



COMUNE DI MEDOLAGO

Provincia di Bergamo

Studio di Impatto sul Traffico dei Traffici Generati da una Nuova MSV Alimentare in Comune di Medolago (BG)

RELAZIONE TECNICA

FLUSSO TOTALE IN INGRESSO AL CORDONE GLOBALE – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)



Luglio 2026



*Studio Ingegneria Percudani
Via Papa Giovanni XXIII civ. 6
26055 Sordio (Le)
Tel. 02. — 02-5376589*



1. PREMESSA

2. APPROCCIO METODOLOGICO E ATTIVITA' DELLO STUDIO

2.1 I Modelli

2.1.1 I modelli statici

3. QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO

3.1 L'Assetto Funzionale Viario Esistente

3.2 Le Modalità di Trasporto Alternative al Mezzo Privato

3.2.1 Il Trasporto Pubblico Locale (TPL) su Gomma

3.2.2 La Mobilità Dolce: lo Sviluppo e la Distribuzione delle Reti Ciclopedonali

3.3 Le Previsioni Infrastrutturali Contenute negli Strumenti Urbanistici Vigenti

3.3.1 Le Previsioni Contenute nel PGT

3.3.2 Le Previsioni Contenute nel PTCP

3.4 L'Area di Progetto

3.5 Stato di Fatto: I Flussi di Traffico Circolanti nella Rete

3.5.1 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I1

3.5.2 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I2

3.5.3 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I3

3.5.4 Stato di Fatto: il Traffico Totale in Ingresso al Cordone Globale

3.6 Stato di Fatto: Analisi e Valutazione dei Livelli di Servizio con i Modelli Statici

3.6.1 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I1

3.6.2 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I2

3.6.3 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I3

3.6.4 Livelli di Servizio allo Stato di Fatto: Riepilogo dei Risultati Ottenuti

3.7 Principali Problematiche e Temi da Sviluppare

4. LA TRASFORMAZIONE URBANISTICA E LA DOMANDA GENERATA

4.1 Premessa Metodologica: Valutazione del Traffico Indotto, Mobilità Generata per Progetto d'Area, per Funzione, per Mezzo di Trasporto, per Ora di Punta Tipo



- 4.2 Il Progetto dell'AT in Variante al PGT: Generazione secondo il modello "Trip Generation"
- 4.3 Calcolo delle Isocrone e dei Bacini Gravitazionali

5. SCENARIO DI PROGETTO: SIMULAZIONI MODELLISTICHE E VERIFICA DEGLI IMPATTI

5.1 Scenario di Progetto: i Nuovi Flussi di Traffico Previsti

- 5.1.1 Intersezione I1: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto
- 5.1.2 Intersezione I2: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto
- 5.1.3 Intersezione I3: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto
- 5.1.4 Scenario di Progetto: il Flusso Totale in Ingresso al Cordone Globale
- 5.1.5 Scenario di Progetto: le Variazioni Percentuali di Traffico in Sezioni di Controllo

5.2 Scenario di Progetto: Analisi e Valutazione dei Livelli di Servizio con i Modelli Statici

- 5.2.1 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I1
- 5.2.2 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I2
- 5.2.3 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I3
- 5.2.4 Livelli di Servizio nello Scenario di Progetto: Riepilogo dei Risultati Ottenuti

5.3 Conclusioni dello Studio

6. SINTESI DELLO STUDIO

1. PREMESSA

Questo documento contiene lo Studio per la valutazione degli impatti sul traffico indotti dalle previsioni urbanistiche di una nuova MSV (Media Superfici di Vendita) alimentare (Piano Attuativo in variante al PGT) in Comune Medolago (BG) (Figura 1.1.1).

Figura 1.1.1– Inquadramento territoriale dell'Area di Progetto



In particolare, Capitolo 2 descrive l'approccio metodologico, Capitolo 3 presenta il Quadro Conoscitivo (Stato di Fatto) relativo ai diversi temi della mobilità inerenti all'Area di Progetto, Capitolo 4 descrive la trasformazione urbanistica e quantifica i traffici generati dal Progetto, Capitolo 5 presenta l'analisi dello Scenario di Progetto e le conclusioni, Capitolo 6 presenta le sintesi dello Studio.



2. APPROCCIO METODOLOGICO E ATTIVITA' DELLO STUDIO

Lo studio si propone di analizzare lo stato attuale della viabilità più direttamente gravitante sulle aree di progetto anche sulla base di eventuali Studi già redatti in passato, sia in termini di offerta (capacità di strade e incroci), sia in termini di domanda (flussi di traffico), di effettuare la diagnosi dei problemi, di valutare le ipotesi progettuali dell'Operatore Privato, di verificarle alla luce dei parametri viabilistici qualitativi previsti dalle normative, di definire e valutare possibili progetti alternativi di risistemazione funzionale della viabilità che tengano conto delle variazioni di traffico indotti dalla realizzazione del nuovo edificio.

Lo studio è stato articolato in tre fasi.

La prima fase ha definito il Quadro Diagnostico dei problemi, la seconda fase ha sviluppato e calibrato gli strumenti scientifici (modelli di assegnazione del traffico) per simulare gli scenari viabilistici futuri, la terza ha definito gli interventi progettuali necessari per eliminare le eventuali criticità individuate nell'ambito dello Studio.

La metodologia che viene proposta prevede una serie di attività i cui risultati hanno portato alla definizione di progetti in grado di essere esaustivi rispetto ai problemi esistenti, essere coerenti con la pianificazione esistente infrastrutturale e non, e di essere fattibili sia sotto l'aspetto tecnico, sia sotto l'aspetto economico.

Lo studio ha svolto le seguenti attività:

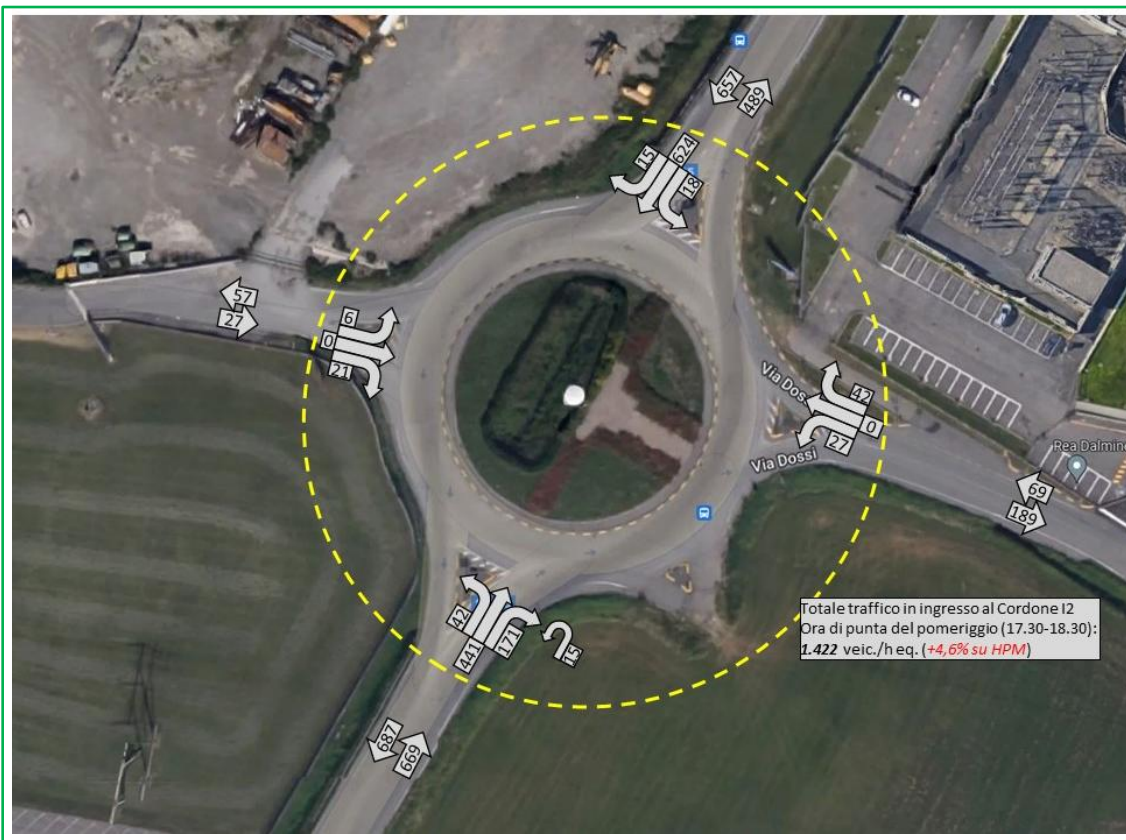
PRIMA FASE

- i) raccolta ai vari livelli della documentazione, della cartografia, delle banche dati e dei progetti inerenti alle aree interessate dal nuovo insediamento;
- ii) analisi ed elaborazione delle banche dati, dei Piani e dei Progetti esistenti a livello locale;
- iii) ricostruzione tramite i risultati di conteggi classificati svolti sul campo dell'attuale flussogramma veicolare (esempio in Figura 2.1.1) delle ore di punta di un giorno feriale tipo (mattino e/o pomeriggio). La scelta del periodo di indagine dipende dalle caratteristiche prevalenti del progetto (in questo caso, funzioni commerciali);

SECONDA FASE

- iv) applicazione del modello di generazione, per quantificare il traffico aggiuntivo generato dagli insediamenti previsti nel progetto d'area. Si è trattato di simulare, sulla base delle indicazioni dell'Operatore, i pesi insediativi previsti per tipo di funzione;
- v) definizione, calibrazione e applicazione del modello di traffico per simulare e quantificare il traffico allo Stato di Fatto gravitante intorno ai nuovi Poli;
- vi) definizione, calibrazione e applicazione del modello di traffico per simulare e quantificare il traffico totale (esistente + generato) gravitante sui nuovi Poli e quindi sugli incroci in questione con confronto tra i modelli;
- vii) dopo la calibrazione sullo Stato di Fatto, applicazione del modello di simulazione del traffico, per calcolare e prevedere gli effetti sulla viabilità e sui suoi traffici, indotti dall'attuazione di assetti nuovi e/o alternativi sia a livello infrastrutturale, sia della capacità;
- viii) definizione del futuro e più gravoso flussogramma di traffico della viabilità principale, cioè calcolo dei traffici futuri;
- ix) calcolo delle variazioni di traffico previste rispetto allo Stato di Fatto per ogni singola strada appartenente al grafo viario preso in considerazione, a causa degli interventi proposti;

Figura 2.1.1– Output tipo di flussogramma



TERZA FASE

- x) calcolo dei rapporti **Flussi/Capacità (F/C)** e dei **Livelli di Servizio (LoS)** tramite modelli sia statici (Tabelle 2.1.1) sia dinamici (se necessari) nell'ipotesi di uno scenario di non intervento;
- xi) calcolo dei rapporti **Flussi/Capacità (F/C)** e dei **Livelli di Servizio (LoS)** tramite modelli sia statici sia dinamici (se necessari) (Figura 2.1.3) nell'ipotesi dello scenario di progetto;
- xii) individuazione di eventuali criticità;
- xiii) definizione e valutazione di soluzioni planimetrico - funzionali e infrastrutturali alternative;
- xiv) definizione delle soluzioni progettuali in grado di garantire alle strade e agli incroci un livello di servizio soddisfacente in gran parte delle ore di punta del traffico;
- xv) sviluppo delle soluzioni progettuali per verificare la fattibilità degli interventi proposti (in scala 1:2000 e/o 1:1000 (Figura 2.1.4) in funzione delle problematiche esistenti, della complessità delle proposte progettuali, nonché della cartografia che potrà essere messa a disposizione).



Tabelle 2.1.1 – Output tipo dei modelli di simulazione statica: a) precedenze, b) rotatorie

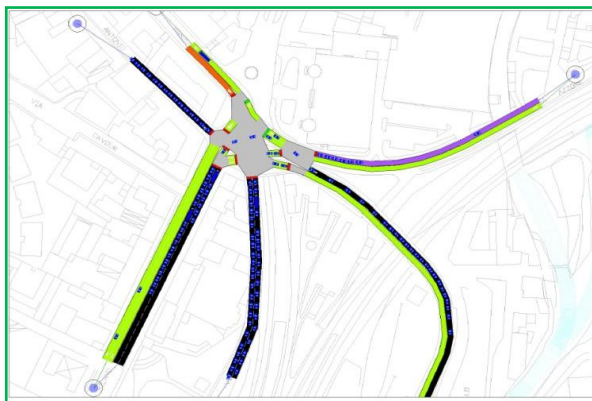
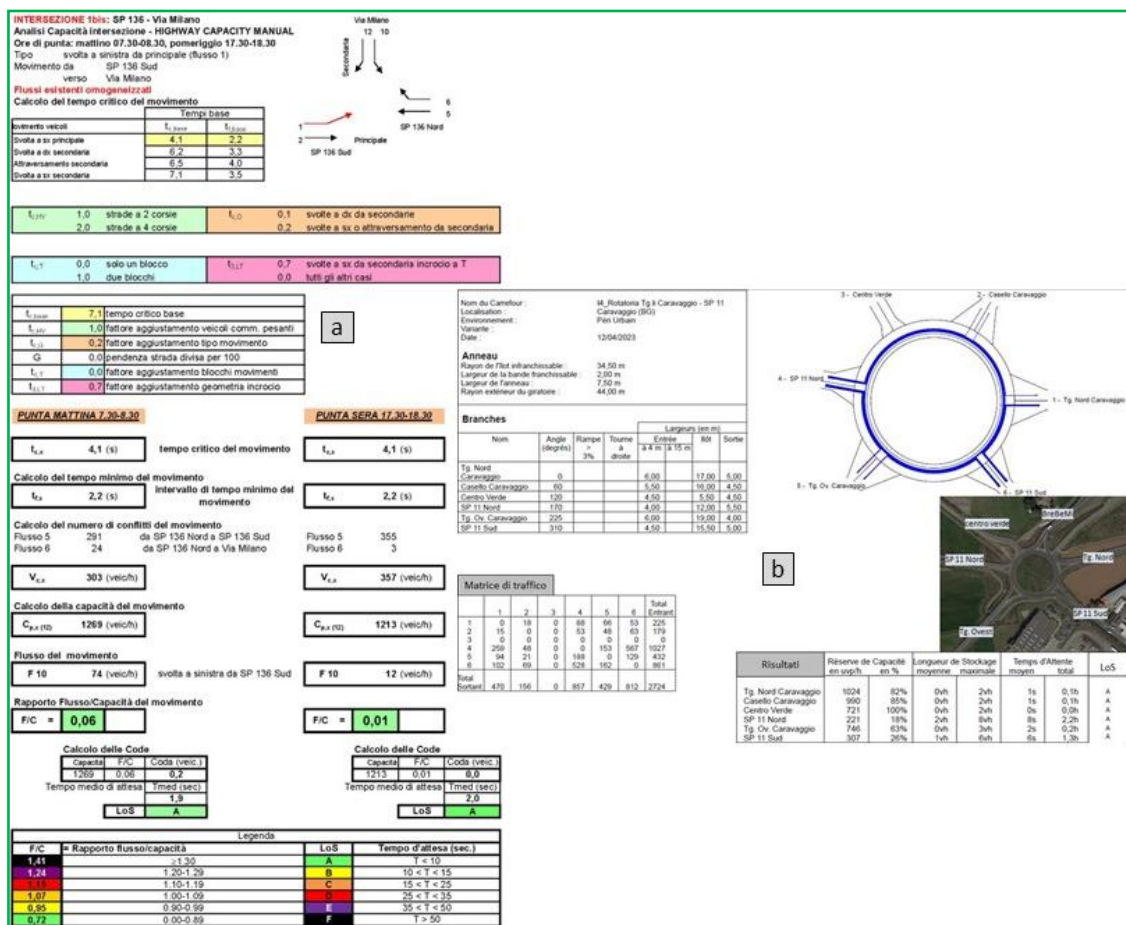
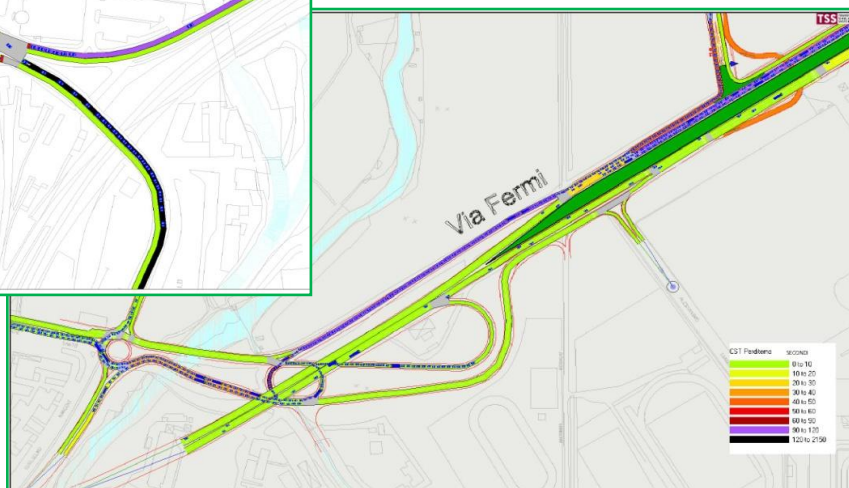
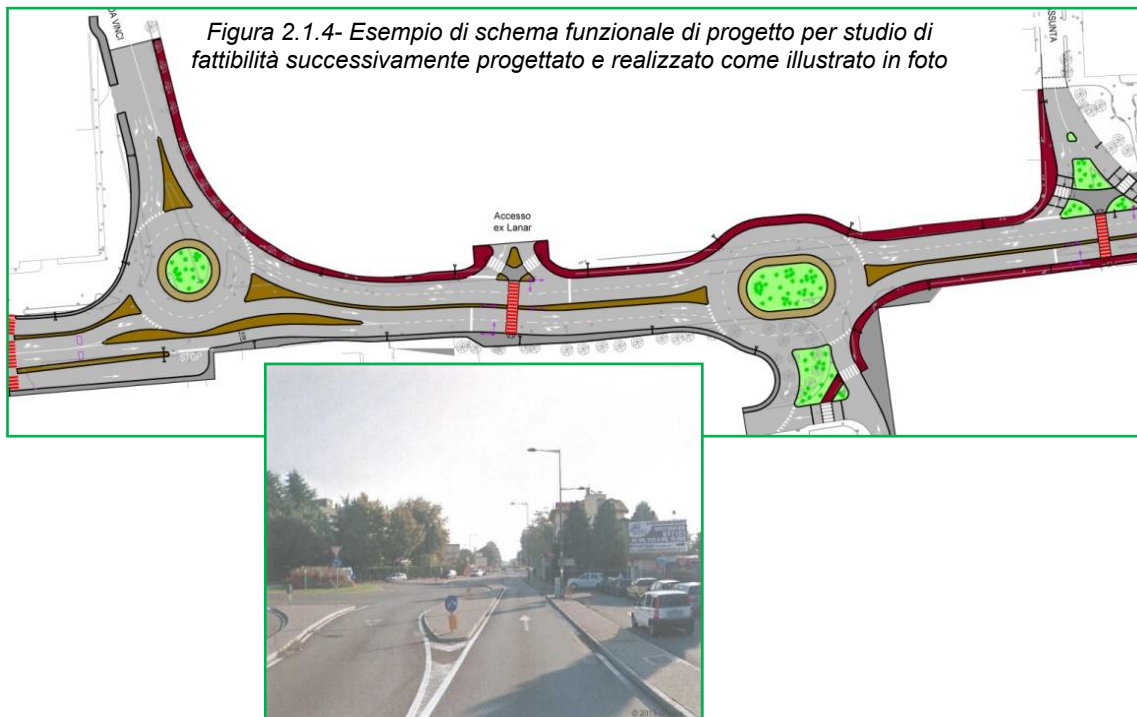


Figura 2.1.3 – Applicazione **Modello Dinamico** per sistemi viari complessi con rappresentazione della lunghezza delle code





2.1 I Modelli

2.1.1 I modelli statici

In generale il tema delle verifiche macro e micro integrate e coordinate il Consulente lo ha sempre completato anche attraverso l'utilizzo dei modelli statici: per le rotatorie, Girabase o di simulazione svizzero contenuto nella Guida Svizzera delle Rotatorie, per le intersezioni regolate da precedenza o semaforizzate il modello *HCM* (*Highway Capacity Manual*).

Nel caso specifico di questo Studio, si è optato per *HCM* e *Girabase*.

GIRABASE

La verifica funzionale delle intersezioni a rotatoria può essere svolta mediante il software trasportistico GIRABASE studiato in Francia dalla fine degli anni Settanta in specifico per l'analisi delle rotatorie, e successivamente sviluppato come software certificato da parte del Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) e del Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), due importanti enti che si occupano di pianificazione e progettazione delle infrastrutture di trasporto.

GIRABASE consente di testare progetti di rotatorie in termini di capacità e di adattarne le caratteristiche geometriche sulla base delle previsioni di traffico. Le rotatorie considerate prevedono che il flusso sull'anello abbia precedenza sui flussi in ingresso in rotatoria. L'obiettivo prioritario di GIRABASE è quello di verificare e diagnosticare, per ciascuna rotatoria, la capacità di smaltire il traffico previsto e l'eventuale presenza di capacità residua.



GIRABASE considera una rotatoria come una serie di incroci a T (la disposizione dei rami influenza i calcoli); per ogni ramo, il traffico massimo in entrata (Capacità) dipende dal traffico generato a destra dell'ingresso, secondo una curva esponenziale decrescente di tipo Siegloch. Il traffico generato a destra del ramo è a sua volta funzione del traffico che circola sull'anello a destra del ramo e del traffico uscente nel ramo stesso.

La formula che ne deriva è la seguente:

$$C = \frac{e^{-qg(tg - \frac{tf}{2})}}{tf}$$

C = capacità, espresso in veicoli al secondo

tg = intervallo critico, espresso in secondi

tf = intervallo complementare, espresso in secondi

Questo modello di calcolo dei veicoli che entrano in rotatoria, si basa sulle seguenti assunzioni:

- nessun veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo inferiore all'intervallo critico tg;
- ogni veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo compreso tra tg e tg+tf;
- N veicoli di una corrente secondaria si inseriscono in una corrente principale in un tempo compreso tra tg+tf(N-1) e tg+tfN.

