



**G.B. & PARTNERS S.r.l.**

**PROGETTI E SERVIZI IMMOBILIARI**

Società unipersonale

via Varalli, 37 - 26845 Codogno (LO)

Tel : 0377. 436099 - 34691

Fax : 0377. 436654

e.mail: amministrazione@gbepartners.it

tecnico@gbepartners.it

immobiliare@gbepartners.it

web site: www.gbepartners.it

REGISTRO IMPRESE DI LODI n° 05966150962

PARTITA I.V.A. 05966150962 - C.F. 05966150962 - C.S. € 10.000,00 i.s.



UNI EN ISO 9001:2015



UNI EN ISO 14001:2015

***Comune di Pandino***

***Provincia di Cremona***



## ***PROPOSTE DI ESCLUSIONE ALLA VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA***

***Allegato 2 – Studio di impatto viabilistico, relazione***

IL SOGGETTO PROPONENTE: ***Officine Mak S.r.l.***

IL TECNICO INCARICATO: ***Ing. Rossi Giovanni***

---

PROVINCIA DI  
CREMONA

REGIONE  
LOMBARDIA

COMUNE DI  
PANDINO

---

## NUOVO MAGAZZINO LOGISTICO

---



## STUDIO DI IMPATTO VIABILISTICO

Elaborato 01: Relazione

---

Committente:

Consulente:

---

  
**OFFICINEMAK**  
SINCE 1956

Via Camperio, 14  
20121 Milano (MI)  
P. IVA: 00744200155

  
**Logit**  
engineering

Piazza della Serenissima, 20  
31033 Castelfranco Veneto (TV)  
tel 0423 720203 - fax 0423 720203



---

Ottobre 2021

Revisione 00

---

# INDICE

<b>1 GENERALITÀ DELLO STUDIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>4</b>
<b>3 SISTEMA OFFERTA VIARIA .....</b>	<b>6</b>
3.1    ASSI STRADALI PRINCIPALI .....	6
3.2    INTERSEZIONI LIMITROFA ALL'AREA.....	13
3.3    CASELLO AUTOSTRADALE .....	18
<b>4 DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE.....</b>	<b>20</b>
4.1    RILIEVI AUTOMATICI .....	20
4.2    RILIEVI MANUALI.....	29
<b>5 SCENARIO FUTURO .....</b>	<b>31</b>
5.1    INTERVENTO DI PROGETTO .....	31
5.2    ACCESSIBILITÀ DI PROGETTO .....	32
5.3    FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTI DAL COMPLESSO A DESTINAZIONE LOGISTICA.....	33
5.3.1 <i>Veicoli commerciali</i> .....	34
5.3.2 <i>Autoveicoli dipendenti magazzini logistici e uffici</i> .....	34
5.4    FLUSSI DI TRAFFICO FUTURI.....	35
<b>6 LIVELLI DI SERVIZIO.....</b>	<b>37</b>
6.1    DEFINIZIONI.....	37
6.2    LIVELLI DI SERVIZIO INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE .....	38
6.3    LIVELLI DI SERVIZIO DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA.....	41
6.4    LIVELLO DI SERVIZIO DEGLI ASSI STRADALI .....	43
<b>7 ANALISI MICROSIMULATIVA .....</b>	<b>45</b>
7.1    MICROSIMULAZIONI ESEGUITE .....	45
7.2    VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI .....	49
7.2.1 <i>Valutazioni di rete</i> .....	50
7.2.2 <i>Valutazioni di nodo</i> .....	51
7.2.3 <i>Valutazioni d'arco</i> .....	56
<b>8 CONCLUSIONI.....</b>	<b>58</b>

# 1 GENERALITÀ DELLO STUDIO

Nell'ambito del progetto di realizzazione di un centro a destinazione logistica lungo Via Guido Rossa in Comune di Pandino (CR), il seguente studio di impatto viabilistico si pone l'obiettivo di valutare la sostenibilità dell'intervento sulla rete stradale di afferenza. L'insediamento di attività logistiche risulta, infatti, direttamente connesso alla variazione dei flussi veicolari sulla rete viaria interessata a seguito delle nuove potenzialità di lavoro che si vengono a creare.

L'analisi proposta consiste in uno studio approfondito dell'assetto viario esistente, seguito da un'attenta valutazione degli effetti determinati dal futuro carico veicolare indotto.



Figura 1.1 – Ambito di localizzazione

La presente relazione d'impatto sulla viabilità verrà in particolare redatta sviluppando in dettaglio i seguenti punti:

- inquadramento territoriale;
- analisi assetto viario esistente: descrizione e rappresentazione della rete viaria principale e secondaria;
- rilievi di traffico automatici e manuali e analisi dei flussi veicolari attuali;
- descrizione dell'intervento di progetto e stima dei futuri flussi indotti;
- breve dissertazione sulle basi teoriche riferite agli indicatori di prestazione utilizzati nello studio;
- analisi della viabilità interessata dal complesso logistico secondo i principi della Teoria e Tecnica della Circolazione e verifica della funzionalità della rete mediante apposito modello di microsimulazione.

Lo studio ha come obiettivo principale la definizione del livello di servizio (Level Of Service, LOS) delle infrastrutture viarie di afferenza in relazione sia alle portate veicolari attuali che a quelle future.

Nei capitoli che seguono, dopo aver delineato brevemente l'inquadramento territoriale, verranno descritte l'offerta e la domanda di trasporto caratterizzanti lo stato di fatto, allo scopo di eseguire una stima attenta e puntuale del grado di funzionalità degli archi e dei nodi stradali. Dopo una breve dissertazione teorica sui principali parametri utilizzati nell'ingegneria dei trasporti per l'individuazione del cosiddetto livello di servizio, saranno svolte le opportune analisi viabilistiche sulle prestazioni della rete stradale nella fascia oraria di punta identificata, pervenendo infine ad un'agevole comparazione, in termini viabilistici, tra lo stato attuale e lo scenario futuro previsto.

Per valutare accuratamente gli indicatori prestazionali riferiti al funzionamento dei vari elementi della rete stradale, si è deciso di simulare sia allo stato di fatto che nello scenario futuro il funzionamento della rete viaria di afferenza al nuovo complesso logistico mediante l'utilizzo di uno specifico software microsimulativo.

Questa metodologia di verifica permette infatti di generare un immediato output visivo facilmente comprensibile ed è l'unica in grado di tener conto delle possibili interazioni tra archi o nodi adiacenti garantendo quindi una completezza dell'analisi.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto di analisi è ubicata a Pandino, Comune italiano di 8.852 abitanti al 01/01/2021, secondo quanto rilevato dall'ISTAT. Situato a nord-ovest rispetto a Cremona, Pandino si trova ad una quota altimetrica di 85 m s.l.m. e ha un'estensione di 22,3 km<sup>2</sup>.

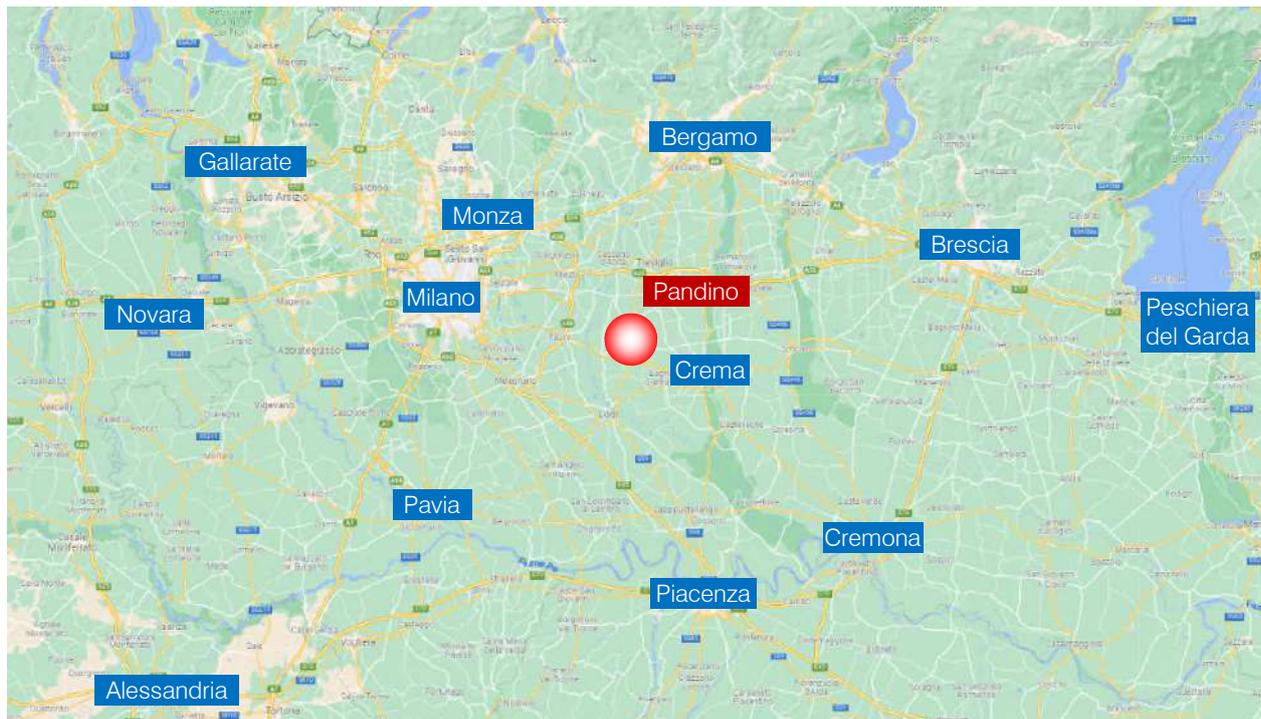


Figura 2.1 – Inquadramento territoriale Comune di Pandino

Il territorio comunale di Pandino confina con il comune di Spino d'Adda ad ovest, con i comuni di Dovera e Monte Cremasco a sud, con il comune di Palazzo Pignano ad est e i comuni di Agnadello e Rivolta d'Adda ne delimitano il confine meridionale.

Dal punto di vista viabilistico, Pandino è attraversato dalla Strada Provinciale (ex Strada Statale) 472 Bergamina con direzione nord-sud, dalla Strada Provinciale 91 che collega Pandino con il comune limitrofo Spino d'Adda, dalla Strada Provinciale 90 che collega il comune a sud con Vaiano Cremasco, dalla Strada Provinciale 35 che collega il comune ad est con Trescore Cremasco, mentre la Strada Provinciale (ex Strada Statale) 415 Pallese lambisce la parte sud del territorio comunale, sviluppandosi con direzione est-ovest.

Pandino è inoltre servito da infrastrutture autostradali, in particolare l'Autostrada A35 "BreBeMi" il cui casello di Treviglio è situato a nord del centro abitato e l'Autostrada A58 "Tangenziale Est Esterna di Milano" (o TEEM) accessibile dal casello di Paulo, che permette di collegare il Comune con l'Autostrada A1 Milano Napoli e l'Autostrada A4 "Serenissima".

L'intervento oggetto del presente studio è ubicato in zona periferica nella parte meridionale del Comune. Grazie alla presenza delle arterie viarie sopra citate, che intersecano il territorio limitrofo all'ambito di intervento,

la posizione risulta essere idonea per lo sviluppo di nuovi interventi di carattere logistico che vengono così collegati direttamente alla rete viaria principale, riducendo al minimo i possibili effetti negativi causati dal traffico indotto sulla rete urbana.

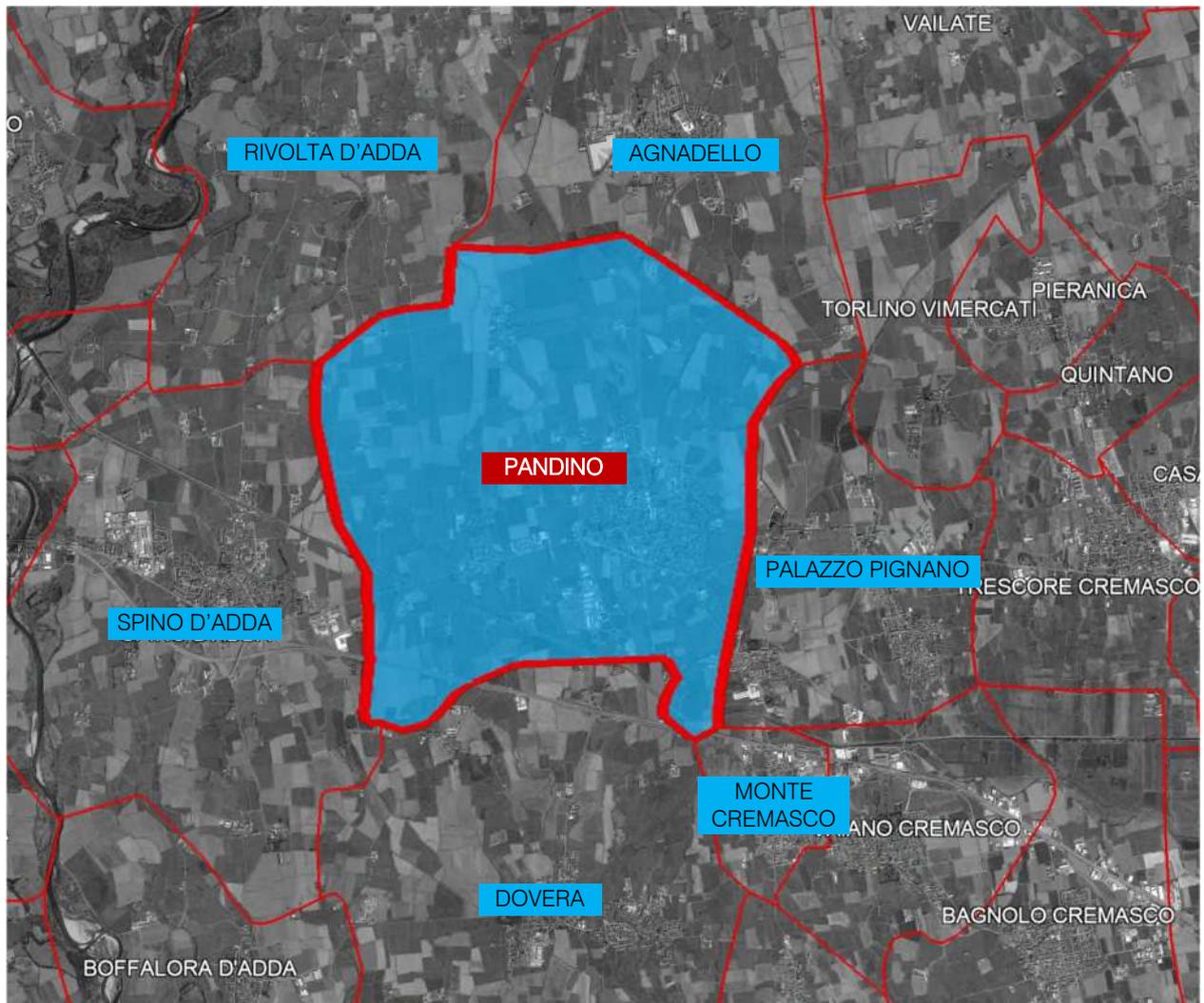


Figura 2.2 – Comuni limitrofi a Pandino

## 3 SISTEMA OFFERTA VIARIA

Nel presente capitolo verrà descritto il sistema dell'offerta di trasporto con la descrizione dei principali assi stradali e delle intersezioni limitrofe all'area di studio.

