	3.5%	6.5%	6.2%
21	4.2%	1.8%	4.0%	3.7%
22	2.7%	1.3%	2.6%	2.5%
23	2.0%	0.8%	1.9%	1.8%
24	1.8%	0.5%	1.6%	1.5%



3.2 Le sezioni di intervista

Per quanto riguarda gli spostamenti dei veicoli passeggeri, le interviste effettuate nell'area di studio hanno evidenziato una forte incidenza della sistematicità: oltre il 60% degli spostamenti avviene infatti per lavoro ed il 3% circa per studio.



Il tasso medio di occupazione evidenzia l'utilizzo personale del mezzo di trasporto. Il coefficiente medio di riempimento è di 1,3 passeggeri/veicolo, fortemente influenzato dal dato medio degli spostamenti per lavoro: 1,2 passeggeri/veicolo.

Coefficiente di occupazione medio	
MOTIVO	Valore
altro	1.4
lavoro	1.2
studio	1.4
svago	1.7
Medio complessivo	1.3

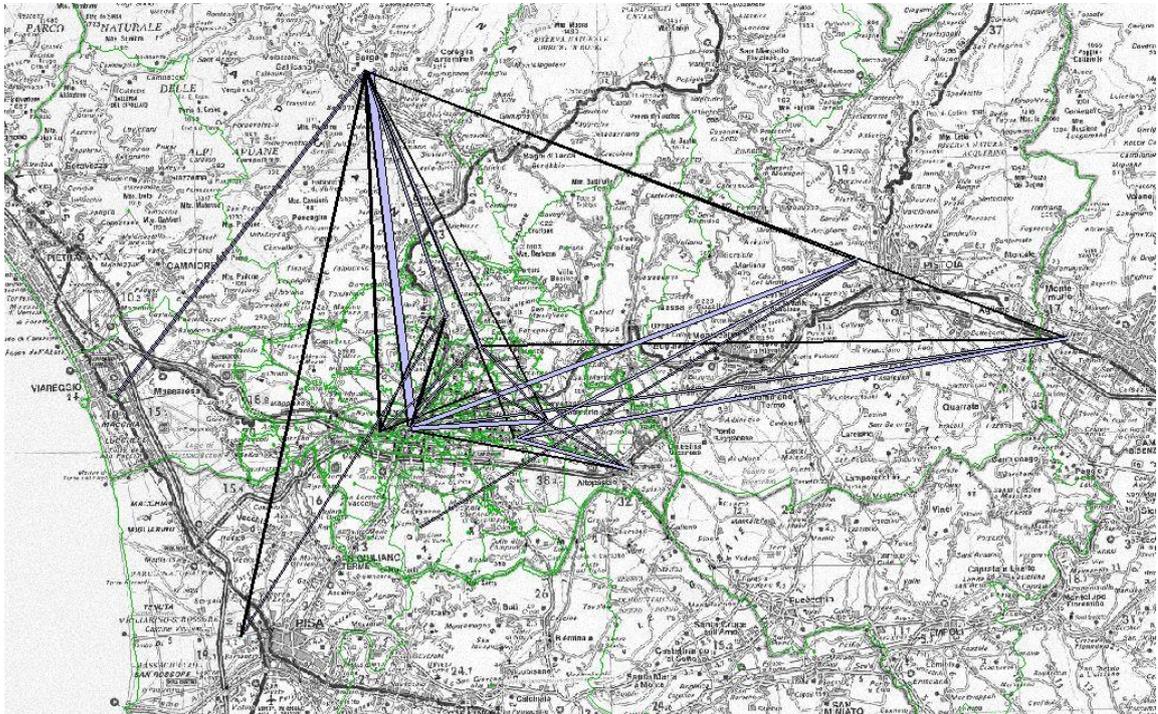
L'analisi degli spostamenti nell'area di studio evidenzia come la componente di traffico locale sia piuttosto sostenuta, con una buona incidenza di scambi di traffico tra l'area di Lucca ed i maggiori

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

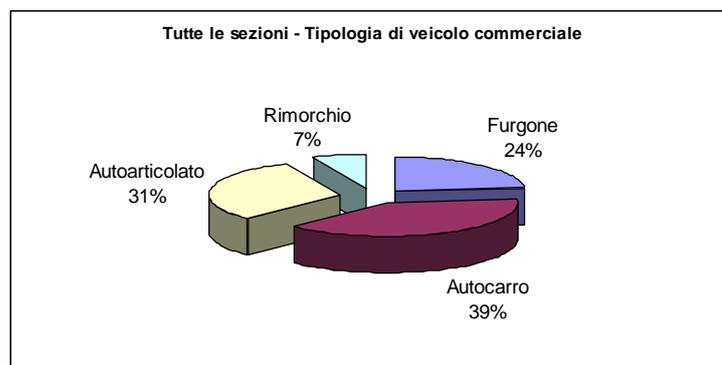
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

poli attrattori/generatori di domanda dell'area: Pistoia, area di Prato/Firenze, Garfagnana, Versilia ed area Pisana.



L'analisi degli spostamenti della domanda merci evidenzia la sovrapposizione di due tipologie di traffico: una più "locale", con utilizzo di veicoli con portata limitata (il 63% degli spostamenti sono effettuati con autocarri e furgoni), tipica di un contesto urbano, con durata dello spostamento inferiore alle 3 ore; una di "attraversamento", con utilizzo di veicoli con più di due assi (il 38% degli spostamenti avviene con autoarticolati e rimorchi), e durata dello spostamento superiore alle 4 ore.

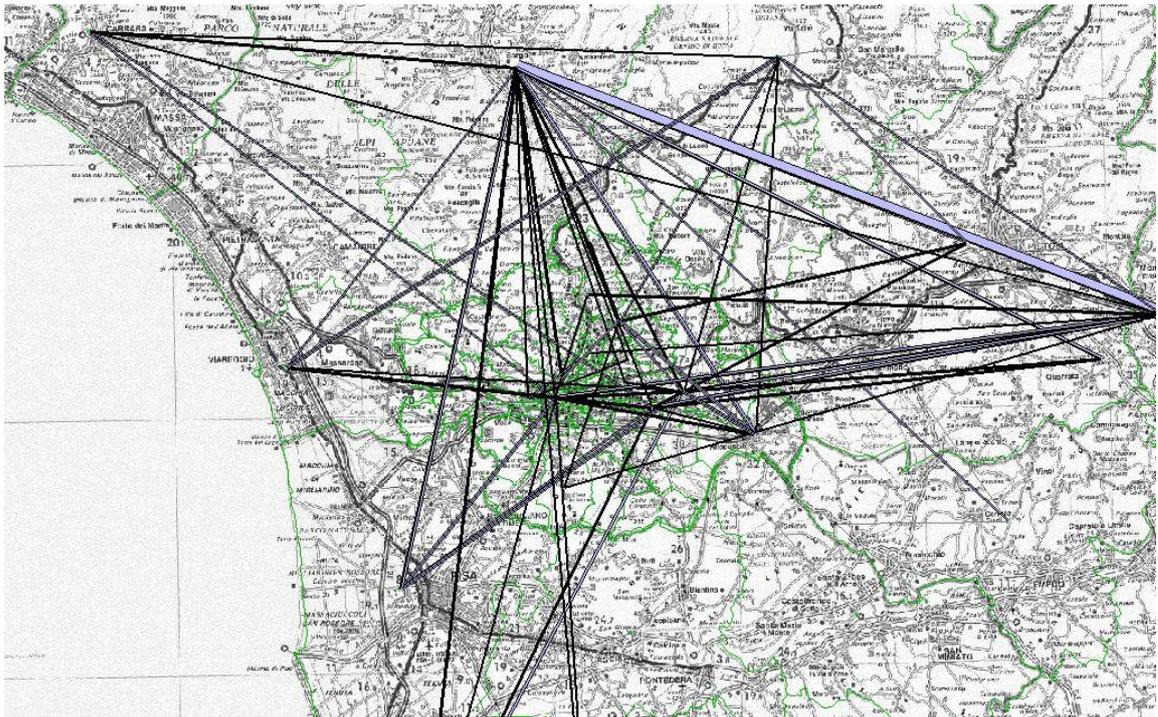


La figura seguente visualizza questa realtà: si notano gli spostamenti di attraversamento dell'area di studio tra la Garfagnana, l'area di Pisa, l'area di Firenze e la Versilia, insieme agli spostamenti locali tra Lucca ed i Comuni limitrofi.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



4 DETERMINAZIONE DELLE MATRICI O/D

La ricostruzione della domanda di trasporto dell'area di studio è stata condotta a partire dalle zone censuarie relative alla provincia di Lucca.

Successivamente, attraverso l'aggregazione delle particelle ISTAT si è definita la zonizzazione di traffico già descritta nei capitoli precedenti, con due differenti livelli di dettaglio:

- Zonizzazione interna (area di studio);
- Zonizzazione esterna (area di piano).

Il database ISTAT di partenza, relativo alla provincia di Lucca, ha permesso di ricostruire la matrice censuaria della mobilità interna e di scambio nell'area di studio e di piano.

I dati di fonte ISTAT, riferiti agli spostamenti sistematici nell'ora di punta della mattina, sono stati integrati, mediante modellistica, con gli spostamenti per "altro motivo di spostamento" in base alla matrice degli spostamenti per lavoro e studio ed in base ai dati di popolazione.

Utilizzando i dati di fonte SIMPT, sono stati definiti inoltre gli spostamenti di attraversamento dell'area di studio. Sono spostamenti che, pur non avendo origine e/o destinazione in zone dell'area in esame, utilizzano durante il percorso infrastrutture stradali interne all'area, e quindi sono fondamentali per la corretta calibrazione dei modelli. Tali spostamenti, per uniformità con la base dati istat del censimento, sono riferiti alla stessa fascia di punta della mattina.

Tali spostamenti di carattere nazionale, di scambio e di attraversamento, sono stati aggregati a quelli propriamente originati dalle zone di bordo dell'Area di Piano collegate ai principali corridoi di lunga percorrenza (Firenze, Massa-Carrara, Livorno-Grosseto).

Completata la matrice censuaria di partenza è stata ricostruita la matrice campionaria dei veicoli leggeri e dei veicoli pesanti attraverso le sezioni O/D di intervista.

Le matrici degli spostamenti ricostruite dai dati campionari sono state utilizzate per integrare quella censuaria, ottenendo così la matrice degli spostamenti dei veicoli passeggeri e merci all'attualità.

4.1 La calibrazione delle Matrici O/D

Una volta costruite le matrici censuarie, opportunamente integrate con la quota di spostamenti di attraversamento e con le matrici delle interviste (dati campionari), si è proceduto correzione e calibrazione attraverso i dati relativi ai conteggi di traffico.

La correzione delle matrici di domanda è stata eseguita secondo la procedura di Nielsen, inclusa nel modello di assegnazione Transcad. La procedura opera modificando l'entità degli spostamenti

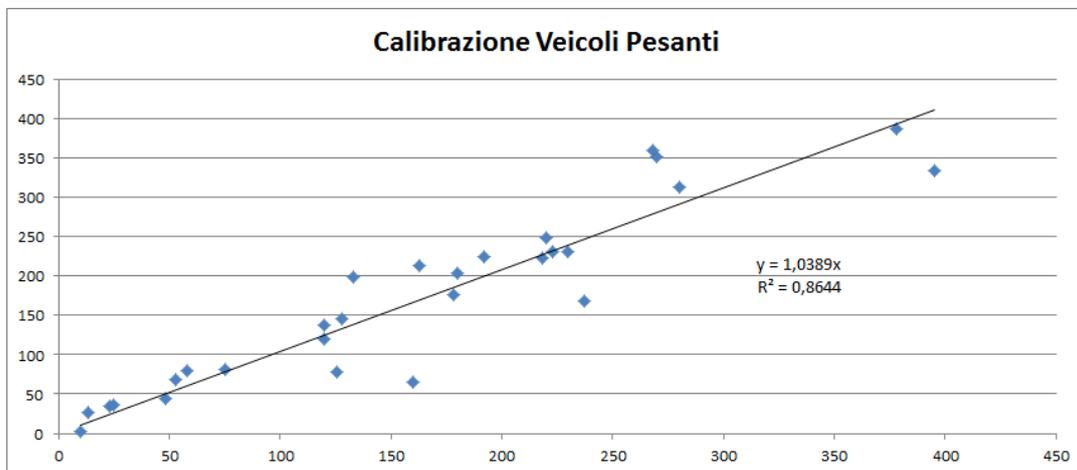
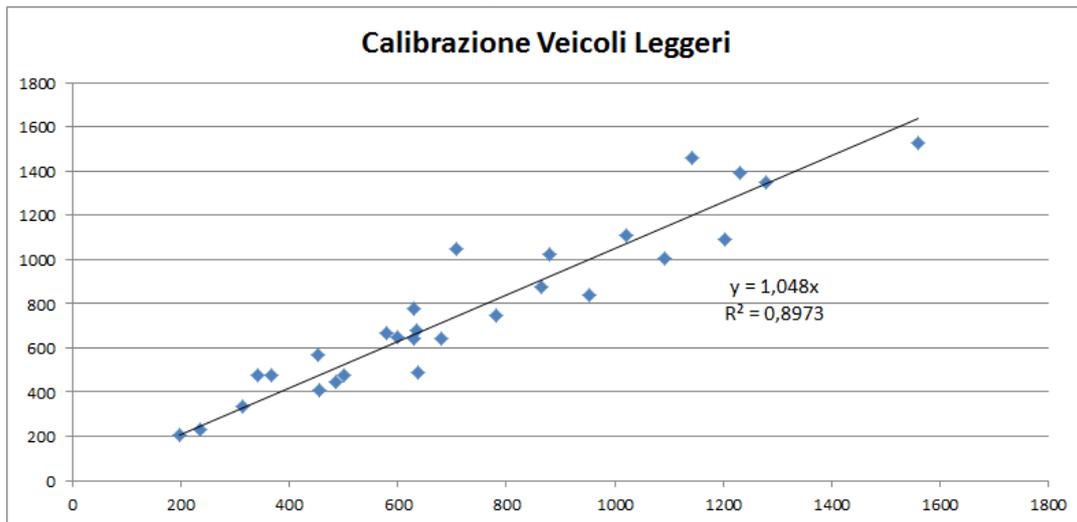
(veicoli) tra coppie o/d con l'obiettivo di minimizzare gli scarti tra flussi assegnati e conteggi in corrispondenza delle sezioni monitorate: le relazioni o/d più significative in termini di flusso sull'arco monitorato subiranno le modifiche maggiori.