A partire dalle caratteristiche geometriche della rotatoria e dalla matrice completa della rotatoria (veicoli per ciascuna coppia di rami), GIRABASE calcola per ciascun ramo in ingresso:

- la riserva di capacità in percentuale e in veicoli/ora;
- i tempi medi e totali di attesa;
- la lunghezza media e massima della coda di veicoli.

Per utilizzare GIRABASE servono una serie di informazioni per ciascuna rotatoria in esame. In particolare, vengono forniti i seguenti dati, classificati come qui di seguito riportato.

Dati preliminari = vengono forniti una descrizione della rotatoria e dei diversi rami in ingresso e uscita, nonché un ambito di localizzazione, tra i seguenti valori:

- extraurbano;
- periurbano;
- urbano.

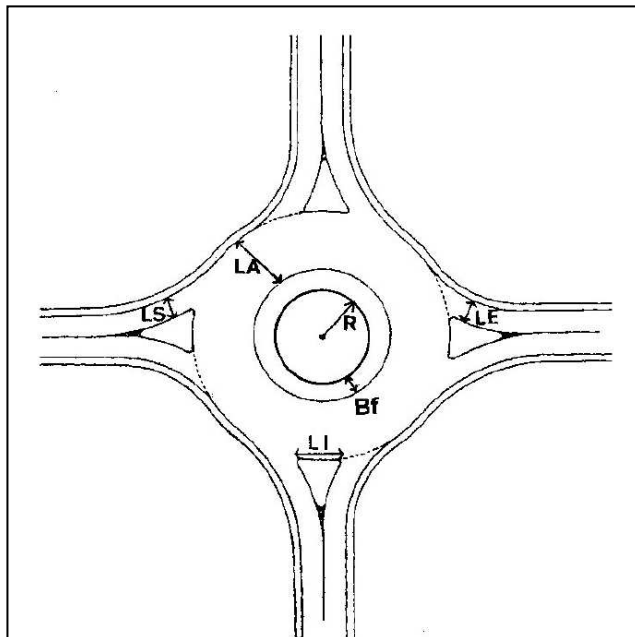
Tale ambito influenza i valori degli intervalli critici tg e tf.

Dati geometrici = per ciascun ramo della rotatoria occorre fornire:

- numero di direttrici;
- angoli di confluenza;
- raggio interno (R);
- larghezza della banda interna sormontabile (Bf);
- larghezza dell'anello centrale (LA);
- larghezza delle corsie di entrata (LE) e uscita (LS);
- dimensione delle isole spartitraffico (LI);
- pendenza in casi superiori al 3%;
- presenza di svolta a destra continua.

In Figura 2.1.8 sono riportate alcune delle grandezze geometriche richieste.

Figura 2.1.8 – I dati geometrici di una rotatoria



Dati di traffico: viene fornita la matrice del nodo, indicando il numero di veicoli entranti da ciascun ramo, disaggregati in funzione del ramo di uscita. Per gestire le diverse categorie di veicoli, Girabase suggerisce questi coefficienti di equivalenza:

- veicoli leggeri (auto e commerciali leggeri), pari a 1;
- veicoli commerciali pesanti, pari a 2;
- due ruote (ciclomotori e biciclette) pari a 0,5;
- due ruote (motocicli) pari a 1.

A titolo prudenziale per tutti i veicoli due ruote è stato usato il coefficiente di equivalenza pari a 1, ovvero quello dei motocicli.

In funzione dei suddetti dati, Girabase calcola la capacità di un ramo in ingresso, considerando il disturbo provocato da coloro che escono nello stesso ramo (in quanto il conducente non sempre arriva a determinare se i veicoli sull'anello intendono lasciare la rotatoria), dagli attraversamenti pedonali e soprattutto dai veicoli che circolano nell'anello davanti al loro ingresso, cui devono dare la precedenza. Oltre alla riserva di capacità, vengono calcolati i tempi di attesa e le lunghezze delle code.

Girabase suggerisce anche come interpretare i dati forniti dal modello. Innanzitutto, valutando la riserva di capacità di ciascun ramo, espressa in percentuale, si considera che:

- se la riserva di capacità è superiore all'80% per tutti i rami in ingresso, la rotatoria non è giustificata;
- se tutti i rami hanno una riserva di capacità superiore al 50%, la dimensione dell'anello della rotatoria può essere ridotto;
- se la riserva di capacità per un ramo è superiore al 50%, è possibile ipotizzare un sovradimensionamento dello stesso;
- se la riserva di capacità per un ramo è compresa tra il 5% ed il 25%, è prevedibile la formazione di code, più o meno lunghe. In questo caso è importante verificare se tali code possano propagarsi ad



- intersezioni vicine (inferiori ai 100 m), rendendo critica anche l'uscita da tali intersezioni;
- se la riserva di capacità per un ramo è inferiore al 5% o addirittura negativa, è presumibile la formazione di code importanti, di saturazione e di progressivo blocco della rotatoria, e di conseguenza è richiesta una riprogettazione della rotatoria.

Tra gli interventi suggeriti vi sono:

- allargamento del ramo di ingresso, ad esempio mediante la realizzazione di doppi attestamenti;
- allargamento dell'isola spartitraffico, che quanto meno riduce la perturbazione dei veicoli che escono nello stesso ramo in analisi;
- allargamento della larghezza dell'anello, che consente un più facile inserimento in rotatoria.

Per quanto riguarda i tempi di attesa, questi indicano se la durata della fermata degli automobilisti rimane accettabile, e, come somma, forniscono il tempo speso dalla collettività a causa della rotatoria, consentendone anche una valutazione economica.

Infine, per quanto riguarda la lunghezza delle code, l'informazione è importante soprattutto al fine di verificare l'eventuale influenza che una coda su una rotatoria può avere su ulteriori intersezioni a monte della stessa. In questo caso, l'ambito di localizzazione può consentire di migliorare l'interpretazione dei risultati, secondo quanto di seguito riportato:

- in ambito urbano è più tollerabile la formazione di code, soprattutto nelle ore di picco, e non sempre è possibile aumentare la capacità della rotatoria;
- in ambito perturbano, la formazione di code con una certa regolarità risulta meno accettabile che in ambito urbano;
- in ambito extraurbano, la formazione di code, anche se occasionale, può costituire un pericolo per i veicoli in avvicinamento ed è quindi ancora meno accettabile.

GUIDE SUISSE DES GIRATOIRES

Il modello svizzero, proveniente dalla "Guide Suisse Des Giratoires", consente di calcolare i Rapporti Flusso/Capacità (F/C) relativi agli attestamenti delle strade che convergono sulla rotatoria.

Per farlo richiede, oltre ovviamente alla matrice O/D (Origine/Destinazione) dell'incrocio, la definizione di alcuni parametri e grandezze:

- n° di corsie in ingresso per ciascun attestamento;
- n° di corsie in uscita per ogni ramo;
- n° di corsie in rotatoria (anello giratorio);
- distanza "b" (in riferimento alla Figura 2.1.9) tra le traiettorie di ingresso e uscita di uno stesso ramo, misurato in termini di lunghezza dell'arco.

Da queste grandezze dipendono alcuni parametri che vengono utilizzati nelle formule di calcolo dei Rapporti F/C.

In particolare, fra questi, il parametro “ α ” (“alfa”) dipende dalla grandezza “ b ” e deve essere verificato per ciascun ramo afferente alla rotatoria in questione, con l’aiuto del grafico di Figura 2.1.10.

Figura 2.1.8 – Calcolo grafico del parametro “ b ” richiesto dal modello svizzero

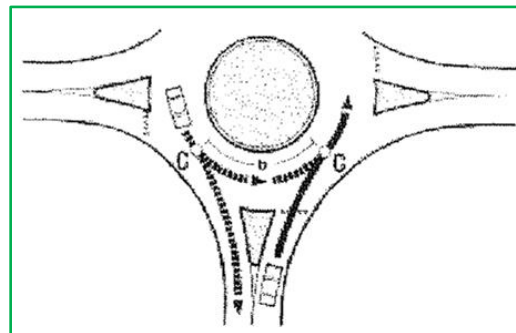
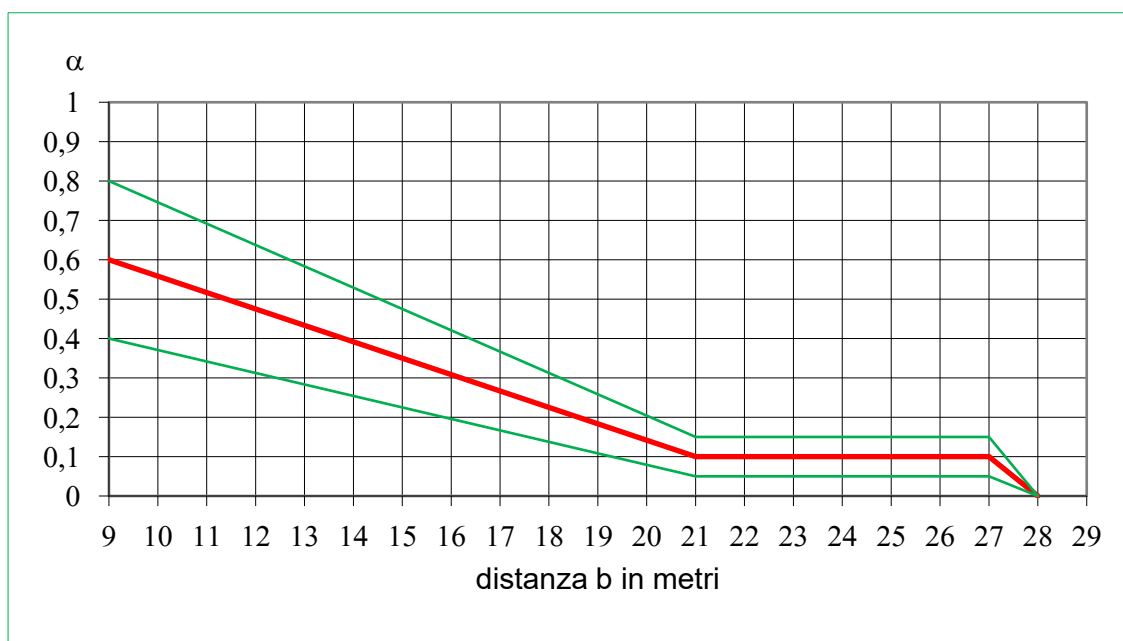


Figura 2.1.10 – Grafico per il calcolo del parametro α in relazione alla grandezza b



MODELLO “HCM” PER INCROCI SEMAFORICI E NON

Il modello richiede il piano semaforico con il tempo di ciclo, la durata e gli istanti di accensione e spegnimento dei tempi di verde, giallo e rosso.

Per la fase di valutazione l’attività del modello consiste nel determinare la qualità del piano semaforico, ossia quanto “bene” il semaforo è in grado di smaltire i flussi in sicurezza. La valutazione si svolge in base a certi valori indicativi:

- l’indice di saturazione;
- i ritardi;
- il livello di servizio;
- il numero di veicoli in coda, da cui la lunghezza di coda;
- la percentuale di veicoli rallentati.

Per il modello l’Indice di saturazione è il rapporto tra il flusso che arriva e quello che riesce a passare all’interno del ciclo: $X_i = F_i C / S_i V_i$.

La valutazione consiste nel verificare per ogni segnale il valore di X_i : se $X_i < 1$ i veicoli che arrivano sono minori di quelli che passano, e quindi il piano va bene; se $X_i = 1$ siamo al limite dell’accettabilità, in quanto basta una piccola perturbazione per creare code; se $X_i > 1$ arrivano più veicoli di quelli che passano, e quindi il piano non va bene perché abbiamo



congestione del traffico. Lo stesso concetto viene espresso con l'Indice di Capacità o meglio la Riserva di Capacità che ci dà l'idea di quanto distanti siamo dal limite di saturazione. Per quanto riguarda l'intera intersezione, il modello fa riferimento al massimo tra gli indici di saturazione: ciò significa che basterà un segnale congestionato a rendere congestionata l'intera intersezione.

Il modello poi calcola il Ritardo per un generico veicolo come differenza tra i tempi di attraversamento dell'intersezione semaforizzata e non semaforizzata, e viene utilizzato per determinare il Livello di Servizio (LoS), ossia una misura della qualità con la quale i veicoli o i passeggeri sono serviti. Come usualmente viene fatto, il modello esprime questa qualità sia attraverso il rapporto F/C che rappresenta il valore complementare della riserva di capacità, o attraverso sei diversi possibili livelli di qualità del servizio garantito dall'incrocio, che corrispondono ad altrettanti intervalli che definiscono condizioni sempre peggiori. Nel caso di un'intersezione semaforica i livelli corrispondono ad intervalli di tempo di ritardo.

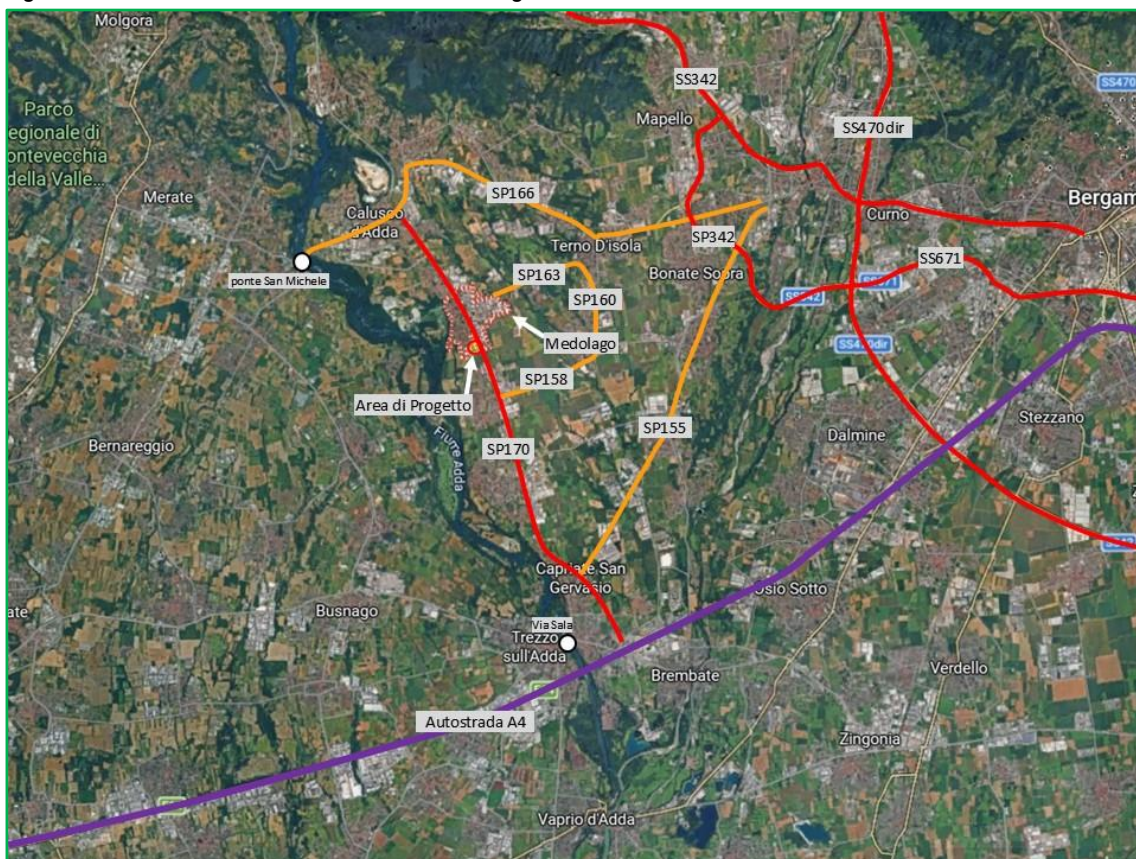
Il modello di simulazione per gli incroci non semaforizzati opera secondo gli stessi suddetti criteri (calcolo dei perditempo per la definizione dei LOS), ed è stato applicato per le svolte più critiche (generalmente le svolte a sinistra) degli incroci regolati da semplici precedenza.

3. QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO

3.1 L'Assetto Funzionale Viario Esistente

Per quanto riguarda l'accessibilità (*Figura 3.1.1*), il Comune di Medolago è attraversato dalla SP170 che garantisce l'accesso sia dalle provenienze da Nord (Calusco d'Adda) sia da Sud (Suisio, Capriate San Gervasio).

Figura 3.1.1- Accessibilità al Comune di Medolago



Rimangono un po' più distanti gli assi di importanza gerarchica superiore, a partire dall'Autostrada A4 (circa 8Km dal casello più vicino che è quello di Capriate), per finire con gli assi principali dell'area del capoluogo quali la SS671 asse interurbano, la SS342 (e la SP342), la SS470.

Il Comune di Medolago resta, invece, più vicino e maggiormente servito dalla rete di strade provinciali inquadrabili come extraurbane secondarie, quali ad esempio la SP166 (Est-Ovest tra Ponte San Pietro e Paderno d'Adda), l'anello SP158-SP160-SP163, la SP155 (Nord-Sud tra Ponte San Pietro e Capriate).

La viabilità di carattere urbano (*Figura 3.1.2*), invece, poggia le fondamenta sull'asse principale Nord-Sud della SP170, che separa sostanzialmente la parte di centro abitato (ad Ovest) dalla parte di insediamenti industriali/produttivi (ad Est).

Lungo la SP170 è localizzato anche il nodo principale della viabilità sovralocale, quello con la SP163 che collega Medolago con Terno d'Isola.

Parallelamente alla SP170 verso Ovest, l'asse Via Manzoni/Via Marconi attraversa la parte di centro abitato e ne costituisce la spina dorsale a livello

locale, dalla quale si distribuisce poi una rete di strade assolutamente locali, come ad esempio Via Battisti, Via Foscolo, Via Dante.

Al servizio del comparto industriale/produttivo, invece, ci sono strade come Via Protasio e altre che ricadono nel vicino Comune di Solza, sempre a carattere locale.

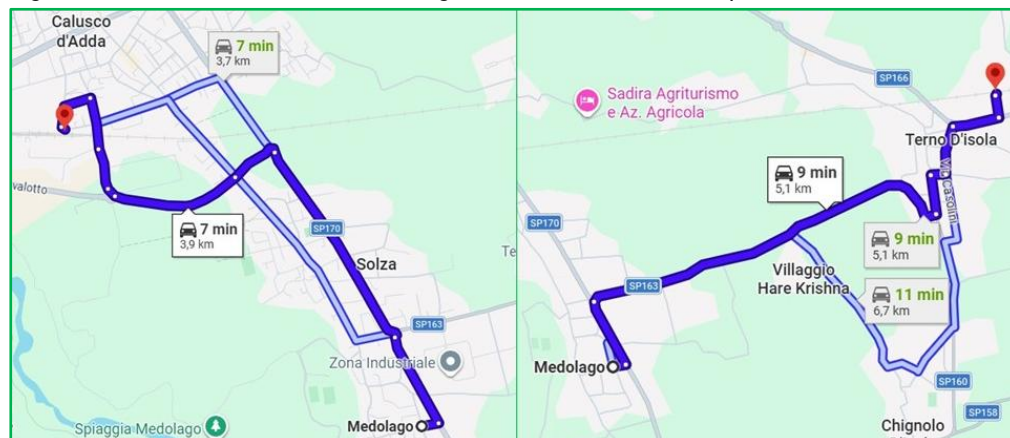
Figura 3.1.2 – Viabilità urbana di Medolago



3.2 Le Modalità di Trasporto Alternative al Mezzo Privato

Per quanto riguarda le modalità di trasporto alternative al mezzo privato, stante l'assenza nelle vicinanze della ferrovia (le stazioni più vicine sono quelle di Calusco d'Adda (*Figura 3.2.1*) e Terno d'Isola (*Figura 3.2.2*), distanti rispettivamente circa 3,9 e 5,1 Km), è stata condotta un'analisi sull'offerta di servizi di trasporto su gomma (TPL) e sulla distribuzione e sviluppo delle reti ciclopedonali nel comparto interessato dal Progetto.

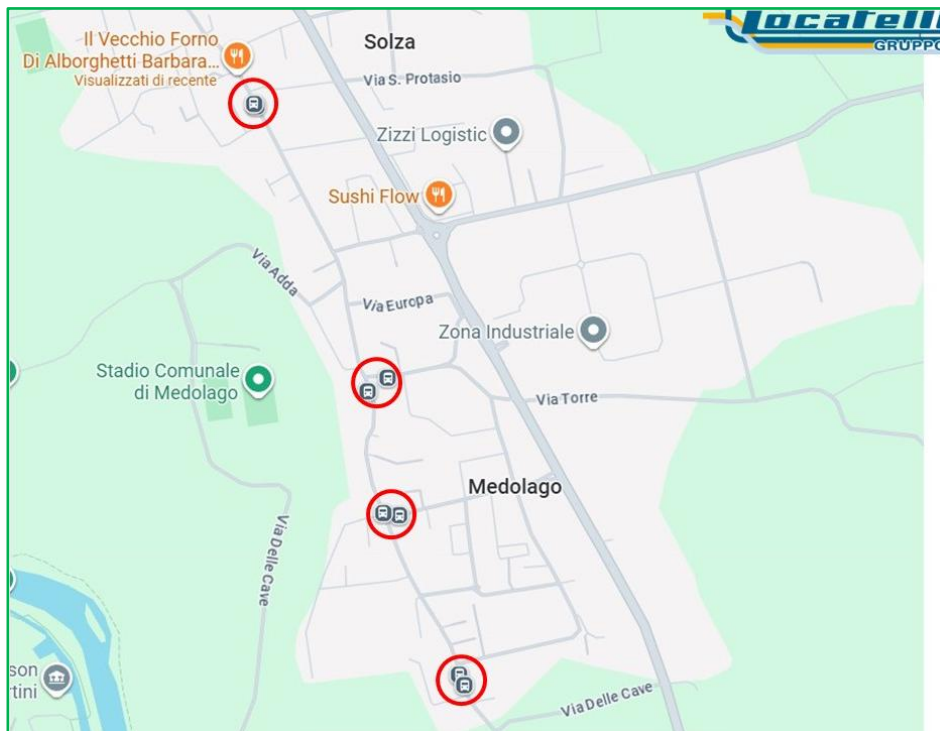
Figure 3.2.1-3.2.2 – Distanza da Medolago delle stazioni ferroviarie più vicine



3.2.1 Il Trasporto Pubblico Locale (TPL) su Gomma

Per quanto riguarda il TPL su gomma, il servizio nel Comune di Medolago è svolto da Autoservizi Locatelli con la linea Z (Bergamo-Ponte San Pietro-Bonate Sopra-Trezzo) con alcune fermate lungo l'asse Via Marconi-Via Manzoni-Piazza Marcoli (*Figura 3.2.3*).