### 3.1 ASSI STRADALI PRINCIPALI

Le principali direttrici infrastrutturali afferenti all'area oggetto di studio risultano essere la SP415, Via Guido Rossa, la SP472 – Viale Lombardia, la SP35, Viale Europa e la SP91 – Via Milano.

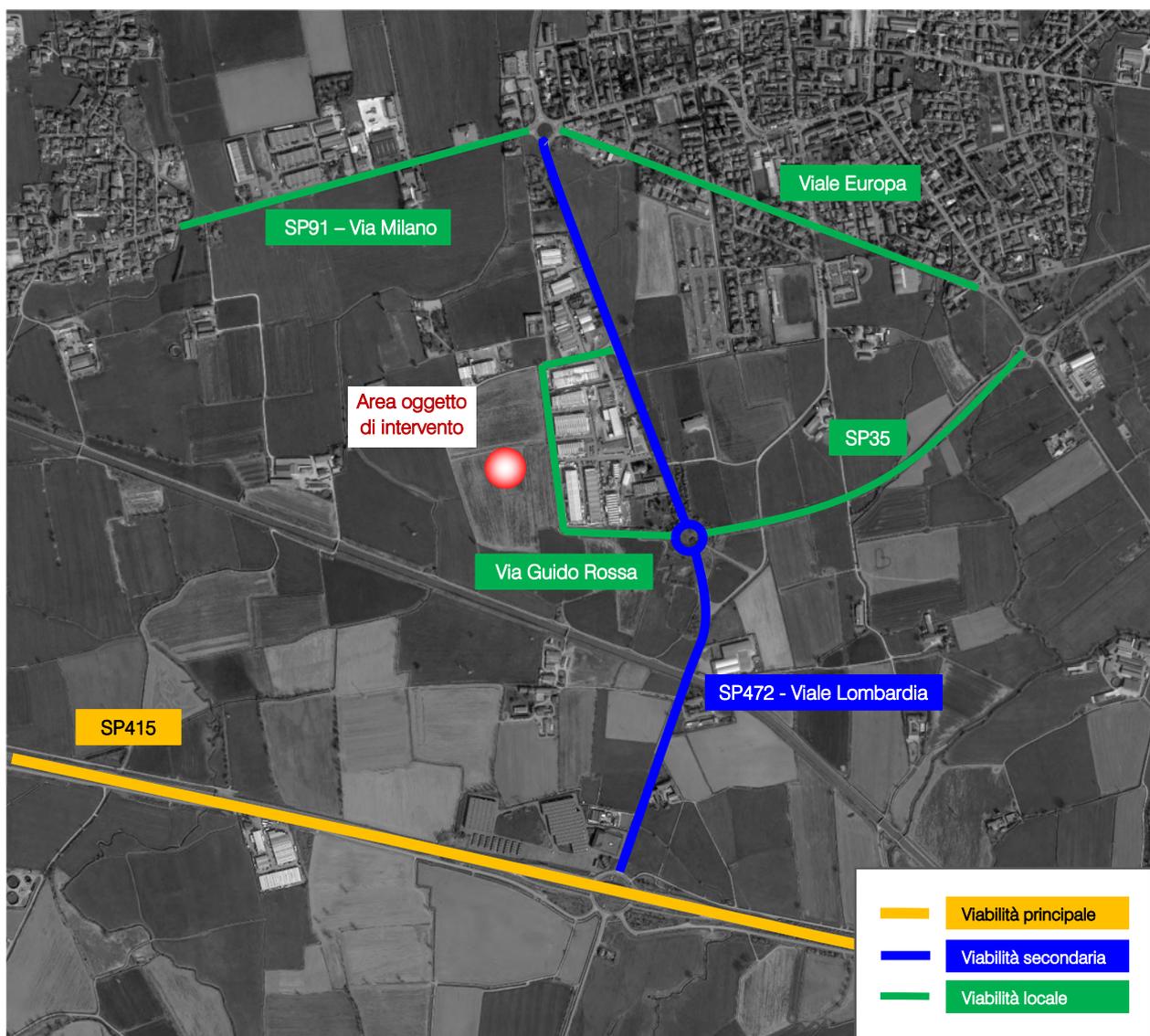


Figura 3.1 – Assi viari principali

Di seguito si riporta una breve descrizione per ciascuna delle strade citate, mentre per quanto riguarda il dettaglio descrittivo della viabilità di afferenza principale si rimanda agli allegati.

### SP415

La SP415 è un'importante arteria che connette Milano con Cremona. L'asse stradale trae origine dall'uscita Paulo dell'Autostrada A58, denominata "Tangenziale Est di Milano", e termina ad est a Crema in corrispondenza dell'intersezione a rotatoria con la SP10 "Padana Inferiore". In prossimità dell'ambito oggetto di intervento, l'asse viario si presenta a carreggiate separate con due corsie per direzione di marcia.

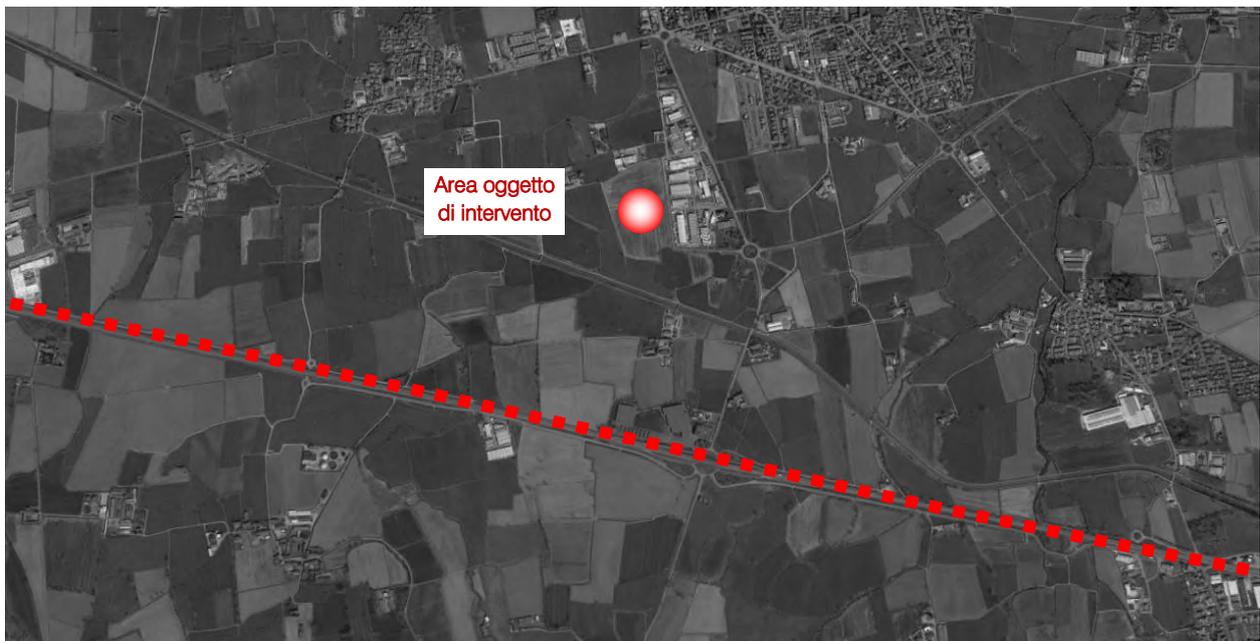


Figura 3.2 – SP415 - ortofoto



Figura 3.3 – SP415

### Via Guido Rossa

L'asse stradale trae origine dall'intersezione a rotatoria con la SP472 e termina a nord in corrispondenza dell'intersezione a raso con la medesima strada provinciale. La strada presenta una singola carreggiata con una corsia per senso di marcia. Con riferimento all'ambito oggetto di intervento, ne delimita il confine ovest.



Figura 3.4 – Via Guido Rossa - ortofoto



Figura 3.5 – Via Guido Rossa

### SP472 – Viale Lombardia

L'asse stradale trae origine dall'intersezione a rotatoria con lo svincolo della SP415 e tiene questa denominazione fino all'intersezione a rotatoria con la SP91.

Posta ad est rispetto l'area oggetto di intervento, la strada si presenta con una singola carreggiata e una corsia per senso di circolazione.



Figura 3.6 – SP472 – Viale Lombardia - ortofoto



Figura 3.7 – SP472 – Viale Lombardia

### SP35

L'asse stradale di riferimento trae origine dall'intersezione a rotatoria con la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa e termina a est in corrispondenza dell'intersezione a rotatoria con la SP90 – Via Roma. La strada si presenta ad unica carreggiata con una corsia per direzione di marcia.

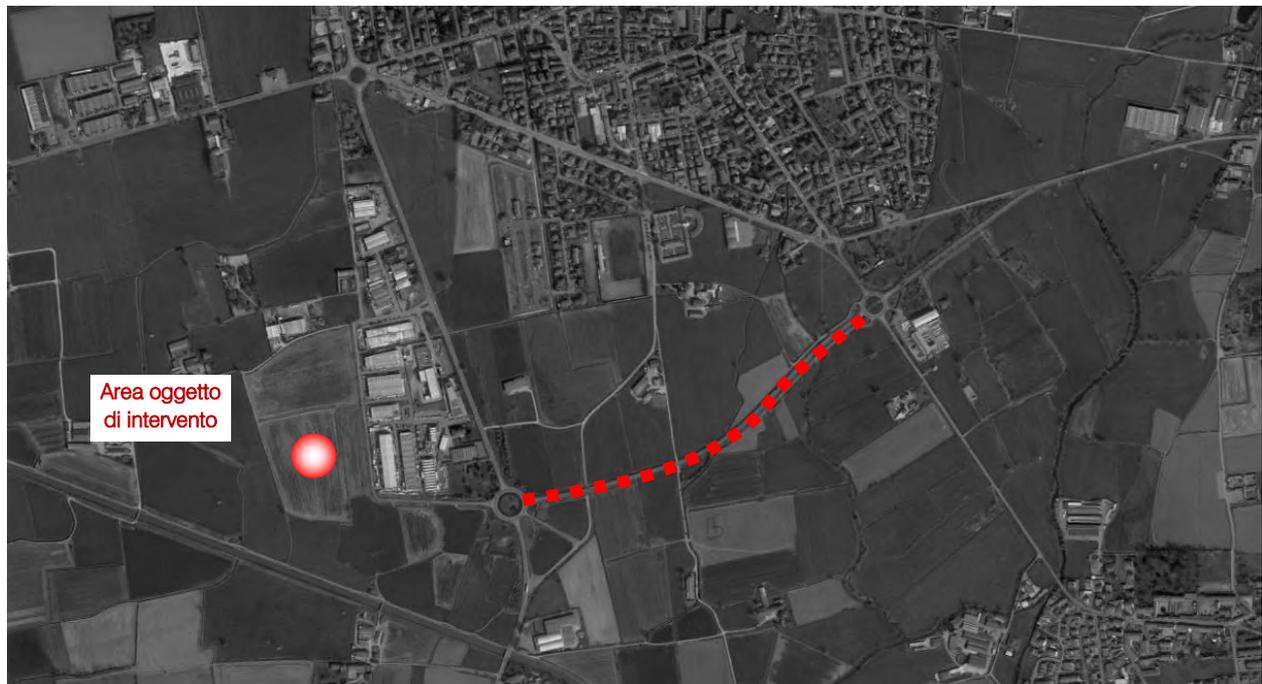


Figura 3.8 – SP35



Figura 3.9 – SP35

### Viale Europa

L'asse stradale trae origine dall'intersezione a rotatoria con la SP472 – Viale Lombardia, la SP91 – Via Milano, la SP472 – Via De Gasperi e Via Milano e termina a est in corrispondenza dell'intersezione a raso con Via Garibaldi e Via Trescore. La strada si presenta ad unica carreggiata con una corsia per direzione di marcia.



Figura 3.10 – Viale Europa



Figura 3.11 – Viale Europa

### SP91 – Via Milano

L'asse viario trae origine dall'intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, Via Milano e la SP472 – Via De Gasperi. È caratterizzata da una singola carreggiata e una corsia per senso di circolazione.