In particolare, l'algoritmo è così strutturato:

- step 0: assegnazione della matrice iniziale;
- step 1: confronto tra i flussi prodotti dall'assegnazione della matrice iniziale (sugli archi monitorati) e i conteggi di traffico e calcolo delle differenze tra i valori confrontati;
- step 2: riconoscimento delle O/D, ossia redistribuzione delle differenze (step 1) in funzione del potere attrattivo e generativo delle zone di traffico. L'informazione sull'arco i-esimo appartenente al percorso j-esimo che collega la generica coppia OD produce una nuova matrice "incrementale" Δ ;
- step 3: aggiornamento della matrice di domanda (somma algebrica tra la matrice D alla k-esima iterazione e la matrice Δ ottenuta allo step precedente): $D_{k+1} = D_k + \Delta$;
- step 4: assegnazione della nuova matrice O/D (Dk+1);
- Step 5: aggiornamento del contatore: $I_{k+1} = I_k + 1$
- Step 6: verifica della convergenza della procedura. E' possibile definire due criteri per la convergenza della procedura:
 - il primo è relativo al numero massimo di iterazioni che devono essere effettuate;
 - il secondo prevede l'impostazione del valore di convergenza (sul tempo globale di spostamento della rete) che deve essere raggiunto. Quando la massima differenza assoluta fra i tempi globali di spostamento di due iterazioni successive risulta minore di tale valore, la convergenza è raggiunta e la procedura di assegnazione si arresta.
- Step 7: se la convergenza non è raggiunta, la procedura ritorna allo Step 1.

La congruenza tra flussi derivanti dall'assegnazione delle matrici corrette relativa all'ora di punta della mattina ed i conteggi sulle sezioni esaminate, è riportata nelle figure seguenti: sull'asse delle ordinate sono riportati i valori dei conteggi; su quello delle ascisse i valori dei flussi da assegnazione. Essi rappresentano le coordinate X ed Y dei punti raffigurati. E' evidente che la simulazione ideale porterebbe alla perfetta coincidenza dei flussi assegnati con quelli monitorati (coeff. Ang. e R^2 pari ad 1), il che farebbe disporre i punti lungo la bisettrice del grafico.

Progetto Definitivo



L'analisi dei risultati ottenuti evidenzia il valore dei risultati ottenuti: la retta di regressione presenta un coefficiente prossimo all'unità sia per i veicoli passeggeri che per i merci, ed un R^2 superiore a 0.89 per i veicoli leggeri e superiore allo 0.86 per i pesanti.

4.2 La domanda di trasporto all'attualità

Le tabelle seguenti mostrano i volumi di spostamenti, in veicoli passeggeri e merci, ottenute dalla calibrazione. Gli spostamenti, che fanno riferimento all'ora di punta, sono divisi in:

- Interni – Interni: spostamenti con origine e destinazione in zone interne all'area di studio;
- Interni – Esterni: spostamenti con origine da zone dell'area di studio e destinati a zone dell'area di piano;
- Esterni - Interni: spostamenti con origine da zone dell'area di piano e destinati a zone dell'area di studio;

Progetto Definitivo

- Esterni – Esterni: spostamenti con origine e destinazione da zone dell'area di piano (spostamenti di attraversamento).

Le matrici sono orarie e fanno riferimento all'ora di punta dalle 08:00 alle 09:00 del mattino, desunta dall'analisi dei conteggi di traffico eseguiti nell'area di interesse per lo studio (a riguardo si rimanda al capitolo sulle indagini integrative del presente rapporto ed al relativo allegato).

La componente di domanda è pari al 7,4% ed al 7,2% rispettivamente degli spostamenti passeggeri e merci dell'intera giornata (in veicoli).

Domanda di trasporto attuale			
Veicoli nell'ora di punta			
Tipo di spostamento	Passeggeri	Merci	Veicoli totali
Interno – Interno	15.363	278	15.641
Interno – Esterno	2.413	140	2.552
Esterno – Interno	2.501	265	2.766
Esterno - Esterno	6.147	256	6.404
Totale	26.423	940	27.363

Dall'analisi della domanda si evidenzia come la tipologia di spostamenti sia sostanzialmente differente tra veicoli passeggeri e veicoli merci.

Il 58,1% degli spostamenti passeggeri sono interni all'area di studio, con solo il 23,3% che risulta di attraversamento. Se si analizza la domanda di veicoli merci in dato è opposto: il 29,6% degli spostamenti è interno all'area di studio, il restante 70,4% è originato e/o destinato da zone dell'area di piano. La componente complessiva di attraversamento è il 27,3% del totale degli spostamenti di veicoli pesanti.

Domanda di trasporto attuale		
Percentuale degli spostamenti per tipologia rispetto al totale		
Tipo di spostamento	Passeggeri	Merci
Interno – Interno	58,1%	29,6%
Interno – Esterno	9,1%	14,9%
Esterno – Interno	9,5%	28,2%
Esterno - Esterno	23,3%	27,3%

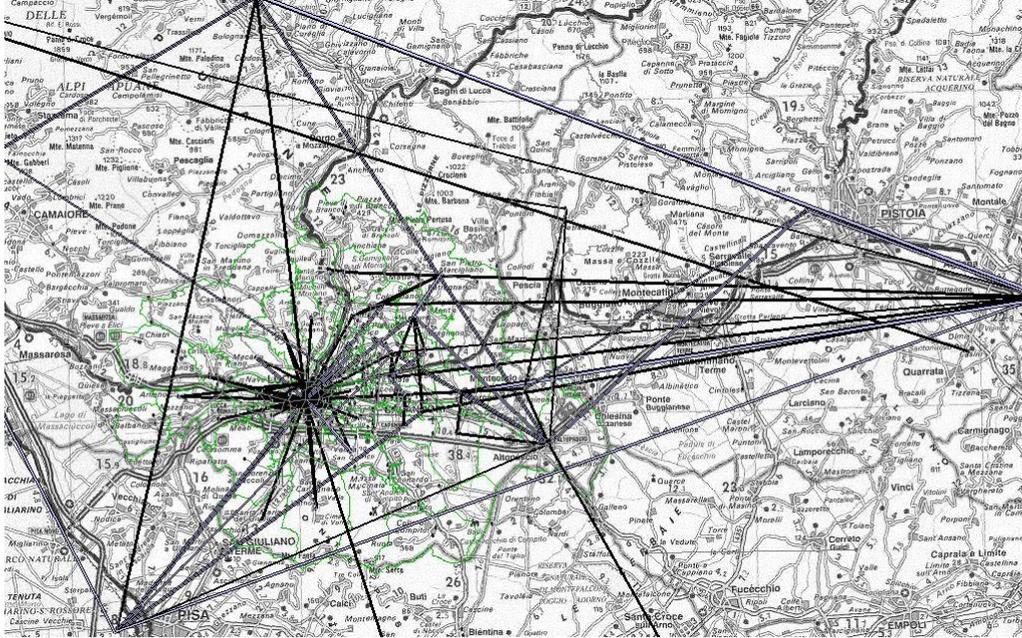
Le figure seguenti evidenziano i principali spostamenti, "Linee di Desiderio", della domanda passeggeri e merci.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

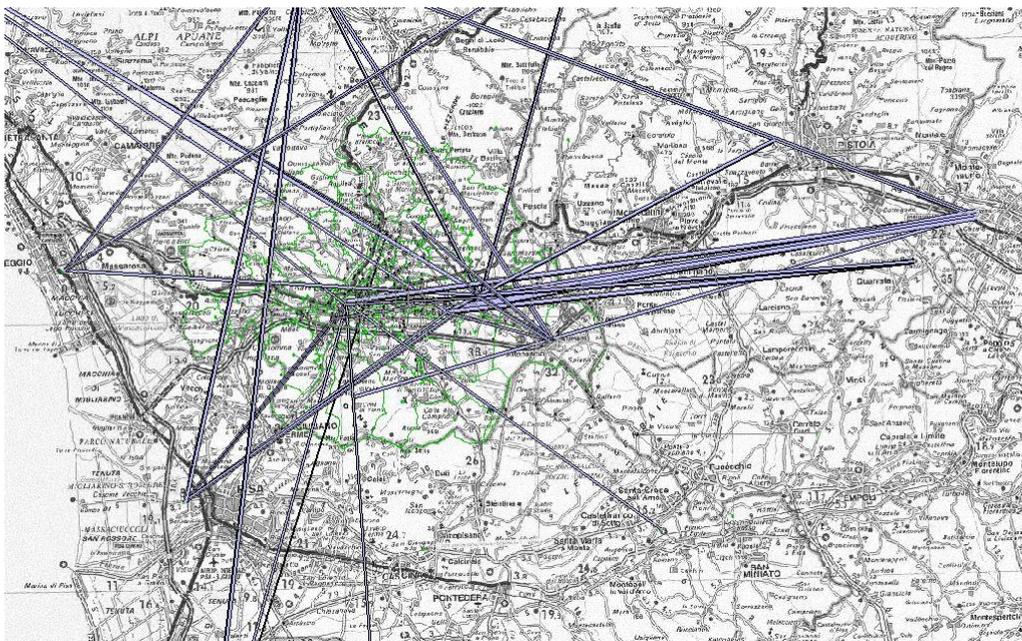
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

L'analisi delle Linee di Desiderio degli spostamenti passeggeri evidenziano chiaramente la forte componente di spostamenti interni all'area di studio e lo scambio tra l'area di studio e l'area di piano, in particolar modo con l'Est di quest'ultima.



L'analisi degli spostamenti merci evidenzia invece chiaramente la forte componente di spostamenti di attraversamento, tra la Garfagnana e l'Est dell'area di piano e l'area Pisano-Livornese, e lo scambio tra l'area di studio e l'area di piano, tra l'area di Lucca e la Garfagnana, la Versilia, l'area di Pisa e di Firenze-Prato. Complessivamente le due figure evidenziano come gli spostamenti di veicoli pesanti effettuino tragitti molto più lunghi rispetto agli spostamenti passeggeri.



4.3 Espansione della matrice O/D agli orizzonti temporali futuri

Al fine di valutare l'entità dei flussi che potranno interessare i territori compresi nell'Area di Studio e di Piano, sono stati considerati due orizzonti temporali di riferimento:

- Anno 2018, in cui si prevede l'entrata in esercizio del primo stralcio dell'infrastruttura di Progetto;
- Anno 2028, orizzonte di medio termine in cui entra in esercizio l'intera infrastruttura di progetto ed in cui si valuta l'impatto nel tempo della nuova infrastruttura sul sistema di trasporto complessivo dell'Area.

L'evoluzione della domanda di trasporto è stata determinata utilizzando:

- i parametri contenuti nel "Piano Regionale Integrato della Mobilità" della Regione Toscana;
- tenendo in considerazione la difficile congiuntura economica attuale;
- tenendo in considerazione la stima della crescita del PIL nel prossimo decennio.

Ai fini del presente studio sono stati ipotizzati differenti tassi medi di crescita annua per la domanda di trasporto passeggeri e per quella merci.

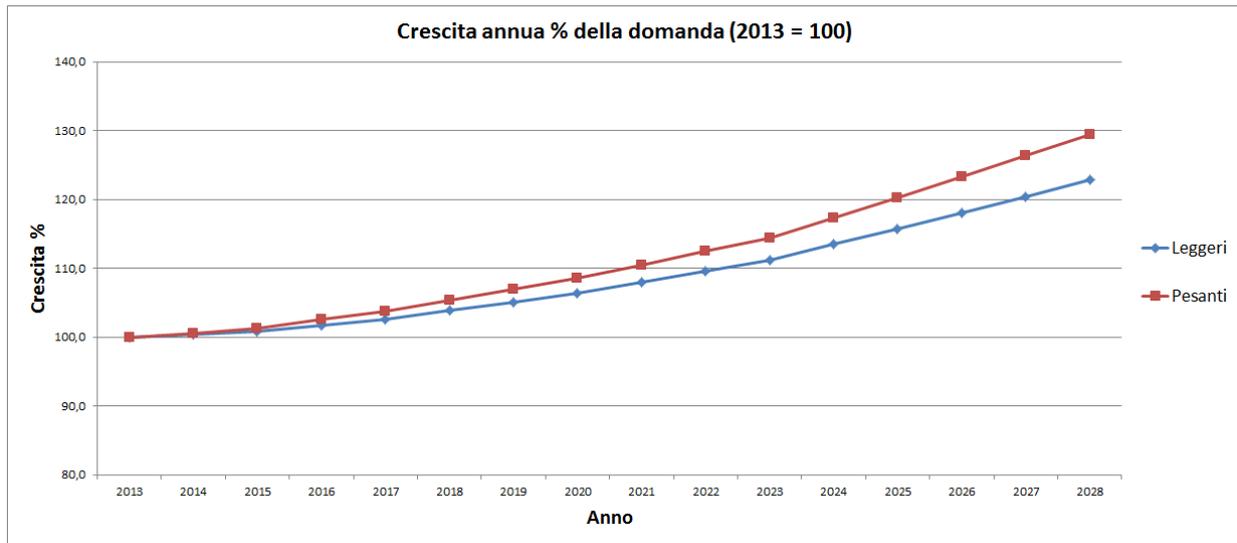
La tabella seguente evidenzia i tassi di crescita adottati.