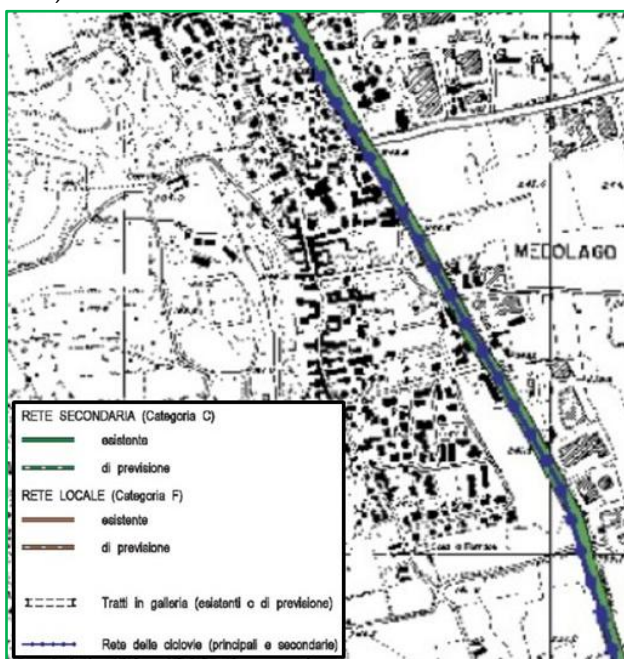
Figura 3.2.3 – Fermate linea Z di Locatelli Autoservizi a Medolago



3.2.2 La Mobilità Dolce: lo Sviluppo e la Distribuzione delle Reti Ciclopedonali

Per quanto riguarda l'offerta infrastrutturale per la mobilità dolce, dalle tavole consultabili del PGT emerge che il percorso principale ciclo-pedonale è quello che costeggia la SP170 lungo tutto l'attraversamento del comune, come evidenzia il tratteggio con puntini blu nella *Figura 3.2.4* sovrapposto alla linea verde che individua la SP170 come "rete secondaria esistente".

Figura 3.2.4 – Infrastrutture viabilità e mobilità dolce (fonte: PGT)



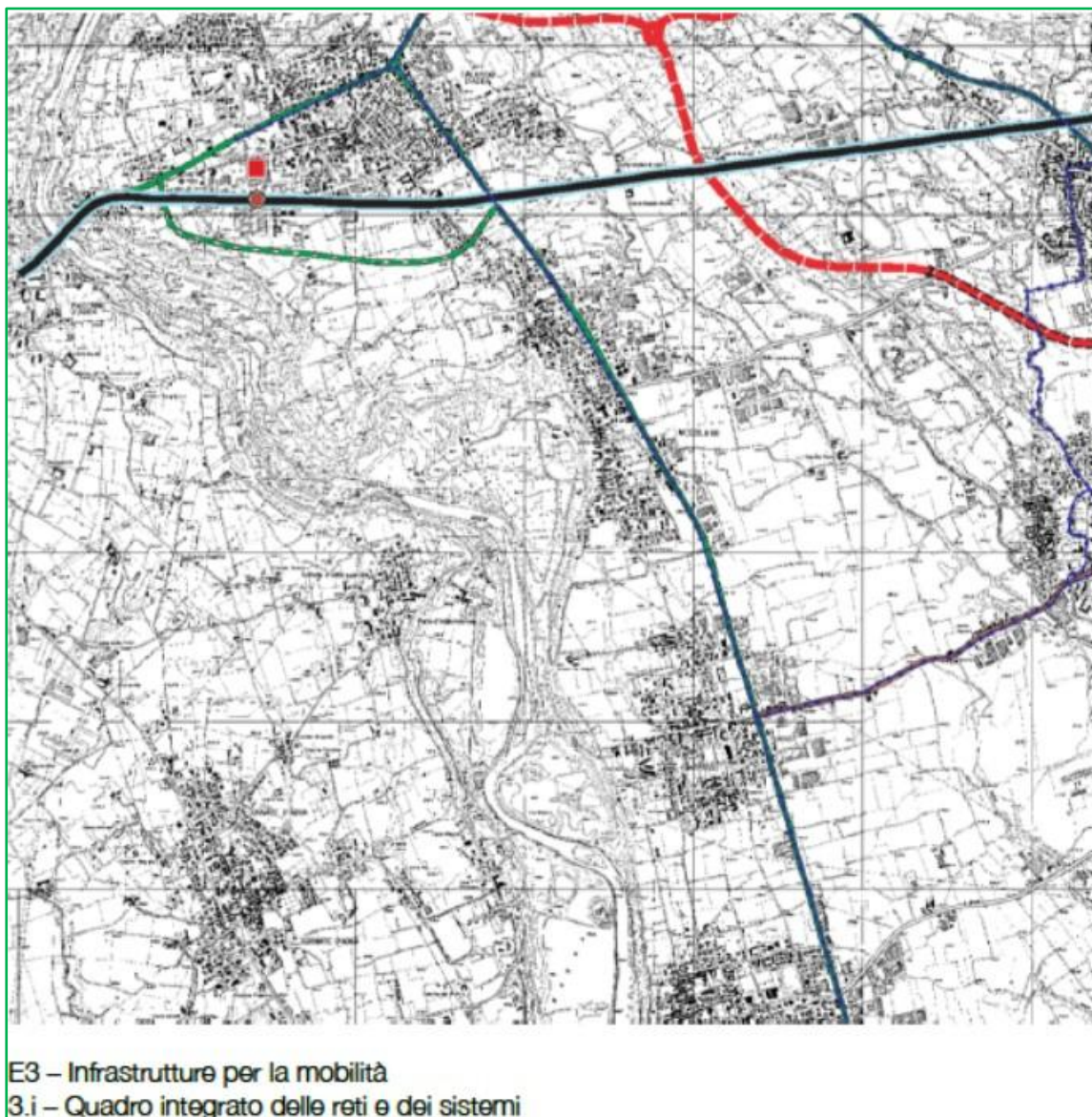
3.3 Le Previsioni Infrastrutturali Contenute negli Strumenti Urbanistici Vigenti

Ricostruito il quadro complessivo infrastrutturale dello Stato di Fatto, è stata fatta poi un'analisi di quelle che sono le previsioni contenute nei principali strumenti urbanistici vigenti: il PGT (il PGU non è presente) a livello comunale e il PTCP a livello provinciale.

3.3.1 Le Previsioni Contenute nel PGT

Per quanto riguarda il PGT (*Piano di Governo del Territorio*), la cui ultima versione risale al 2021, dalla tavola E3.1 “Quadro integrato delle reti e dei sistemi” si evince che l'unica opera di previsione fosse la variante Sud di Calusco d'Adda, nel frattempo realizzata e oggi denominata Via Rivalotto (*Figura 3.3.1*).

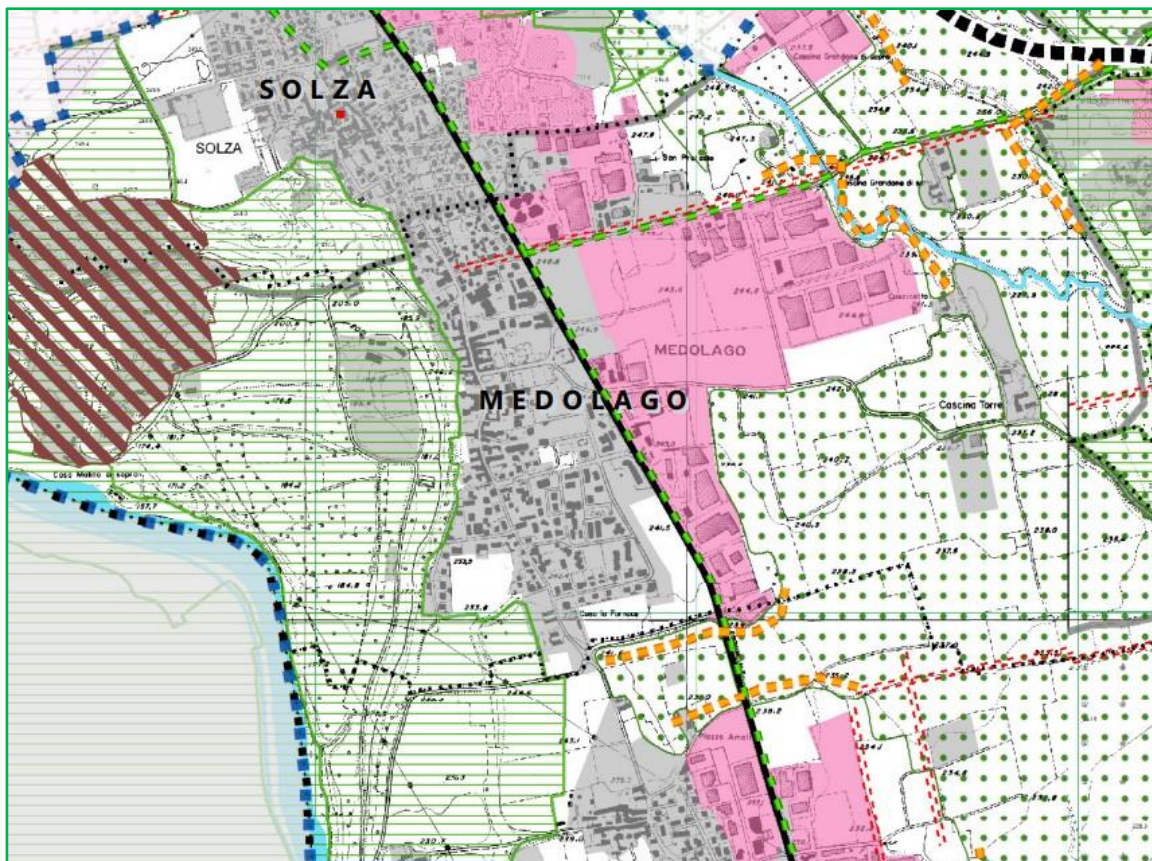
Figura 3.3.1 – Previsioni infrastrutturali contenute all'interno del PGT



3.3.2 Le Previsioni Contenute nel PTCP

Per quanto riguarda il PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Bergamo, dall'analisi della documentazione relativa alle previsioni infrastrutturali di carattere provinciale non emergono elementi che possano interessare l'Area di Progetto (Figura 3.3.2).

Figura 3.3.2 – Previsioni infrastrutturali contenute nel PTCP della Provincia di Bergamo



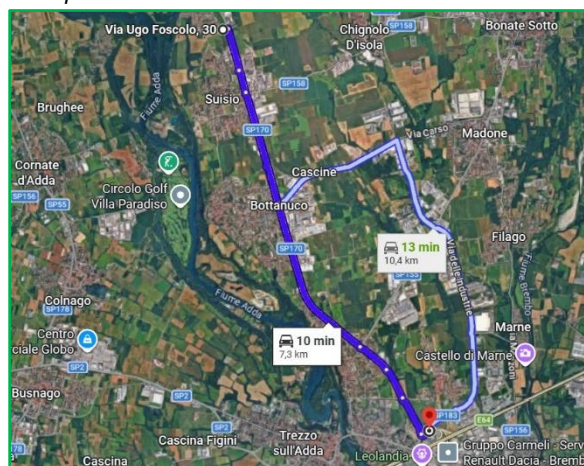
3.4 L'Area di Progetto

L'Area di Progetto sorge in fregio e confina ad Est con la SP170, a Sud confina con Via delle Cave mentre a Ovest e Nord con altre proprietà.

Nei dintorni dell'Area di Progetto la viabilità è di carattere misto, provinciale con la SP170 e locale con Via delle Cave, altre strade restano più distanti.

Il casello autostradale più vicino è quello di Capriate (Autostrada A4), distante circa 7 Km dall'Area di Progetto (Figura 3.4.1).

Figura 3.4.1 – Distanza dell'AdP dal casello autostradale più vicino



3.5 Stato di Fatto: I Flussi di Traffico Circolanti nella Rete

Allo scopo di definire la capacità veicolare in grado di soddisfare appieno i flussi di traffico attesi, il quadro della domanda attuale (utile anche per la calibrazione del modello di simulazione) è stato definito attraverso una apposita campagna di indagini sui flussi di traffico.

In particolare, per quanto riguarda questo Studio, la banca dati riguarda le seguenti intersezioni (Figura 3.5.1):

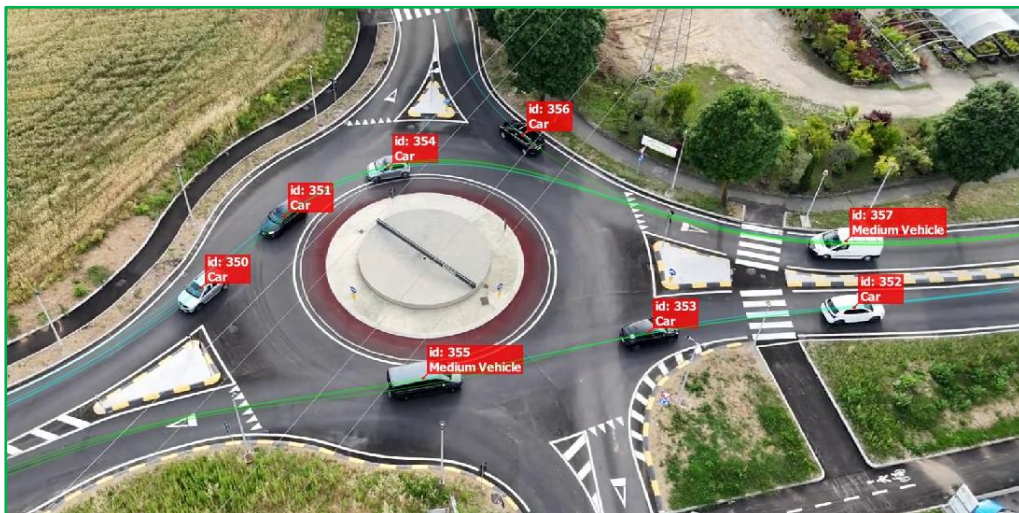
Figura 3.5.1– Localizzazione delle intersezioni e sezioni oggetto di rilievo di traffico



- I1: incrocio SP170 - Via Cesare Battisti;
- I2: incrocio SP170 - Via delle Cave;
- I3: rotatoria SP170 – Via dei Piazzoli – Via Kennedy.

I rilievi dei flussi di traffico sono stati realizzati tramite drone (Foto 1), i cui video sono stati poi elaborati e gestiti tramite l'utilizzo di un software di intelligenza artificiale (Figura 3.5.2) che, grazie al riconoscimento e alla codifica di ciascun

Figura 3.5.2 – Esempio di elaborazione dei video dei rilievi tramite AI (incrocio I3)





veicolo in movimento all'interno dell'inquadratura, è in grado di ricostruire automaticamente e restituire la matrice O/D (Origine/Destinazione) del traffico del nodo analizzato.

I dati, una volta elaborati, forniscono oltre ai flussi di traffico, anche lo stato di salute attuale della rete viaria e dei suoi nodi, rappresentato attraverso i rapporti Flusso/Capacità e i Livelli di Servizio (LoS).

Considerando la tipologia di funzioni previste, ovvero commerciali e quindi con influenza del traffico indotto al mattino sostanzialmente trascurabile, i conteggi in corrispondenza delle intersezioni sono stati effettuati nella fascia oraria di punta del pomeriggio, tra le 17.00 e le 19.00 di un giorno feriale tipo, suddivise in intervalli regolari e consecutivi di 30 minuti ciascuno, utili all'individuazione dell'effettiva ora di punta in sede di elaborazione dei dati.

I veicoli conteggiati sono stati classificati in due tipologie: leggeri, comprendenti auto e mezzi commerciali leggeri, e pesanti comprendenti mezzi commerciali pesanti e autobus.

I dati di traffico raccolti sono stati memorizzati su foglio elettronico (*Tabelle 3.5.1-3.5.3*) individuando, all'interno della fascia di rilievo, l'ora di massima punta del traffico complessivo, ovvero 17.30-18.30.

Nei prossimi paragrafi verranno analizzati nel dettaglio i flussi di traffico rilevati per ciascuna intersezione attraverso i flussogrammi puntuali, nei quali l'entità dei flussi viene riportata in termini di veicoli omogenei equivalenti, ovvero trasformando i mezzi commerciali pesanti in leggeri mediante un coefficiente di equivalenza pari a 2.

3.5.1 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I1

In corrispondenza dell'incrocio I1 (SP170 – Via Cesare Battisti), nell'ora di punta è stato rilevato un flusso veicolare totale in ingresso al nodo pari a 1.752 veicoli omogenei (*Figura 3.5.3*).

I flussi più elevati sono stati senza dubbio registrati lungo la SP170, con totali bidirezionali compresi tra 1.630 e 1.650 veicoli omogenei.

3.5.2 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I2

Per quanto riguarda l'incrocio I2 (SP170 – Via delle Cave), nell'ora di punta del pomeriggio sono stati rilevati in ingresso al nodo un totale di 1.512 veicoli omogenei (*Figura 3.5.4*).

Anche in questo caso, i flussi più elevanti in sezione sono stati registrati lungo la SP170, con totali bidirezionali compresi tra 1.488 e 1.500 veicoli omogenei.

3.5.3 Stato di Fatto: il Traffico Rilevato per l'Incrocio I3

Infine, durante i rilievi effettuati in corrispondenza dell'incrocio I3 (SP170 – Via dei Piazzoli – Via Kennedy) è stato rilevato un flusso totale in ingresso al nodo pari a 1.650 veicoli omogenei (*Figura 3.5.5*).

Anche in quest'ultimo caso, la strada che ha fatto registrare i flussi di traffico più elevati è la SP170, con totali bidirezionali compresi tra 1.420 e 1.490 veicoli omogenei.

TABELLA 3.5.1

RISULTATI DEI RILIEVI DI TRAFFICO – INTERSEZIONE 1: SP170 – VIA CESARE BATTISTI

CONTEGGI DEI MOVIMENTI DI SVOLTA AGLI INCROCI

Incrocio1Maggio 2026

Strade:SP170 - Via Battisti

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO														ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA		Tot. Eq. Finale
														TOTALI			VEICOLI OMOGENEI			"VAI e TORNA"		
Movimento da	a	17.00-17.30			17.30-18.00			18.00-18.30			18.30-19.00			17.30-18.30			17.30-18.30			Legg.	Pes.	
		Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot. Eq.	Auto	Pes.	Tot. Eq.			
1 - Via Battisti	2 - SP170 Nord	6	0	6	9	0	9	12	0	12	10	0	10	21	0	21	21	0	21	0	0	0
1 - Via Battisti	3 - SP170 Sud	5	0	5	10	0	10	11	0	11	8	0	8	21	0	21	21	0	21			
1 - Via Battisti	Totale	11	0	11	19	0	19	23	0	23	18	0	18	42	0	42	42	0	42	Tot. Origine		42
2 - SP170 Nord	3 - SP170 Sud	283	13	296	321	16	337	357	11	368	304	9	313	678	27	705	678	54	732	0	0	0
2 - SP170 Nord	1 - Via Battisti	31	0	31	40	0	40	47	0	47	35	0	35	87	0	87	87	0	87			
2 - SP170 Nord	Totale	314	13	327	361	16	377	404	11	415	339	9	348	765	27	792	765	54	819	Tot. Origine		819
3 - SP170 Sud	1 - Via Battisti	34	0	34	41	0	41	52	0	52	44	0	44	93	0	93	93	0	93	3	0	3
3 - SP170 Sud	2 - SP170 Nord	299	20	319	336	27	363	363	21	384	312	16	328	699	48	747	699	96	795			
3 - SP170 Sud	Totale	333	20	353	377	27	404	415	21	436	356	16	372	792	48	840	792	96	888	Tot. Origine		891
Totale verso	1 - Via Battisti	65	0	65	81	0	81	99	0	99	79	0	79	180	0	180	180	0	180			180
Totale verso	2 - SP170 Nord	305	20	325	345	27	372	375	21	396	322	16	338	720	48	768	720	96	816			816
Totale verso	3 - SP170 Sud	288	13	301	331	16	347	368	11	379	312	9	321	699	27	726	699	54	753			756
TOTALE		658	33	691	757	43	800	842	32	874	713	25	738	1599	75	1674	1599	150	1749	1602	75	1752
	Flusso complessivo orario				17.00-18.00			17.30-18.30			18.00-19.00											

TABELLA 3.5.2

RISULTATI DEI RILIEVI DI TRAFFICO – INTERSEZIONE 2: SP170 – VIA DELLE CAVE

CONTEGGI DEI MOVIMENTI DI SVOLTA AGLI INCROCI

Incrocio **2**

Maggio 2026

Strade: SP170 - Via delle Cave

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO														ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA		Tot. Eq. Finale	
														TOTALI			VEICOLI OMOGENEI			"VAI e TORNA"			
Movimento da	a	17.00-17.30			17.30-18.00			18.00-18.30			18.30-19.00			17.30-18.30			17.30-18.30			17.30-18.30			
		Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Eq.	Legg.	Pes.	
1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1 - Via delle Cave	3 - SP170 Sud	3	0	3	5	0	5	4	0	4	2	0	2	9	0	9	9	0	9				
1 - Via delle Cave	Totale	4	0	4	5	0	5	4	0	4	2	0	2	9	0	9	9	0	9	Tot. Origine		9	
2 - SP170 Nord	3 - SP170 Sud	292	13	305	322	10	332	356	8	364	308	5	313	678	18	696	678	36	714	0	0	0	
2 - SP170 Nord	1 - Via delle Cave	5	0	5	7	0	7	5	0	5	6	0	6	12	0	12	12	0	12				
2 - SP170 Nord	Totale	297	13	310	329	10	339	361	8	369	314	5	319	690	18	708	690	36	726	Tot. Origine		726	
3 - SP170 Sud	1 - Via delle Cave	6	0	6	8	0	8	7	0	7	4	0	4	15	0	15	15	0	15	0	0	0	
3 - SP170 Sud	2 - SP170 Nord	284	27	311	316	30	346	338	24	362	304	17	321	654	54	708	654	108	762				
3 - SP170 Sud	Totale	290	27	317	324	30	354	345	24	369	308	17	325	669	54	723	669	108	777	Tot. Origine		777	
Totale verso	1 - Via delle Cave	11	0	11	15	0	15	12	0	12	10	0	10	27	0	27	27	0	27				27
Totale verso	2 - SP170 Nord	285	27	312	316	30	346	338	24	362	304	17	321	654	54	708	654	108	762				762
Totale verso	3 - SP170 Sud	295	13	308	327	10	337	360	8	368	310	5	315	687	18	705	687	36	723				723
TOTALE		591	40	631	658	40	698	710	32	742	624	22	646	1368	72	1440	1368	144	1512	1368	72	1512	
	Flusso complessivo orario				17.00-18.00		1329	17.30-18.30		1440	18.00-19.00		1388										