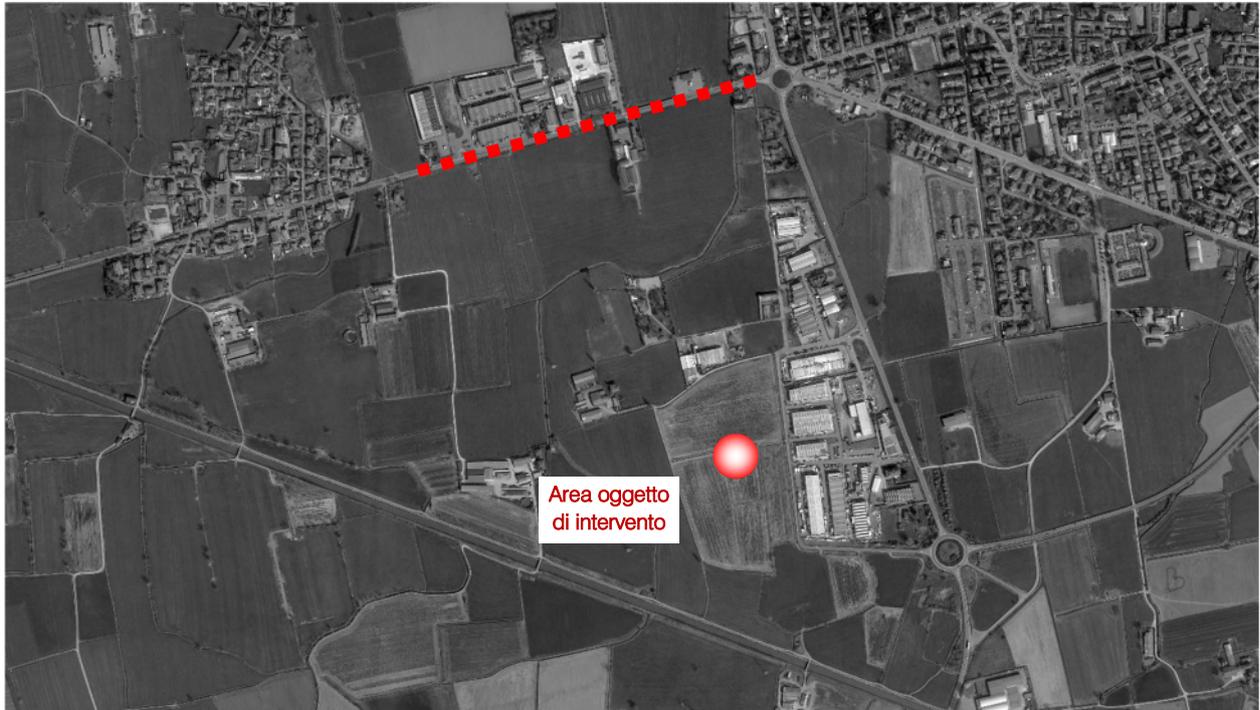


Figura 3.12 – SP91 – Via Milano - ortofoto



Figura 3.13 – SP91 – Via Milano

## 3.2 INTERSEZIONI LIMITROFA ALL'AREA

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le intersezioni più significative prossime all'area oggetto di studio, come evidenziato nella figura di seguito riportata:

1. *Intersezione a livelli sfalsati tra la SP415, la SP472 – Via Umberto I, la SP472 – Viale Lombardia, la Ex Statale Paullese e Via Paullese;*
2. *Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, la SP35 e Via Guido Rossa;*
3. *Intersezione a raso tra la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa;*
4. *Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, Via Milano, la SP472 – Via De Gasperi e la SP91 – Via Milano.*

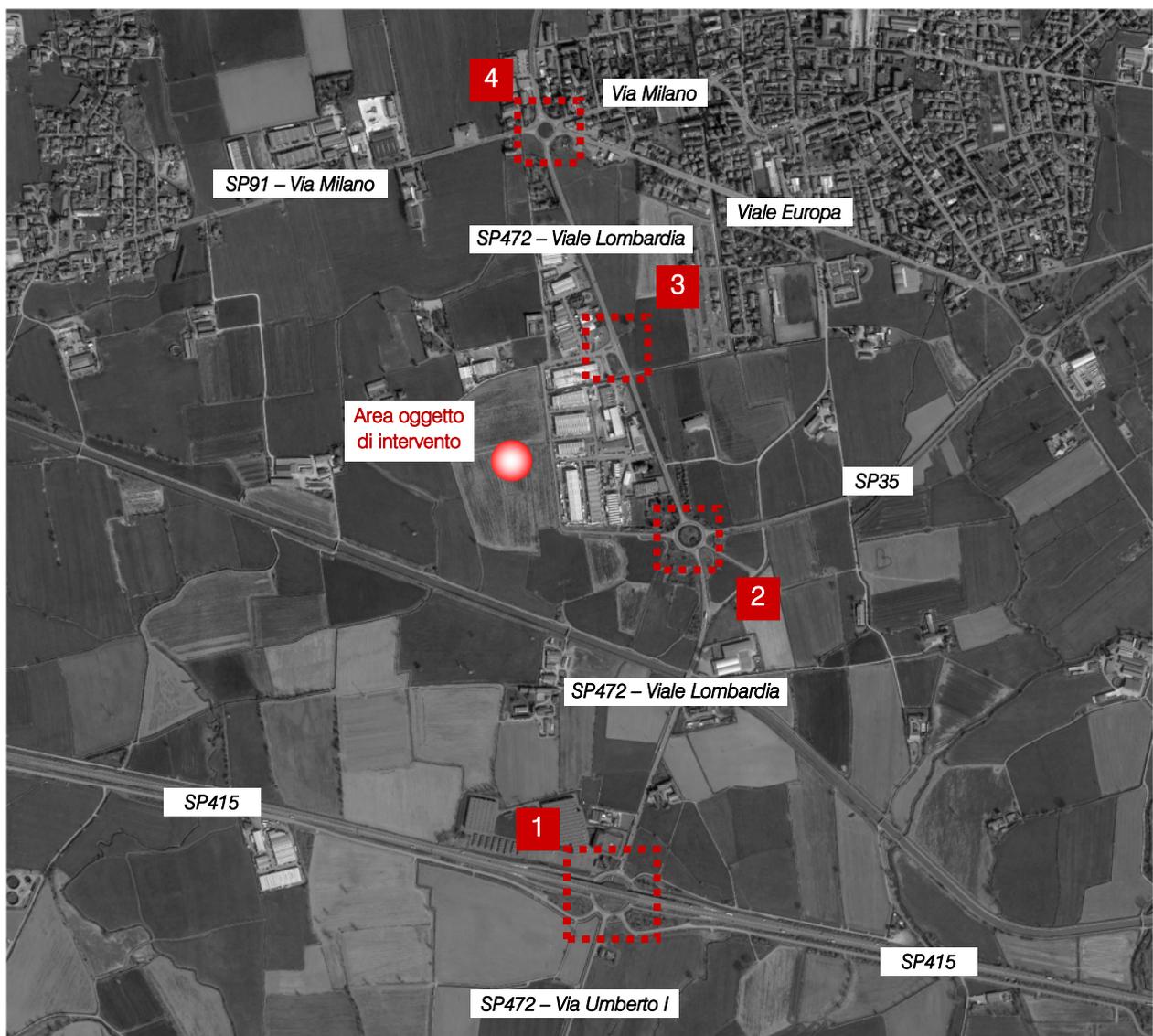


Figura 3.14 – Intersezioni attigue all'ambito di intervento

Di seguito si riporta una breve descrizione dell'intersezione citata, mentre per quanto riguarda il dettaglio descrittivo dei nodi minori si rimanda agli allegati.

Intersezione 1: Intersezione a livelli sfalsati la SP415, la SP472 – Via Umberto I, la SP472 – Viale Lombardia, la Ex Statale Pallese e Via Pallese

Trattasi di un'intersezione a 6 rami tra la direttrice principale rappresentata dalle rampe della SP415 e le direttrici secondarie rappresentate dalla SP472 – Via Umberto I, SP472 – Viale Lombardia, SP472, Ex Statale Pallese e Via Pallese. L'intersezione risulta illuminata.

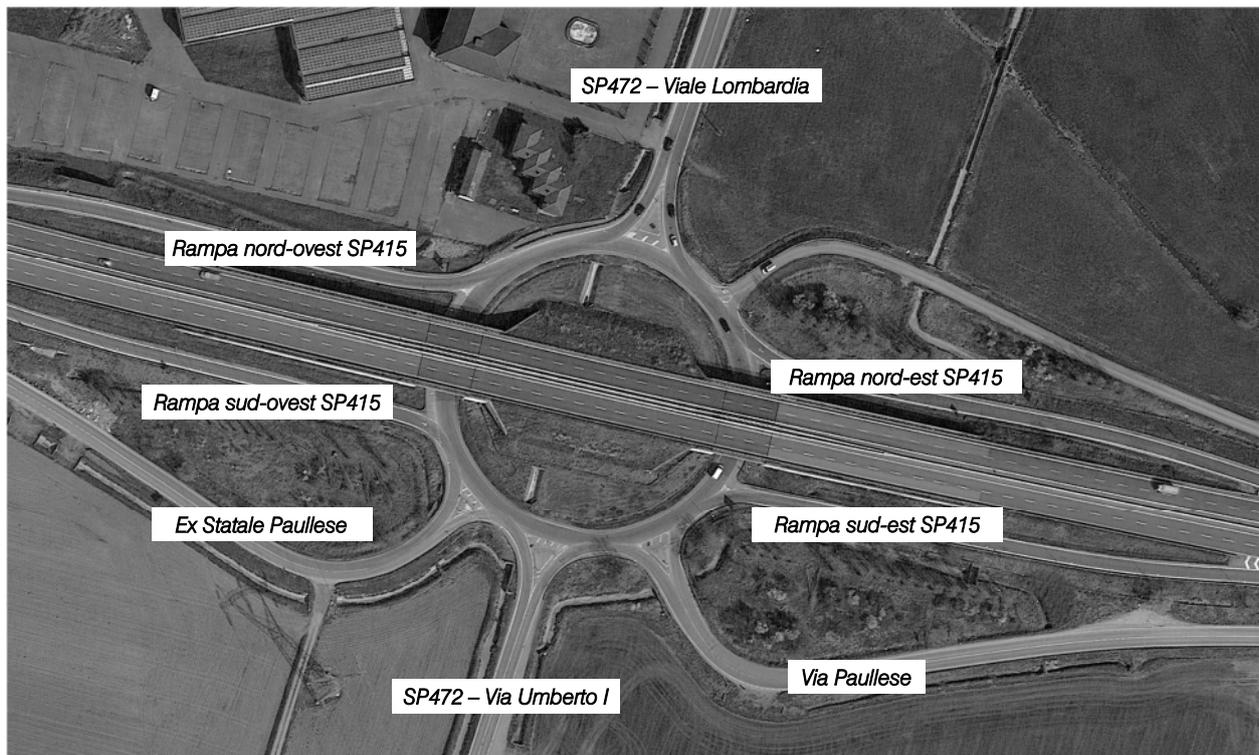


Figura 3.15 – Intersezione 1 – ortofoto



Figura 3.16 – Intersezione 1

Intersezione 2: Intersezione a rotatoria la SP472 – Viale Lombardia, la SP35 e Via Guido Rossa

È un'intersezione a rotatoria a 5 rami tra la direttrice principale rappresentata dalla SP472 – Viale Lombardia e le direttrici secondarie rappresentate dalla SP35 e Via Guido Rossa, mentre il quinto ramo dell'intersezione permette di raggiungere dei lotti di terreno nei pressi dell'intersezione stessa. Il nodo risulta dotato di impianto di pubblica illuminazione.



Figura 3.17 – Intersezione 2 – ortofoto



Figura 3.18 – Intersezione 2

Intersezione 3: Intersezione a raso tra la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa

È un'intersezione a raso tra la direttrice principale rappresentata dalla SP472 – Viale Lombardia e la direttrice secondaria rappresentata da Via Guido Rossa. Si osserva che le uniche manovre consentite sono quelle di svolta a destra, sia dalla principale che dalla secondaria. Il nodo risulta dotato di impianto di pubblica illuminazione.



Figura 3.19 – Intersezione 3 – ortofoto



Figura 3.20 – Intersezione 3

Intersezione 4: Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, Via Milano, la SP472 – Via De Gasperi e la SP91 – Via Milano

Trattasi di un'intersezione a rotatoria a 5 rami tra la direttrice principale rappresentata dalla SP472 – Viale Lombardia e le direttrici secondarie rappresentate da Viale Europa, Via Milano e SP91 – Via Milano. È presente un attraversamento pedonale nel ramo nord della SP472 – Viale Lombardia e il nodo risulta dotato di impianto di pubblica illuminazione.

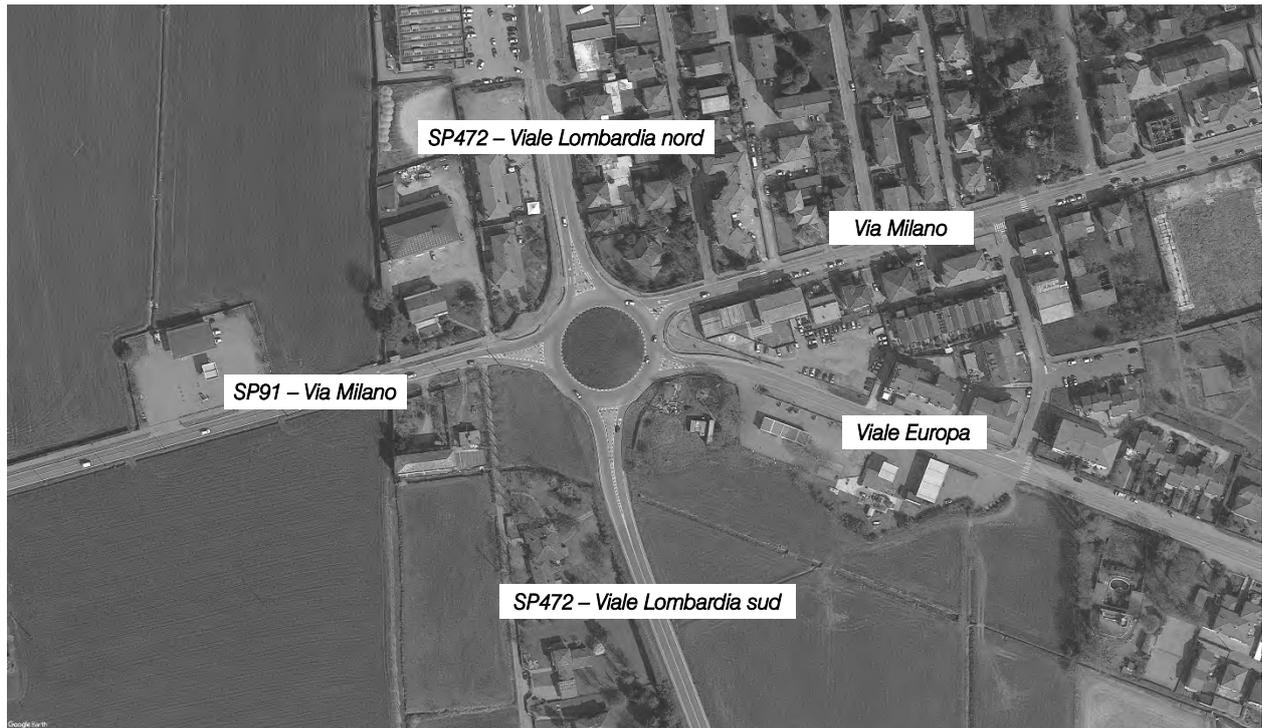


Figura 3.21 – Intersezione 4 – ortofoto



Figura 3.22 – Intersezione 4

### 3.3 CASELLO AUTOSTRADALE

L'ambito territoriale dove si insedierà il complesso logistico si pone a breve distanza da un'infrastruttura ad elevata capacità veicolare, ovvero l'Autostrada A58 "Tangenziale Est Esterna di Milano" accessibile dal casello posto nel territorio comunale di Paullo.