Tassi di crescita medi annui		
Anno	Passeggeri	Merci
2014	0,3%	0.5%
2015	0,5%	0,8%
2016	0,9%	1,2%
2017	0,9%	1,2%
2018-2020	1,2%	1,5%
2021-2023	1,5%	1,8%
2024-2028	2,0%	2,5%

La figura seguente mostra l'andamento delle curve annue di domanda adottate nello studio.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Applicando i tassi annui riportati nella tabella seguente, il modello stima:

- al 2018 un incremento della matrice di domanda passeggeri del 3,9% e della domanda merci del 5,3% circa rispetto a quella calibrata con riferimento al 2013;
- al 2028 un incremento della matrice di domanda passeggeri del 22,8% e della domanda merci del 29,5% circa rispetto a quella calibrata con riferimento al 2013.

Domanda	Periodo 2013 – 2018 (2013 = 100)	Periodo 2013 – 2028 (2013 = 100)
Passeggeri	103,9%	122,8%
Merci	105,3%	129,5%

5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

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

Gli scenari temporali assunti per le valutazioni sono:

- il 2013, per la verifica dei flussi di traffico sulle infrastrutture in esercizio in assenza di progetto e per fornire i dati trasportistici di input per le analisi ambientali;
- il 2018, attraverso il quale è stato effettuato il confronto tra lo scenario di progetto e quello di riferimento, ovvero con la domanda di trasporto proiettata al 2018 e l'offerta di trasporto di riferimento (attuale più Asse Suburbano e Ponte Serchia), verificando l'impatto dell'asse di progetto sul territorio nell'ipotesi di entrata in esercizio del solo primo stralcio funzionale;
- il 2020, simulazione anch'essa finalizzata a e per fornire i dati trasportistici di input per le analisi ambientali, e di impatto del progetto sul territorio confrontando lo scenario di progetto e quello di riferimento, ovvero: domanda di trasporto proiettata al 2020; offerta di trasporto di riferimento (attuale più Asse Suburbano e Ponte Serchia); offerta di trasporto di progetto nell'ipotesi di entrata in esercizio dell'intera infrastruttura;
- il 2028, simulazione con offerta di trasporto uguale al 2020 e domanda proiettata al 2028, necessaria alle elaborazioni ambientali e di rumore in uno scenario di medio termine.

Il periodo di riferimento per le simulazioni è l'ora di punta della mattina, compresa tra le 8:00 e le 9:00 di un giorno feriale medio.

Nel dettaglio gli scenari simulati sono i seguenti:

- 2013: stato attuale;
- 2018: senza intervento;
- 2018: di progetto (solo primo stralcio);
- 2020: senza intervento;
- 2020: di progetto (intera infrastruttura).
- 2028: senza intervento;
- 2028: di progetto (intera infrastruttura).

La valutazione è stata svolta evidenziando e confrontando i principali indicatori trasportistici emersi dalle simulazioni degli scenari di domanda/offerta. Le differenze, tra scenari confrontabili e confrontati, servono a valutare l'impatto nell'area del progetto in analisi.

Come già evidenziato all'interno del rapporto, l'analisi dei risultati è stata fatta considerando la sola "Area di Studio", quella all'interno della quale si ipotizza si concretizzino i principali effetti della nuova infrastruttura.

Dal punto di vista delle simulazioni, per ciascun scenario considerato sono stati valutati:

- I veicoli*Km nell'Area di Studio, suddivisi in leggeri e pesanti, per analizzare le percorrenze della domanda all'interno dell'area;
- I veicoli*ora, sempre nell'Area di Studio ed in leggeri e pesanti, per analizzare il tempo complessivamente speso in rete dalla domanda per effettuare gli spostamenti;
- Le velocità medie di percorrenza all'interno dell'Area di Studio;
- I veicoli efficaci (differenziati in leggeri, pesanti, totali ed equivalenti) che percorrono alcune direttrici di traffico ritenute particolarmente significative per la valutazione dell'impatto della nuova infrastruttura;
- L'analisi dei Livelli di Servizio (LoS) sull'infrastruttura di progetto.

Nei paragrafi seguenti sono analizzati in dettaglio i parametri trasportistici sopra elencati, per ciascuno dei seguenti scenari:

- Scenario "Attuale": domanda di trasporto all'anno 2013 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale;
- Scenario "Riferimento 2018": domanda di trasporto all'anno 2018 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale con l'inserimento in rete dell'Asse Suburbano e del Ponte Serchia;
- Scenario "Progetto 2018": domanda di trasporto all'anno 2018 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) dello scenario "Riferimento 2018" con l'inserimento del primo stralcio funzionale del progetto;
- Scenario "Riferimento 2020": domanda di trasporto all'anno 2020 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale con l'inserimento in rete dell'Asse Suburbano e del Ponte Serchia;
- Scenario "Progetto 2020": domanda di trasporto all'anno 2020 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) dello scenario "Riferimento 2020" con l'inserimento dell'intero asse di progetto.
- Scenario "Riferimento 2028": domanda di trasporto all'anno 2028 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) attuale con l'inserimento in rete dell'Asse Suburbano e del Ponte Serchia;

Progetto Definitivo

- Scenario "Progetto 2028": domanda di trasporto all'anno 2028 e configurazione di offerta (rete di trasporto stradale) dello scenario "Riferimento 2028" con l'inserimento dell'intero asse di progetto.

Nel paragrafo 5.5 sono analizzati i Livelli di Servizio (LoS) sui singoli assi funzionali della nuova infrastruttura all'anno di entrata in esercizio (2018) del primo stralcio funzionale ed al 2020 all'entrata in esercizio dell'intera infrastruttura di progetto.

5.1 La modellistica di assegnazione

Per le simulazioni effettuate è stata utilizzata la procedura di assegnazione multiclasse multimodale (MMA) interna al programma TransCad.

La procedura è una routine di assegnazione implementata per l'utilizzo in ambito urbano ed extraurbano ed è quindi direttamente utilizzabile nella simulazione di modelli regionali e nazionali. Il modello permette l'assegnazione simultanea alla rete, o porzioni differenziate di rete, di differenti tipologie di utenti (nello specifico autovetture ad uso privato e veicoli per trasporto merci) utilizzando i principali algoritmi di assegnazione (STOCH, equilibrio dell'utente, etc.) utilizzando quale funzione di costo il costo generalizzato del trasporto (costo del tempo e delle percorrenze).

Nello specifico è stato utilizzato l'algoritmo all'equilibrio dell'utente su due classi veicolari alle quali non è stata ristretta alla circolazione alcuna porzione di rete. In relazione alla tipologia di domanda utilizzata (forte incidenza locale e spostamenti in ora di punta del mattino) si è optato per l'utilizzo come variabile da minimizzare del solo tempo di spostamento, ritenendo poco significativo il peso attribuito dall'utente medio al costo chilometrico di esercizio.

I parametri di input della procedura sono stati:

- *coefficiente di equivalenza* indicativo dell'impatto della tipologia di veicolo sulla congestione della rete (Autovettura=1, Veicolo merci=2,5);
- *Valore Monetario del Tempo* espresso in €/h differenziato per tipologia di veicolo utilizzando valori statistici medi in rapporto reciproco uguale a quello stimato nell'analisi costi benefici;
- *Tempo di percorrenza a flusso nullo* per ogni singolo arco di rete;
- *Parametri alfa, beta* delle curve di deflusso per ciascuna tipologia di arco di rete;
- *Capacità* di ogni singolo arco di rete intesa come numero massimo di veicoli che possono impegnare l'arco nell'ora.

5.2 Lo Scenario Attuale

La tabella seguente mostra le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli*km e veicoli*h, nell'ora di punta della giornata. La velocità media di percorrenza nell'area è di circa 38 Km/h.

Scenario Attuale – Anno 2012 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	137.279	3.688	37,2
Pesanti	22.723	542	41,9
Totali	160.002	4.230	37,8

L'analisi, come tutte le altre, si riferisce all'ora di punta della mattina, quella in cui si è rilevato il massimo carico complessivo sulla rete (vedi Capitolo sui risultati delle indagini).

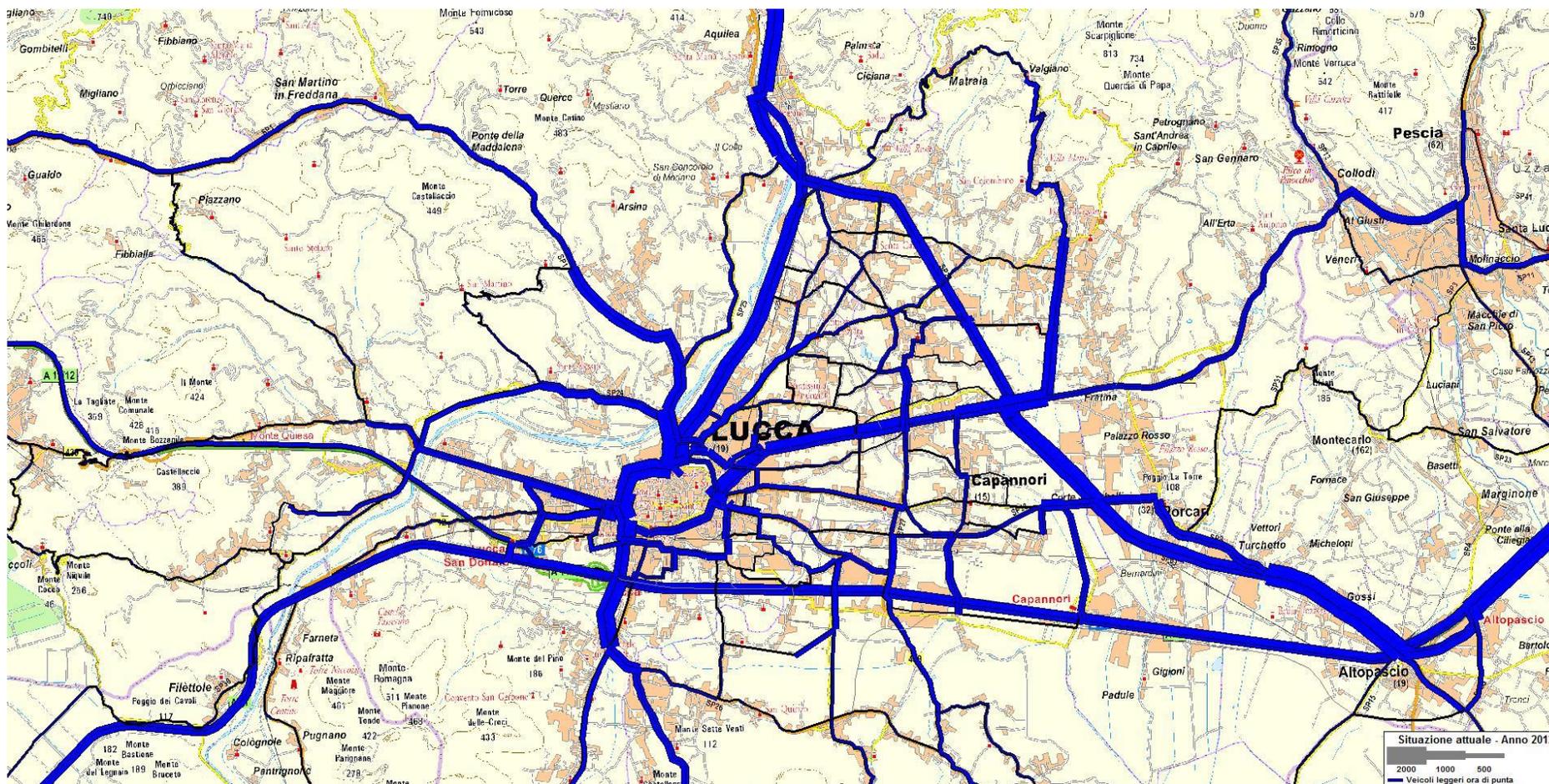
Le figure seguenti mostrano il flusso, in veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta, sulla rete di trasporto in analisi. Dall'analisi si apprezza la differente tipologia degli spostamenti: i flussi di veicoli leggeri (passeggeri) evidenziano una elevata componente di traffici locali che tendono ad utilizzare l'intera rete di trasporto; i flussi di veicoli pesanti (merci) evidenziano come gli assi utilizzati siano quasi esclusivamente di penetrazione Nord – Sud (SS12 e Viale Europa) ed Est - Ovest (sistema autostradale).