TABELLA 3.5.3

RISULTATI DEI RILIEVI DI TRAFFICO – INTERSEZIONE 3: SP170 – VIA DEI PIAZZOLI – VIA KENNEDY

CONTEGGI DEI MOVIMENTI DI SVOLTA AGLI INCROCI

Incrocio	3
----------	---

Maggio 2026

Strade: SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO

FLUSSI PER ORA PER CATEGORIA DI VEICOLI E PER MOVIMENTO														ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA			ORA DI PUNTA		Tot. Eq. Finale
														TOTALI			VEICOLI OMOGENEI			"VAI e TORNA"		
														17.30-18.30			17.30-18.30			17.30-18.30		
Movimento da	a	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Auto	Pes.	Tot.	Legg.	Pes.				
1 - Via dei Piazzoli	2 - SP170 Nord	11	0	11	15	0	15	24	0	24	13	0	13	39	0	39	39	0	39	Totale origine	69	
1 - Via dei Piazzoli	3 - Via Kennedy	3	0	3	4	0	4	5	0	5	2	0	2	9	0	9	9	0	9			
1 - Via dei Piazzoli	4 - SP170 Sud	6	0	6	9	0	9	12	0	12	10	0	10	21	0	21	21	0	21			
1 - Via dei Piazzoli	Totale da	20	0	20	28	0	28	41	0	41	25	0	25	69	0	69	69	0	69			
2 - SP170 Nord	3 - Via Kennedy	39	0	39	51	0	51	63	0	63	43	0	43	114	0	114	114	0	114	Totale origine	678	
2 - SP170 Nord	4 - SP170 Sud	211	11	222	233	17	250	265	10	275	227	14	241	498	27	525	498	54	552			
2 - SP170 Nord	1 - Via dei Piazzoli	2	0	2	3	0	3	3	0	3	4	0	4	6	0	6	6	0	6			
2 - SP170 Nord	Totale da	252	11	263	287	17	304	331	10	341	274	14	288	618	27	645	618	54	672			
3 - Via Kennedy	4 - SP170 Sud	17	0	17	22	0	22	26	0	26	20	0	20	48	0	48	48	0	48	Totale origine	102	
3 - Via Kennedy	1 - Via dei Piazzoli	2	0	2	2	0	2	4	0	4	3	0	3	6	0	6	6	0	6			
3 - Via Kennedy	2 - SP170 Nord	19	0	19	25	0	25	23	0	23	16	0	16	48	0	48	48	0	48			
3 - Via Kennedy	Totale da	38	0	38	49	0	49	53	0	53	39	0	39	102	0	102	102	0	102			
4 - SP170 Sud	1 - Via dei Piazzoli	3	0	3	6	0	6	9	0	9	5	0	5	15	0	15	15	0	15	Totale origine	801	
4 - SP170 Sud	2 - SP170 Nord	276	11	287	317	17	334	343	13	356	289	10	299	660	30	690	660	60	720			
4 - SP170 Sud	3 - Via Kennedy	21	0	21	29	0	29	37	0	37	24	0	24	66	0	66	66	0	66			
4 - SP170 Sud	Totale da	300	11	311	352	17	369	389	13	402	318	10	328	741	30	771	741	60	801			
Totale verso	1 - Via dei Piazzoli	7	0	7	11	0	11	16	0	16	12	0	12	27	0	27	27	0	27	27		
Totale verso	2 - SP170 Nord	306	11	317	357	17	374	390	13	403	318	10	328	747	30	777	747	60	807	813		
Totale verso	3 - Via Kennedy	63	0	63	84	0	84	105	0	105	69	0	69	189	0	189	189	0	189	189		
Totale verso	4 - SP170 Sud	234	11	245	264	17	281	303	10	313	257	14	271	567	27	594	567	54	621	621		
TOTALE		610	22	632	716	34	750	814	23	837	656	24	680	1530	57	1587	1530	114	1644	1536	57	1650
	Flusso complessivo orario				17.00-18.00		1382	17.30-18.30		1587	18.00-19.00		1517									

FIGURA 3.5.3

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I1: SP170 – VIA CESARE BATTISTI – **STATO DI FATTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

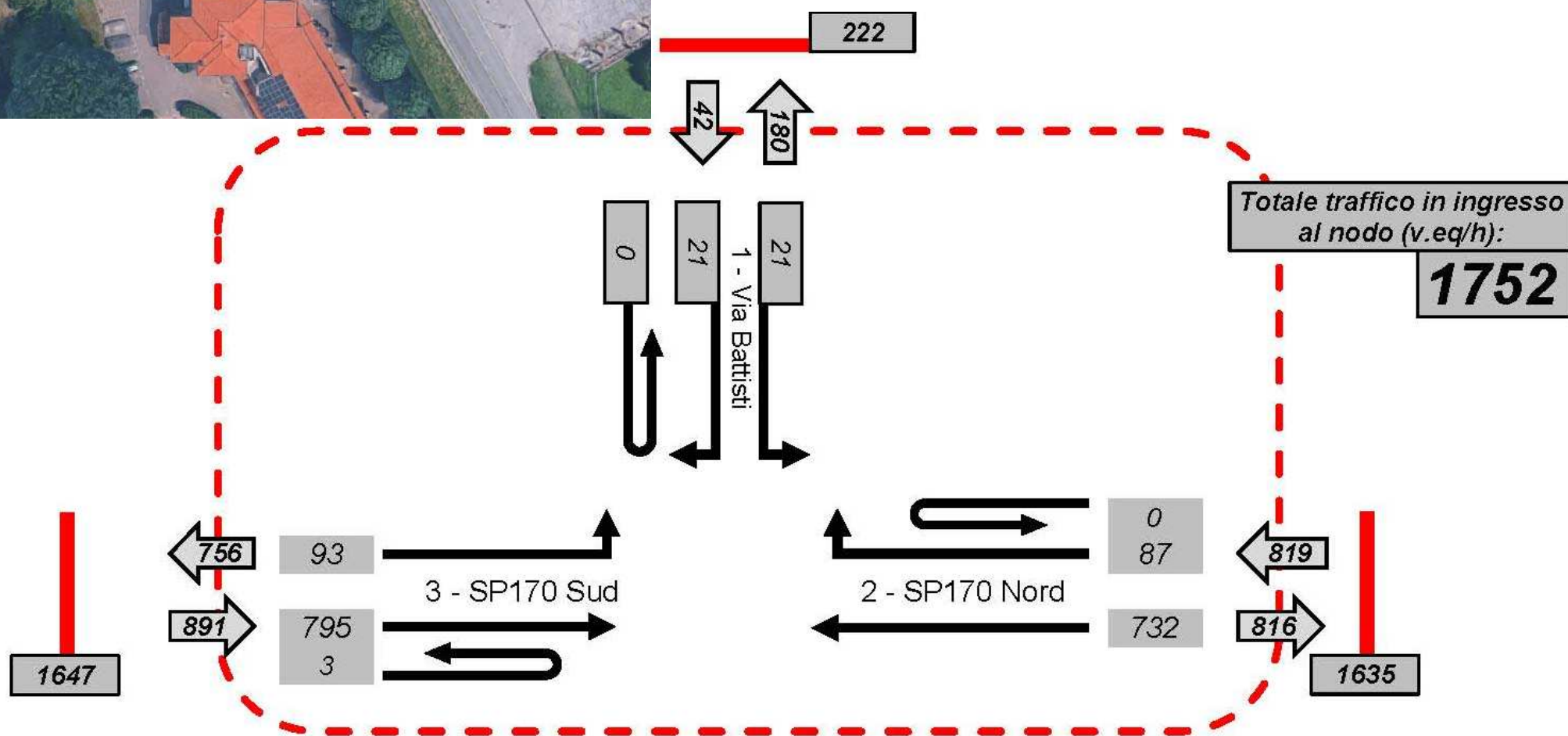


FIGURA 3.5.4

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I2: SP170 – VIA DELLE CAVE – **STATO DI FATTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

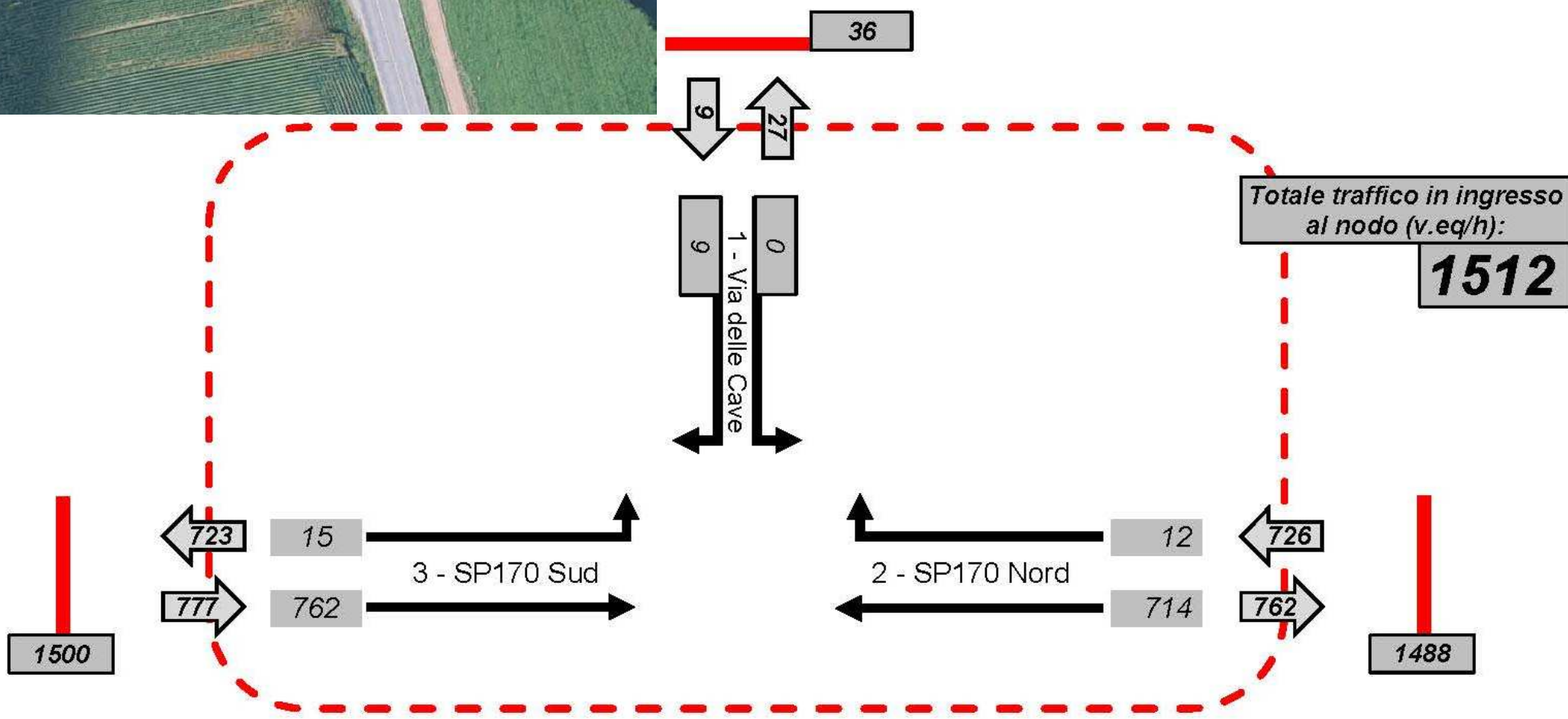
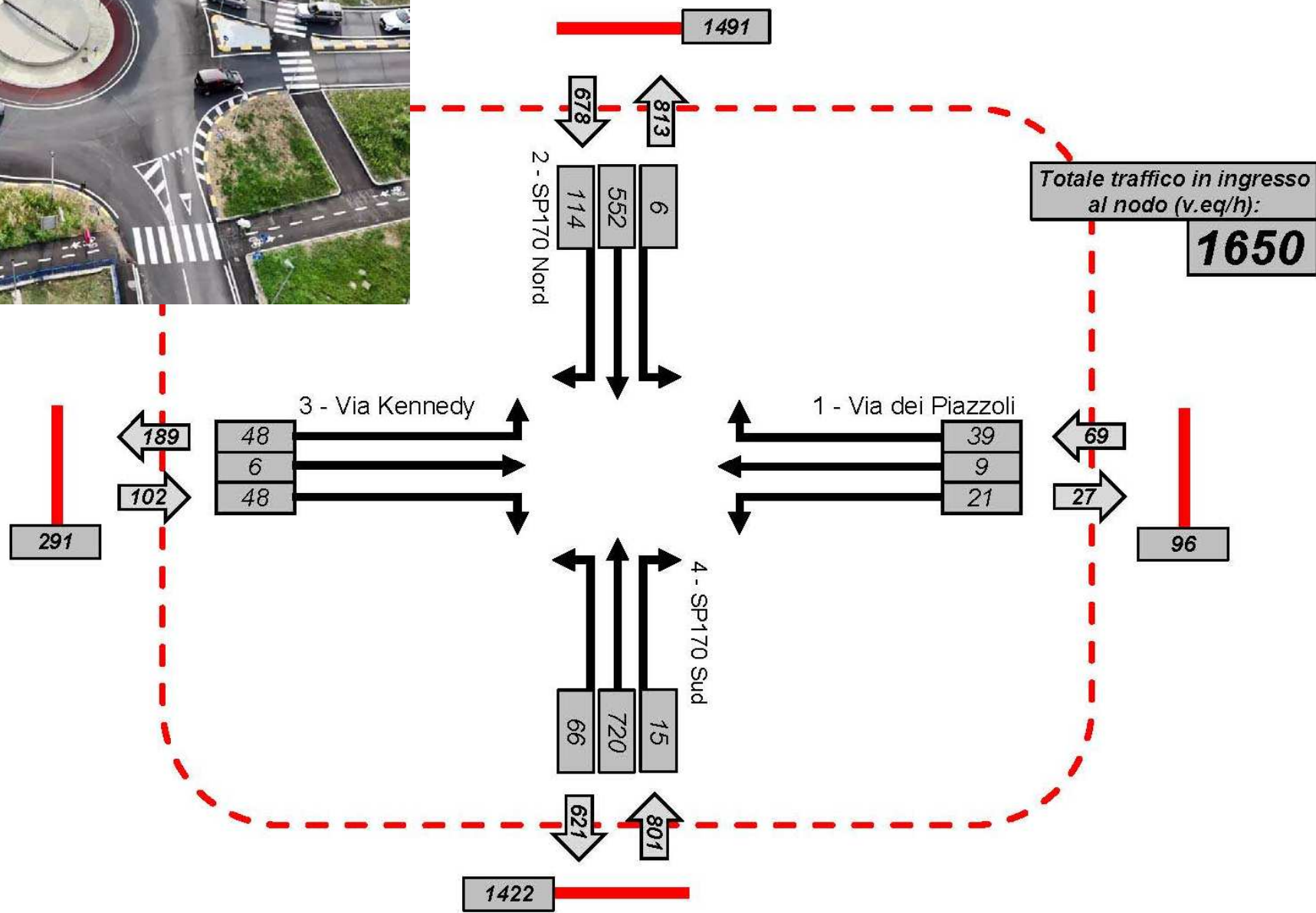


FIGURA 3.5.5

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I3: SP170 – VIA DEI PIAZZOLI – VIA KENNEDY – **STATO DI FATTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)





3.5.4 Stato di Fatto: il Traffico Totale in Ingresso al Cordone Globale

Come ultimo dato relativo ai flussi, si fornisce il flusso totale in ingresso al cosiddetto Cordone Globale, ovvero quella linea immaginaria che racchiude al suo interno tutte le intersezioni indagate.

Nell'ora di punta del pomeriggio il traffico totale in ingresso al Cordone Globale è stato di 1.842 veicoli omogenei (Figura 3.5.6).

3.6 Stato di Fatto: Analisi e Valutazione dei Livelli di Servizio con i Modelli Statici

I modelli utilizzati per queste analisi variano in relazione alla tipologia di intersezione considerata: per le rotatorie è stato utilizzato il modello *svizzero* (*Guide Suisse des Giratoires*), mentre per le intersezioni con precedenza è stato utilizzato il modello *HCM* (*Highway Capacity Manual*).

3.6.1 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I1

L'intersezione I1 (SP170 – Via Cesare Battisti) è regolata da precedenza, quindi è stata analizzata con il modello *HCM*.

Questo modello per questa tipologia di intersezioni analizza i Rapporti F/C (Flusso/Capacità) delle svolte in mano sinistra, sia da principale che da secondaria, che sono le svolte più penalizzate dovendo cedere la precedenza agli altri movimenti dell'incrocio.

Per la svolta in mano sinistra da principale (dalla SP170 Sud verso Via Battisti), il modello ha restituito un Rapporto F/C pari a 0,11 (Figura 3.6.1), corrispondente ad una capacità residua dell'89%, mentre il Livello di Servizio (LoS) è di categoria A (Perditempo < 10 Sec).

Per la svolta in mano sinistra da secondaria (da Via Battisti verso la SP170 Nord), invece, per l'ora di punta del pomeriggio il modello ha calcolato un Rapporto F/C pari a 0,22 (Figura 3.6.2), corrispondente ad una capacità residua del 78%, mentre il LoS è di categoria C (15 Sec < Perditempo < 25 Sec).

3.6.2 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I2

Anche l'intersezione I2 (SP170 – Via delle Cave) è regolata da precedenza, quindi anche in questo caso il modello utilizzato è stato l'*HCM*.

Per la svolta in mano sinistra da principale (dalla SP170 Sud verso Via delle Cave), il modello ha restituito un Rapporto F/C pari a 0,02 (Figura 3.6.3), corrispondente ad una capacità residua del 98%, mentre il Livello di Servizio (LoS) è di categoria A (Perditempo < 10 Sec).

Per la svolta in mano sinistra da secondaria (da Via delle Cave verso la SP170 Nord), invece, per l'ora di punta del pomeriggio il modello ha calcolato un Rapporto F/C trascurabile (Figura 3.6.4), corrispondente ad una capacità residua del 100%, mentre il LoS è di categoria C (15 Sec < Perditempo < 25 Sec).

FIGURA 3.5.6

FLUSSO TOTALE IN INGRESSO AL CORDONE GLOBALE – **STATO DI FATTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

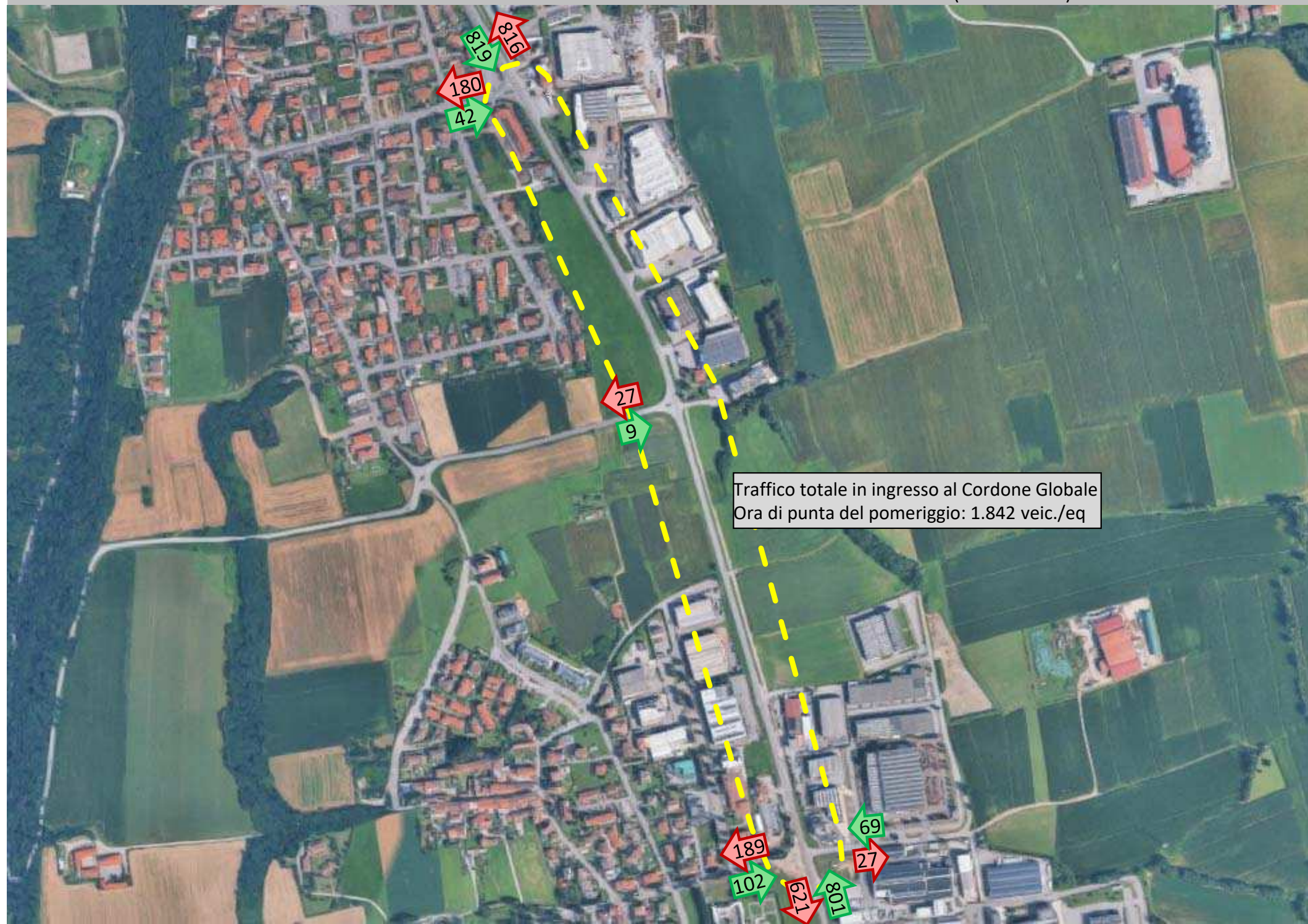


FIGURA 3.6.1

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I1 – SVOLTA A SX DA PRINCIPALE

INCROCIO: 1
Strade: SP170 - Via Battisti
Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL
Ore di punta: mattino 07.30-08.30
pomeriggio 17.30-18.30
Tipo: svolta a sinistra da principale (flusso 1)
Movimento: da 3 - SP170 Sud
verso 1 - Via Battisti

Flussi: esistenti omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$ 1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$ 0,1	svolte a dx da secondarie
2,0	strade a 4 corsie	0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$ 0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$ 0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
1,0	due blocchi	0,0	tutti gli altri casi

$t_{c,base}$	4,1	tempo critico base
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti
$t_{3,LT}$	0,0	fattore aggiustamento geometria incrocio

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

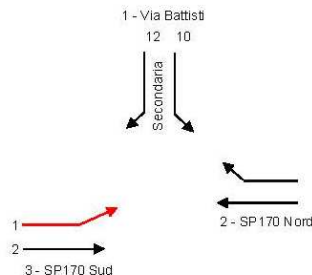
$t_{c,x}$ 4,1 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$ 4,1 (s)
$t_{f,x}$ 2,2 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$ 2,2 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento			
Flusso 5	0	da: 2 - SP170 Nord a: 3 - SP170 Sud	Flusso 5 732
Flusso 6	0	da: 2 - SP170 Nord a: 1 - Via Battisti	Flusso 6 87
$V_{c,x}$	0 (veic/h)		$V_{c,x}$ 819 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{b,x(12)}$ #DIV/0! (veic/h)		$C_{b,x(12)}$ 818 (veic/h)	
Flusso del movimento			
F 1	0 (veic/h)	svolta a sx da: 3 - SP170 Sud	F 1 93 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#DIV/0!	F/C =	0,11

Calcolo delle Code		
Capacità	F/C	Coda (veic.)
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)	
	#DIV/0!	
LoS	#DIV/0!	