L'accesso alla viabilità ad elevata percorrenza è raggiungibile tramite la SP415.

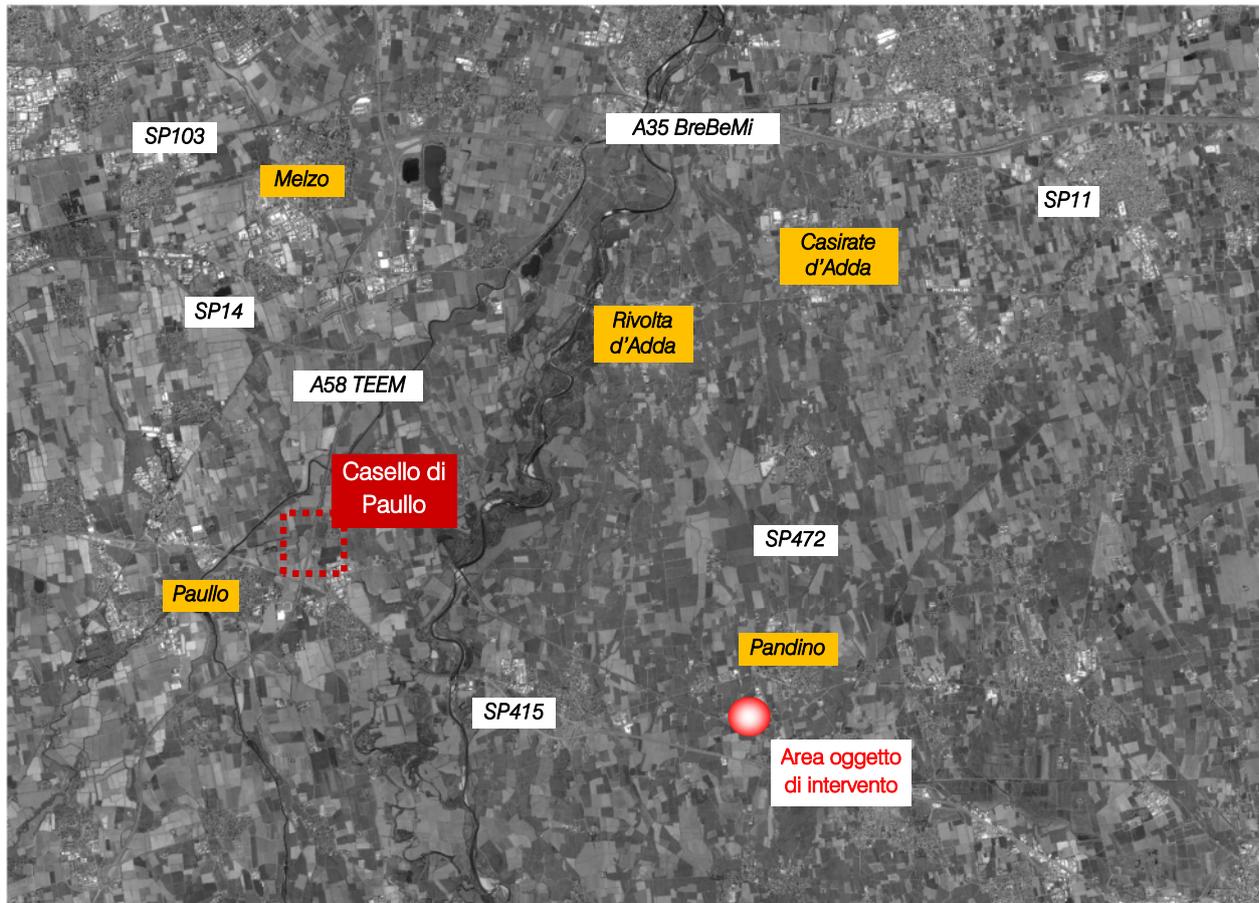


Figura 3.23 – Ortofoto casello autostradale limitrofo all'area oggetto di intervento

Il casello di Paullo ad alta capacità ed elevata autonomia presenta tre portali di ingresso, di cui due di tipo misto con biglietto e con tecnologia telepass e uno riservato ai clienti telepass e cinque portali in uscita, di cui uno totalmente dedicato alla tecnologia telepass, uno misto tra telepass e carte, due misti tra pagamento con carte e sistema di esazione automatico senza impiego di operatori e infine uno misto con tutte e tre le forme di pagamento. Sono inoltre presenti varchi dedicati al transito di mezzi di trasporto eccezionali in ingresso e in uscita.

Il casello si innesta su un'intersezione a rotatoria distante circa 200 metri con una corsia in attestazione e una corsia in uscita dall'intersezione.



*Figura 3.24 – Portali di ingresso all'autostrada A58 – casello di Paullo*



*Figura 3.25 – Portali di uscita dall'autostrada A58 – casello di Paullo*

Grazie a queste infrastrutture e alla relativa tecnologia di esazione, il sistema viabilistico a grande scala ha avuto un notevole miglioramento sia da un punto di vista dei ritardi veicolari che per quanto riguarda l'impatto ambientale in termini di traffico di attraversamento.

## 4 DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE

L'intervento oggetto del presente studio è ubicato in Comune di Pandino (CR) lungo Via Guido Rossa.

La viabilità di afferenza al lotto in questione risulta contraddistinta da una significativa quota di mobilità veicolare: la rete viaria è infatti interessata sia da flussi di penetrazione verso Pandino per gli utenti provenienti da fuori comune sia da mobilità locale in transito. Per questo motivo risulta di fondamentale importanza analizzare specificatamente le ricadute in termini di traffico originate dall'intervento di progetto.

Per descrivere, quindi, in modo completo ed accurato i flussi veicolari che contraddistinguono la rete viaria si è ricorsi ad una serie di rilievi automatici condotti lungo gli assi stradali caratterizzanti l'ambito di intervento. In aggiunta sono stati estrapolati anche i rilievi manuali nell'intervallo orario di punta rilevato in corrispondenza delle intersezioni limitrofe.

### 4.1 RILIEVI AUTOMATICI

Al fine di monitorare le principali caratteristiche del traffico - tipologie veicolari e flussi veicolari orari -, sono stati effettuati dei rilievi automatici lungo la viabilità di interesse.

I rilievi, eseguiti mediante strumentazione radar, hanno permesso un monitoraggio continuativo nelle giornate di venerdì e sabato, periodo in cui statisticamente si prevede l'indotto maggiore per un insediamento commerciale.

Le giornate di rilievo sono state pertanto:

- martedì 14 settembre 2021;
- mercoledì 15 settembre 2021.

Si precisa che la fase di misurazione dei flussi veicolari viene eseguita escludendo generalmente dall'attività di monitoraggio i seguenti periodi:

- feste prestabilite;
- eventi speciali (feste, mercati, manifestazioni sportive etc.).

I radar, dotati di propria alimentazione a batteria, sono stati ubicati esternamente alla carreggiata, senza arrecare alcun disturbo al normale deflusso veicolare, con angolazione rispetto all'asse stradale tale da permettere il corretto conteggio dei flussi veicolari.

Durante le operazioni di installazione si è provveduto infatti a calibrare la strumentazione variando l'angolo di inclinazione del radar parallelamente al piano viabile; grazie all'ausilio di un palmare si è potuto inoltre verificare, in tempo reale, l'effettivo conteggio dei veicoli e la loro lunghezza.



Figura 4.1 – Strumentazione radar utilizzata

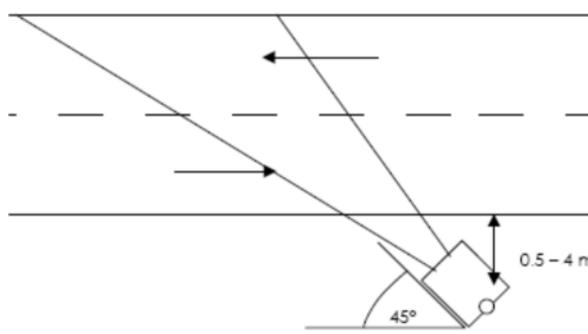


Figura 4.2 – Angolo di installazione dei radar rispetto alla direzione di marcia

L'indagine è stata condotta relativamente ai flussi di traffico per fasce orarie (00.00-24.00) divise per intervalli di 15 minuti.

Di seguito dopo un'illustrazione puntuale delle sezioni stabilite per il rilievo verranno brevemente sviluppate alcune osservazioni sui dati di traffico, riportati in dettaglio in allegato, in cui, per le giornate di martedì 14 e mercoledì 15 settembre 2021, verranno specificati:

- dati generali accompagnati da documentazione fotografica;
- volumi di traffico con intervallo pari a 15';
- volumi di traffico orari;
- grafici finali.

I dati di traffico immagazzinati sono stati rielaborati mediante un apposito database distinguendoli per numero di postazione, direzione, giorno, classe veicolare e fascia oraria. I dati sono stati poi aggregati utilizzando come riferimento temporale il quarto d'ora ed omogeneizzati in termini di veicoli equivalenti utilizzando il coefficiente 0.5 per i motocicli, 1.0 per le autovetture, 1.5 per i commerciali leggeri e 2.0 per i mezzi pesanti.

Per quanto concerne le tipologie veicolari utilizzate per le rielaborazioni i veicoli rilevati sono stati suddivisi, in base alla loro lunghezza (L) in 4 classi:

Tipologia veicolare	Lunghezza
Motocicli	0.0 m < L < 2.5 m
Auto	2.5 m ≤ L < 6.0 m
Commerciali leggeri	6.0 m ≤ L < 8.5 m
Mezzi pesanti	8.5 m ≤ L < 21.0 m

Tabella 4.1 – Suddivisione classi veicolari

Di seguito si propone una sintetica tabella riportante il numero dei radar e gli assi stradali lungo i quali sono stati collocati:

Numerazione radar	Corsie rilevate	Posizione
Radar 1	1	SP472 – Via Umberto I dir. nord-est
Radar 2	1	SP472 – Via Umberto I dir. sud-ovest
Radar 3	1	Via Paullese dir. ovest
Radar 4	1	Via Paullese dir. est
Radar 5	1	Rampa nord-est SP415 dir. ovest
Radar 6	1	Rampa sud-est SP415 dir. est
Radar 7	1	SP472 – Viale Lombardia dir. sud-ovest
Radar 8	1	SP472 – Viale Lombardia dir. nord-est
Radar 9	1	Rampa sud-ovest SP415 dir. est
Radar 10	1	Rampa nord-ovest SP415 dir. ovest
Radar 11	1	Ex Statale Paullese dir. est
Radar 12	1	Ex Statale Paullese dir. ovest
Radar 13	1	SP35 dir. ovest
Radar 14	1	SP35 dir. est
Radar 15	1	Via Guido Rossa dir. est
Radar 16	1	Via Guido Rossa dir. ovest

Tabella 4.2 – Specifica radar

In aggiunta si riporta la documentazione fotografica dei radar installati lungo la viabilità di afferenza, da cui si evince come le apparecchiature siano state posizionate esternamente alla sede stradale senza arrecare alcun disturbo al normale deflusso veicolare.