Questo comportamento è avvalorato dai risultati di area, ove si evidenzia la maggiore velocità media di percorrenza dei veicoli pesanti, dovuta alla maggior componente di traffico pesante che utilizza le infrastrutture autostradali rispetto a quella che utilizza gli assi di penetrazione all'area urbana.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

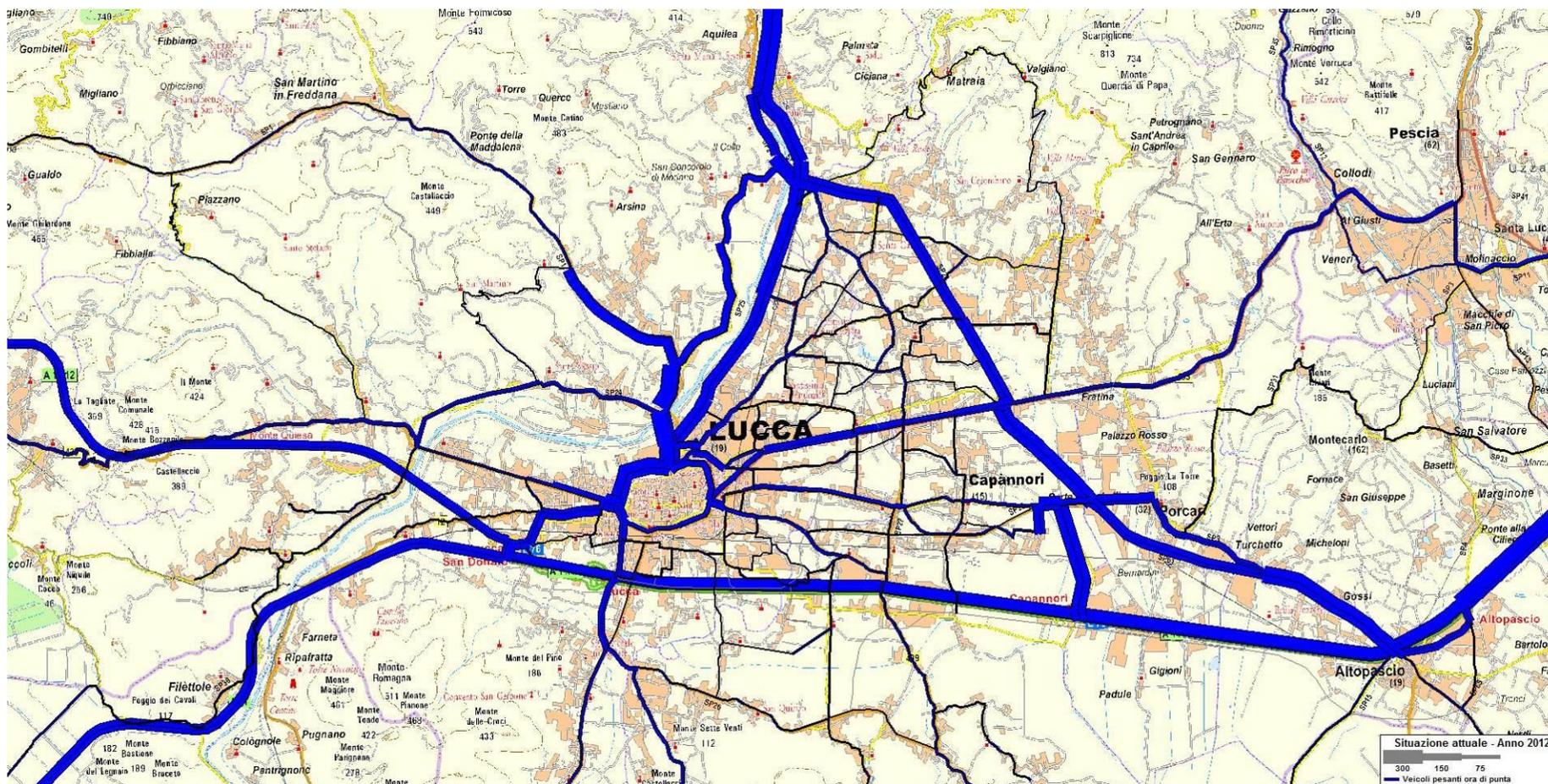


Situazione attuale – Anno 2013. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Situazione attuale – Anno 2013. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta

5.3 Gli Scenari di Riferimento

Per brevità di esposizione, ed alla luce dei risultati piuttosto simili, in questo paragrafo sono esposti i risultati ottenuti nello scenario di riferimento all'anno 2018, 2020 e 2028.

La tabella seguente mostra le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli*km e veicoli*h, nell'ora di punta della giornata. La velocità media di percorrenza nell'area è di circa 41,1 Km/h all'anno 2018 e di 38,9 Km/h al 2028.

Scenario di Riferimento – Anno 2018 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	145.394	3.610	40,3
Pesanti	23.993	527	45,5
Totali	169.387	4.137	40,9

Scenario di Riferimento – Anno 2020 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	148.905	3.720	40,0
Pesanti	24.718	543	45,5
Totali	173.623	4.263	40,7

Scenario di Riferimento – Anno 2028 – Area di Studio – Ora di Punta			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	171.856	4.525	38,0
Pesanti	29.511	680	43,4
Totali	201.367	5.205	38,7

I risultati di rete ottenuti evidenziano come l'impatto dei progetti inseriti nella rete di trasporto attuale abbiano l'effetto di ridurre la congestione sulle infrastrutture stradali di area, in quanto al 2018 a fronte di un incremento di percorrenze di rete rispetto alla situazione attuale legato quasi esclusivamente all'incremento della domanda di trasporto nell'area (+5,9% per i veicoli leggeri e +5,6% per i pesanti), si evidenzia una riduzione del "tempo speso in rete" per effettuare gli spostamenti nell'area di studio con una variazione del -2,1% per i veicoli leggeri e del -2,7% per i pesanti rispetto al 2013. Praticamente immutati i risultati di rete al 2020, essendo la configurazione infrastrutturale uguale al 2028 e la crescita della domanda poco significativa.

Progetto Definitivo

L'effetto degli interventi stradali si riduce al 2028, dove la rete tende nuovamente a congestionarsi per effetto dell'incremento della domanda di traffico complessiva, fenomeno evidenziato dalla riduzione di circa 2 Km/h della velocità media di rete rispetto al 2018.

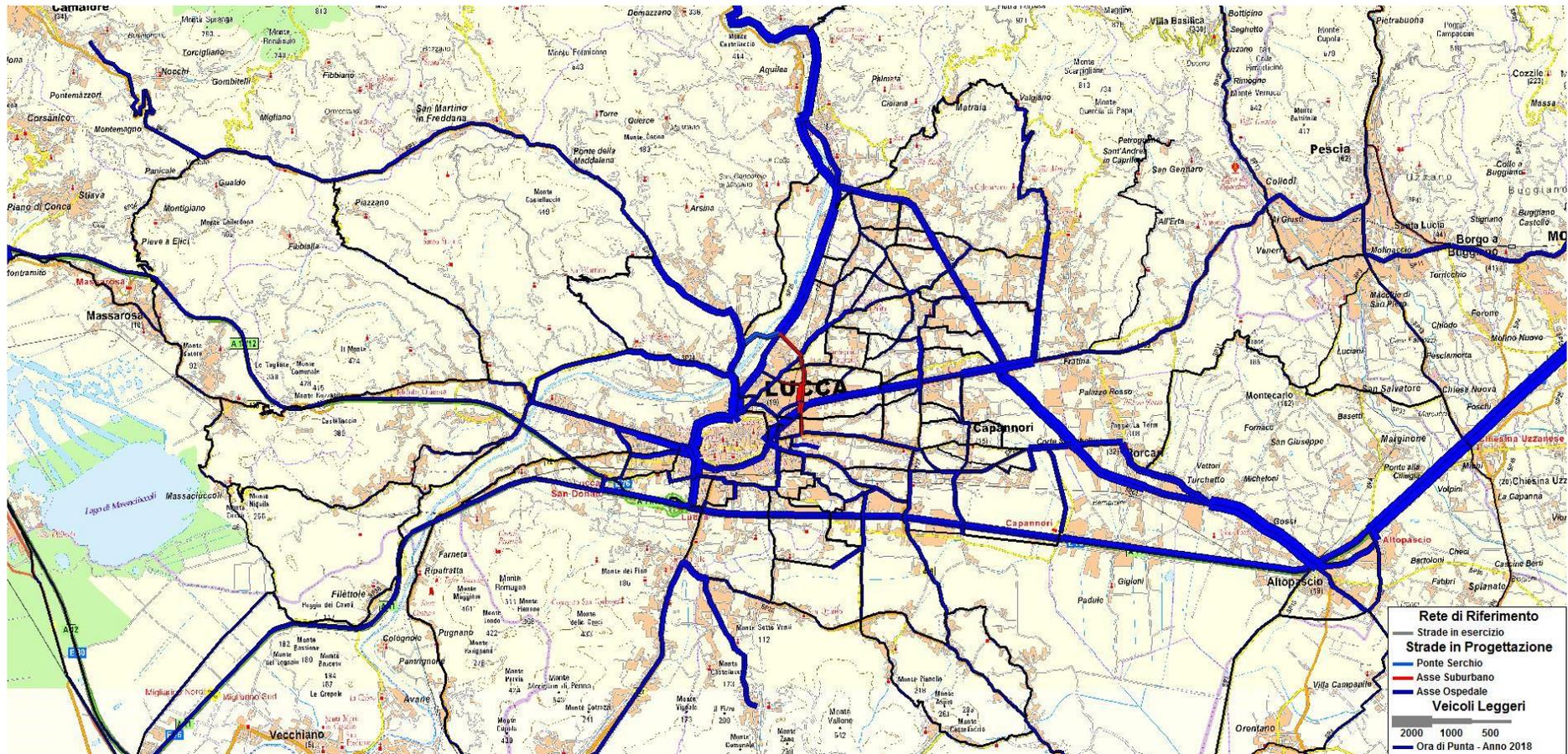
Il risultato mostra come i veicoli, ai due orizzonti temporali, effettuino nell'area itinerari modificati per effetto della presenza del Nuovo Asse Suburbano e del Nuovo Ponte Serchio, con un leggero incremento delle percorrenze medie rispetto alla situazione attuale al 2013 ma con una sensibile riduzione del tempo necessario a compiere lo spostamento.

Le figure seguenti, a titolo esemplificativo, evidenziano i flussogrammi delle assegnazioni dei veicoli leggeri e pesanti all'offerta di trasporto di Riferimento al 2018, con evidenziati i nuovi assi stradali inseriti in rete.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

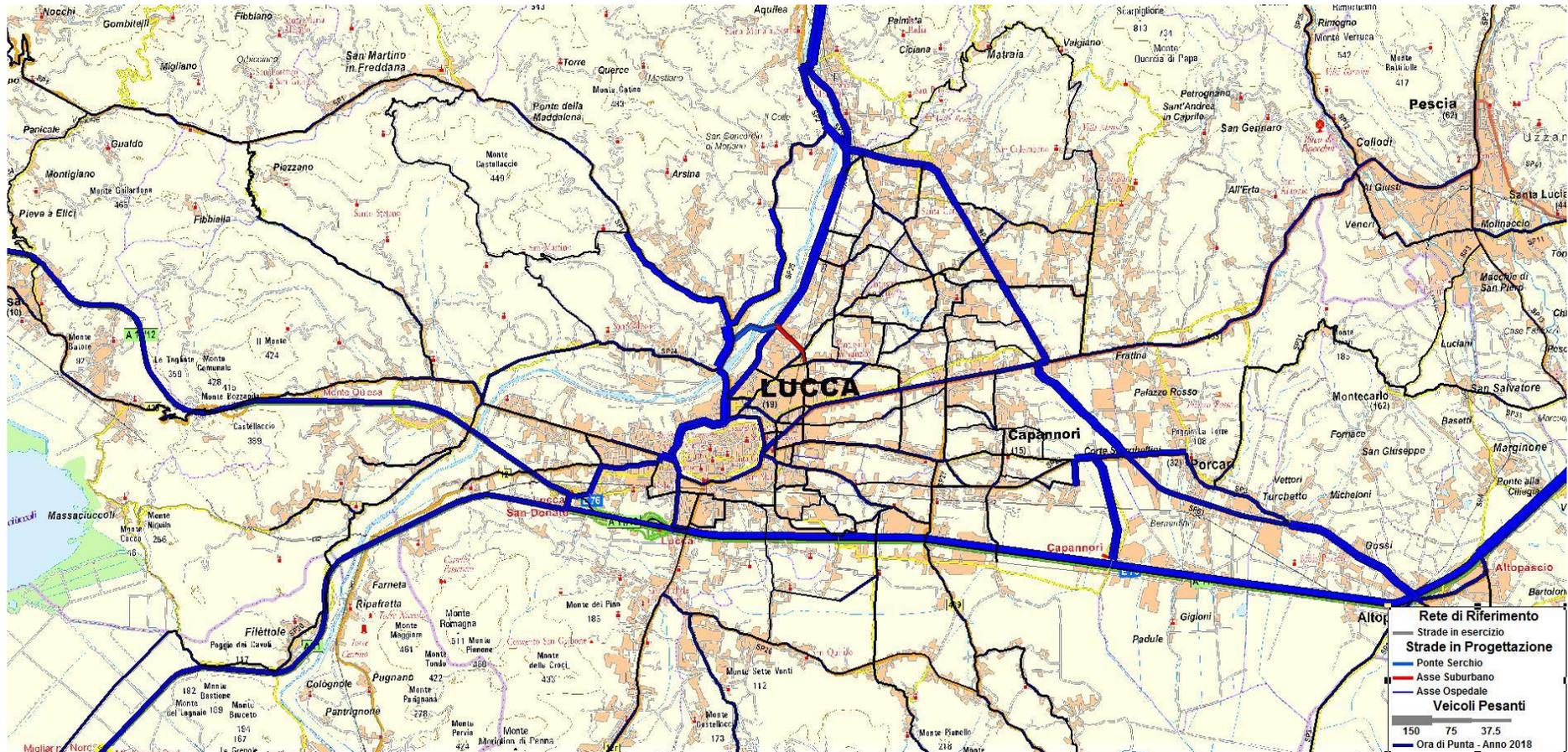


Scenario di Riferimento – Anno 2018. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Scenario di Riferimento – Anno 2018. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta

5.4 Gli Scenari di Progetto

In questo paragrafo sono riportati in dettaglio i risultati ottenuti simulando la presenza del Sistema Tangenziale di Lucca all'interno dell'offerta di trasporto dell'Area di Studio.

Per meglio dettagliare l'impatto del Sistema Tangenziale all'interno dell'area, i risultati sono presentati in due diversi paragrafi:

- Un paragrafo in cui sono presentati i risultati complessivi di area ed i flussi di traffico stimati nella nuova infrastruttura nelle due diverse ipotesi di assetto infrastrutturale:
 - Anno 2018 – entrata in esercizio del primo stralcio funzionale;
 - Anno 2020 – completamento dell'intero Sistema Tangenziale di Lucca di progetto;
 - Anno 2028 – scenario a medio termine con il completamento dell'intero Sistema Tangenziale di Lucca di progetto;
- Un paragrafo in cui sono confrontati gli scenari di Progetto con quelli di Riferimento per meglio valutare l'impatto dell'infrastruttura sul sistema di trasporto dell'area.

Come già accennato nel par. 1.5, lo scenario di completamento dell'infrastruttura è studiato anche all'orizzonte temporale del 2028, pur ipotizzando che l'entrata in esercizio del secondo stralcio funzionale sia al 2020. La scelta è dettata dalla necessità di studiare uno scenario di medio termine a dieci anni dall'apertura al traffico del primo stralcio funzionale per le analisi ambientali e di rumore.