PUNTA POMERIGGIO: 17.30-18.30

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	≥1,30	A	T < 10
1,24	1,20-1,29	B	10 < T < 15
1,15	1,10-1,19	C	15 < T < 25
1,07	1,00-1,09	D	25 < T < 35
0,95	0,90-0,99	E	35 < T < 50
0,72	0,00-0,89	F	T > 50

FIGURA 3.6.2

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I1 – SVOLTA A SX DA SECONDARIA

INCROCIO: 1
Strade: SP170 - Via Battisti
Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL
Ore di punta: mattino 07.30-08.30
pomeriggio 17.30-18.30
Tipo: svolta a sinistra da secondaria (flusso 10)
Movimento: da 1 - Via Battisti
verso 2 - SP170 Nord

Flussi: esistenti omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$ 1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$ 0,1	svolte a dx da secondarie
2,0	strade a 4 corsie	0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$ 0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$ 0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
1,0	due blocchi	0,0	tutti gli altri casi

$t_{c,base}$	7,1	tempo critico base
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti
$t_{3,LT}$	0,7	fattore aggiustamento geometria incrocio

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

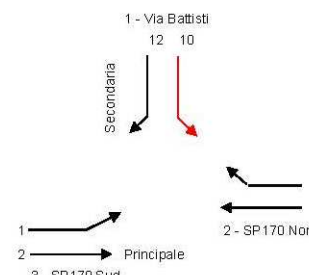
$t_{c,x}$ 6,4 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$ 6,4 (s)
$t_{f,x}$ 3,5 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$ 3,5 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento			
Flusso 5	0	da: 2 - SP170 Nord a: 3 - SP170 Sud	Flusso 5 732
Flusso 6	0	da: 2 - SP170 Nord a: 1 - Via Battisti	Flusso 6 87
Flusso 2	0	da: 3 - SP170 Sud a: 2 - SP170 Nord	Flusso 2 795
Flusso 1	0	da: 3 - SP170 Sud a: 1 - Via Battisti	Flusso 1 93
$V_{c,x}$	0 (veic/h)		$V_{c,x}$ 1757 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{b,x(12)}$ #DIV/0! (veic/h)		$C_{b,x(12)}$ 94 (veic/h)	
Flusso del movimento			
F 10	0 (veic/h)	svolta a sx da: 1 - Via Battisti	F 10 21 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#####	F/C =	0,22

Calcolo delle Code		
Capacità	F/C	Coda (veic.)
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)	
	#DIV/0!	
LoS	#DIV/0!	



PUNTA POMERIGGIO: 17.30-18.30

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	≥1,30	A	T < 10
1,24	1,20-1,29	B	10 < T < 15
1,15	1,10-1,19	C	15 < T < 25
1,07	1,00-1,09	D	25 < T < 35
0,95	0,90-0,99	E	35 < T < 50
0,72	0,00-0,89	F	T > 50

FIGURA 3.6.3

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I2 – SVOLTA A SX DA PRINCIPALE

FIGURA 3.6.4

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I2 – SVOLTA A SX DA SECONDARIA

STATO DI FATTO

INCROCIO: 2

Strade: SP170 - Via delle Cave

Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL

Ore di punta: mattino 07.30-08.30

pomeriggio 17.30-18.30

Tipo: svolta a sinistra da principale (flusso 1)

Movimento: da 3 - SP170 Sud

verso 1 - Via delle Cave

Flussi: esistenti omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$	1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$	0,1	svolte a dx da secondarie
	2,0	strade a 4 corsie		0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$	0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$	0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
	1,0	due blocchi		0,0	tutti gli altri casi
$t_{c,base}$	4,1	tempo critico base			
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti			
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento			
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento			
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti			
$t_{3,LT}$	0,0	fattore aggiustamento geometria incrocio			

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

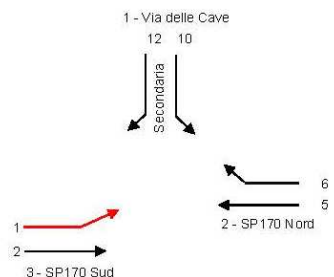
$t_{c,x}$	4,1 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$	4,1 (s)
$t_{f,x}$	2,2 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$	2,2 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento				
Flusso 5	0	da:	2 - SP170 Nord	a: 3 - SP170 Sud
Flusso 6	0	da:	2 - SP170 Nord	a: 1 - Via delle Cave
$V_{c,x}$	0 (veic/h)		$V_{c,x}$	726 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{p,x(12)}$	#DIV/0!	(veic/h)	$C_{p,x(12)}$ 886 (veic/h)
Flusso del movimento			
F 1	0 (veic/h)	svolta a sx da: 3 - SP170 Sud	F 1 15 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#DIV/0!	F/C =	0,02

Calcolo delle Code		
Capacità	F/C	Coda (veic.)
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)	
	#DIV/0!	
LoS	#DIV/0!	



PUNTA POMERIGGIO: 17.30-18.30



INCROCIO: 2

Strade: SP170 - Via delle Cave

Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL

Ore di punta: mattino 07.30-08.30

pomeriggio 17.30-18.30

Tipo: svolta a sinistra da secondaria (flusso 10)

Movimento: da 1 - Via delle Cave

verso 2 - SP170 Nord

Flussi: esistenti omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$	1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$	0,1	svolte a dx da secondarie
	2,0	strade a 4 corsie		0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$	0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$	0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
	1,0	due blocchi		0,0	tutti gli altri casi
$t_{c,base}$	7,1	tempo critico base			
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti			
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento			
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento			
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti			
$t_{3,LT}$	0,7	fattore aggiustamento geometria incrocio			

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

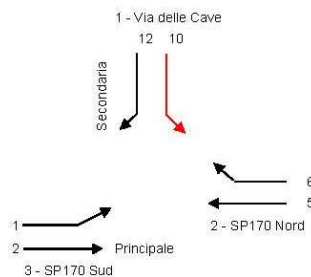
$t_{c,x}$	6,4 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$	6,4 (s)
$t_{f,x}$	3,5 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$	3,5 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento				
Flusso 5	0	da:	2 - SP170 Nord	a: 3 - SP170 Sud
Flusso 6	0	da:	2 - SP170 Nord	a: 1 - Via delle Cave
Flusso 2	0	da:	3 - SP170 Sud	a: 2 - SP170 Nord
Flusso 1	0	da:	3 - SP170 Sud	a: 1 - Via delle Cave
$V_{c,x}$	0 (veic/h)		$V_{c,x}$	1512 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{p,x(12)}$	#DIV/0!	(veic/h)	$C_{p,x(12)}$ 134 (veic/h)
Flusso del movimento			
F 10	0 (veic/h)	svolta a sx da: 1 - Via delle Cave	F 10 0 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#####	F/C =	0,00

Calcolo delle Code		
Capacità	F/C	Coda (veic.)
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)	
	#DIV/0!	
LoS	#DIV/0!	



PUNTA POMERIGGIO: 17.30-18.30



Calcolo delle Code		
Capacità	F/C	Coda (veic.)
134	0,00	0,0
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)	
		17,7
LoS		C

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	≥1,30	A	T < 10
1,24	1,20-1,29	B	10 < T < 15
1,15	1,10-1,19	C	15 < T < 25
1,07	1,00-1,09	D	25 < T < 35
0,95	0,90-0,99	E	35 < T < 50
0,72	0,00-0,89	F	T > 50

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	≥1,30	A	T < 10
1,24	1,20-1,29	B	10 < T < 15
1,15	1,10-1,19	C	15 < T < 25
1,07	1,00-1,09	D	25 < T < 35
0,95	0,90-0,99	E	35 < T < 50
0,72	0,00-0,89	F	T > 50

3.6.3 Stato di Fatto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I3

L'incrocio I3 (SP170 – Via dei Piazzoli – Via Kennedy) è una rotatoria, quindi è stata analizzata con il modello svizzero, che per l'ora di punta del pomeriggio dello Stato di Fatto ha restituito i seguenti risultati (Figura 3.6.5):

- Via dei Piazzoli: capacità residua 93%, LoS A;
- SP170 Nord: capacità residua 43%, LoS A;
- Via Kennedy: capacità residua 91%, LoS A;
- SP170 Sud: capacità residua 37%, LoS A.

3.6.4 Livelli di Servizio allo Stato di Fatto: Riepilogo dei Risultati Ottenuti

Terminata l'analisi puntuale delle singole intersezioni, si offre infine un riepilogo generale dei risultati ottenuti attraverso l'applicazione dei modelli di simulazione.

La Tabella 3.6.1 riassume i dati ottenuti per l'ora di punta del pomeriggio.

Tabella 3.6.1 – Riepilogo dei risultati ottenuti per Rapporti F/C e LoS allo Stato di Fatto-

RISERVE DI CAPACITA' E LOS DEGLI INCROCI ALLO STATO DI FATTO					
ORA di PUNTA del POMERIGGIO: 17.30-18.30					
INTERSEZIONE	STRADE	ORIGINE	DESTINAZIONE	SDF	
				RISERVA DI CAPACITA'	LOS
1 (precedenze)	SP170 - Via Battisti	3 - SP170 Sud	1 - Via Battisti	89%	A
		1 - Via Battisti	2 - SP170 Nord	78%	C
2 (precedenze)	SP170 - Via delle Cave	3 - SP170 Sud	1 - Via delle Cave	98%	A
		1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	100%	C
3 (rotatoria)	SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy	1 - Via dei Piazzoli		93%	A
		2 - SP170 Nord		43%	A
		3 - Via Kennedy		91%	A
		4 - SP170 Sud		37%	A

3.7 Principali Problematiche e Temi da Sviluppare

La comprensione e l'interpretazione dei risultati delle indagini e di tutte le banche dati disponibili, l'analisi dei fenomeni, nonché l'interpretazione della pianificazione esistente, forniscono alcune indicazioni chiare circa i principali temi emergenti che riguardano più direttamente le Aree di Progetto:

- 1) L'Area di Progetto presenta un'accessibilità buona, trovandosi lungo una importante arteria provinciale quale la SP170 e a pochi chilometri dall'Autostrada A4. Verso Ovest, l'accessibilità al Comune di Medolago è limitata da una barriera fisica naturale che è il fiume Adda;
- 2) a livello di pianificazione l'area analizzata non eredita alcuna previsione infrastrutturale di rilievo dagli strumenti urbanistici vigenti;
- 3) la domanda che insiste direttamente sul Cordone dell'Area di Progetto nell'ora di punta del pomeriggio feriale è pari a circa 1.842 veicoli equivalenti;
- 4) la verifica dei Livelli di Servizio (LoS) con i modelli di simulazione statica (*modello svizzero* per la rotatoria, *HCM* per le svolte in mano sinistra con precedenza) è stata effettuata per tutte le intersezioni oggetto di rilievo e

FIGURA 3.6.5
OUTPUT DEL MODELLO SVIZZERO – INTERSEZIONE I3 – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO – **STATO DI FATTO**

ANALISI FLUSSI/CAPACITA' ROTATORIA - **GUIDE SUISSE DES GIRATOIRES**

Rotatoria: 3
Strade: SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy
Stato di Fatto - pomeriggio feriale tipo

Ora di punta 17.30-18.30

Flussi **Esistenti omogeneizzati**

Matrice O/D
(Origine/Destinazio
ne) del nodo

	1 - Via dei Piazzoli	2 - SP170 Nord	3 - Via Kennedy	4 - SP170 Sud	Tot
1 - Via dei Piazzoli	0	39	9	21	69
2 - SP170 Nord	6	6	114	552	678
3 - Via Kennedy	6	48	0	48	102
4 - SP170 Sud	15	720	66	0	801
totale	27	813	189	621	1650

		Flussi		
		Ti	Tu	Tr
1 - Via dei Piazzoli	1	69	27	840
	1-2			909
2 - SP170 Nord	2	678	813	96
	2-3			774
3 - Via Kennedy	3	102	189	585
	3-4			687
4 - SP170 Sud	4	801	621	66
	4-1			867



Capacità

Capacità		Veicoli Secondi															
Ingressi		Ti	Tr	Tu	Tc	F	C	F/C	% resid.	Cr	Ci	α	β	γ	Coda 95 percentile	Tempo medio d'attesa	Livello di Servizio (LoS)
1 - Via dei Piazzoli	1	69	840	27	597	69	969	0,07	93%	2	1	0,35	0,7	1,0	0,2	3,7	A
2 - SP170 Nord	2	678	96	813	352	678	1187	0,57	43%	2	1	0,35	0,7	1,0	3,8	3,3	A
3 - Via Kennedy	3	102	585	189	476	102	1077	0,09	91%	2	1	0,35	0,7	1,0	0,3	3,4	A
4 - SP170 Sud	4	801	66	621	264	801	1266	0,63	37%	2	1	0,35	0,7	1,0	4,7	3,1	A
	Tot	1650	1587	1650	1688	1650	4499	0,37	63%								

Legenda		LoS	Tempo d'attesa (sec.)
F/C	= Rapporto flusso/capacità	A	T < 10
1,41	≥ 1.30	B	10 < T < 15
1,24	1.20-1.29	C	15 < T < 25
1,15	1.10-1.19	D	25 < T < 35
1,07	1.00-1.09	E	35 < T < 50
0,95	0.90-0.99	F	T > 50
0,84	0.80-0.89		
0,52	0.00-0.79		

Definizioni

- Ti Traffico in Ingresso
Tr Traffico in Rotatoria
Tu Traffico in Uscita
Tc Traffico Conflittuale con Flusso in Ingresso
F Flusso in Ing. da confrontare con Capacità
C Capacità da confrontare con Flusso
- Cr n° Corsie su Rotatoria
Ci n° Corsie su Ingresso
- α Coeff. che tiene conto del flusso in uscita
 β Coefficiente dipende da Cr
 γ Coefficiente dipende da Ci



ha fornito un esito decisamente soddisfacente: la capacità residua minima registrata è del 37%, mentre i LoS sono diffusamente di categoria A, la migliore, ad eccezione delle due svolte in mano sinistra da secondaria (Via Battisti e Via delle Cave) che hanno un LoS C, compatibile comunque con la tipologia di intersezione e che peraltro riguarda due svolte interessate, allo Stato di Fatto, da flussi decisamente poco rilevanti.



4. LA TRASFORMAZIONE URBANISTICA E LA DOMANDA GENERATA

Nel seguito si andrà a quantificare l'entità del traffico generato dal nuovo Progetto, al fine di valutare poi quale sia il suo impatto previsto sul traffico e sulla rete viaria esistenti.

4.1 Premessa Metodologica: Valutazione del Traffico Indotto, Mobilità Generata per Progetto d'Area, per Funzione, per Mezzo di Trasporto, per Ora di Punta Tipo

La domanda potenziale complessiva di mobilità generata solitamente viene calcolata sulla base delle previsioni urbanistiche per un giorno feriale medio, quindi viene ulteriormente elaborata attraverso l'applicazione di opportuni parametri, per definire con precisione l'entità dei traffici generati per mezzo di trasporto, per l'ora di punta tipo di un giorno feriale medio.

Infatti, è attraverso l'analisi di queste quantità che caratterizzano in modo specifico i diversi fenomeni legati al sistema della mobilità che è possibile valutare realmente quali sono gli effetti indotti sul sistema della viabilità dal perseguimento di determinate ipotesi di nuovi scenari urbanistici.

I dati disponibili e utilizzati in queste analisi sono tratti:

- a) dagli studi e dai Piani e Progetti forniti dal Committente;
 - localizzazione delle aree di intervento;
 - pesi insediativi previsti per tipologia di funzione;
 - presenze giornaliere;
- b) dalle banche dati esistenti:
 - struttura Origine/Destinazione degli spostamenti (Censimenti di traffico);
- c) da studi similari effettuati dal Consulente, dalle banche dati raccolte nell'ambito della redazione di PGTU o di analisi per il PGT effettuate per comuni paragonabili, e dallo stesso Committente/Operatore per ricavare:
 - scelta modale;
 - concentrazione oraria;
 - il numero di viaggi (andata e ritorno) generati al giorno per persona/utente e per tipo di funzione;
 - le concentrazioni del traffico privato per l'ora di punta tipo (mattino/sera), per gli accessi e per le uscite, per motivo di spostamento.

In particolare, le attività e le analisi tecniche di questo Studio per valutare la compatibilità del progetto sono state svolte secondo la seguente successione tecnica e logica:

- 1) analisi del progetto per definire con precisione i pesi insediativi;
- 2) calcolo dei traffici generati dai nuovi insediamenti per tipologia di utente. Il carico di traffico aggiuntivo complessivo per l'ora di punta va quindi definito come somma dei contributi imputabili alle diverse tipologie di utenti (clientela, addetti);
- 3) dopo l'applicazione dei modelli di generazione (nel caso di questo Studio, il modello utilizzato è il *Trip Generation* americano, come viene spiegato più avanti), si passa all'applicazione dei modelli di assegnazione di traffico (Modelli della Guida Svizzera delle Rotatorie, Girabase, HCM, ecc), che il

- Consulente ha sempre utilizzato in passato e sui quali si è sempre confrontato con la Regione Lombardia, trovando importanti punti di contatto, di convergenza e di consenso sui risultati;
- 4) assegnazione dei flussi di traffico totali futuri (esistenti + generati) sulla viabilità esistente e individuazione delle criticità;
 - 5) definizione di eventuali (se necessarie) proposte di intervento su strade e/o incroci per adeguare le capacità infrastrutturali viarie ai futuri flussi di traffico.

Elaborando tutti i dati disponibili, è stata definita innanzitutto la mobilità complessiva generata o attratta (numero di viaggi complessivi/giorno) da ciascuna funzione prevista nelle diverse aree di progetto per la componente del traffico privato.

Per la componente privata è stata definita la scelta modale, determinando quindi il numero di spostamenti generati per mezzo di trasporto (quelli autoveicolari sono stati calcolati tenendo conto dei coefficienti di occupazione delle auto).

In base alla distribuzione oraria dei traffici privati assunta, si sono calcolati i volumi di traffico privato complessivi generati ed attratti nell'ora di punta del pomeriggio (17.30 – 18.30) di un giorno feriale tipo.

In generale la scelta modale per la componente privata è esclusivamente rivolta verso il trasporto privato.

Il modello di generazione così definito, una volta raccolti tutti i dati di input, ha fornito il traffico automobilistico orario complessivo generato per tipo.

4.2 Il Progetto dell'AT in Variante al PGT: Generazione secondo il modello "Trip Generation"

Il Masterplan del Progetto è riportato in Figura 4.2.1 e prevede un nuovo edificio commerciale alimentare con SLP di Progetto pari a 3.000 mq.

Figura 4.2.1– Master Plan del Progetto (Fonte: Committente)



L'accessibilità ai nuovi edifici secondo il Progetto esistente avverrà secondo due modalità:

- 1) diretta, con connessione diretta alla SP170 attraverso un'intersezione regolata da precedenza e con sole svolte in mano destra (ingressi da Nord e uscite verso Sud);
- 2) indiretta, tramite nuova rotatoria in corrispondenza dell'intersezione della SP170 con Via delle Cave e con l'accesso attraverso quest'ultima al parcheggio dell'insediamento.