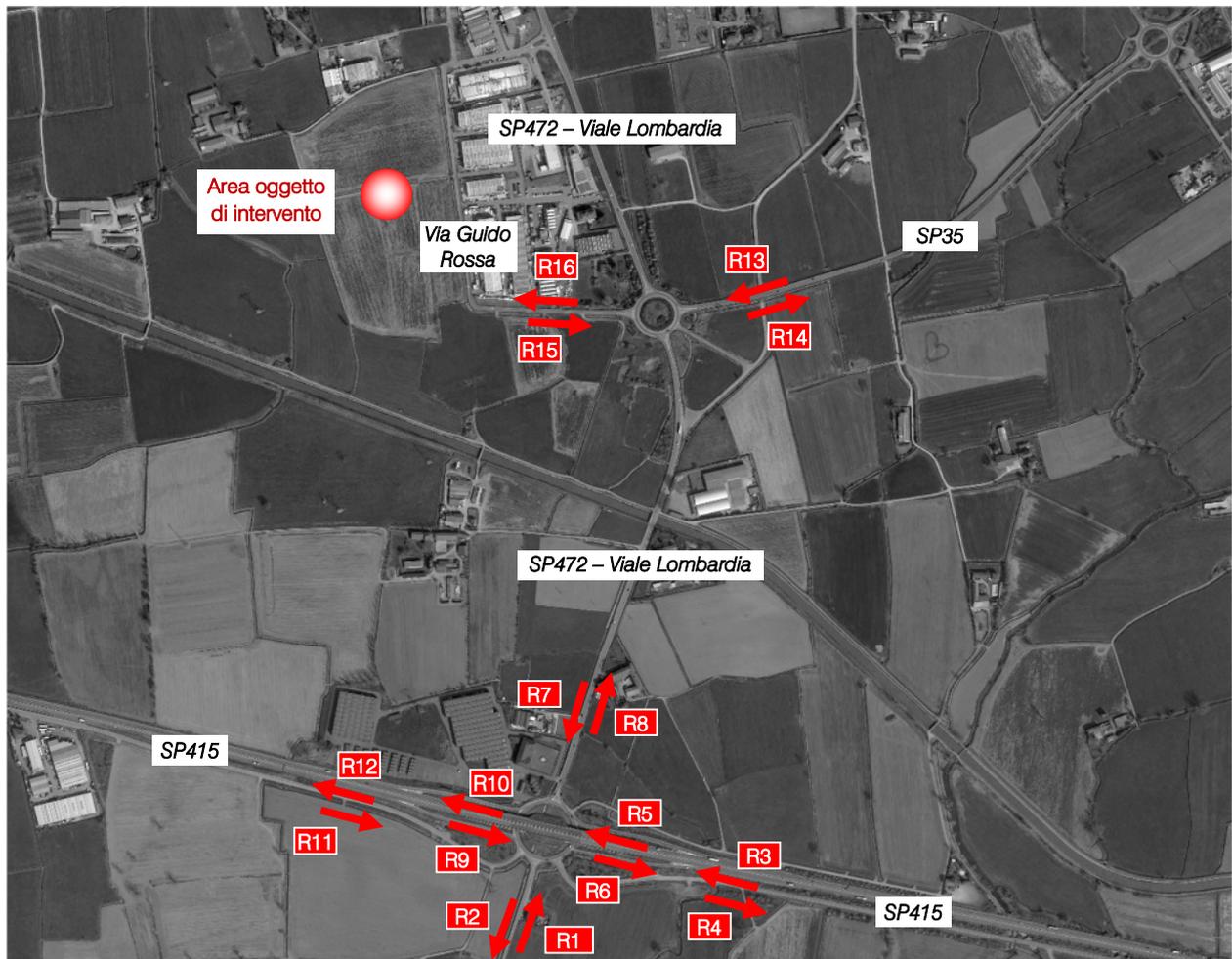


Figura 4.3 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar



Figura 4.4 – Radar 1



Figura 4.5 – Radar 2



Figura 4.6 – Radar 3



Figura 4.7 – Radar 4



Figura 4.8 – Radar 5



Figura 4.9 – Radar 6



Figura 4.10 – Radar 7



Figura 4.11 – Radar 8



Figura 4.12 – Radar 9



Figura 4.13 – Radar 10



Figura 4.14 – Radar 11



Figura 4.15 – Radar 12

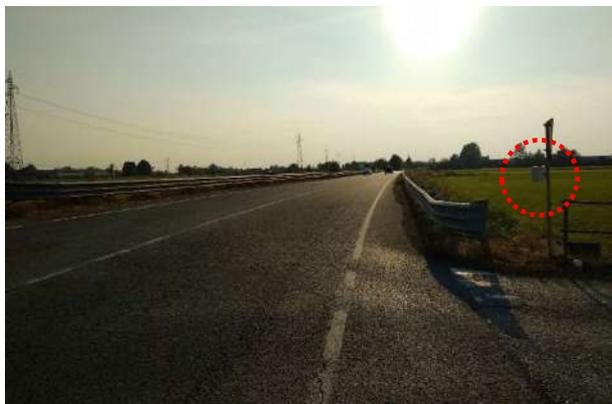


Figura 4.16 – Radar 13



Figura 4.17 – Radar 14



Figura 4.18 – Radar 15



Figura 4.19 – Radar 16

Globalmente, analizzando i dati ricavati dalle apparecchiature radar si osserva come le due giornate di rilievo siano caratterizzate da volumi di traffico simili; il giorno che ha registrato valori maggiori è il **mercoledì**, mentre la giornata di martedì ha flussi inferiori del solo 1,2%.

Osservando l'istogramma, si può osservare come i radar delle sezioni 7 e 8 abbiano registrato i flussi giornalieri maggiori; tali sezioni si trovano infatti lungo la SP472 – Viale Lombardia che consente il collegamento tra le località a sud di Pandino, nonché gli spostamenti provenienti/diretti da/verso il paese.

Andando a valutare gli andamenti orari si nota come le due giornate di rilievo presentino andamenti molto simili. Sono evidenti i due picchi: al mattino nella fascia oraria 7.30-8.30 e alla sera nella fascia oraria 17.15-

18.15. Prendendo a riferimento la giornata del mercoledì, contraddistinta da volumi di traffico maggiori, l'ora di punta della sera si ha dalle 17.15 alle 18.15.

I flussi 00-24 nelle sezioni di indagine nei due giorni di rilievo sono riassunti nella tabella seguente.

SEZIONE	Martedì 14.09.2021	Mercoledì 15.09.2021
1	5.463	5.536
2	5.703	5.976
3	1.288	1.307
4	1.297	1.315
5	4.734	4.704
6	4.890	4.937
7	9.841	10.453
8	9.632	9.499
9	3.918	3.685
10	3.714	3.802
11	681	680
12	633	636
13	3.918	3.911
14	3.764	3.694
15	643	677
16	657	680
<b>Totale</b>	<b>60.776</b>	<b>61.492</b>

Tabella 4.3 – Veicoli equivalenti giornalieri 00.00 – 24.00

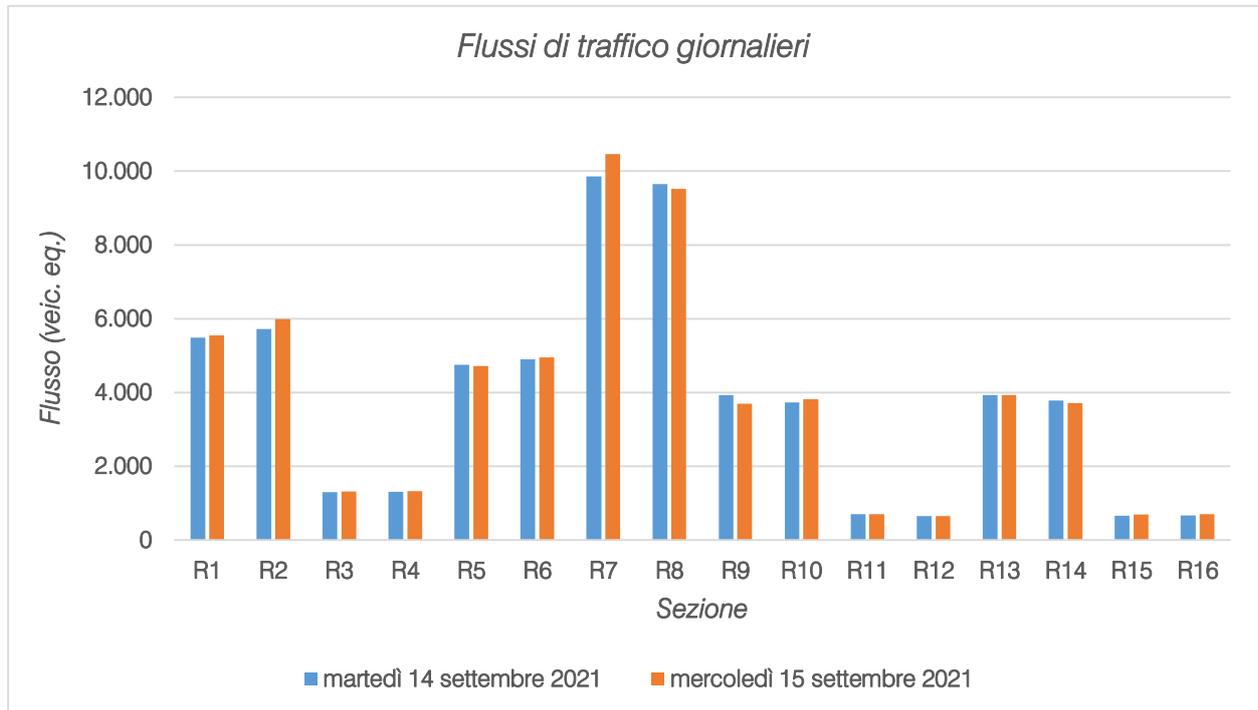


Figura 4.20 – Flussi di traffico giornalieri

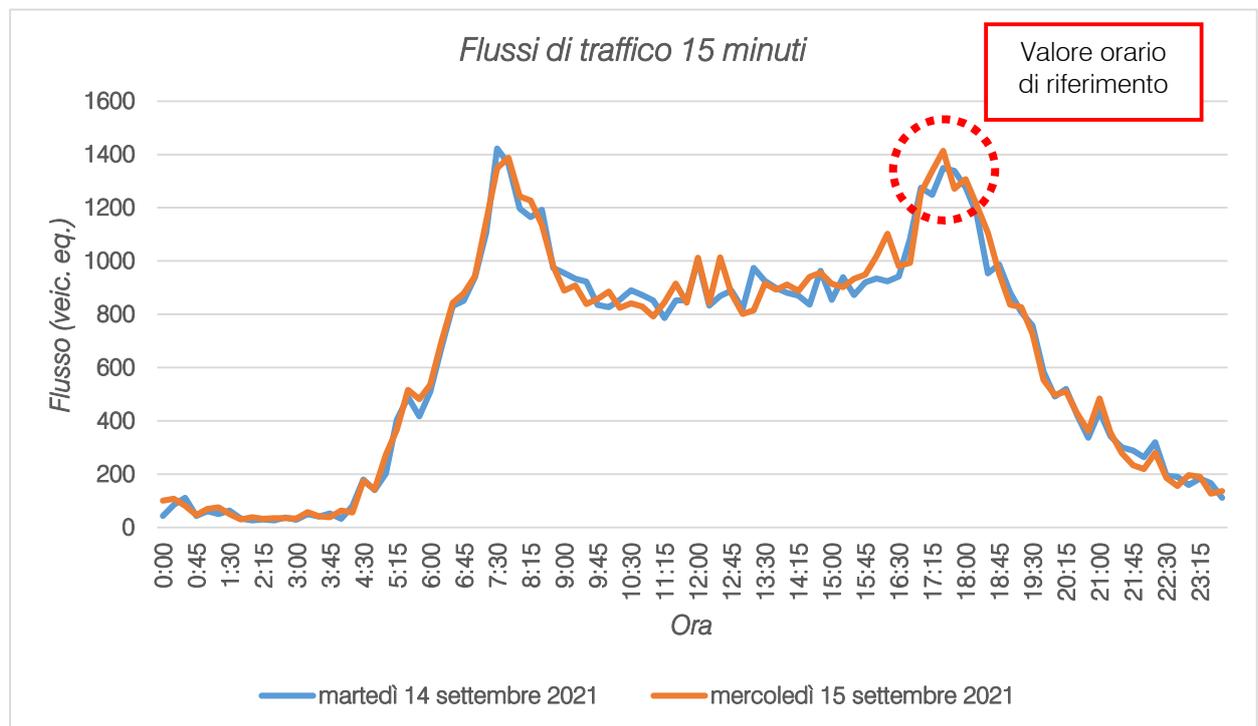


Figura 4.21 – Confronto andamento volumi di traffico

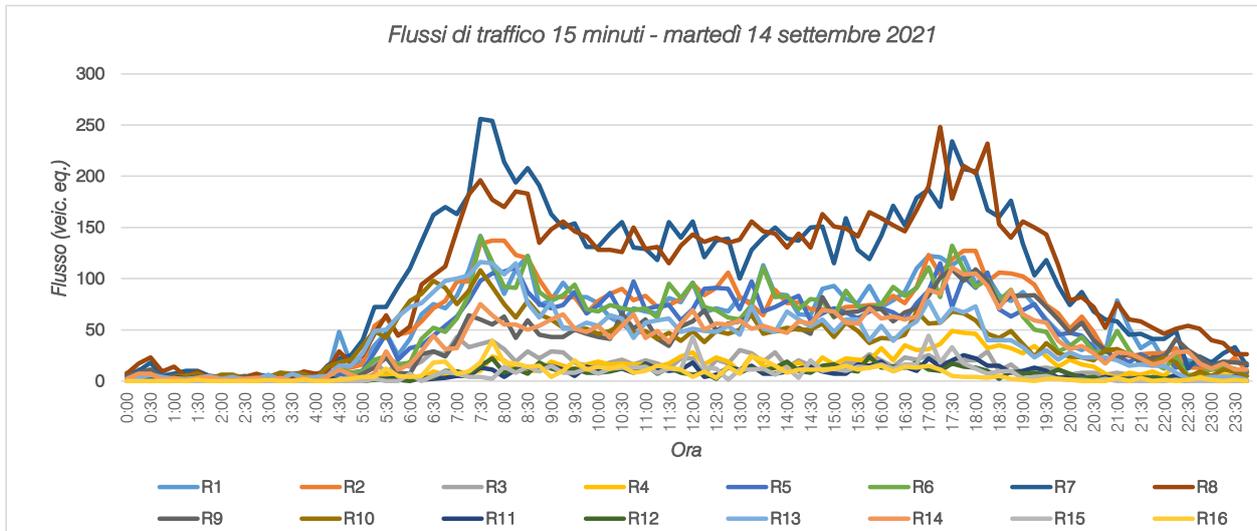


Figura 4.22 – Andamento volumi di traffico per sezione – martedì

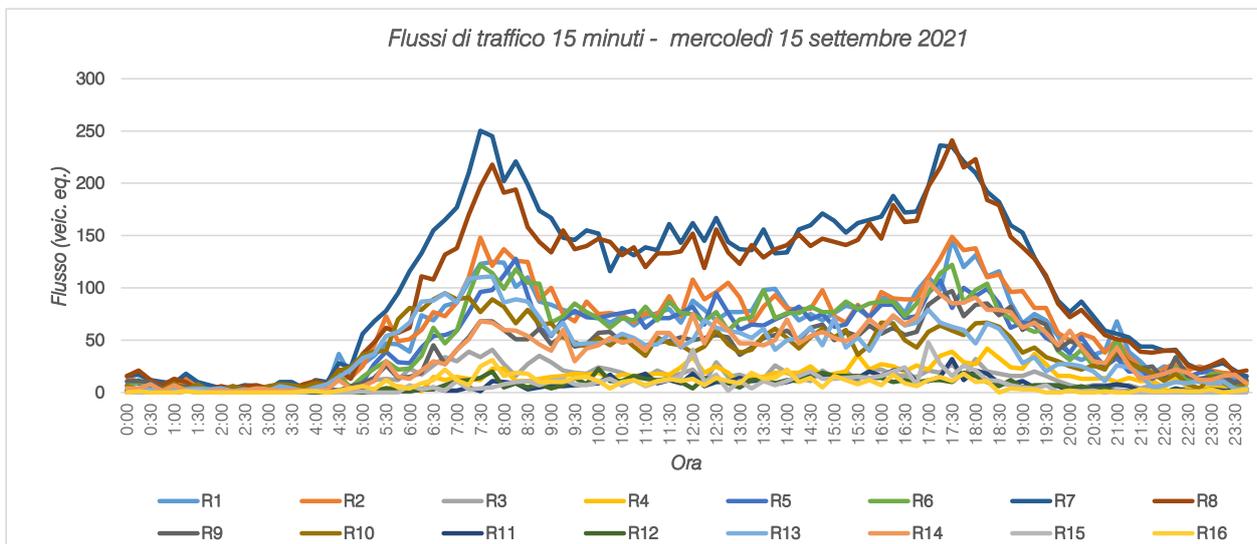


Figura 4.23 – Andamento volumi di traffico per sezione – mercoledì

Ai fini di analizzare con completezza tutti gli assi viari presenti nei pressi dell'ambito oggetto di intervento sono stati eseguiti dei rilievi automatici anche lungo la SP415 in entrambe le direzioni di marcia.