5.4.1 I RISULTATI DI RETE E SULL'INFRASTRUTTURA DI PROGETTO

Le tabelle seguenti mostrano, ai due orizzonti temporali previsti, le percorrenze totali nell'area di studio e la durata di tutti gli spostamenti, in veicoli*km e veicoli*h, nell'ora di punta della giornata.

Scenario di Progetto – Anno 2018 – Area di Studio– Ora di Punta Primo Stralcio Funzionale			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	148.399	3.467	42,8
Pesanti	24.357	496	49,1
Totali	172.756	3.963	43,6

Scenario di Progetto – Anno 2020 – Area di Studio– Ora di Punta Completamento Funzionale del Sistema Tangenziale di Lucca			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	149.220	3.437	43,4
Pesanti	24.890	483	51,6
Totali	174.110	3.920	44,4

Scenario di Progetto – Anno 2028 – Area di Studio– Ora di Punta Completamento Funzionale del Sistema Tangenziale di Lucca			
	Veicoli*Km	Veicoli*h	Velocità media (Km/h)
Leggeri	173.012	4.201	41,2
Pesanti	29.860	615	48,6
Totali	202.872	4.815	42,1

La velocità media nell'area di studio sale a circa 43,5 Km/h nel 2018, 44Km/h nel 2020 e circa 42 Km/h nel 2028.

I risultati evidenziano chiaramente il miglioramento delle condizioni di deflusso della rete per effetto della presenza dell'asse di progetto.

Al 2018 la velocità media di rete cresce di circa 2,5 Km/h rispetto allo scenario di riferimento (oltre 5,5 Km/h rispetto alla situazione attuale). Al 2020, rispetto allo scenario di riferimento, la velocità media di rete cresce di circa 4,5 Km/h.

Inoltre si evidenzia una certa stabilità delle velocità di rete tra il 2018 ed il 2028, segno che la realizzazione dell'intera infrastruttura compensa il peggioramento della circolazione atteso nell'area di studio per effetto dell'incremento della mobilità previsto (pur se cautelativo), fenomeno che non si è riscontrato negli scenari di riferimento, dove si è evidenziata la riduzione della velocità media di rete nel corso degli anni.

Per quanto riguarda le percorrenze, il progetto determina un allungamento ridotto dei percorsi di rete rispetto allo scenario di riferimento.

La tabella seguente mostra i flussi al 2018 ed al 2020 stimati da modello sull'infrastruttura di Progetto, in veicoli leggeri, pesanti e totali, fornendo i risultati per ogni tratta dell'asse di

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

progetto con riferimento all'ora di punta della mattina, quella in cui si è rilevato il massimo carico complessivo sulla rete e nei due diversi orizzonti temporali di entrata in esercizio dei due stralci, anni in cui sono effettuate le analisi di funzionalità degli assi.

La figura seguente consente di collocare lungo l'infrastruttura e nel territorio le tratte analizzate.



Traffico ora di Punta – Anno 2018					
Asse di Progetto	Tratta	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali	Veicoli equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	TRATTO 1	539	61	600	692
	TRATTO 2	648	62	711	804
	TRATTO 3	1.064	63	1.127	1.222
	TRATTO 4	650	51	701	778
	TRATTO 5	837	51	888	965
Asse Est - Ovest	TRATTO 6	872	70	941	1.046
	TRATTO 7	1.233	71	1.304	1.410
	TRATTO 8	983	64	1.047	1.144
	TRATTO 9	887	39	926	985
	TRATTO 10	1.626	146	1.772	1.991
	TRATTO 11	948	162	1.109	1.352
	TRATTO 12	-	-	-	-
Asse Ovest - Est	TRATTO 13				
	TRATTO 14				
	TRATTO 15	-	-	-	-
	TRATTO 16	-	-	-	-
	TRATTO 17	-	-	-	-

(*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

Traffico ora di Punta – Anno 2020					
Asse di Progetto	Tratta	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Veicoli totali	Veicoli equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	TRATTO 1	603	61	664	755
	TRATTO 2	709	62	771	864
	TRATTO 3	1.127	63	1.189	1.283
	TRATTO 4	837	51	888	965
	TRATTO 5	1.115	55	1.169	1.251
Asse Est - Ovest	TRATTO 6	955	104	1.059	1.214
	TRATTO 7	1.032	107	1.139	1.299
	TRATTO 8	974	102	1.075	1.228
	TRATTO 9	733	48	781	854
	TRATTO 10	1.270	128	1.398	1.589
	TRATTO 11	873	120	993	1.173
	TRATTO 12	332	11	343	359
Asse Ovest - Est	TRATTO 13	977	65	1.041	1.138
	TRATTO 14	837	49	885	959
	TRATTO 15	656	47	703	773
	TRATTO 16	973	49	1.022	1.095
	TRATTO 17	1.115	48	1.163	1.235

(*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

La tabella precedente evidenzia i flussi di traffico nell'ora di punta sulle singole tratte dell'infrastruttura, finalizzata come vedremo nel paragrafo seguente alla verifica di funzionalità delle singole tratte del progetto.

Per semplicità di lettura, la tabella seguente riporta i traffici efficaci sulle tre direttrici che compongono il progetto, l'asse Nord – Sud, l'asse Est – Ovest e l'asse Ovest – Est, nell'ora di punta e nell'arco delle 24 ore di un giorno medio annuo, ovvero in Traffico Giornaliero medio, ai due orizzonti temporali analizzati. Il passaggio dal dato dell'ora di punta al traffico giornaliero medio è stato fatto considerando un'incidenza percentuale del traffico di punta rispetto al traffico giornaliero pari a:

- 7,45% per i veicoli leggeri;
- 7,21% per i veicoli pesanti

come desunto dall'andamento orario dei traffici rilevati nelle sezioni di conteggio.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

Volumi di traffico per tratta – Anno 2018								
Asse	Ora di Punta				Traffico Giornaliero Medio			
	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	678	59	737	825	9.097	819	9.915	11.144
Asse Est - Ovest	1.006	105	1110	1.268	13.497	1.454	14.951	17.132
Asse Ovest - Est								

(*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

Volumi di traffico per tratta – Anno 2020								
Asse	Ora di Punta				Traffico Giornaliero Medio			
	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti	Veicoli Leggeri	Veicoli Pesanti	Veicoli totali	Veicoli Equivalenti (*)
Asse Nord - Sud	778	59	837	925	10.437	816	11.253	12.477
Asse Est - Ovest	618	56	674	757	8.293	768	9.061	10.213
Asse Ovest - Est	840	49	889	963	11.274	677	11.950	12.965

(*) N.B. 1 veicolo pesante = 2,5 veicoli equivalenti

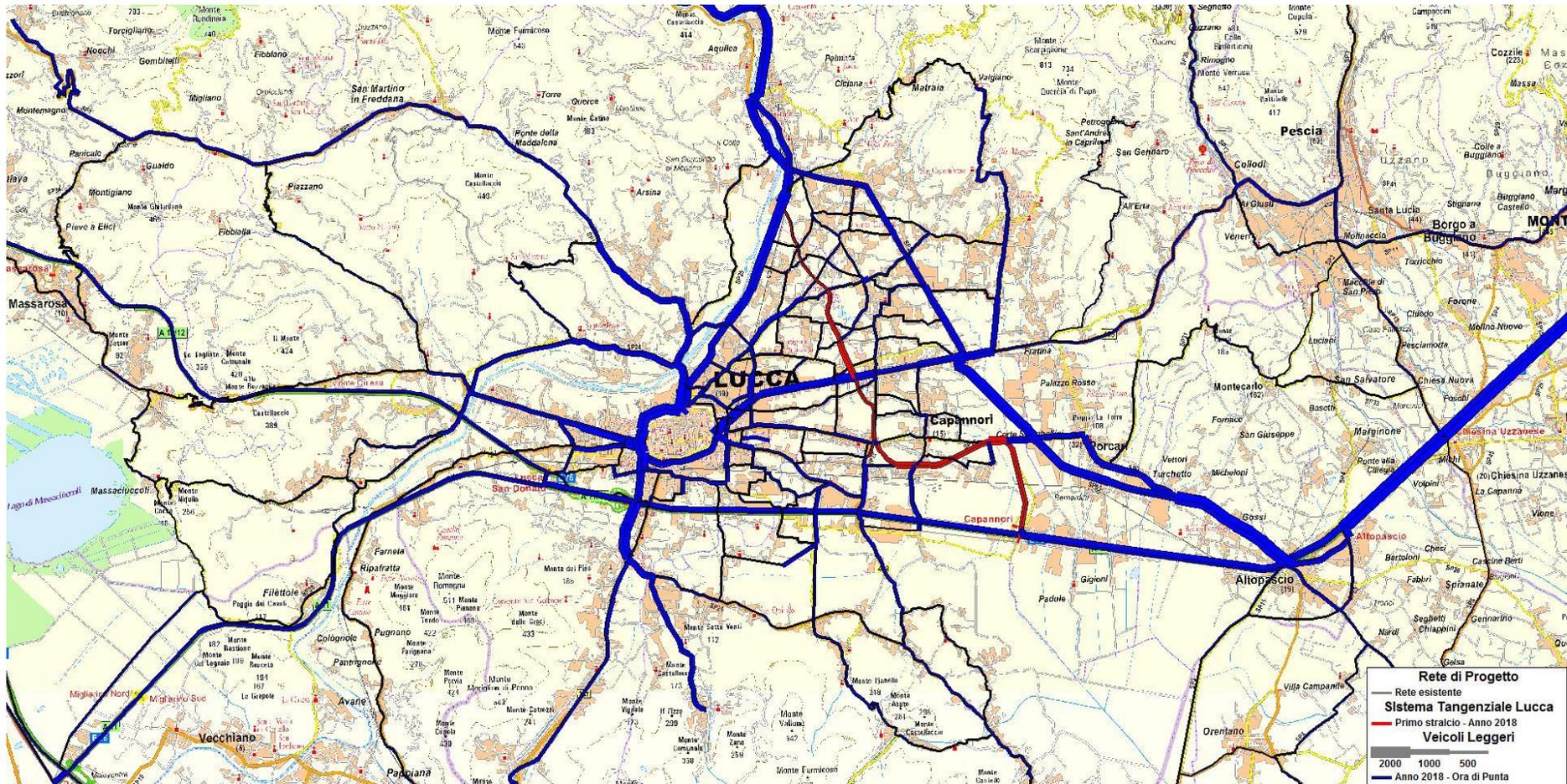
I risultati evidenziano traffici piuttosto sostenuti sulle tre tratte principali che compongono l'infrastruttura. Si nota come l'entrata in esercizio dell'asse Ovest-Est incrementa i traffici complessivi sull'asse di progetto, scaricando di contro l'asse Est-Ovest.

Le figure seguenti mostrano, all'anno 2018 ed al 2028 di medio termine, il flusso in veicoli leggeri e pesanti nell'ora di punta sull'intera rete di trasporto in analisi. Come negli scenari precedentemente analizzati, i flussogrammi evidenziano la differente tipologia degli spostamenti.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

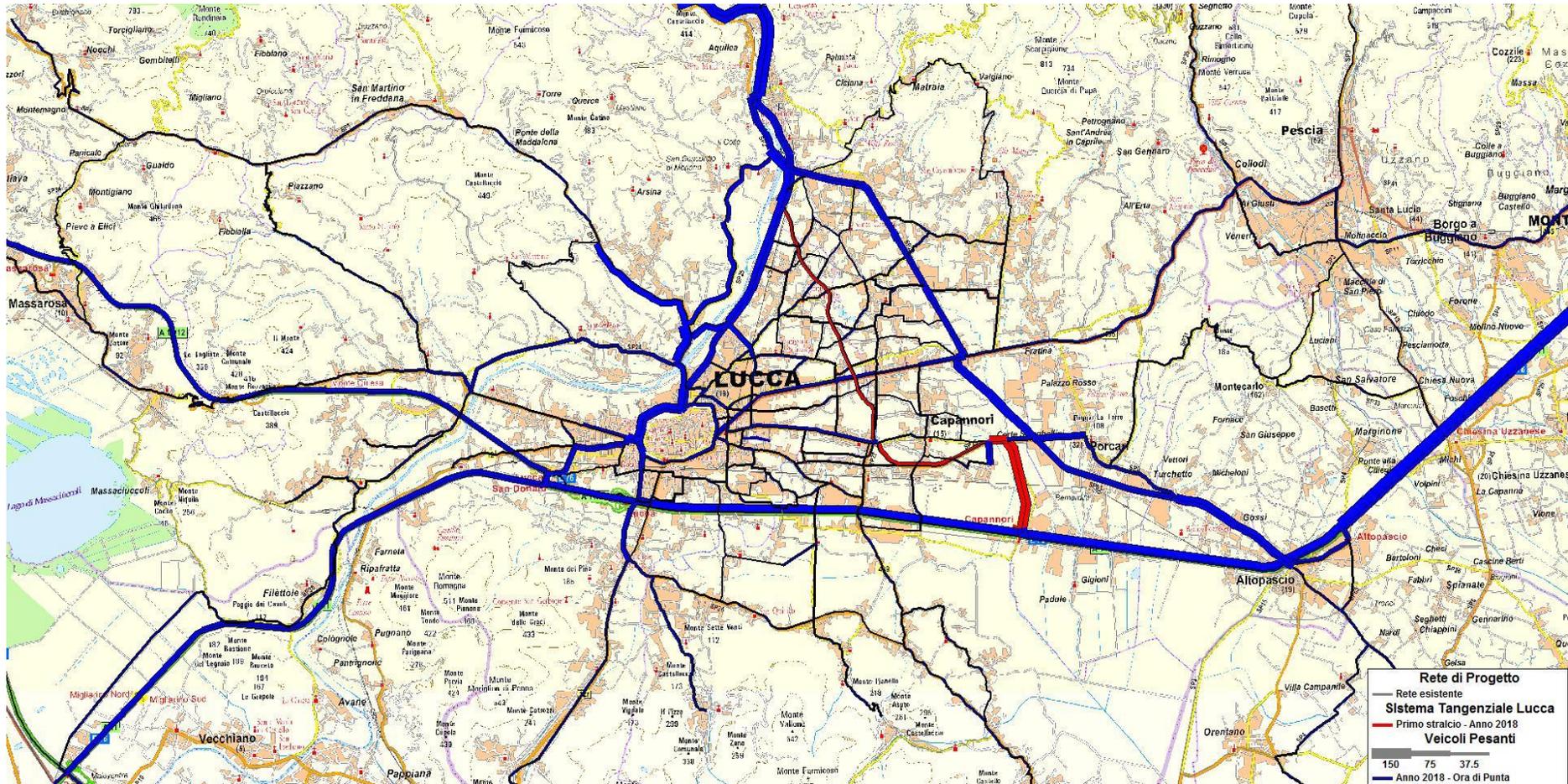
Progetto Definitivo



Scenario di Progetto – Anno 2018 – Primo stralcio funzionale. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
 Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
 ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