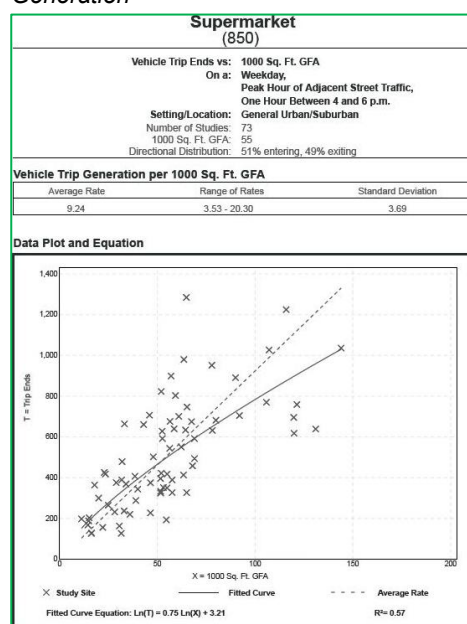
Per la stima della domanda di mobilità e di traffico privato generato dalle nuove funzioni urbanistiche previste per l'Area, dopo avere recepito le indicazioni fornite dall'Operatore circa le superfici di Progetto, è stato applicato il modello di generazione americano "Trip Generation" (uno dei più diffusi nel settore e unanimemente riconosciuto come uno dei più affidabili) per la seguente tipologia di attività:

- "Supermarket" (scheda 850, *Figura 4.2.2*).

Effettuando le debite trasformazioni delle superfici nelle corrette unità di misura e applicando i coefficienti riportati nelle schede di riferimento del modello di generazione, si ottengono i seguenti traffici generati per tipologia di funzione (per quanto riguarda l'utenza):

- Supermarket: 298 veicoli bidirezionali circa, suddivisi in 152 ingressi (51%) e 146 uscite (49%).

Figura 4.2.2 – Scheda Supermarket del Trip Generation



Detto dell'utenza, per quanto riguarda gli addetti in accordo con l'Osservatorio di Regione Lombardia sul commercio al dettaglio (*Tabella 4.2.1*) si stima che possano essere:

- Supermarket: 21,09 x 3 (3.000 mq SLP / 1000 mq): circa 63 persone (63 veicoli considerando un coefficiente di occupazione pari a 1,00);
 Rispetto a queste quantità è stato assunto che circa il 15% del personale (9 veicoli) sia in uscita nell'ora di punta del traffico generale (orario solitamente poco frequente per il fine turno e quindi l'uscita del personale).

Tabella 4.2.1 – Osservatorio Regione Lombardia per il Commercio al Dettaglio

Addetti per tipologia di vendita (GSV, MSV, EV) anno 2024														
Codici Ateco 2007 selezionati per settore merceologico e classi di addetti ASIA 2020														
(gli addetti riferiti all'indotto sono calcolabili nella misura dallo 0% al 10% dei valori di riferimento sotto indicati per le GSV)														
ALIMENTARI								NON ALIMENTARI						
Tipologia di vendita	Superfici al 30.06.2020	Superfici al 30.06.2023	Diff.	Variaz. %	Addetti 2020	Addetti 2020 ogni 1.000 mq. (2020)	Addetti 2023 ogni 1.000 mq. (2023) (*)	Superfici al 30.06.2020	Superfici al 30.06.2023	Diff.	Variaz. %	Addetti 2019	Addetti 2020 ogni 1.000 mq. (2020)	Addetti 2023 ogni 1.000 mq. (2023) (*)
EV	1 189 794	1 222 752	32 958	2,77%	38 755	32,57	33,48	5 425 406	5 420 314	-5 092	-0,09%	109 267	20,14	20,12
MSV	1 548 583	1 641 590	93 007	6,01%	30 808	19,89	21,09	4 198 335	4 263 130	64 795	1,54%	24 994	5,95	6,05
GSV	889 609	891 134	1 525	0,17%	44 213	49,70	49,78	3 139 217	3 131 915	-7 302	-0,23%	50 453	16,07	16,03
	3 627 985	3 755 475			113 776			12 762 958	12 815 360			184 714		



Il traffico generato totale viene riassunto nella **Tabella 4.2.2**.

Tabella 4.2.2 – Traffico generato dal Progetto

Generato ora di punta del pomeriggio (17.30-18.30)	Utenti		Addetti	
	IN	OUT	IN	OUT
MSV Alimentare	152	146	-	9

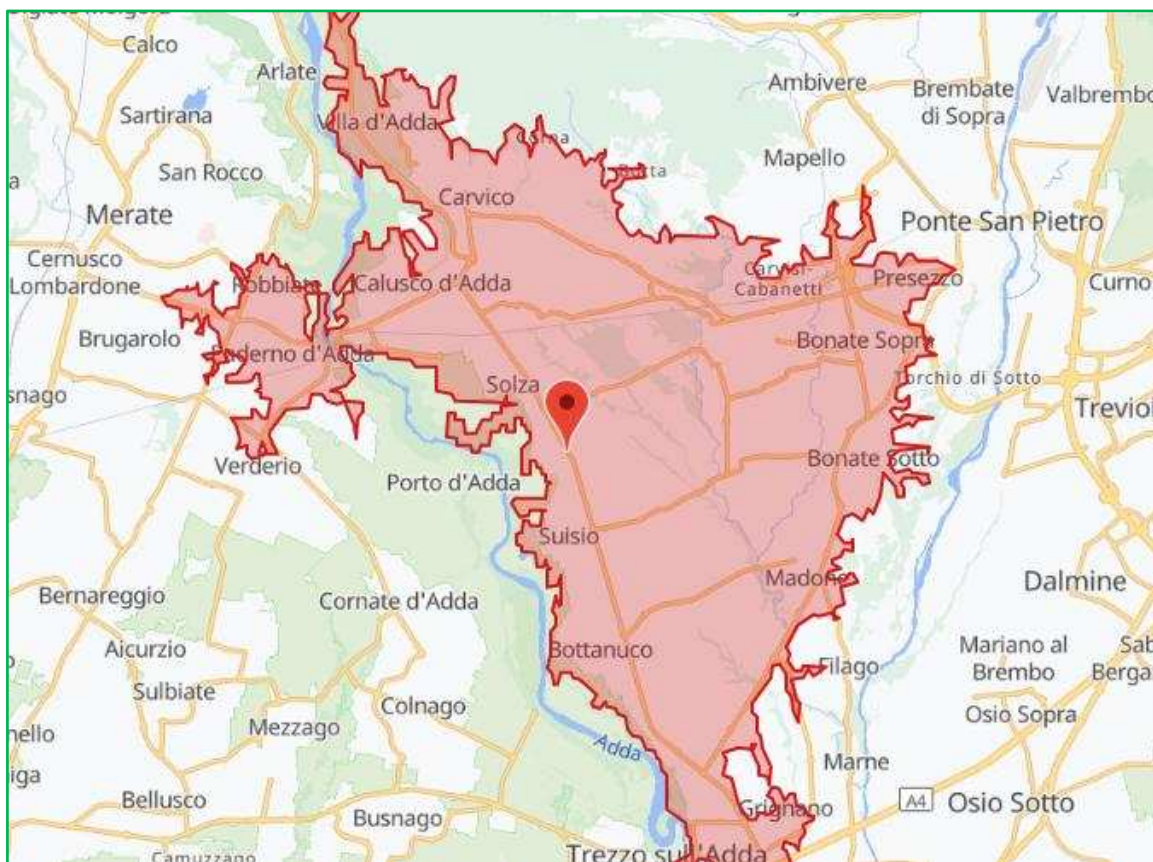
4.3 Calcolo delle Isocrone e dei Bacini Gravitazionali

In accordo con la DGR n. XII/2828 del 22 luglio 2024 (**Tabella 4.3.1**), la distribuzione del traffico generato calcolato al paragrafo precedente è stato distribuito secondo l'isocrona a 10 minuti rispetto all'Area di Progetto, riportata in **Figura 4.3.1**.

Tabella 4.3.1 – Calcolo delle isocrone secondo la DGR 2828/2024

Tipologia distributiva	Alimentare/misto	Extra Alimentare	Alimentare/extra alimentare nel contesto di strutture di vendita organizzate in forma unitaria
Medie strutture di vendita con SdV inferiore o uguale a 1000 mq	5'	5'	5' centri commerciali
			7' centri commerciali multifunzione/factory outlet
Medie strutture di vendita con SdV tra 1001 mq e 1.500 mq	8'	8'	8' centri commerciali
			10' centri commerciali multifunzione/factory outlet
Medie strutture di vendita con SdV superiore a 1.500 mq	10'	10'	10' centri commerciali
			12' centri commerciali multifunzione/factory outlet

Figura 4.3.1 – Isocrona a 10 minuti dall'Area di Progetto



Nella **Tabella 4.3.2**, invece, vengono riportati i dati relativi ai bacini individuati grazie all'isocrona, ovvero il nome dei Comuni, la loro popolazione e il corridoio



di assegnazione sulla base degli itinerari consigliati per il raggiungimento dell'Area di Progetto.

Tabella 4.3.2 – Dati dei bacini comunali individuati con l'isocrona a 10 minuti

Comune (frazione)	Abitanti	Corridoio	Tot. Bacino
Trezzo sull'Adda	12 400	SP 170 Sud	54 620
Capriate San Gervasio	8 400	SP 170 Sud	
Bottanuco	5 080	SP 170 Sud	
Madone	4 250	SP 170 Sud	
Suisio	3 790	SP 170 Sud	
Chignolo d'Isola	3 380	SP 170 Sud	
Bonate Sotto	6 650	SP 170 Sud	
Bonate Sopra	10 670	SP 170 Sud	
Medolago	2 380	Via Battisti / Via delle Cave	2 380
Terno d'Isola	7 950	SP 170 Nord	47 230
Solza	2 000	SP 170 Nord	
Presezzo	4 780	SP 170 Nord	
Paderno d'Adda	3 900	SP 170 Nord	
Robbiate	6 450	SP 170 Nord	
Calusco d'Adda	8 450	SP 170 Nord	
Carvico	4 700	SP 170 Nord	
Villa d'Adda	4 570	SP 170 Nord	
Sotto il Monte Giovanni XXII	4 430	SP 170 Nord	
tot. Abitanti	104 230		

Sulla base di questi dati è stato applicato il *modello di Huff* (strumento di analisi spaziale e geomarketing che calcola la probabilità che un consumatore scelga un determinato punto vendita o servizio), che ha consentito di stimare il peso dei diversi bacini individuati.

Nel calcolo dei tempi di percorrenza, è stato considerato anche il ponte di Trezzo sull'Adda e il nodo autostradale di Capriate in quanto noti punti critici viabilistici, soggetti a forte congestione nelle ore di punta. L'inserimento di queste variabili nel calcolo significa modificare i tempi reali di percorrenza per i due corridoi della SP170:

- Medolago (sede MSV): tempo interno fisso di circa 2 minuti (bacino = 2.380 ab.);
- corridoio Nord (SP 170 Nord): è l'asse naturale di scorrimento verso Medolago. I comuni (Terno, Solza, Calusco, Carvico) sono vicini e privi di barriere fisiche importanti. Il tempo medio reale calcolato è di circa 5-6 minuti (bacino = 47.230 ab.).
- corridoio Sud (SP 170 Sud): la distanza fisica di 7 km da Trezzo/Capriate, sommata all'effetto barriera del fiume Adda e del traffico del nodo autostradale, innalza il tempo reale di percorrenza a ridosso o oltre il limite dell'isocrona, attestandosi su una media di 9-10 minuti (bacino = 54.620 ab.).



Applicando la formula con i tempi corretti (mantenendo il fattore di attrito stradale $\lambda = 2$):

- Fattore Medolago: $1 / 2^2 = 0,2500 \rightarrow$ Tasso di Cattura: $\sim 80,6\%$
- Fattore Corridoio Nord (6 min): $1 / 6^2 = 0,0277 \rightarrow$ Tasso di Cattura: $\sim 8,9\%$
- Fattore Corridoio Sud (10 min): $1 / 10^2 = 0,0100 \rightarrow$ Tasso di Cattura: $\sim 3,2\%$

Moltiplicando per la popolazione ufficiale della Tabella 4.3.2:

1. Medolago: $2.380 \times 80,6\% = 1.918$ clienti;
2. corridoio Nord: $47.230 \times 8,9\% = 4.203$ clienti;
3. corridoio Sud: $54.620 \times 3,2\% = 1.748$ clienti.

Volume Clienti Totali Effettivi: $1.918 + 4.203 + 1.748 = 7.869$.

- peso Reale Medolago: $1.918 / 7.869 \approx 24,4\%$;
- peso Reale Corridoio Nord: $4.203 / 7.869 \approx 53,4\%$;
- peso Reale Corridoio Sud: $1.748 / 7.869 \approx 22,2\%$.

Sulla base di queste ultime percentuali è stato poi distribuito il traffico generato (per quanto riguarda l'utenza) dalla nuova attività:

- 1) Medolago: 37 veicoli in ingresso + 36 veicoli in uscita (ipotesi: 100% da Via Battisti);
- 2) corridoio Nord: 81 veicoli in ingresso + 78 veicoli in uscita;
- 3) corridoio Sud: 34 veicoli in ingresso + 32 veicoli in uscita.

Per quanto riguarda i 9 veicoli degli addetti in uscita, sono state applicate le stesse percentuali, e quindi:

- 1) Medolago: 2 veicoli;
- 2) corridoio Nord: 5 veicoli;
- 3) corridoio Sud: 2 veicoli.



5. SCENARIO DI PROGETTO: SIMULAZIONI MODELLISTICHE E VERIFICA DEGLI IMPATTI

L'applicazione del modello di simulazione del traffico ha consentito di calcolare sia i flussi di traffico prevedibili sulle strade esistenti, sia le variazioni di traffico attese rispetto allo Stato di Fatto.

Per prevedere i traffici futuri strada per strada il modello ha innanzitutto provveduto all'assegnazione dei soli traffici generati.

Questi ultimi, sommati link per link ai traffici esistenti, hanno portato alla definizione dei traffici futuri, che confrontati con quelli esistenti, consentono di valutare gli effetti indotti dalla realizzazione dei nuovi carichi urbanistici.

La valutazione viene proposta tenendo conto del ruolo attuale delle strade, e quindi anche del livello attuale dei traffici.

Il percorso metodologico può essere riassunto nei seguenti termini:

- i) definizione, calibrazione e applicazione del modello di traffico per simulare e quantificare il traffico allo Stato di Fatto gravitante intorno all'Area di Studio;
- ii) la definizione, calibrazione e applicazione del modello di traffico per simulare e quantificare il traffico generato dallo Scenario di Progetto;
- iii) dopo la calibrazione sullo Stato di Fatto, applicazione del modello di simulazione del traffico, per calcolare e prevedere gli effetti sulla viabilità e sui suoi traffici, indotti dal progetto (Scenario di Progetto);
- iv) la definizione del futuro flussogramma di traffico del comparto di viabilità considerata, cioè calcolo dei traffici futuri;
- v) il calcolo delle variazioni di traffico previste rispetto allo Stato di Fatto per ogni singola strada appartenente al grafo viario preso in considerazione a causa degli interventi proposti;
- vi) il calcolo dei nuovi Livelli di Servizio (LoS) per la rete e i nodi analizzati una volta realizzato il Progetto.

Gli elementi conoscitivi presentati nei precedenti paragrafi, importanti ma ancora a carattere generale, sono stati successivamente sviluppati ed elaborati allo scopo di:

- 1) definire la matrice origine/destinazione del traffico generato dai nuovi insediamenti secondo la zonizzazione definita nell'ambito di questo Studio;
- 2) definire il grafo stradale locale al servizio dell'Area di Studio;
- 3) definire e calibrare il modello di simulazione del traffico comprendente il grafo della viabilità precedentemente definito;
- 4) applicare il modello di simulazione del traffico statico e dinamico (calibrati sullo Stato di Fatto), per lo Scenario di Progetto comprendente i nuovi flussi di traffico futuri.

5.1 Scenario di Progetto: i Nuovi Flussi di Traffico Previsti

Il traffico generato calcolato nel capitolo precedente e riassunto nella Tabella 4.2.2 è stato poi distribuito sulla rete stradale considerata allo Stato di Fatto sulla base della modellazione illustrata nel Paragrafo 4.3.



Nelle Figure 5.1.1-5.1.3 vengono riportati i flussogrammi puntuali già visti nel Capitolo 3 (Stato di Fatto), aggiornati con i traffici futuri una volta distribuito il traffico indotto dal Progetto.

5.1.1 Intersezione I1: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto

Nello Scenario di Progetto, l'incrocio I1 (SP170 – Via Cesare Battisti) fa registrare un flusso totale in ingresso pari a 1.916 veicoli omogenei nell'ora di punta del pomeriggio (Figura 5.1.1), con un aumento del +9,4% rispetto allo Stato di Fatto.

5.1.2 Intersezione I2: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto

L'intersezione I2 (SP170 – Via delle Cave), che nello Scenario di Progetto diventerà una rotatoria in sostituzione dell'intersezione a T regolata da precedenza attuale, nell'ora di punta del pomeriggio registra un flusso totale in ingresso al nodo pari a 1.663 veicoli omogenei, in aumento del +10% rispetto a quanto registrato allo Stato di Fatto (Figura 5.1.2).

5.1.3 Intersezione I3: i Nuovi Flussi di Traffico nello Scenario di Progetto

Infine, l'intersezione I3 (SP170 – Via dei Piazzoli – Via Kennedy) nello Scenario di Progetto vede l'ingresso di un flusso totale pari a 1.718 veicoli omogenei, con un aumento del +4,1% rispetto a quanto riscontrato allo Stato di Fatto (Figura 5.1.3).

5.1.4 Scenario di Progetto: il Flusso Totale in Ingresso al Cordone Globale

Così come visto nella ricostruzione dello Stato di Fatto, anche nello Scenario di Progetto si offre una panoramica di quello che è il flusso totale in ingresso al Cordone Globale che racchiude tutte le intersezioni oggetto di indagine.

Nello Scenario di Progetto, come mostrato in Figura 5.1.4, al Cordone Globale entrano complessivamente 2.074 veicoli omogenei, il 12,6% in più rispetto allo Stato di Fatto.

5.1.5 Scenario di Progetto: le Variazioni Percentuali di Traffico in Sezioni di Controllo

A livello di singole strade, invece, nella Figura 5.1.5 vengono evidenziate le variazioni percentuali di traffico bidirezionale (in termini di veicoli omogenei) in alcune sezioni stradali di controllo.

La variazione più rilevante è pari al +9,7% e si verifica nelle sezioni della SP170 a cavallo dell'incrocio I1 (Via Battisti).

Le altre variazioni che si riscontrano restano comprese nell'intervallo tra +4,4% (sezione SP170 tra I2 e I3) e il +7,4% (sezione SP170 a Nord di I2).

FIGURA 5.1.1

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I1: SP170 – VIA CESARE BATTISTI – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

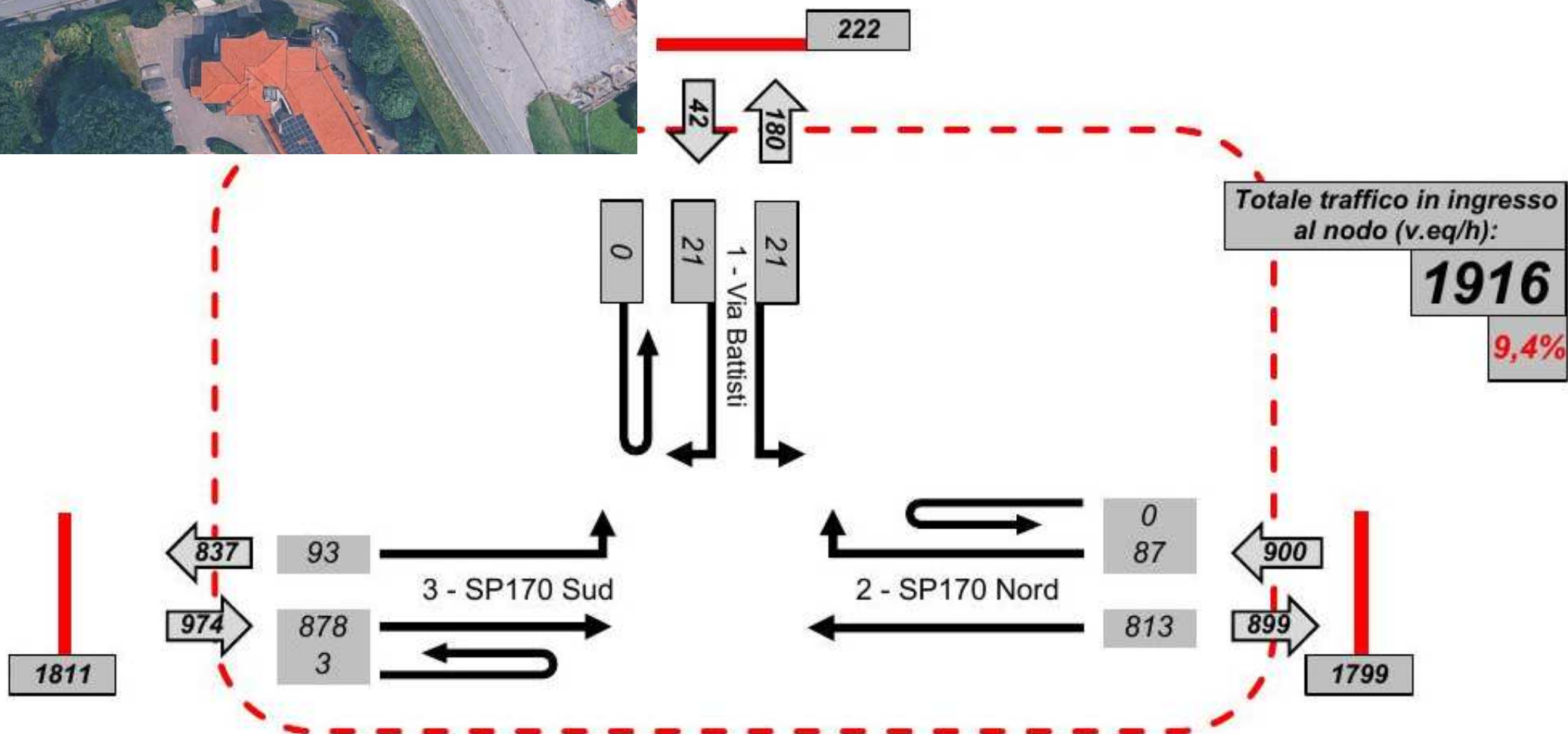


FIGURA 5.1.2

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I2: SP170 – VIA DELLE CAVE – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