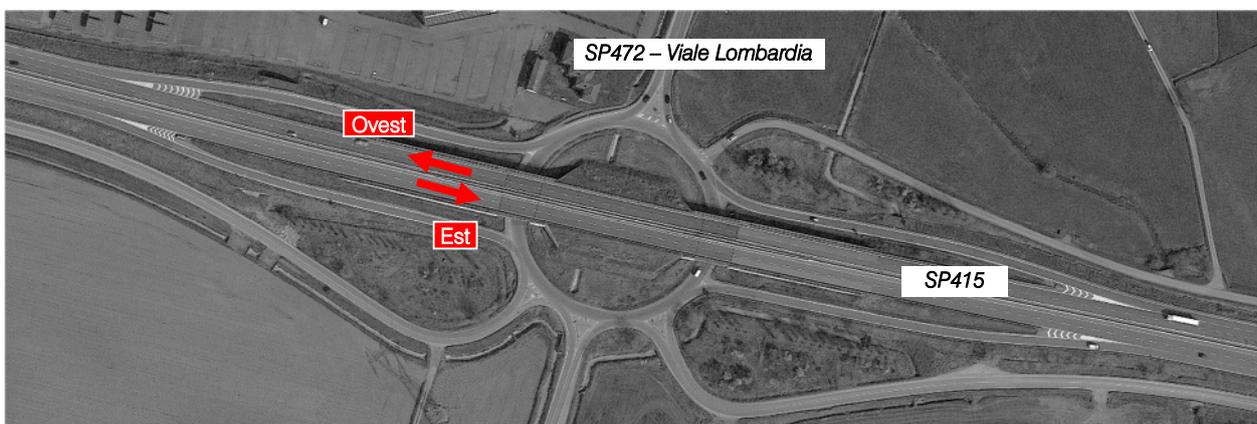


Figura 4.24 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar lungo la SP415

Analizzando i grafici si può osservare che i flussi transitanti lungo la SP415 in entrambi i sensi di direzione risultano comparabili tra di loro: la giornata che ha registrato valori maggiori è il mercoledì, mentre la giornata del martedì presentano valori di flusso inferiore solamente del 1,5%.

DIREZIONE	Martedì 14.09.2021	Mercoledì 15.09.2021
Ovest	8.648	8.725
Est	8.429	8.611
<b>Totale</b>	<b>17.077</b>	<b>17.336</b>

Tabella 4.4 – Veicoli equivalenti giornalieri 00.00 – 24.00 lungo la SP415

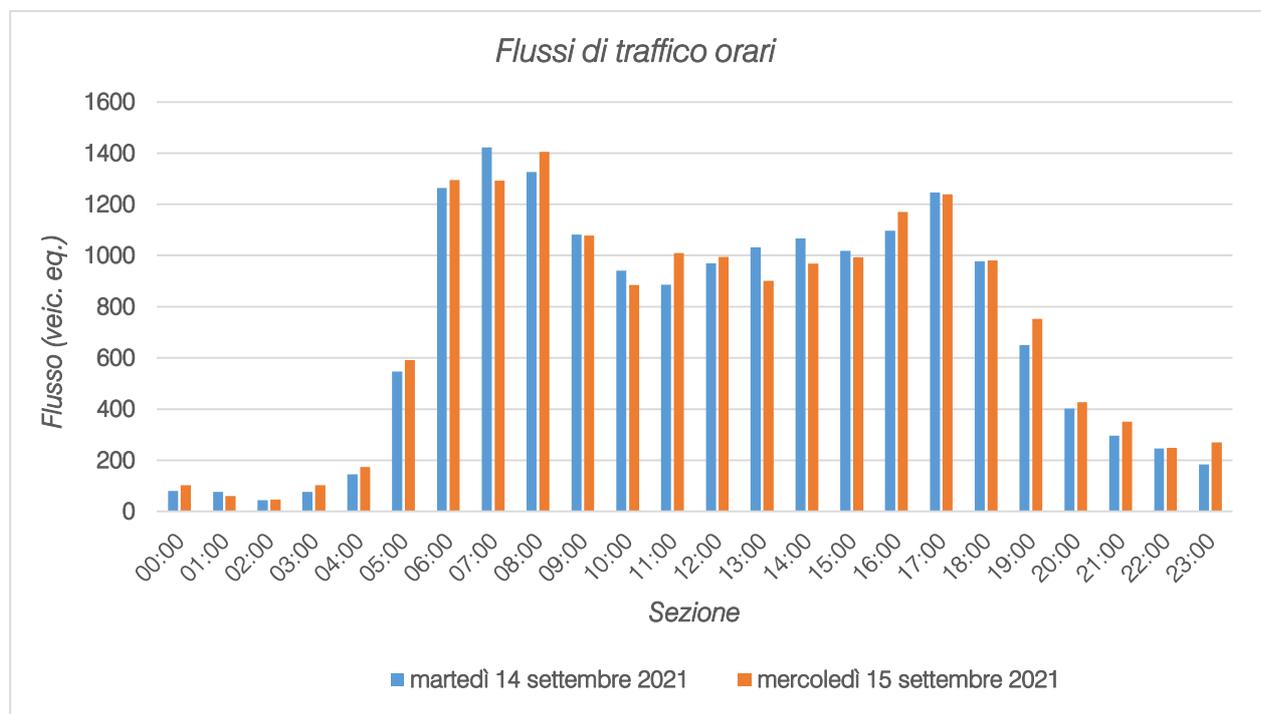


Figura 4.25 – Flussi di traffico orari lungo la SP415

## 4.2 RILIEVI MANUALI

Oltre ai rilievi automatici che hanno evidenziato le ore di punta caratterizzanti l'area, sono stati eseguiti anche dei rilievi manuali in corrispondenza delle principali intersezioni attigue all'area di intervento:

1. Intersezione a livelli sfalsati tra la SP415, la SP472 – Via Umberto I, la SP472 – Viale Lombardia, la Ex Statale Paullese e Via Paullese;
2. Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, la SP35 e Via Guido Rossa;
3. Intersezione a raso tra la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa;
4. Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, Via Milano, la SP472 – Via De Gasperi e la SP91 – Via Milano.

I rilievi sono stati eseguiti in data mercoledì 15 settembre 2021 nell'intervallo critico della sera. Ogni corrente di traffico interessante le singole intersezioni è stata monitorata da vari operatori compilando appositi moduli di rilevamento sui quali sono stati annotati i passaggi dei veicoli distinti per classe veicolare e per orario.

Negli allegati, per ciascuna intersezione analizzata si riportano per l'ora di punta del sistema:

- uno schema delle manovre e la tabella relativa in riferimento all'intervallo temporale 17.15–18:15;
- le matrici O/D in veicoli totali ed equivalenti dell'intersezione in riferimento all'ora di punta.

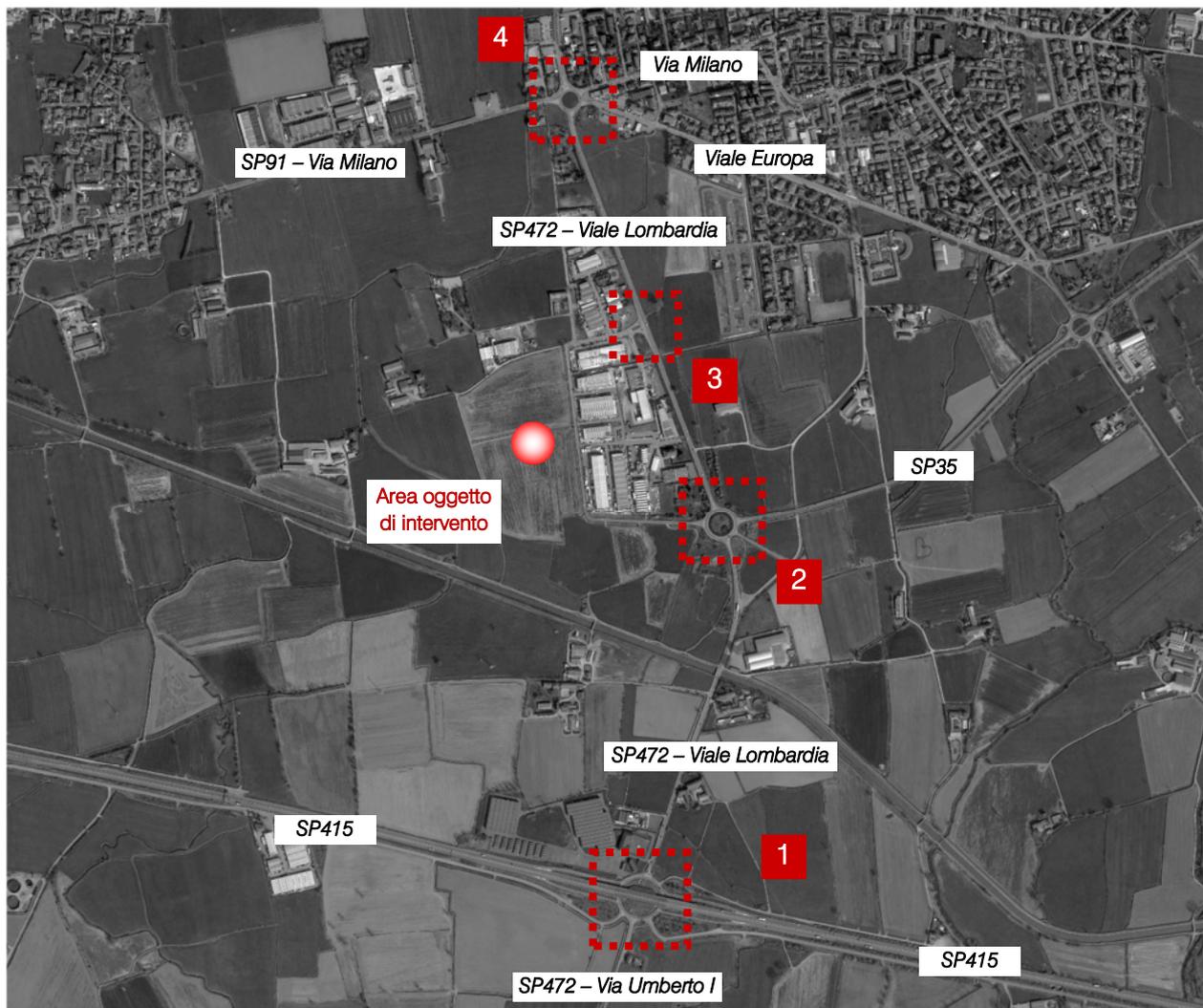


Figura 4.26 – Intersezioni rilevate

## 5 SCENARIO FUTURO

### 5.1 INTERVENTO DI PROGETTO

L'intervento oggetto di studio prevede la realizzazione di un centro a destinazione logistica ubicato in Via Guido Rossa in Comune di Pandino (CR).

All'interno dell'area di intervento è prevista la realizzazione di un nuovo edificio a destinazione logistica di "tipo tradizionale" – attività di stoccaggio e distribuzione – caratterizzato da una SLP pari a 44.525 mq, mentre l'area a verde è di 8.014 mq. Contestualmente è prevista la realizzazione di spazi dedicati al parcheggio di auto e mezzi pesanti (n.84 posti auto e n.22 posti sosta camion), posizionati in maniera tale da garantire adeguata movimentazione dei mezzi.



Figura 5.1 – Identificazione intervento di progetto

La seguente tabella riporta il riepilogo delle superfici lorde pavimentate di progetto, mentre per i dettagli progettuali si rimanda agli elaborati contenuti nella pratica edilizia.

Tipo superficie	Valore superficie
SLP magazzino	40.800 mq
SLP uffici PT+P1	600 mq
SLP soppalchi	3.125 mq
<b>SLP TOTALE</b>	<b>44.525 mq</b>

Tabella 5.1 – Riepilogo superficie di progetto

## 5.2 ACCESSIBILITÀ DI PROGETTO

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di un'intersezione a rotatoria lungo Via Guido Rossa con la quale sarà possibile accedere all'area oggetto di intervento da parte dei mezzi pesanti. Per quanto riguarda l'accesso destinato ai dipendenti e visitatori si prevede un secondo accesso realizzato lungo la stessa via.