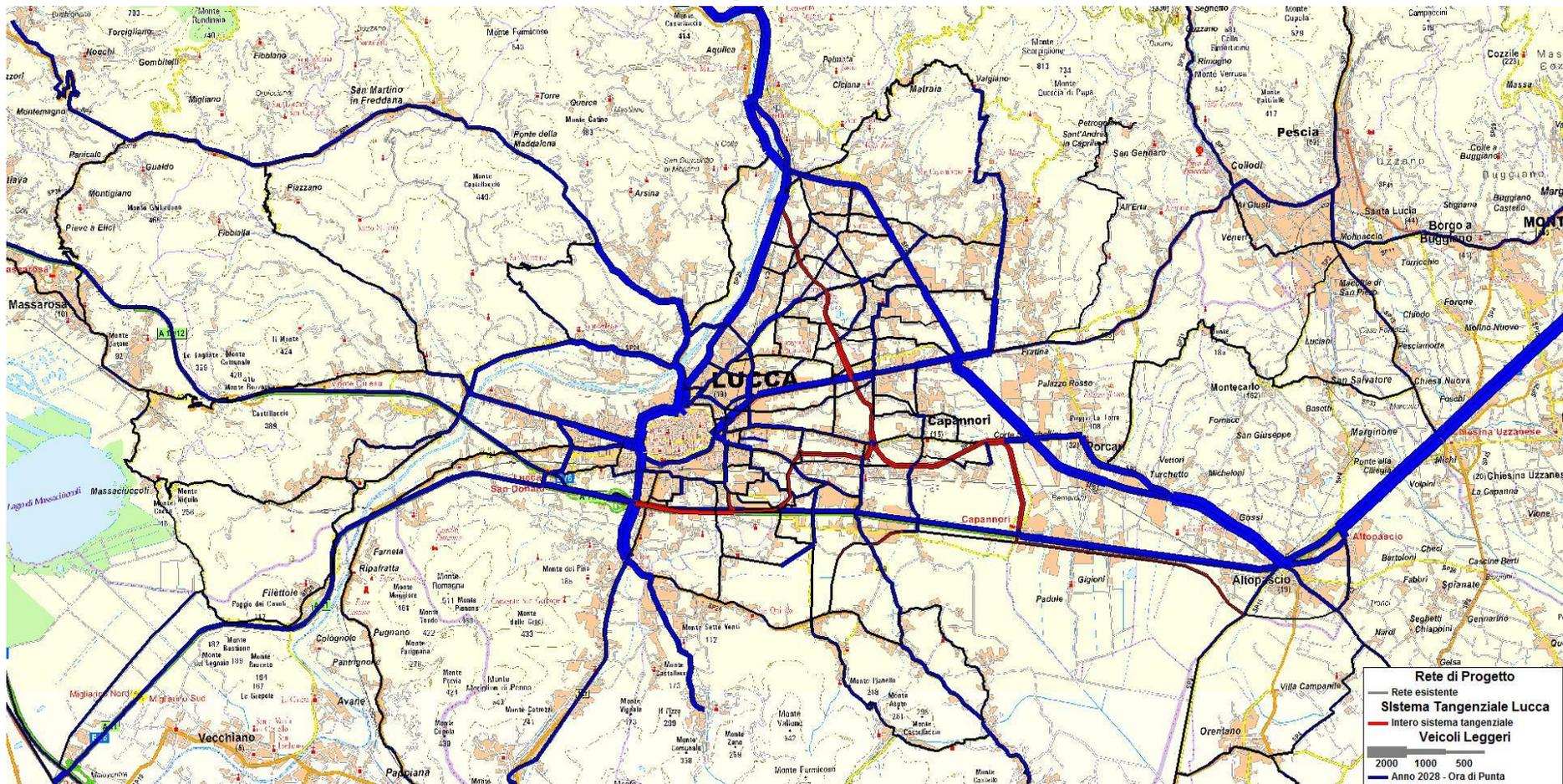


Scenario di Progetto – Anno 2018 – Primo stralcio funzionale. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

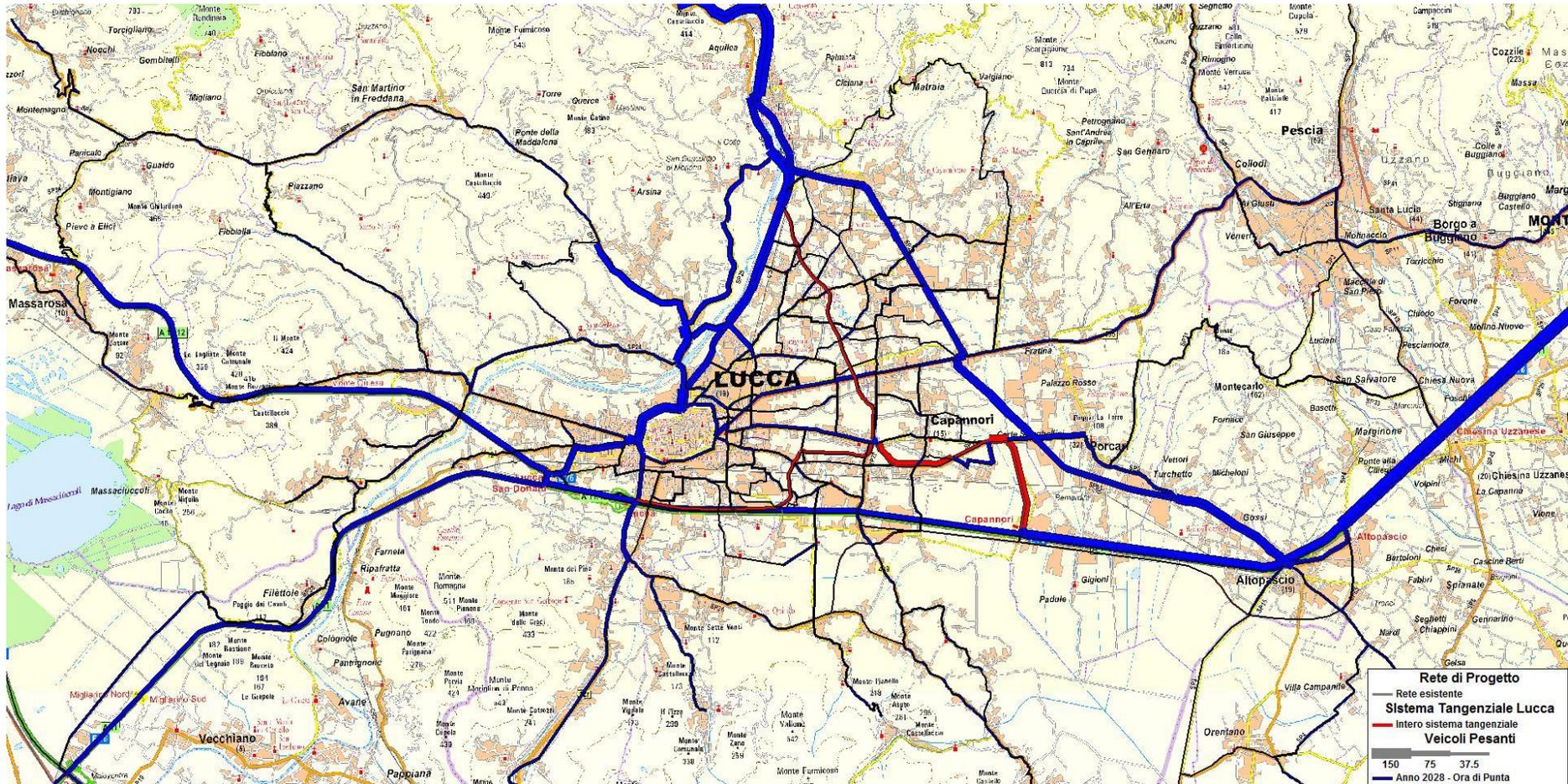
Progetto Definitivo



Scenario di Progetto – Anno 2028 – Completamento funzionale del Sistema Tangenziale di Lucca. Assegnazione veicoli leggeri nell'ora di punta

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo



Scenario di Progetto – Anno 2028 – Completamento funzionale del Sistema Tangenziale di Lucca. Assegnazione veicoli pesanti nell'ora di punta

6 Analisi dei Livelli di Servizio dell'asse

6.1 Premessa

Il livello di servizio (LdS) sulla nuova infrastruttura è stato determinato tratta per tratta secondo il metodo proposto dall'HCM americano con i coefficienti di calcolo adattati, sia per le caratteristiche geometriche di sezione che per quelle funzionali, alla categoria C italiana, tratta extraurbana secondaria.

"Tali infrastrutture servono utenti commerciali e ricreazionali di lunga distanza, possono avere tratte di molti chilometri attraverso ambienti rurali senza interruzioni dovute a sistemi di controllo del traffico. Velocità sostenute e pochi ritardi dovuti in accodamento a veicoli più lenti sono auspicabili presupposti per tali infrastrutture.

Molte infrastrutture di questo tipo hanno funzioni di accessibilità al territorio, anche per volumi di traffico modesti. La scelta dominante risulta essere comunque il costo effettivo dello spostamento (velocità del collegamento).

La velocità non è l'unica misura della qualità del servizio offerta. I ritardi in accodamento e l'utilizzazione della capacità disponibile sono misure rilevanti dei livelli di servizio.

Brevi sezioni di strade a due corsie a volte hanno funzione di collegamento tra infrastrutture di livello superiore o di connessione ai centri urbani. Per tali infrastrutture le condizioni del traffico tendono ad essere migliori di quelle attese per le infrastrutture più lunghe, l'aspettativa degli utenti è maggiore che in quelle più lunghe

Per queste ragioni vengono usati tre indicatori per la valutazione dei livelli di servizio:

- *Velocità di servizio;*
- *Percentuale di tempo in accodamento;*
- *Livello di saturazione.*

La *velocità di servizio* riflette le necessità di mobilità dell'infrastruttura ed è definita come rapporto tra la lunghezza della tratta oggetto di analisi ed il tempo medio di percorrenza di tutti i veicoli transitati nel periodo temporale di analisi.

La *percentuale di tempo in accodamento* riflette sia le necessità di mobilità che di accessibilità e viene definita come la media percentuale del tempo speso da tutti i veicoli che viaggiando in plotoni rimangono accodati nell'impossibilità di sorpassare. Tale indicatore risulta peraltro difficile da misurare direttamente sul campo e come surrogato di misura diretta viene utilizzata la percentuale di veicoli che viaggiano con interdistanza di 5 secondi l'uno dall'altro.

Il *livello di saturazione* rappresenta le funzioni di accessibilità ed è definito come rapporto tra il flusso transitante e la capacità dell'infrastruttura.

Le definizioni dell'HCM e gli esempi in essa riportati descrivono come, per le strade ad una corsia per senso di marcia, la valutazione del Livello di Servizio sia contestuale alle funzioni dell'infrastruttura, sia in relazione alle tipologie di utenti che la percorrono sia agli ambiti in cui si inserisce.

Nel caso specifico il progetto tratta una tipologia infrastrutturale caratteristica di un contesto extraurbano ma in un ambito sub urbano. Inoltre la segmentazione dell'itinerario in tronchi di lunghezza variabile, interrotti da intersezioni rotatorie, non sposa pienamente l'assunto base di flusso ininterrotto necessario per l'adozione della metodologia HCM.

È stato pertanto ritenuto di riportare il Livello di Servizio corrispondente a ciascun parametro (con la sola esclusione dell'indice di saturazione), ritenendo comunque di dover attribuire un maggiore valore al risultato ottenuto in termini di velocità di servizio.

L'ambito suburbano e la breve lunghezza di alcuni dei tronchi stradali di progetto, lasciano supporre che le ricadute in termini di stress fisico e psicologico siano maggiormente legate ad eventuali lunghi incolonnamenti in prossimità degli incroci o a velocità di servizio estremamente ridotte.

Le valutazioni sono state effettuate sia per lo scenario di progetto all'anno 2018 del primo stralcio funzionale che per lo scenario di progetto completo al 2020, e sono sinteticamente riportate nei seguenti paragrafi.

6.2 Livelli di servizio sull'infrastruttura di progetto

I calcoli sono stati effettuati nel dettaglio dei singoli tronchi di progetto per l'intera infrastruttura. Tali assi, infatti, sono risultati quelli maggiormente aderenti alle ipotesi di base della metodologia adottata, pur nei limiti riportati in premessa.

La metodologia applicata è quella relativa ai flussi totali (bidirezionali) insistenti su ciascun tronco.

Ai fini della determinazione dei parametri di input necessari sono stati considerati i valori dei traffici di veicoli leggeri e di veicoli pesanti simulati dal modello di traffico rappresentativo della domanda dell'ora di punta.