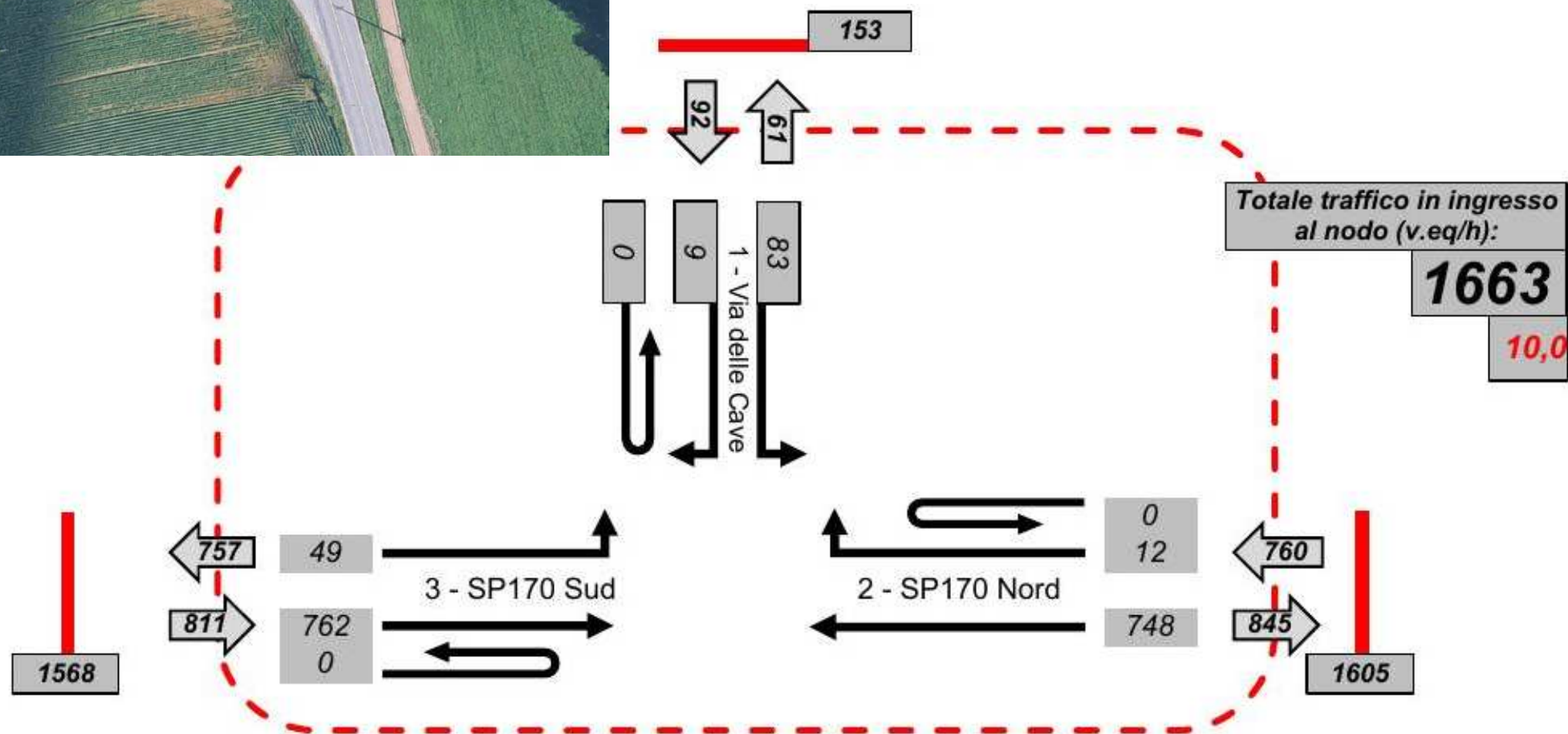


FIGURA 5.1.3

FLUSSOGRAMMA PUNTUALE - INTERSEZIONE I3: SP170 – VIA DEI PIAZZOLI – VIA KENNEDY – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

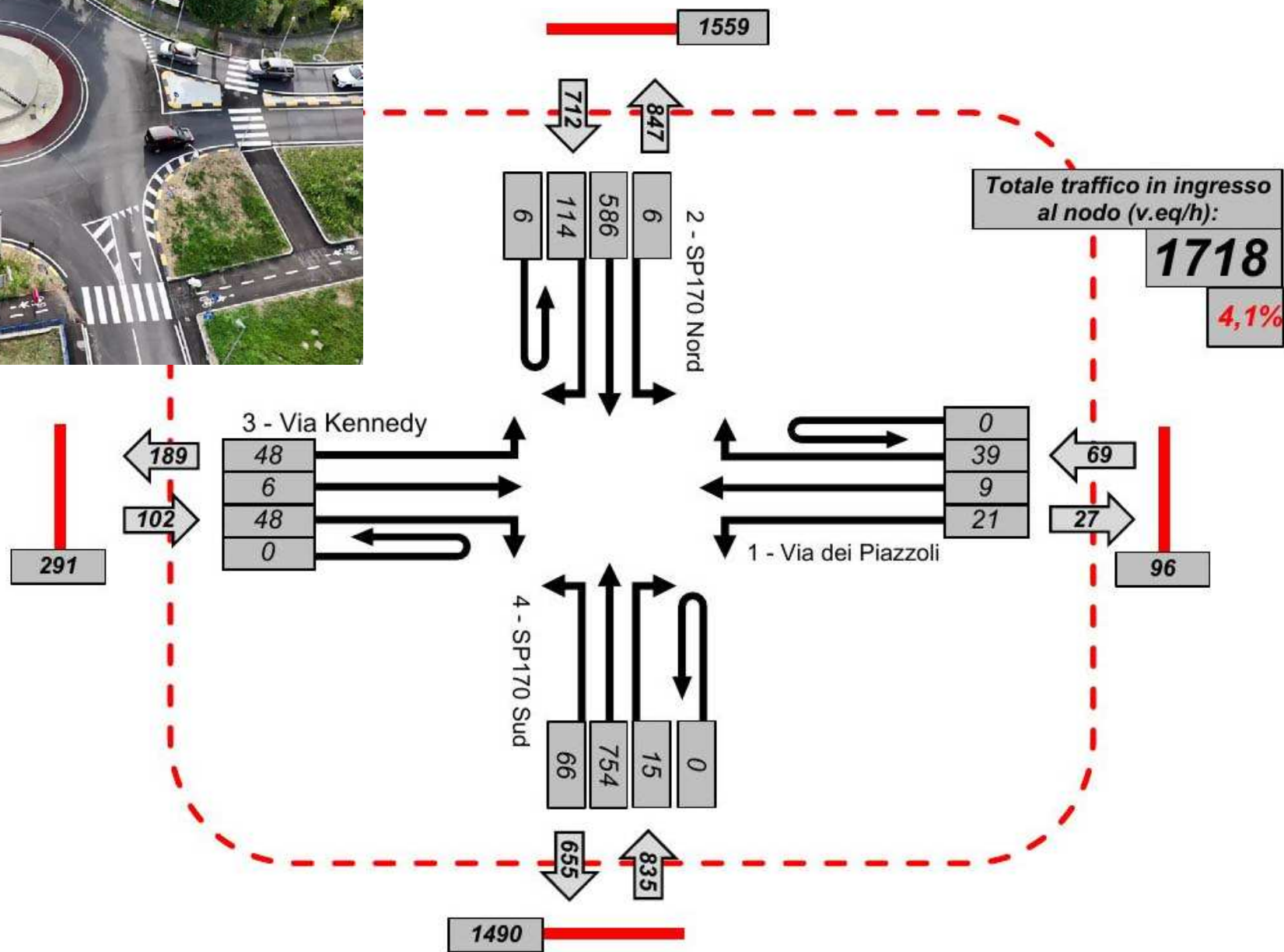


FIGURA 5.1.4

FLUSSO TOTALE IN INGRESSO AL CORDONE GLOBALE – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)

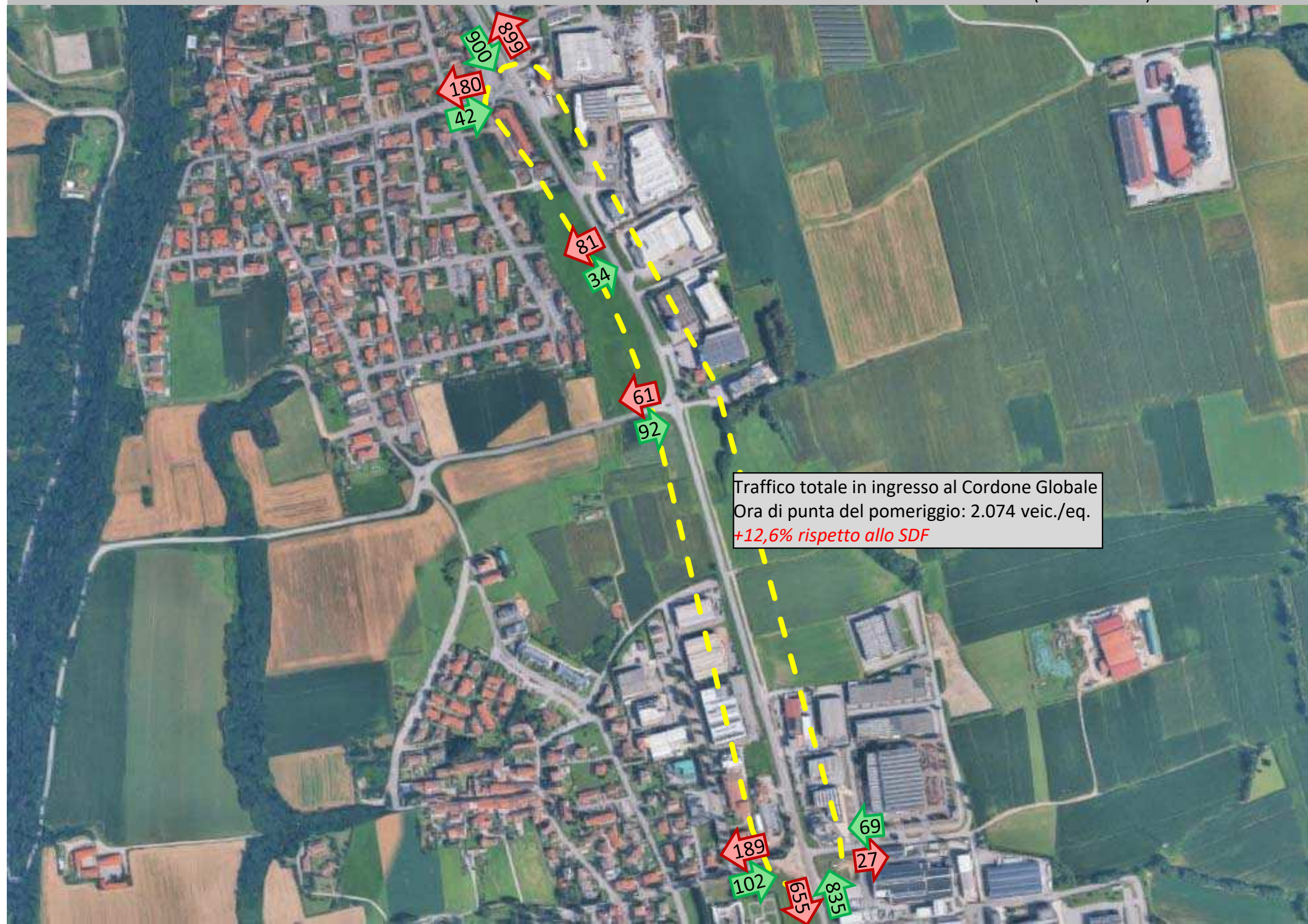


FIGURA 5.1.5

VARIAZIONI DI TRAFFICO BIDIREZIONALE IN SEZIONI DI CONTROLLO – **SCENARIO DI PROGETTO** – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO (17.30-18.30)





Per Via delle Cave è stata riportata la variazione in termini assoluti di veicoli poiché in termini percentuali, considerati i flussi esigui che la interessano già allo Stato di Fatto, sarebbe totalmente fuorviante.

Nei prossimi paragrafi troveranno spazio le analisi modellistiche dello Scenario di Progetto.

5.2 Scenario di Progetto: Analisi e Valutazione dei Livelli di Servizio con i Modelli Statici

Terminata la prima parte di analisi con approccio qualitativo utilizzando il modello di simulazione dinamica, si illustrano ora i risultati ottenuti mediante l'applicazione dei modelli di simulazione statica nell'analisi puntuale di ogni intersezione.

I modelli di simulazione utilizzati in queste valutazioni saranno i medesimi già visti ed illustrati nella ricostruzione del quadro conoscitivo dello Stato di Fatto, ovvero il modello *Girabase* per le rotatorie e il modello *HCM* per le intersezioni regolate da precedenza o semaforizzate.

5.2.1 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I1

L'intersezione I1 (SP170 – Via Cesare Battisti), regolata da precedenza anche nello Scenario di Progetto, è stata analizzata nuovamente con il modello *HCM*.

Nello Scenario di Progetto, per la svolta in mano sinistra da principale (dalla SP170 Sud verso Via Battisti), il modello ha restituito un Rapporto F/C pari a 0,12 (*Figura 5.2.1*), corrispondente ad una capacità residua dell'88% (allo Stato di Fatto erano rispettivamente 0,11 e 89%), mentre il Livello di Servizio (LoS) è di categoria A (Perditempo < 10 Sec), invariato. Per la svolta in mano sinistra da secondaria (da Via Battisti verso la SP170 Nord), invece, per l'ora di punta del pomeriggio il modello ha calcolato un Rapporto F/C pari a 0,28 (*Figura 5.2.2*), corrispondente ad una capacità residua del 73% (allo Stato di Fatto erano rispettivamente 0,22 e 78%), mentre il LoS è di categoria D (25 Sec < Perditempo < 35 Sec) e perde una classe rispetto allo Stato di Fatto (era C).

5.2.2 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I2

L'incrocio I2 nello Scenario di Progetto cambia conformazione rispetto all'attuale incrocio a T regolato da precedenza, diventando una rotatoria. Di conseguenza, rispetto al modello *HCM* utilizzato allo Stato di Fatto, nello Scenario di Progetto questo incrocio è stato verificato con il modello *svizzero*, che per l'ora di punta pomeridiana ha restituito i seguenti risultati (*Figura 5.2.3*):

- Via delle Cave: capacità residua 92%, LoS A;
- SP170 Nord: capacità residua 40%, LoS A;
- SP170 Sud: capacità residua 46%, LoS A.

FIGURA 5.2.1

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I1 – SVOLTA A SX DA PRINCIPALE

FIGURA 5.2.2

RISULTATI MODELLO HCM – INCROCIO I1 – SVOLTA A SX DA SECONDARIA

SCENARIO DI PROGETTO

INCROCIO: 1

Strade: SP170 - Via Battisti

Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL

Ore di punta: mattino 07.30-08.30

pomeriggio 17.30-18.30

Tipo: svolta a sinistra da principale (flusso 1)

Movimento: da 3 - SP170 Sud

verso 1 - Via Battisti

Flussi: esistenti + GENERATO omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$	1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$	0,1	svolte a dx da secondarie
	2,0	strade a 4 corsie		0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$	0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$	0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
	1,0	due blocchi		0,0	tutti gli altri casi
$t_{c,base}$	4,1	tempo critico base			
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti			
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento			
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento			
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti			
$t_{3,LT}$	0,0	fattore aggiustamento geometria incrocio			

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

$t_{c,x}$	4,1 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$	4,1 (s)
$t_{f,x}$	2,2 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$	2,2 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento					
Flusso 5	0	da:	2 - SP170 Nord	a:	3 - SP170 Sud
Flusso 6	0	da:	2 - SP170 Nord	a:	1 - Via Battisti
$V_{e,x}$	0 (veic/h)				$V_{e,x}$ 900 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{p,x(12)}$	#DIV/0!	(veic/h)	$C_{p,x(12)}$ 763 (veic/h)
Flusso del movimento			
F 1	0 (veic/h)	svolta a sx da:	3 - SP170 Sud
F 1			93 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#DIV/0!	F/C =	0,12

Calcolo delle Code			
Capacità	F/C	Coda (veic.)	
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)		
	#DIV/0!		
LoS	#DIV/0!	LoS	A

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	$\geq 1,30$	A	$T < 10$
1,24	1.20-1.29	B	$10 < T < 15$
1,15	1.10-1.19	C	$15 < T < 25$
1,07	1.00-1.09	D	$25 < T < 35$
0,95	0.90-0.99	E	$35 < T < 50$
0,72	0.00-0.89	F	$T > 50$

INCROCIO: 1

Strade: SP170 - Via Battisti

Analisi Capacità intersezione - HIGHWAY CAPACITY MANUAL

Ore di punta: mattino 07.30-08.30

pomeriggio 17.30-18.30

Tipo: svolta a sinistra da secondaria (flusso 10)

Movimento: da 1 - Via Battisti

verso 2 - SP170 Nord

Flussi: esistenti + GENERATO omogeneizzati

Calcolo del tempo critico del movimento

Movimento veicoli	Tempi base	
	$t_{c,base}$	$t_{f,base}$
Svolta a sx principale	4,1	2,2
Svolta a dx secondaria	6,2	3,3
Attraversamento secondaria	6,5	4,0
Svolta a sx secondaria	7,1	3,5

$t_{c,HV}$	1,0	strade a 2 corsie	$t_{c,G}$	0,1	svolte a dx da secondarie
	2,0	strade a 4 corsie		0,2	svolte a sx o attraversamento da secondaria
$t_{c,T}$	0,0	solo un blocco	$t_{3,LT}$	0,7	svolte a sx da secondaria incrocio a T
	1,0	due blocchi		0,0	tutti gli altri casi
$t_{c,base}$	7,1	tempo critico base			
$t_{c,HV}$	1,0	fattore aggiustamento veicoli comm. pesanti			
P_{HV}	0,0	% commerciale pesante del movimento			
$t_{c,G}$	0,2	fattore aggiustamento tipo movimento			
$t_{c,T}$	0,0	fattore aggiustamento blocchi movimenti			
$t_{3,LT}$	0,7	fattore aggiustamento geometria incrocio			

PUNTA MATTINO: 07.30-08.30

$t_{c,x}$	6,4 (s)	tempo critico del movimento	$t_{c,x}$	6,4 (s)
$t_{f,x}$	3,5 (s)	intervallo di tempo minimo del movimento	$t_{f,x}$	3,5 (s)

Calcolo del numero di conflitti del movimento					
Flusso 5	0	da:	2 - SP170 Nord	a:	3 - SP170 Sud
Flusso 6	0	da:	2 - SP170 Nord	a:	1 - Via Battisti
Flusso 2	0	da:	3 - SP170 Sud	a:	2 - SP170 Nord
Flusso 1	0	da:	3 - SP170 Sud	a:	1 - Via Battisti
$V_{e,x}$	0 (veic/h)				$V_{e,x}$ 1921 (veic/h)

Calcolo della capacità del movimento			
$C_{p,x(12)}$	#DIV/0!	(veic/h)	$C_{p,x(12)}$ 75 (veic/h)
Flusso del movimento			
F 10	0 (veic/h)	svolta a sx da:	1 - Via Battisti
F 10			21 (veic/h)

Rapporto Flusso/Capacità del movimento			
F/C =	#####	F/C =	0,28

Calcolo delle Code			
Capacità	F/C	Coda (veic.)	
#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	
Tempo medio di attesa	Tmed (sec)		
	#DIV/0!		
LoS	#DIV/0!	LoS	D

Legenda			
F/C	= Rapporto flusso/capacità	LoS	Tempo d'attesa (sec.)
1,41	$\geq 1,30$	A	$T < 10$
1,24	1.20-1.29	B	$10 < T < 15$
1,15	1.10-1.19	C	$15 < T < 25$
1,07	1.00-1.09	D	$25 < T < 35$
0,95	0.90-0.99	E	$35 < T < 50$
0,72	0.00-0.89	F	$T > 50$

FIGURA 5.2.3

OUTPUT DEL MODELLO SVIZZERO – INTERSEZIONE I2 – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO – *SCENARIO DI PROGETTO*

ANALISI FLUSSI/CAPACITA' ROTATORIA *GUIDE SUISSE DES GIRATOIRES*

Rotatoria: **2** (di Progetto)

Strade: SP170 - Via delle Cave

Scenario di Progetto - pomeriggio feriale tipo

Ora di punta **17.30-18.30**

Flussi Totali: **Esistenti + GENERATO omogeneizzati**

	O\D	1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	3 - SP170 Sud	Tot
1 - Via delle Cave	1	0	83	9	92
2 - SP170 Nord	2	12	0	748	760
3 - SP170 Sud	3	49	762	0	811
Tot		61	845	757	1663

		Flussi		
		Ti	Tu	Tr
1 - Via delle Cave	1	92	61	762
	1-2			854
2 - SP170 Nord	2	760	845	9
	2-3			769
3 - SP170 Sud	3	811	757	12



Capacità	Veicoli															Secondi	
	Ti	Tr	Tu	Tc	F	C	F/C	% resid.	Cr	Ci	α	β	γ	Coda 95 percentile	Tempo medio d'attesa	LoS (Livello di Servizio)	
Ingressi																	
1 - Via delle Cave	1	92	762	61	552	92	1209	0,08	92%	2	1	0,31	0,7	1,0	0,3	3,0	A
2 - SP170 Nord	2	760	9	845	268	760	1262	0,60	40%	2	1	0,31	0,7	1,0	4,2	3,1	A
3 - SP170 Sud	3	811	12	757	220	811	1504	0,54	46%	2	1	0,28	0,7	1,0	3,4	2,6	A
Tot		1663	783	1663	1041	1663	3975	0,42	58%								

Legenda		LoS	Tempo d'attesa (sec.)
F/C	= Rapporto flusso/capacità	A	T < 10
1,41	≥ 1.30	B	10 < T < 15
1,24	1.20-1.29	C	15 < T < 25
1,15	1.10-1.19	D	25 < T < 35
1,07	1.00-1.09	E	35 < T < 50
0,95	0.90-0.99	F	T > 50
0,84	0.80-0.89		
0,52	0.00-0.79		

- Definizioni**
- Ti Traffico in Ingresso
 - Tr Traffico in Rotatoria
 - Tu Traffico in Uscita
 - Tc Traffico Conflittuale con Flusso in Ingresso
 - F Flusso in Ingresso da confrontare con Capacità
 - C Capacità da confrontare con Flusso
 - Cr n° Corsie su Rotatoria
 - Ci n° Corsie su Ingresso
 - α Coefficiente che tiene conto del flusso in uscita
 - β Coefficiente dipende da Cr
 - γ Coefficiente dipende da Ci

5.2.3 Scenario di Progetto: i Livelli di Servizio per l'Intersezione I3

L'incrocio I3 (SP170 – Via dei Piazzoli – Via Kennedy) è una rotatoria e quindi è stata analizzata anche nello Scenario di Progetto con il modello *svizzero*, che per l'ora di punta del pomeriggio dello Scenario di Progetto ha restituito i seguenti risultati (*Figura 5.2.4*):

- Via dei Piazzoli: capacità residua 93%, LoS A;
- SP170 Nord: capacità residua 39%, LoS A;
- Via Kennedy: capacità residua 90%, LoS A;
- SP170 Sud: capacità residua 33%, LoS A.