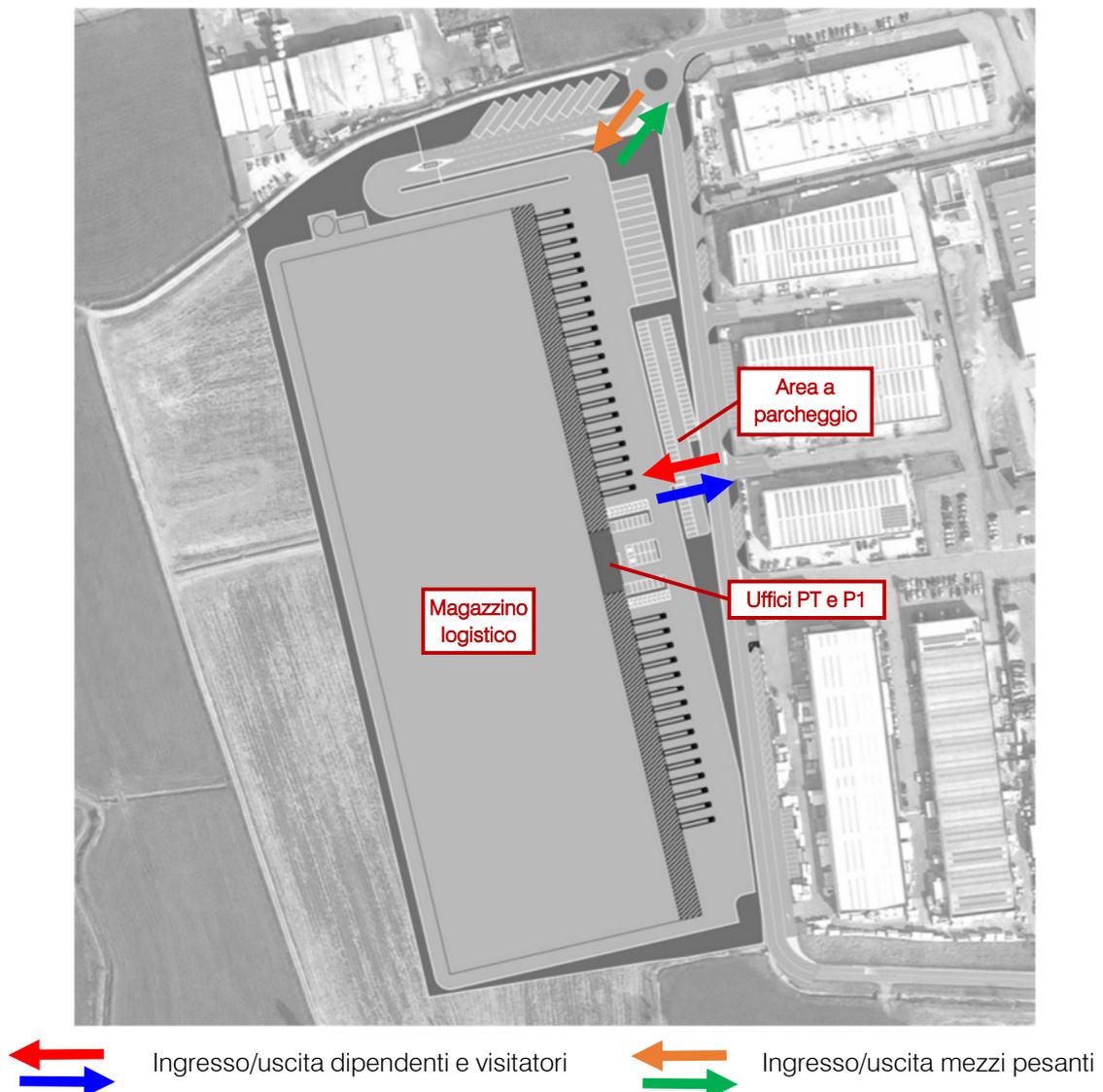


Figura 5.2 – Accesso lotto di progetto

Il territorio infrastrutturale comunale, dotato di un sistema infrastrutturale piuttosto semplice, è caratterizzato dalla presenza del casello dell'autostrada A58 "TEEM" di Paullo, che si trova a breve distanza dalla futura area di intervento (circa 10 km). I percorsi dei mezzi commerciali saranno limitati esclusivamente al collegamento tra il polo logistico e il casello autostradale.

A quanto detto si aggiunga che i percorsi delle autovetture dei dipendenti interesseranno perlopiù strade esterne al centro abitato con tipica "funzione di attraversamento" (SP472 e SP415).

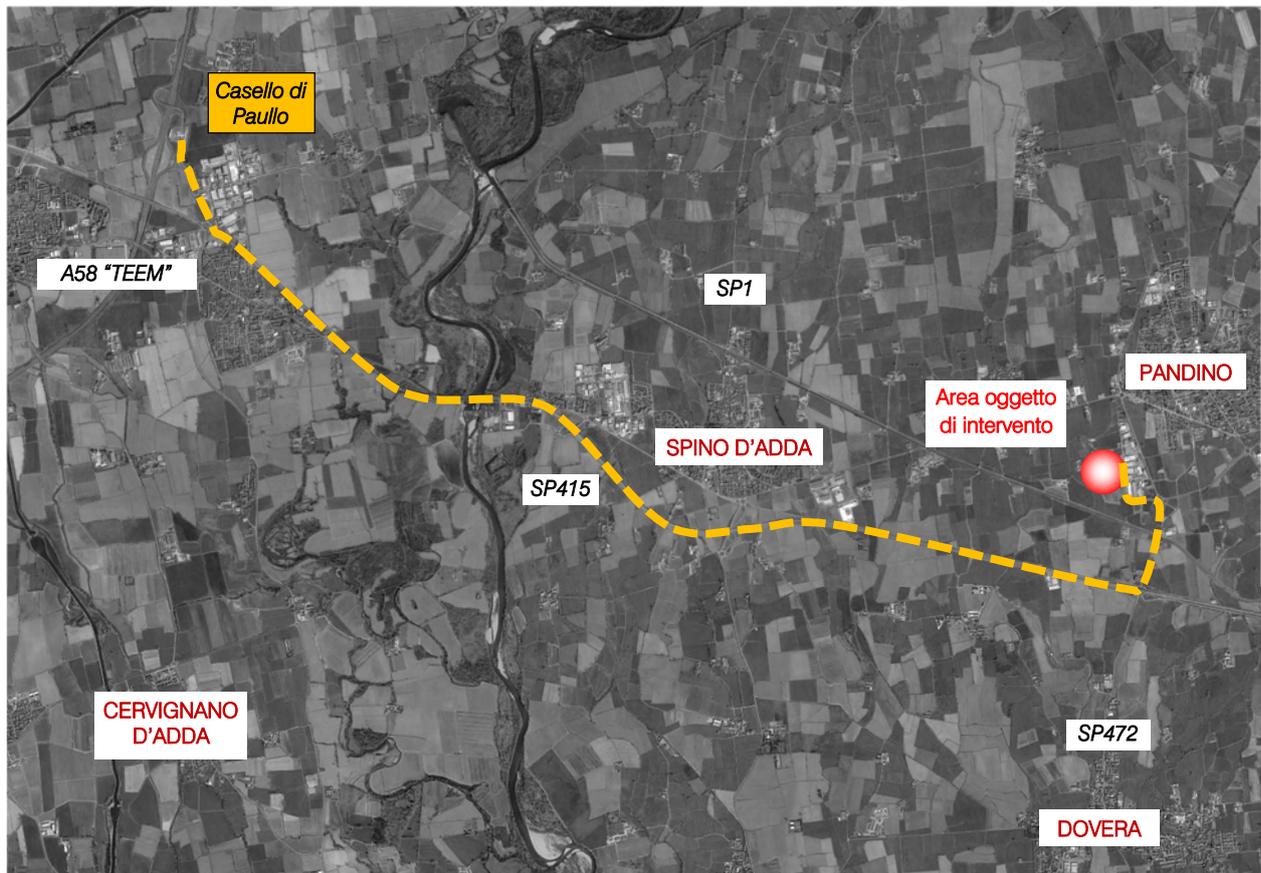


Figura 5.3 – Percorso in ingresso/uscita dei mezzi pesanti indotti

### 5.3 FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTI DAL COMPLESSO A DESTINAZIONE LOGISTICA

Al fine di determinare il reale impatto viabilistico prodotto dal futuro scenario, dopo aver ricostruito lo stato di fatto in termini di offerta e domanda di trasporto e descritto l'intervento di progetto, è necessario stimare i flussi veicolari in ingresso/uscita dal lotto in esame in aggiunta a quelli attualmente gravitanti sulla rete.

Obiettivo del presente studio è la valutazione dell'impatto viabilistico generato dall'insediamento di un nuovo centro a destinazione logistica che, allo stato attuale pur non essendo ancora stato definito nel dettaglio, è possibile descrivere nelle sue caratteristiche generali ipotizzando degli scenari verosimili in una situazione di piena operatività, secondo le informazioni fornite dal Proponente.

Il ciclo lavorativo del magazzino logistico si ipotizza che si svolgerà su due turni lavorativi di 8 ore (06.00-18.00) ed avrà carattere continuativo durante tutto l'arco dell'anno. Le spedizioni/ricezioni della merce si svolgono normalmente dalle 08.00 alle 18.00.

### 5.3.1 Veicoli commerciali

Sulla base delle indicazioni fornite dal Proponente, congruente con i dati relativi a strutture simili analizzate dallo Scrivente in contesti analoghi, considerando la SLP dell'edificio di progetto pari a 44.525 mq e n.35 baie di carico, per questa tipologia di struttura si ipotizza un indotto giornaliero di n.1 mezzo pesante in ingresso per ogni baia di carico, per un totale di 35 mezzi pesanti in ingresso al giorno e altrettanti in uscita. Si prevede una programmazione di arrivi e partenze fra le 08.00 e le 18.00.

Utilizzando le percentuali di rapporto fra i flussi in ora di punta e l'indotto giornaliero forniti dal Trip Generation Manual per i "Magazzini di logistica" si può stimare quindi che l'11% ed il 12% di questi 70 mezzi indotti/giorno si concentrino rispettivamente nell'ora di punta del mattino (A.M.) e del pomeriggio (P.M.).

Di questi, al mattino il 69% sarà in ingresso ed il 31% in uscita, mentre alla sera le percentuali saranno invertite. Si riporta a seguire uno schema riassuntivo con i valori di indotti arrotondati per eccesso:

Indotti	IN – veicoli attratti	OUT – veicoli generati	TOT indotti
Flussi giornalieri	35 veic.	35 veic.	70 veic.
Hdp mattino (07.30-08.30)	5 veic.	2 veic.	7 veic.
Hdp pomeriggio (17.15-18.15)	2 veic.	6 veic.	8 veic.

Tabella 5.2 – Veicoli pesanti indotti dal nuovo complesso logistico

### 5.3.2 Autoveicoli dipendenti magazzini logistici e uffici

Prendendo a riferimento i principali studi presenti in letteratura ed analisi effettuate dallo Scrivente per interventi analoghi, è possibile stimare in maniera cautelativa il numero di addetti.

Data una SLP totale di 44.525 mq, di cui una superficie di circa 40.800 mq destinata al magazzino mentre i restanti 3.725 mq a destinazione uffici, è possibile definire un totale di 60 persone, pari a 20 addetti al magazzino logistico e 40 impiegati. L'indotto dovuto ai visitatori diretti al complesso logistico è ipotizzato pari alla metà del numero degli impiegati, stimati in 20 indotti nell'arco delle 10 ore, 2 veicoli nelle ore di punta previste. Per queste tre categorie di indotti è possibile definire diversi orari di accesso all'area oggetto di studio, da confrontare con le ore di punta (Hdp) individuate per la rete infrastrutturale con il rilievo eseguito.

Indotti	Turni di lavoro	Hdp (07.30-8.30)	Hdp (17.15-18.15)
Magazzinieri	06.00-18.00	indotti non coincidenti con l'ora di punta	usciti nell'ora di punta
Impiegati	08.00-18.00	ingressi nell'ora di punta	usciti nell'ora di punta
Visitatori	10 ore	(ingressi e usciti) /10 nell'ora di punta	(ingressi e usciti) /10 nell'ora di punta

Tabella 5.3 – Turni di lavoro

Considerando cautelativamente un tasso di occupazione per auto (100% solo conducente), si ha quindi la seguente distribuzione di indotti leggeri per l'ora di punta del mattino, del pomeriggio e giornaliera.

Indotti	Magazzinieri	Impiegati	Visitatori
Giornalieri	20 veic.	40 veic.	20 veic.
Hdp (07.30-8.30)	0 veic.	40 veic.	2 veic.
Hdp (17.15-18.15)	20 veic.	40 veic.	2 veic.

Tabella 5.4 – Veicoli leggeri indotti dal nuovo centro logistico

## 5.4 FLUSSI DI TRAFFICO FUTURI

Per determinare i flussi di traffico futuri, ai flussi veicolari esistenti, caratterizzanti il sistema viario d'interesse, sono stati sommati i flussi indotti generati dal complesso commerciale, secondo la nuova ripartizione del futuro assetto.

Il flusso indotto viene quindi ripartito secondo le direzioni di provenienza attuali valutate sulla base della vicinanza dei poli attrattori rispetto all'area di analisi e della tipologia di utenza prevista.

Per quanto riguarda la quota parte dell'utenza che utilizzerà mezzi di trasporto pubblico, cicli o motocicli, a scopo cautelativo si ritiene opportuno considerarla come utenza che utilizzerà la propria autovettura.

Nella figura seguente si riporta in planimetria la ripartizione percentuale degli indotti sulla viabilità di afferenza all'area. In particolare si stima che:

- il 19% dell'utenza abbia origine – destinazione SP472 – Via Umberto I;
- il 15% dell'utenza abbia origine – destinazione SP415 est;
- il 11% dell'utenza abbia origine – destinazione SP415 ovest;
- il 11% dell'utenza abbia origine – destinazione SP35;
- il 10% dell'utenza abbia origine – destinazione Via Milano;
- il 21% dell'utenza abbia origine – destinazione SP472 – Via De Gasperi;
- il 13% dell'utenza abbia origine – destinazione SP91 – Via Milano.