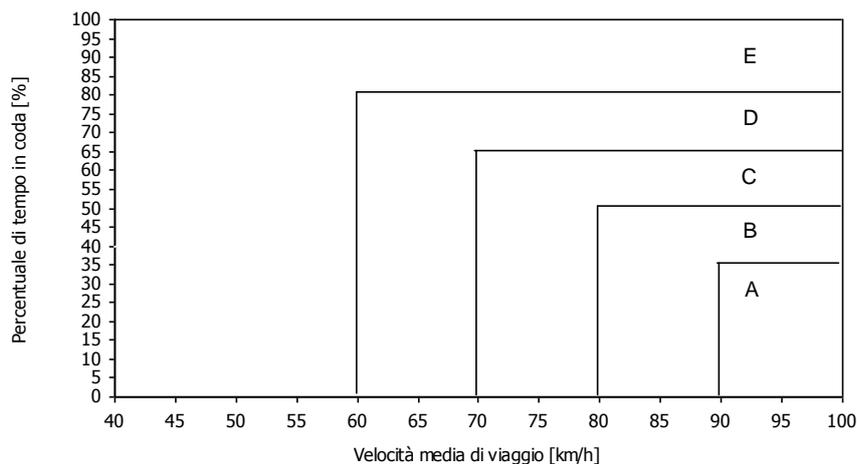
Attraverso tali valori sono stati ricavati:

- *Numero di veicoli totali;*
- *Percentuale dei mezzi pesanti;*

- *Ripartizione dei traffici tra le due direzioni.*

I valori dei coefficienti sono stati desunti dagli abachi e dalle tabelle della metodologia applicata, facendo riferimento a terreno pianeggiante ed una percentuale di sorpasso impedito variabile dal 60% al 100% (maggiore lunghezza minore impedimento al sorpasso).

Per l'individuazione dei livelli di servizio si è fatto riferimento agli intervalli rappresentati nella seguente figura.



La tabella seguente evidenzia i risultati ottenuti per ogni singola tratta che compone l'asse di progetto componente il primo stralcio funzionale. I dati sono relativi all'ora di punta ed all'anno 2018.

Asse	Tronco	Veicoli Totali	% veicoli pesanti	%su una direzione di marcia	Velocità media di viaggio	LdS velocità	% di tempo in coda	LdS tempo in coda
Nord-Sud	T1	600	9,0%	61,0%	77,1	C	48,7	C
	T2	711	8,8%	64,0%	77,8	C	54,0	C
	T3	1.127	5,6%	60,6%	73,6	C	69,8	C/D
	T4	701	7,3%	43,4%	77,9	C	53,5	C
	T5	888	5,8%	47,0%	76,0	C	61,2	C
Est - Ovest	T 6	941	7,4%	37,8%	75,1	C	65,8	C
	T 7	1.304	5,4%	50,0%	70,9	C	76,0	D
	T 8	1.047	6,2%	42,5%	73,4	C	68,2	C/D
	T 9	926	4,2%	47,6%	74,0	C	66,5	C
	T 10	1.772	8,2%	42,0%	65,6	D	85,7	D
	T 11	1.109	14,6%	44,2%	73,5	C	70,5	C/D
	T 12							

I risultati evidenziano Livelli di Servizio corretti per una infrastruttura di tipo C extraurbana secondaria, ad eccezione per il tronco T10 dell'asse Est-Ovest, poco al di sopra del Livello di Servizio richiesto dalle norme, ma il cui risultato è da ritenere accettabile per il contesto infrastrutturale in cui è inserita e per il tipo di domanda che verrà servita dall'infrastruttura, con caratteristiche di sistematicità e breve percorrenza tipiche di un ambito periurbano, e soprattutto in quanto relative al periodo di massimo carico veicolare della giornata.

La tabella seguente evidenzia i risultati ottenuti per ogni singola tratta che compone l'asse di progetto nella sua realizzazione completa. I dati sono relativi all'ora di punta ed all'anno 2020.

Asse	Tronco	Veicoli Totali	% veicoli pesanti	%su una direzione di marcia	Velocità media di viaggio	LdS velocità	% di tempo in coda	LdS tempo in coda
Nord-Sud	T1	664	9,1%	52,0%	76,2	C	51,8	C
	T2	771	8,0%	50,1%	77,2	C	56,5	C
	T3	1.189	5,3%	50,0%	72,9	C	71,8	D
	T4	888	5,8%	46,4%	75,6	C	61,7	C
	T5	1.169	4,7%	46,8%	73,1	C	71,2	D
Est - Ovest	T 6	1.059	9,8%	43,3%	72,5	C	69,4	C/D
	T 7	1.139	9,4%	54,7%	71,5	C	72,9	D
	T 8	1.075	9,5%	40,5%	72,7	C	70,6	C/D
	T 9	781	6,2%	45,6%	76,9	C	60,4	C
	T 10	1.398	9,1%	46,2%	69,4	C/D	80,3	D
	T 11	993	12,1%	43,2%	74,4	C	67,7	C/D
	T 12	343	3,1%	58,2%	83,0	B	33,8	B
Ovest - Est	T 13	1.041	6,2%	35,4%	73,5	C	68,0	C/D
	T 14	885	5,5%	39,0%	74,5	C	65,1	C
	T 15	703	6,6%	35,7%	79,1	C	52,9	C
	T 16	1.022	4,8%	37,9%	74,9	C	67,4	C/D
	T 17	1.163	4,2%	42,5%	73,1	C	72,2	D

I risultati evidenziano una sostanziale tenuta dell'asse di progetto in termini di Livello di Servizio. Si evidenzia una leggera sofferenza per quanto riguarda il valore relativo alla percentuale di tempo in coda. Essendo tuttavia il progetto una tipologia infrastrutturale caratteristica di un contesto extraurbano ma in un ambito sub urbano, ed essendo inoltre la segmentazione dell'itinerario in tronchi di lunghezza variabile, interrotti da intersezioni rotatorie, tale da non soddisfare l'assunto base di flusso ininterrotto necessario per l'adozione della metodologia HCM in ambito extraurbano, si può ritenere corretto attribuire un maggiore valore al risultato ottenuto

in termini di velocità di servizio piuttosto che alla percentuale di accodamento, validando la complessiva tenuta della funzionalità del progetto anche nel medio-lungo termine.

6.3 Analisi dei Livelli di Servizio delle intersezioni

In questo paragrafo sono riportati i risultati dell'analisi di funzionalità degli schemi di intersezioni di progetto, al fine di verificare che l'ipotesi proposta sia correttamente dimensionata rispetto ai traffici attesi.

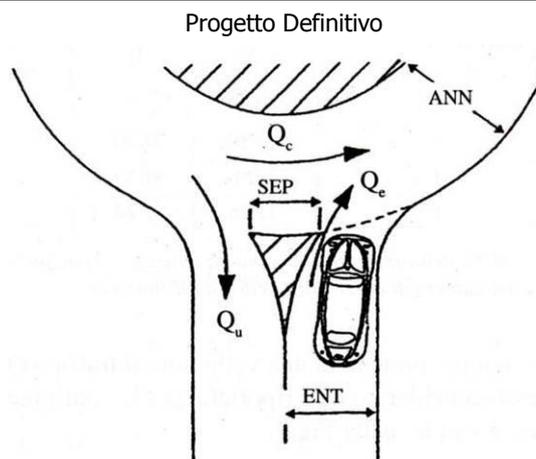
La valutazione è stata effettuata all'entrata in esercizio ipotizzata per le intersezioni, e la verifica di funzionalità è stata eseguita:

- Per le intersezioni in rotatoria - utilizzando il metodo francese del SETRA (Service d'Etudes Techniques des Route set Autoroutes);
- Per le intersezioni non in rotatoria – utilizzando il metodo HCM per la verifica di funzionalità delle zone di scambio.

Per quanto riguarda le analisi delle rotatorie, il metodo SETRA nel calcolo della capacità di un ramo fa intervenire, oltre al traffico che percorre l'anello in corrispondenza di un'immissione, anche il traffico che abbandona la rotatoria uscendo dal braccio preso in considerazione.

I parametri presi in considerazione per il calcolo sono:

- Q_c : flusso che percorre l'anello in corrispondenza del ramo oggetto di verifica;
- Q_i : flusso entrante in rotatoria;
- Q_u : flusso uscente dalla rotatoria;
- SEP: larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio;
- ANN: larghezza dell'anello rotatorio;
- ENT: larghezza della semicarreggiata del braccio in ingresso.



Il modello di calcolo assegna, a seconda della riserva di capacità calcolata per ciascun nodo, quattro giudizi di funzionalità: fluida, soddisfacente, aleatoria e critica.

Si ritiene che lo schema progettuale ed il dimensionamento della rotatoria siano corretti quando la verifica ai suoi nodi dia un giudizio di funzionalità "fluida" e/o "soddisfacente".

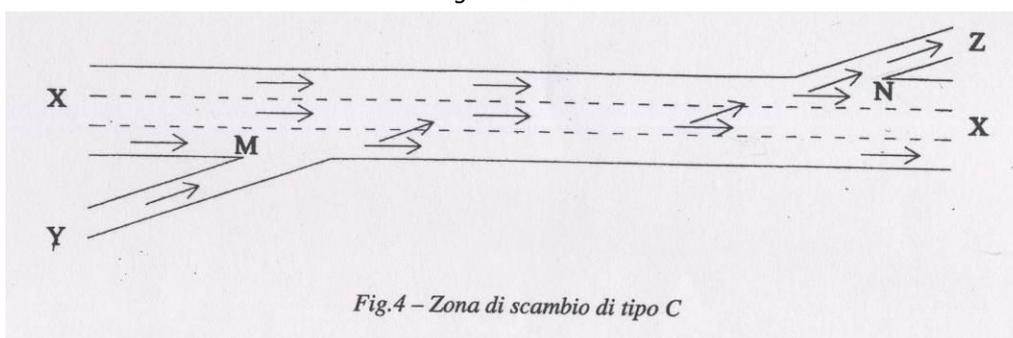
Nel caso in cui il giudizio di funzionalità risulti invece "aleatoria" è ipotizzabile che nell'ora di punta dei flussi, e nel caso di distribuzione temporale degli stessi non continua, si possano verificare fenomeni, anche significativi, di accodamento.

Nel caso in cui il giudizio di funzionalità risulti infine "critico" è opportuno studiare ed adottare una differente configurazione progettuale.

Per quanto riguarda le analisi dei tronchi di scambio per le intersezioni non in rotatoria, l'analisi si svolge quando due strade a senso unico convergono in un unico tronco e poi divergono, creando una zona in cui scambiano quattro distinte correnti veicolari che procedono parallelamente con velocità e difficoltà differenti.

Nel caso in analisi, la zona di scambio è di Tipo C, ovvero formata da una strada a più corsie per senso di marcia con un asse di immissione seguito ad una distanza non maggiore di 750 metri da un asse di uscita.

La figura seguente schematizza la geometria della zona di scambio.



Gli elementi fondamentali per la verifica di funzionalità sono: il volume complessivo degli spostamenti che impegnano la zona di scambio; la lunghezza della zona di scambio; il numero di corsie ed in quale misura vengono utilizzate dalle correnti che scambiano. Infatti nella zona si determina una separazione tra i flussi interessati allo scambio e quelli non interessati che non è mai completa, manifestandosi sempre un'occupazione di una corsia non interessata allo scambio, o parte di essa, da parte dei veicoli interessati invece allo scambio.

A tal proposito, per verificare puntualmente la quota parte dei volumi veicolari che effettuano uno scambio rispetto a quelli che non lo effettuano, nella procedura di assegnazione della domanda all'offerta di trasporto si è interrogato il modello in modo tale da estrarre singolarmente il volume veicolare di ogni relazione che interessa la zona di scambio così come rappresentato nella schematizzazione dell'intersezione della figura precedente.

L'analisi di funzionalità è basata sulla densità veicolare (autovetture/Km/corsia). Per una zona di scambio di un asse a più corsie per senso di marcia il Livello di Servizio LdS minimo previsto dalle Norme vigenti (DM 5/11/2001) è pari a C, ovvero ad una densità veicolare compresa tra 15 e 20, come riportato nella tabella seguente.

L.d.S.	Densità (autovett./km/corsia)	
	Autostrade	Strade a più corsie
A	≤ 6	≤ 8
B	6-12	8-15
C	12-17	15-20
D	17-22	20-23
E	22-27	23-25
F	> 27	> 25

Tab.1 - Criterio per individuare il L.d.S. nelle zone di scambio [1]

Le tabelle seguenti mostrano le verifiche di funzionalità di alcune delle intersezioni di progetto, quelle ritenute più rilevanti sia per i carichi di traffico attesi che per le difficoltà della

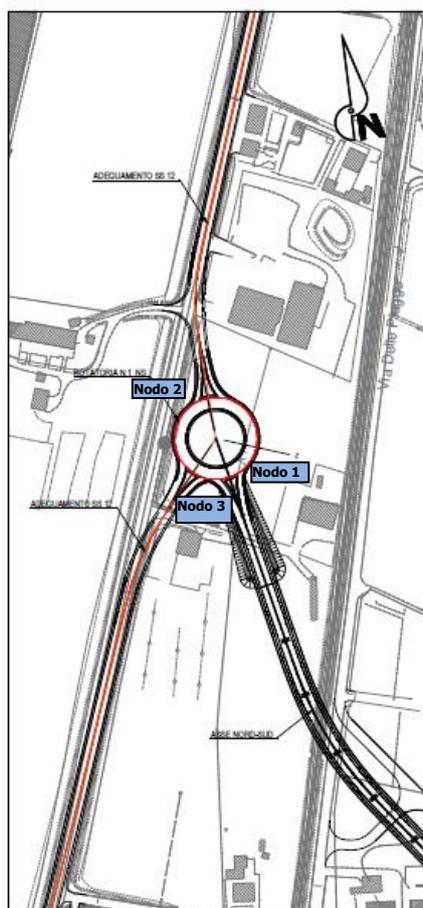
geometrizzazione progettuale. Per le due tipologie di verifica effettuate, rotondina e tronco di scambio, è riportato, per una intersezione a titolo di esempio, il foglio di calcolo usato per le verifiche.