5.2.4 Livelli di Servizio nello Scenario di Progetto: Riepilogo dei Risultati Ottenuti

Terminata l'analisi puntuale delle singole intersezioni, si offre infine un riepilogo generale dei risultati ottenuti attraverso l'applicazione dei modelli di simulazione.

La *Tabella 5.2.1* riassume i dati ottenuti per l'ora di punta del pomeriggio e offre, nelle ultime due colonne, il confronto con i dati dello Stato di Fatto sia in termini di capacità residue che in termini di Livelli di Servizio.

Tabella 5.2.1 – Riepilogo capacità residue e LoS allo Stato di Fatto e nello Scenario di Progetto

RISERVE DI CAPACITA' E LOS DEGLI INCROCI: CONFRONTO SCENARIO DI PROGETTO / STATO DI FATTO									
ORA di PUNTA del POMERIGGIO: 17.30-18.30									
INTERSEZIONE	STRADE	ORIGINE	DESTINAZIONE	SDF		SDP		SDF → SDP	
				RISERVA DI CAPACITA'	LOS	RISERVA DI CAPACITA'	LOS	Δ %	Δ LoS
1 (precedenze)	SP170 - Via Battisti	3 - SP170 Sud	1 - Via Battisti	89%	A	88%	A	-1%	0
		1 - Via Battisti	2 - SP170 Nord	78%	C	72%	D	-6%	-1
2 (precedenze)	SP170 - Via delle Cave	3 - SP170 Sud	1 - Via delle Cave	98%	A	/	/	/	/
		1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	100%	C	/	/	/	/
2 (rotatoria di Progetto)	SP170 - Via delle Cave	1 - Via delle Cave		/	/	92%	A	/	/
		2 - SP170 Nord		/	/	40%	A	/	/
		3 - SP170 Sud		/	/	46%	A	/	/
3 (rotatoria)	SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy	1 - Via dei Piazzoli		93%	A	93%	A	0%	0
		2 - SP170 Nord		43%	A	39%	A	-4%	0
		3 - Via Kennedy		91%	A	90%	A	-1%	0
		4 - SP170 Sud		37%	A	33%	A	-4%	0

Come si può notare, ove i dati sono confrontabili tra i due scenari, la variazione più rilevante in termini di capacità residua in attestamento alle rotatorie o dei movimenti delle altre intersezioni è del -6% rispetto ai valori dello Stato di Fatto, tutte le restanti sono inferiori al -4%.

I Livelli di Servizio (LoS), rispetto allo Stato di Fatto, restano invariati ad eccezione della svolta in mano sinistra in uscita da Via Battisti che passa da LoS C a LoS D, non per incremento del flusso che effettua la svolta ma di quello cui essa cede la precedenza.

In ogni caso, si tratta di una variazione di lievissima entità (Perditempo di 28,7 secondi contro i 24,7 dello Stato di Fatto), sufficiente per far scattare il livello di LoS successivo ma non tale da comportare variazioni significative alla qualità della circolazione del nodo né tantomeno della porzione di rete viaria analizzata.

FIGURA 5.2.4
OUTPUT DEL MODELLO SVIZZERO – INTERSEZIONE I3 – ORA DI PUNTA DEL POMERIGGIO – *SCENARIO DI PROGETTO*

ANALISI FLUSSI/CAPACITA' ROTATORIA - *GUIDE SUISSE DES GIRATOIRES*

Rotatoria: **3**
Strade: SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy
Scenario di Progetto - pomeriggio feriale tipo

Ora di punta **17.30-18.30**
Flussi **Esistenti + GENERATO omogeneizzati**

Matrice O/D
(Origine/Destinazio
ne) del nodo

1 - Via dei Piazzoli
2 - SP170 Nord
3 - Via Kennedy
4 - SP170 Sud
totale

	1 - Via dei Piazzoli	2 - SP170 Nord	3 - Via Kennedy	4 - SP170 Sud	Tot
1 - Via dei Piazzoli	0	39	9	21	69
2 - SP170 Nord	6	6	114	586	712
3 - Via Kennedy	6	48	0	48	102
4 - SP170 Sud	15	754	66	0	835
totale	27	847	189	655	1718

Flussi

1 - Via dei Piazzoli
2 - SP170 Nord
3 - Via Kennedy
4 - SP170 Sud

	Ti	Tu	Tr
1	69	27	874
1-2			943
2	712	847	96
2-3			808
3	102	189	619
3-4			721
4	835	655	66
4-1			901



Capacità

Ingressi
1 - Via dei Piazzoli
2 - SP170 Nord
3 - Via Kennedy
4 - SP170 Sud

	Ti	Tr	Tu	Tc	F	C	F/C	% resid.	Cr	Ci	α	β	γ	Coda 95 percentile	Tempo medio d'attesa	Livello di Servizio (LoS)
1	69	874	27	621	69	948	0,07	93%	2	1	0,35	0,7	1,0	0,2	3,8	A
2	712	96	847	364	712	1177	0,61	39%	2	1	0,35	0,7	1,0	4,4	3,4	A
3	102	619	189	499	102	1056	0,10	90%	2	1	0,35	0,7	1,0	0,3	3,4	A
4	835	66	655	275	835	1255	0,67	33%	2	1	0,35	0,7	1,0	5,5	3,2	A
Tot	1718	1655	1718	1760	1718	4436	0,39	61%								

Legenda		LoS	Tempo d'attesa (sec.)
F/C	= Rapporto flusso/capacità	A	T < 10
1,41	≥ 1.30	B	10 < T < 15
1,24	1.20-1.29	C	15 < T < 25
1,15	1.10-1.19	D	25 < T < 35
1,07	1.00-1.09	E	35 < T < 50
0,95	0.90-0.99	F	T > 50
0,84	0.80-0.89		
0,52	0.00-0.79		

Definizioni

- Ti Traffico in Ingresso
- Tr Traffico in Rotatoria
- Tu Traffico in Uscita
- Tc Traffico Conflittuale con Flusso in Ingresso
- F Flusso in Ing. da confrontare con Capacità
- C Capacità da confrontare con Flusso
- Cr n° Corsie su Rotatoria
- Ci n° Corsie su Ingresso
- α Coeff. che tiene conto del flusso in uscita
- β Coefficiente dipende da Cr
- γ Coefficiente dipende da Ci



5.3 Conclusioni dello Studio

Si può ritenere possibile affermare, in definitiva, che alla luce dei risultati della campagna di rilievi effettuata e di quelli ottenuti dai modelli di simulazione sia per lo Stato di Fatto che per lo Scenario di Progetto, l'impatto delle previsioni dell'Operatore sulla viabilità sia quasi trascurabile e, in ogni caso, non in grado di comportare variazioni nei parametri di qualità della circolazione tali da causare potenziali fenomeni di criticità.



6. SINTESI DELLO STUDIO

Questo documento contiene lo Studio per la valutazione degli impatti sul traffico indotti dalla previsione urbanistica di nuova MSV (Medie Superfici di Vendita) alimentare nell'Ambito di Trasformazione ATR3 in Comune di Medolago (BG).

Lo Studio si è occupato di ricostruire il quadro dello Stato di Fatto attraverso l'analisi delle banche dati disponibili sui flussi di traffico, analizzando i Livelli di Servizio che la rete viaria interessata è in grado oggi di garantire, per poi andare a valutare lo Scenario di Progetto, ottenuto sommando ai traffici attuali quelli previsti, "generati" dalla realizzazione delle nuove previsioni urbanistiche.

Per quanto riguarda l'accessibilità, il Comune di Medolago è attraversato dalla SP170 che garantisce l'accesso sia dalle provenienze da Nord (Calusco d'Adda) sia da Sud (Suisio, Capriate San Gervasio).

Rimangono un po' più distanti gli assi di importanza gerarchica superiore, a partire dall'Autostrada A4 (circa 8Km dal casello più vicino che è quello di Capriate), per finire con gli assi principali dell'area del capoluogo quali la SS671 asse interurbano, la SS342 (e la SP342), la SS470.

Il Comune di Medolago resta, invece, più vicino e maggiormente servito dalla rete di strade provinciali inquadrabili come extraurbane secondarie, quali ad esempio la SP166 (Est-Ovest tra Ponte San Pietro e Paderno d'Adda), l'anello SP158-SP160-SP163, la SP155 (Nord-Sud tra Ponte San Pietro e Capriate).

La viabilità di carattere urbano poggia le fondamenta sull'asse principale Nord-Sud della SP170, che separa sostanzialmente la parte di centro abitato (ad Ovest) dalla parte di insediamenti industriali/produttivi (ad Est).

Lungo la SP170 è localizzato anche il nodo principale della viabilità sovralocale, quello con la SP163 che collega Medolago con Terno d'Isola.

Parallelamente alla SP170 verso Ovest, l'asse Via Manzoni/Via Marconi attraversa la parte di centro abitato e ne costituisce la spina dorsale a livello locale, dalla quale si distribuisce poi una rete di strade assolutamente locali, come ad esempio Via Battisti, Via Foscolo, Via Dante.

Al servizio del comparto industriale/produttivo, invece, ci sono strade come Via Protasio e altre che ricadono nel vicino Comune di Solza, sempre a carattere locale.

Relativamente alle modalità di trasporto alternative al mezzo privato, stante l'assenza nelle vicinanze della ferrovia (le stazioni più vicine sono quelle di Calusco d'Adda e Terno d'Isola, distanti rispettivamente circa 3,9 e 5,1 Km), è stata condotta un'analisi sull'offerta di servizi di trasporto su gomma (TPL) e sulla distribuzione e sviluppo delle reti ciclopeditoni nel comparto interessato dal Progetto.

Per quanto riguarda il TPL su gomma, il servizio nel Comune di Medolago è svolto da Autoservizi Locatelli con la linea Z (Bergamo-Ponte San Pietro-Bonate Sopra-Trezzo) con alcune fermate lungo l'asse Via Marconi-Via Manzoni-Piazza Marcoli.

Relativamente all'offerta infrastrutturale per la mobilità dolce, dalle tavole consultabili del PGT emerge che il percorso principale ciclo-pedonale è quello che costeggia la SP170 lungo tutto l'attraversamento del comune.

In termini di previsioni contenute negli strumenti urbanistici vigenti, dalla consultazione del PGT (*Piano di Governo del Territorio*, la cui ultima versione risale al 2021) con la tavola E3.1 "Quadro integrato delle reti e dei sistemi" emerge che l'unica opera di previsione fosse la variante Sud di Calusco d'Adda, nel frattempo realizzata e oggi denominata Via Rivalotto.



Il PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) di Bergamo, invece, non contiene elementi che possano interessare l'Area di Progetto.

L'Area di Progetto sorge in fregio e confina ad Est con la SP170, a Sud confina con Via delle Cave mentre a Ovest e Nord con altre proprietà.

Nei dintorni dell'Area di Progetto la viabilità è di carattere misto, provinciale con la SP170 e locale con Via delle Cave, altre strade restano più distanti.

Il casello autostradale più vicino è quello di Capriate (Autostrada A4), distante circa 7 Km dall'Area di Progetto.

Allo scopo di definire la capacità veicolare in grado di soddisfare appieno i flussi di traffico attesi, il quadro della domanda attuale (utile anche per la calibrazione del modello di simulazione) è stato definito attraverso una apposita campagna di indagini sui flussi di traffico che ha riguardato le seguenti intersezioni:

- I1: incrocio SP170 - Via Cesare Battisti;
- I2: incrocio SP170 - Via delle Cave;
- I3: rotonda SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy.

Considerando la tipologia di funzioni previste, i conteggi in corrispondenza delle intersezioni sono stati effettuati nella fascia oraria di punta del pomeriggio, tra le 17.00 e le 19.00 di un giorno feriale tipo, suddivise in intervalli regolari e consecutivi di 30 minuti ciascuno, utili all'individuazione dell'effettiva ora di punta in sede di elaborazione dei dati.

I veicoli conteggiati sono stati classificati in due tipologie: leggeri, comprendenti auto e mezzi commerciali leggeri, e pesanti comprendenti mezzi commerciali pesanti e autobus.

I dati di traffico raccolti sono stati memorizzati su foglio elettronico individuando, all'interno della fascia di rilievo, l'ora di massima punta del traffico complessivo, ovvero 17.30-18.30.

Rimandando la consultazione dei dati completi e disaggregati per ogni singolo incrocio al Capitolo 3 della relazione, si riporta il dato di sintesi relativo al flusso totale in ingresso al Cordone Globale, ovvero quella linea immaginaria che racchiude al suo interno tutte le intersezioni indagate.

Allo Stato di Fatto, nell'ora di punta del pomeriggio il traffico totale in ingresso al Cordone Globale è stato di 1.842 veicoli omogenei.

La ricostruzione del Quadro Conoscitivo è terminata con la valutazione dei Livelli di Servizio (LoS) attualmente riscontrabili sulla rete analizzata, in modo tale da poterli confrontare con quelli che risulteranno negli Scenari di Progetto.

I modelli utilizzati per queste analisi variano in relazione alla tipologia di intersezione considerata: per le rotonde è stato utilizzato il modello *svizzero* (*Guide Suisse des Giratoires*), mentre per le intersezioni con precedenza è stato utilizzato il modello *HCM* (*Highway Capacity Manual*).

I risultati delle verifiche effettuate sono stati più che soddisfacenti: la capacità residua minima registrata è stata del 37%.

RISERVE DI CAPACITA' E LOS DEGLI INCROCI ALLO STATO DI FATTO					
ORA DI PUNTA del POMERIGGIO: 17.30-18.30					
INTERSEZIONE	STRADE	ORIGINE	DESTINAZIONE	SDF	
				RISERVA DI CAPACITA'	LOS
1 (precedenze)	SP170 - Via Battisti	3 - SP170 Sud	1 - Via Battisti	89%	A
		1 - Via Battisti	2 - SP170 Nord	78%	C
2 (precedenze)	SP170 - Via delle Cave	3 - SP170 Sud	1 - Via delle Cave	98%	A
		1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	100%	C
3 (rotonda)	SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy	1 - Via dei Piazzoli		93%	A
		2 - SP170 Nord		43%	A
		3 - Via Kennedy		91%	A
		4 - SP170 Sud		37%	A



Il Masterplan del Progetto prevede un nuovo edificio commerciale alimentare con SLP di Progetto pari a 3.000 mq.

L'accessibilità ai nuovi edifici secondo il Progetto esistente avverrà secondo due modalità:

- 1) diretta, con connessione diretta alla SP170 attraverso un'intersezione regolata da precedenza e con sole svolte in mano destra (ingressi da Nord e uscite verso Sud);
- 2) indiretta, tramite nuova rotatoria in corrispondenza dell'intersezione della SP170 con Via delle Cave e con l'accesso attraverso quest'ultima al parcheggio dell'insediamento.

Per la stima della domanda di mobilità e di traffico privato generato dalle nuove funzioni urbanistiche previste per l'Area, dopo avere recepito le indicazioni fornite dall'Operatore circa le superfici di Progetto, è stato applicato il modello di generazione americano "Trip Generation" (uno dei più diffusi nel settore e unanimemente riconosciuto come uno dei più affidabili) per la tipologia di attività "Supermarket".

Effettuando le debite trasformazioni delle superfici nelle corrette unità di misura e applicando i coefficienti riportati nelle schede di riferimento del modello di generazione, si ottengono i seguenti traffici generati per tipologia di funzione (per quanto riguarda l'utenza):

Generato ora di punta del pomeriggio (17.30-18.30)	Utenti		Addetti	
	IN	OUT	IN	OUT
MSV Alimentare	152	146	-	9

298 veicoli bidirezionali circa, suddivisi in 152 ingressi (51%) e 146 uscite (49%).

Detto dell'utenza, per quanto riguarda gli addetti in accordo con l'Osservatorio di Regione Lombardia sul commercio al dettaglio si stima che possano essere:

- Supermarket: 21,09 x 3 (3.000 mq SLP / 1000 mq): circa 63 persone (63 veicoli considerando un coefficiente di occupazione pari a 1,00);

Rispetto a queste quantità è stato assunto che circa il 15% del personale (9 veicoli) sia in uscita nell'ora di punta del traffico generale (orario solitamente poco frequente per il fine turno e quindi l'uscita del personale).

In accordo con la DGR n. XII/2828 del 22 luglio 2024, la distribuzione del traffico generato calcolato al paragrafo precedente è stato distribuito secondo l'isocrona a 10 minuti rispetto all'Area di Progetto.

Sulla base di questi dati è stato applicato il *modello di Huff* (strumento di analisi spaziale e geomarketing che calcola la probabilità che un consumatore scelga un determinato punto vendita o servizio), che ha consentito di stimare il peso dei diversi bacini individuati.

I pesi finali dei bacini individuati restituiti dall'applicazione del modello sono i seguenti:

- Medolago $\approx$ 24,4%;
- Corridoio Nord $\approx$ 53,4%;
- Corridoio Sud $\approx$ 22,2%.

Sulla base di queste ultime percentuali è stato poi distribuito il traffico generato dalla nuova attività:

- 1) Medolago: 37 veicoli in ingresso + 38 veicoli in uscita (ipotesi: 100% da Via Battisti);
- 2) corridoio Nord: 81 veicoli in ingresso + 83 veicoli in uscita;
- 3) corridoio Sud: 34 veicoli in ingresso + 34 veicoli in uscita.



L'analisi dello Scenario di Progetto con i flussi di traffico aggiornati ha permesso di evidenziare un incremento del +12,6% del traffico totale in ingresso al Cordone Globale, con un flusso totale pari a 2.074 veicoli omogenei.

A livello di singole strade, invece, le variazioni percentuali di traffico bidirezionale (in termini di veicoli omogenei) più rilevanti sono pari al +9,7% e si verificano nelle sezioni della SP170 a cavallo dell'incrocio I1 (Via Battisti).

Le altre variazioni che si riscontrano restano comprese nell'intervallo tra +4,4% (sezione SP170 tra I2 e I3) e il +7,4% (sezione SP170 a Nord di I2).

Per Via delle Cave si riporta la variazione in termini assoluti di veicoli poiché in termini percentuali, considerati i flussi esigui che la interessano già allo Stato di Fatto, sarebbe totalmente fuorviante.

L'analisi si è conclusa con l'applicazione dei modelli di simulazione statica ai flussi veicolari di Progetto.

La tabella sottostante riassume i dati ottenuti per lo Scenario di Progetto e permette il confronto diretto (ove possibile) delle grandezze misurate rispetto allo Stato di Fatto.

RISERVE DI CAPACITA' E LOS DEGLI INCROCI: CONFRONTO SCENARIO DI PROGETTO / STATO DI FATTO									
ORA di PUNTA del POMERIGGIO: 17.30-18.30									
INTERSEZIONE	STRADE	ORIGINE	DESTINAZIONE	SDF		SDP		SDF → SDP	
				RISERVA DI CAPACITA'	LOS	RISERVA DI CAPACITA'	LOS	Δ %	Δ LoS
1 (precedenze)	SP170 - Via Battisti	3 - SP170 Sud	1 - Via Battisti	89%	A	88%	A	-1%	0
		1 - Via Battisti	2 - SP170 Nord	78%	C	72%	D	-6%	-1
2 (precedenze)	SP170 - Via delle Cave	3 - SP170 Sud	1 - Via delle Cave	98%	A	/	/	/	/
		1 - Via delle Cave	2 - SP170 Nord	100%	C	/	/	/	/
2 (rotatoria di Progetto)	SP170 - Via delle Cave	1 - Via delle Cave		/	/	92%	A	/	/
		2 - SP170 Nord		/	/	40%	A	/	/
		3 - SP170 Sud		/	/	46%	A	/	/
3 (rotatoria)	SP170 - Via dei Piazzoli - Via Kennedy	1 - Via dei Piazzoli		93%	A	93%	A	0%	0
		2 - SP170 Nord		43%	A	39%	A	-4%	0
		3 - Via Kennedy		91%	A	90%	A	-1%	0
		4 - SP170 Sud		37%	A	33%	A	-4%	0

Come si può notare, la variazione più rilevante in termini di capacità residua in attestamento alle rotatorie o dei movimenti delle altre intersezioni è del -6% rispetto ai valori dello Stato di Fatto, tutte le restanti sono inferiori al -4%.

I Livelli di Servizio (LoS), rispetto allo Stato di Fatto, restano invariati ad eccezione della svolta in mano sinistra in uscita da Via Battisti che passa da LoS C a LoS D, non per incremento del flusso che effettua la svolta ma di quello cui essa cede la precedenza.

In ogni caso, si tratta di una variazione di lievissima entità (Perditempo di 28,7 secondi contro i 24,7 dello Stato di Fatto), sufficiente per far scattare il livello di LoS successivo ma non tale da comportare variazioni significative alla qualità della circolazione del nodo né tantomeno della porzione di rete viaria analizzata.

Si ritiene di poter affermare, in definitiva, che alla luce dei risultati della campagna di rilievi effettuata e di quelli ottenuti dai modelli di simulazione sia per lo Stato di Fatto che per lo Scenario di Progetto, l'impatto delle previsioni dell'Operatore sulla viabilità sia quasi trascurabile e, in ogni caso, non in grado di comportare variazioni nei parametri di qualità della circolazione tali da causare potenziali fenomeni di criticità lungo la rete o in corrispondenza dei nodi viari analizzati.