Le intersezioni studiate sono:

- Asse Nord-Sud:
 - Rotatoria di innesto con la SS12;
 - Rotatoria di innesto con la SR435 "Lucchese" al Km 4+000;
 - Intersezione di Antracoli;
- Asse Ovest-est:
 - Rotatoria "Ospedale" al Km 4+500;
 - Svincolo "Lucca Est".

Le tabelle seguenti mostrano i risultati delle analisi effettuate.

6.3.1 ASSE NORD-SUD. ROTATORIA DI INNESTO CON LA SS12



Metodo SETRA		
Nodo 1. Innesto Asse Nord-Sud		
Flusso uscente dalla rotondina sul braccio in analisi	Qu	346
Flusso in circolo sull'anello	Qc	776
Flusso entrante in rotondina	Qi	296
Larghezza isola spartitraffico	SEP	12
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	8
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	4
Traffico complessivo di disturbo	Q1u	69
Capacità del braccio di immissione	Qd	822
	C	792
Riserva di capacità	Rc	496
	Rc%	167,65%
Giudizio sul livello di funzionalità		Fluida

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

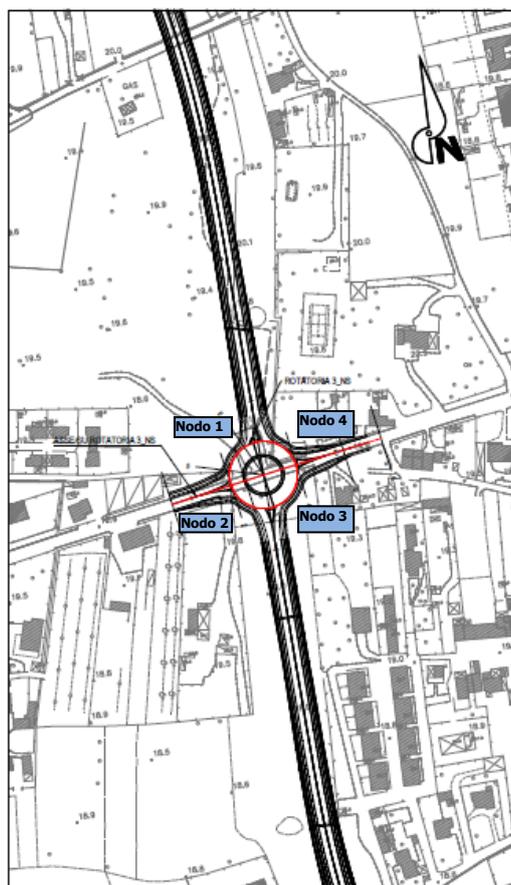
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

Nodo	Flusso uscente da rotatoria (veic eq/h)	Flusso in circolo nella rotatoria (veic eq/h)	Flusso entrante in rotatoria (veic eq/h)	Residuo Capacità (veic eq/h)	Giudizio di Funzionalità
Nodo 1 – Innesso asse Nord - Sud	346	776	296	496	Fluida
Nodo 2 – Innesso SS12 Nord	991	45	1.214	53	Aleatoria
Nodo 3 – Innesso SS12 Sud	1.014	336	797	254	Soddisfacente

L'analisi evidenzia il rischio di insorgenza di accodamenti sulla SS12 in accesso in rotatoria per le provenienze da Nord. Questa ipotesi è relativa alla sola fascia temporale di maggior carico veicolare (ore di punta) e con un flusso veicolare orario distribuito non uniformemente.

6.3.2 ASSE NORD-SUD. ROTATORIA DI INNESTO CON LA SR 435 "LUCCHESE"



Metodo SETRA

Nodo 1. Asse Nord sud innesso Nord

		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu	486
Flusso in circolo sull'anello	Qc	816
Flusso entrante in rotatoria	Qi	686
Larghezza isola spartitraffico	SEP	12
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	9
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	4
Traffico complessivo di disturbo	Q1u	97
Capacità del braccio di immissione	Qd	806
	C	804
Riserva di capacità	Rc	118
	Rc%	17,21%

Giudizio sul livello di funzionalità

Soddisfacente

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

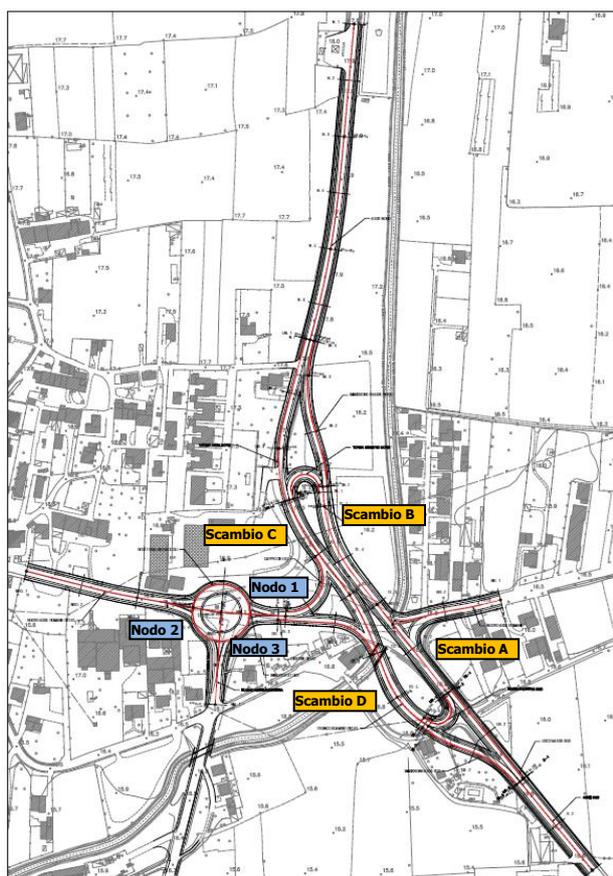
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

Nodo	Flusso uscente da rotonda (veic eq/h)	Flusso in circolo nella rotonda (veic eq/h)	Flusso entrante in rotonda (veic eq/h)	Residuo Capacità (veic eq/h)	Giudizio di Funzionalità
Nodo 1 –Asse Nord Sud – Innesso Nord	486	816	686	118	Soddisfacente
Nodo 2 – Innesso SR435 Ovest	1.056	700	549	282	Soddisfacente
Nodo 3 – Asse Nord Sud – Innesso Sud	368	617	552	396	Fluida
Nodo 4 – Innesso SR435 Est	646	442	710	331	Fluida

L'analisi evidenzia il corretto funzionamento della rotonda di progetto.

6.3.3 ASSE NORD-SUD. INTERSEZIONE DI ANTRACOLI



Zona di scambio Tipo C Zona scambio A

Ns MAX	Numero massimo corsie scambio	1
L	Lunghezza zona di scambio	40
N	Numero totale corsie	2
Ns	Numero corsie usate per scambio	1,5
Q	portata oraria	883
Q0,1	Portata max correnti non in scambio	217
Q0,2	Portata min correnti non in scambio	125
Qs,1	Portata max correnti di scambio	427
Qs,2	Portata min correnti di scambio	114
Qn,s		342
Qs		541
Vr	rapporto tra portata che scambia e totale	0,612684
R	rapporto portata scambio minore e portata totale scambio	0,210721
VFL	velocità media rami di scambio	30
Vs	velocità correnti di scambio	30
Vn,s	velocità correnti non scambio	50
Ws	intensità correnti scambio	2,942223
Wn,s	intensità correnti non scambio	0,765525

Ws	a	0,14
	b	2,3
	c	0,8
	d	0,6
Wn,s	a	0,001
	b	6
	c	1,1
	d	0,6

Vs	27,55
Vn,s	31,93
Ns	1,58

Velocità area di scambio	29,1
Densità veicolare	15,2
LdS	C

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

Zona di Scambio	Portata max correnti non in scambio	Portata min correnti non in scambio	Portata max correnti di scambio	Portata min correnti di scambio	Densità veicolare (Veic /Km/Corsia)	Livello di Servizio LdS
Scambio A	217	125	427	114	15,2	C
Scambio B	246	205	465	125	17,4	C
Scambio C	258	195	243	218	15,1	C
Scambio D	240	205	463	231	19,7	C/D

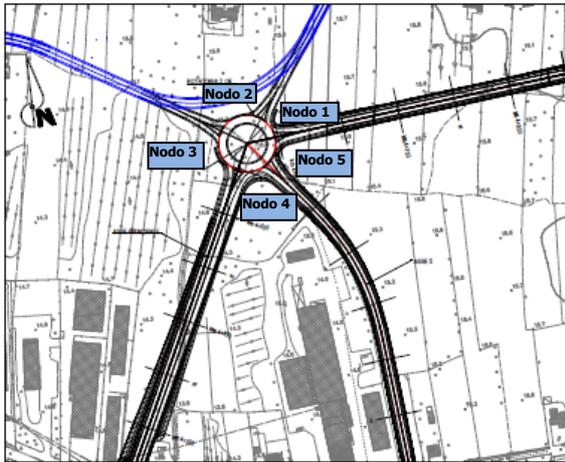
Nodo Rotatoria	Flusso uscente da rotatoria (veic eq/h)	Flusso in circolo nella rotatoria (veic eq/h)	Flusso entrante in rotatoria (veic eq/h)	Residuo Capacità (veic eq/h)	Giudizio di Funzionalità
Nodo 1	683	51	596	696	Fluida
Nodo 2	264	331	128	1.000	Fluida
Nodo 3	331	128	686	584	Fluida

L'analisi evidenzia il corretto funzionamento dell'intero svincolo di progetto.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

6.3.4 ASSE OVEST - EST. ROTATORIA KM 4+500 (OSPEDALE)



Metodo SETRA

Nodo 1. Asse Ovest-Est innesto Est

		Veicoli Equivalenti
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu	657
Flusso in circolo sull'anello	Qc	102
Flusso entrante in rotatoria	Qi	727
Larghezza isola spartitraffico	SEP	12
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN	8
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT	4
Traffico complessivo di disturbo	Q1u	131
Capacità del braccio di immissione	Qd	190
	C	1.257
Riserva di capacità	Rc	530
	Rc%	72,87%

Giudizio sul livello di funzionalità **Fluida**

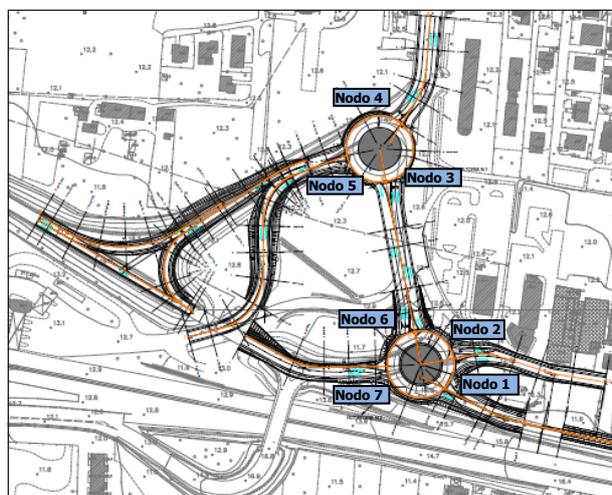
Nodo	Flusso uscente da rotatoria (veic eq/h)	Flusso in circolo nella rotatoria (veic eq/h)	Flusso entrante in rotatoria (veic eq/h)	Residuo Capacità (veic eq/h)	Giudizio di Funzionalità
Nodo 1 –Asse Ovest Est – Innesto Est	657	102	727	530	Fluida
Nodo 2 – Asse Ovest Est – Innesto Nord	262	571	26	925	Fluida
Nodo 3 – Asse Ovest Est – Innesto Ospedale	394	223	161	1.488	Fluida
Nodo 4 – Asse Ovest Est – Innesto Ovest	218	236	508	1.152	Fluida
Nodo 5 – Asse Ovest Est – Innesto Sud	82	600	56	1.253	Fluida

L'analisi evidenzia il corretto funzionamento della rotatoria di progetto.

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA
Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano
ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est - 1° Stralcio

Progetto Definitivo

6.3.5 ASSE OVEST - EST. SVINCOLO LUCCA EST



Metodo SETRA			Veicoli Equivalenti
Nodo 1			
Flusso uscente dalla rotatoria sul braccio in analisi	Qu		840
Flusso in circolo sull'anello	Qc		631
Flusso entrante in rotatoria	Qi		317
Larghezza isola spartitraffico	SEP		12
Larghezza carreggiata dell'anello	ANN		9
Larghezza semicarreggiata del braccio dietro il primo veicolo in accodamento	ENT		4
Traffico complessivo di disturbo	Q1u		168
Capacità del braccio di immissione	Qd		680
	C		897
Riserva di capacità	Rc		580
	Rc%		182,57%
Giudizio sul livello di funzionalità			Fluida

Nodo	Flusso uscente da rotatoria (veic eq/h)	Flusso in circolo nella rotatoria (veic eq/h)	Flusso entrante in rotatoria (veic eq/h)	Residuo Capacità (veic eq/h)	Giudizio di Funzionalità
Nodo 1 – Asse Ovest Est	840	631	317	580	Fluida
Nodo 2 – Asse Ovest Est	123	282	97	1.100	Fluida
Nodo 3 – Asse Ovest Est	784	538	1.090	58	Aleatoria
Nodo 4 – Asse Ovest Est	800	382	634	840	Fluida
Nodo 5 – Asse Ovest Est	637	172	854	370	Soddisfacente
Nodo 6 – Asse Ovest Est	1.032	84	803	682	Fluida
Nodo 7 – Asse Ovest Est	-	1.032	300	664	Fluida

L'analisi evidenzia il rischio di insorgenza di accodamenti sul braccio di collegamento tra le due rotatorie in direzione Nord. Questa ipotesi è relativa alla sola fascia temporale di maggior carico veicolare (ore di punta) e con un flusso veicolare orario distribuito non uniformemente, anche se eventuali accodamenti consistenti, pur se limitati come durata temporale nell'ora, potrebbero ridurre il funzionamento anche di bracci della rotatoria Sud di progetto nei nodi di immissione 1 e 2.