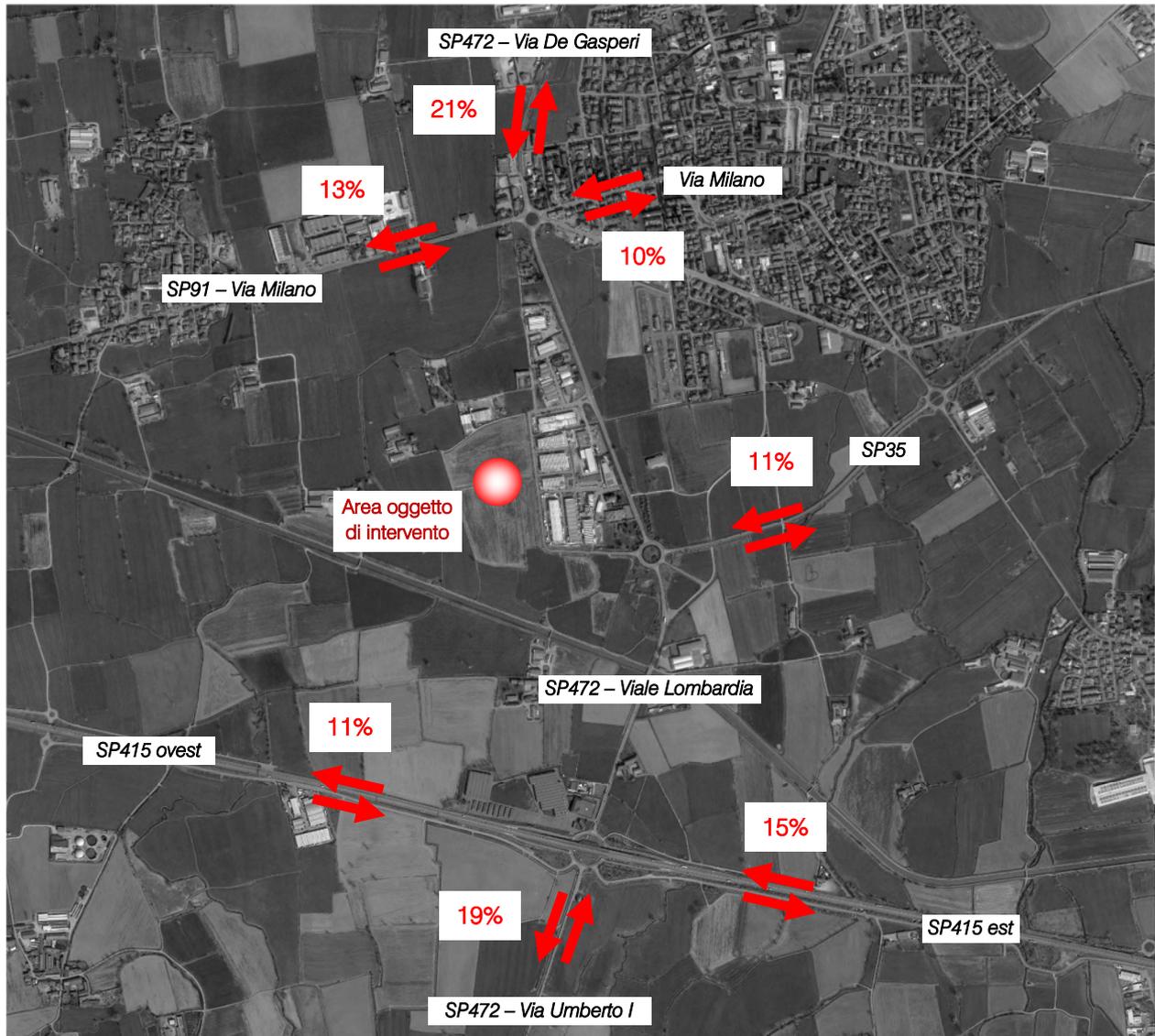


Figura 5.4 – Distribuzione indotti nuovo intervento

Si rimanda agli elaborati grafici in allegato per la specificazione dei volumi di traffico futuri espressi in veicoli equivalenti/ora. Nei capitoli successivi, invece, verranno descritte in dettaglio le verifiche funzionali della rete viaria nel suo complesso e dei nodi stradali della viabilità di afferenza.

## 6 LIVELLI DI SERVIZIO

### 6.1 DEFINIZIONI

La classificazione qualitativa della congestione è eseguita in genere secondo una scala di sei lettere (da A ad F) che rappresentano i diversi livelli di servizio (LOS), come definiti nel manuale statunitense – l'Highway Capacity Manual (HCM). Nell'ambito dell'ingegneria dei trasporti tali livelli sono utilizzati per descrivere l'entità di traffico su tronchi stradali o intersezioni. Le verifiche analitiche della rete viaria non possono perciò prescindere dall'esposizione di alcuni riferimenti teorici che vengono di seguito chiariti. I principali indici ai quali si farà riferimento sono:

- *Volume di traffico orario o flusso orario  $f$  (veic/h)*: numero di veicoli che transita - o che si prevede transiterà - in un'ora, attraverso una data sezione di una corsia o di una strada.
- *Traffico medio giornaliero annuo  $T_{mga}$* : è il rapporto fra il numero di veicoli che attraversano una data sezione (in genere, riferito ai due sensi di marcia) e 365 giorni. Tale dato si riporta ad un intervallo di tempo molto ampio e non tiene conto delle oscillazioni del traffico, nei vari periodi dell'anno, per cui è più significativo il valore del traffico giornaliero medio  $T_{gm}$  definito come rapporto tra il numero di veicoli che, in dato numero di giorni opportunamente scelti nell'arco dell'anno, transitano attraverso la data sezione ed il numero di giorni in cui si è eseguito il rilevamento.
- *Portata veicolare  $Q$* : numero di veicoli transitanti - o che si prevede transiterà - in una sezione della strada durante un intervallo di tempo inferiore all'ora; equivale al prodotto della densità per la velocità media di deflusso. Tra le portate assume fondamentale importanza, in ingegneria stradale, la capacità.
- *Portata di servizio*: flusso massimo gestibile con un determinato livello di servizio.
- *Capacità  $C$* : è la portata massima relativa ad un dato periodo di tempo che, in una sezione di una corsia o di una strada, per determinate condizioni della strada stessa, dell'ambiente e del traffico, ha "sufficiente probabilità di non essere superata". La capacità rappresenta la risposta dell'infrastruttura alla domanda prevalente di movimento. Dal punto di vista tecnico assumerà un valore soddisfacente quando si mantiene superiore alla portata.
- *Intensità di traffico*: portata di punta che deriva dai quindici minuti più carichi all'interno dell'ora.
- *Densità di traffico  $D$* : è il numero dei veicoli presenti in un dato istante in un tratto stradale di determinata lunghezza (in genere 1 km); il volume del traffico sarà pertanto uguale al prodotto della densità per la velocità.
- *Velocità del deflusso  $V$* : velocità media nello spazio.
- Relazione fondamentale del deflusso:

$$Portata (Q) = Densità (D) \cdot Velocità di deflusso (V)$$

Dopo aver chiarito il significato di alcuni tra i parametri fondamentali della teoria della circolazione si può comprendere più facilmente il concetto di Livello di servizio (LOS). Il LOS può essere visto, in generale, come

funzione lineare della densità (veicoli/km): è ottimo quando la densità è bassa e viceversa. In pratica si può definire come la misura della prestazione della strada nello smaltire il traffico, ovvero il grado con il quale il traffico presente vincola il conducente durante la marcia. Si tratta, quindi, di un indice maggiormente significativo rispetto alla semplice conoscenza del flusso massimo o della capacità. L'HCM riconosce generalmente 5 livelli di servizio connotati con le prime cinque lettere dell'alfabeto (da A ad E). Ad essi si aggiunge un sesto livello F, nel quale la congestione azzerà il passaggio dei veicoli. In particolare i LOS definiscono i seguenti stadi di circolazione:

- *LOS A*: rappresenta le condizioni di flusso libero, cioè ogni veicolo si muove senza alcun vincolo ed in libertà assoluta di manovra entro la corrente;
- *LOS B*: rappresenta le condizioni di deflusso con modesta riduzione della velocità ma ancora con elevate condizioni di comfort fisico e psicologico;
- *LOS C*: rappresenta una condizione di deflusso intermedia; la presenza degli altri veicoli determina vincoli sempre maggiori causando una riduzione di comfort ma un flusso ancora stabile;
- *LOS D*: in queste condizioni il flusso è ancora stabile sebbene la libertà di manovra sia ampiamente ridotta ed il livello di comfort fisico e psicologico comincia ad essere basso;
- *LOS E*: in queste condizioni il flusso si avvicina al limite della capacità e i condizionamenti tra i veicoli sono pressoché totali; le condizioni di deflusso sono al limite della stabilità;
- *LOS F*: questo livello rappresenta le condizioni di flusso forzato; si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino all'insorgere di forti fenomeni di accodamento.

Il livello di servizio si configura quindi, in generale, come una misura qualitativa dell'effetto di certi fattori che comprendono la velocità ed il tempo di percorrenza, le interruzioni del traffico, la libertà di manovra, la sicurezza, la comodità della guida ed i costi di esercizio. La scelta dei singoli livelli è stata definita in base a particolari valori di alcuni di questi fattori.

## 6.2 LIVELLI DI SERVIZIO INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE

Il livello di servizio secondo la metodologia HCM, definito per tale tipologia di incrocio, è calcolato sulla base del ritardo relativo a ciascun movimento.

L'intera procedura si fonda su una precisa gerarchia delle correnti di traffico:

- *correnti di priorità 1*: correnti della strada principale dirette e di svolte a destra (movimenti 2, 3, 5, 6);
- *correnti di priorità 2*: correnti di svolta a sinistra dalla strada principale e di svolta a destra dalle secondarie (movimenti 1, 4, 9, 12);
- *correnti di priorità 3*: correnti delle strade secondarie di attraversamento dell'intersezione (movimenti 8, 11);
- *correnti di priorità 4*: correnti delle strade secondarie di svolta a sinistra (movimenti 7, 10).

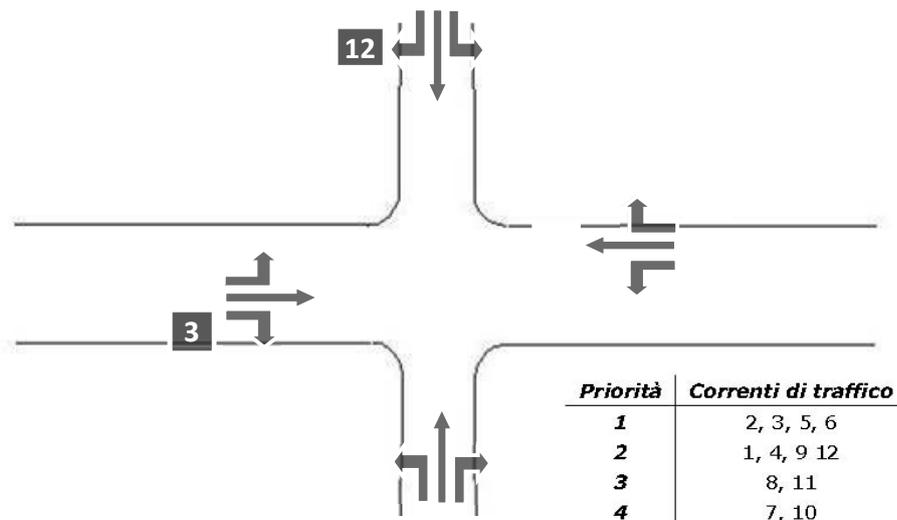


Figura 6.1 – Gerarchia delle correnti di traffico

Il calcolo finale dei ritardi relativi a ciascun movimento presuppone, secondo la metodologia H.C.M., alcune operazioni preliminari.

#### Determinazione delle portate di conflitto

Il termine “portata di conflitto” rappresenta la somma delle portate a cui una corrente di traffico deve necessariamente dare la precedenza. Le manovre saranno quindi caratterizzate da una portata di conflitto, fatta naturalmente eccezione per le correnti a priorità 1. Essendo N il numero delle corsie della strada principale, le singole portate di conflitto sono:

Tipo di movimento	Determinazione portate di conflitto $q_{c,x}$	
Svolta a sinistra dalla strada principale [1, 4]	$q_{c,1}=q_5+q_6$	$q_{c,4}=q_2+q_3$
Svolta a destra dalla strada secondaria [9, 12]	$q_{c,9}=q_2/N+0.5 q_3$	$q_{c,12}=q_5/N+0.5 q_6$
Correnti dirette dalla strada secondaria [8, 11]	$q_{c,8}=2(q_1+q_4)+q_2+q_5+0.5q_3+q_6$	$q_{c,10}=2(q_1+q_4)+q_2+q_5+q_3+0.5q_6$
Svolta a sinistra dalla strada secondaria [7, 10]	$q_{c,7}=2(q_1+q_4)+q_2+q_5/N+0.5q_3+0.5q_6+0.5q_{11}+0.5q_{12}$	$q_{c,10}=2(q_1+q_4)+q_2/N+q_5+0.5q_3+0.5q_6+0.5q_8+0.5q_9$

Tabella 6.1 – Portate di conflitto

#### Determinazione degli intervalli e dei distanziamenti critici

I conducenti appartenenti ad una corrente secondaria per attuare la scelta di attraversamento od immissione in un altro flusso, si basano su delle stime soggettive di posizione e velocità dei veicoli del flusso ostacolante. L'*intervallo critico*  $T_c$  si può quindi definire come il più piccolo intervallo temporale fra i veicoli della corrente principale accettato da un utente della corrente secondaria per effettuare la manovra suddetta. Diverso è il concetto di *intervallo o tempo di sequenza*  $T_f$  che rappresenta, invece, il distanziamento tra veicoli della corrente secondaria che effettuano la manovra di attraversamento od immissione sfruttando lo stesso “varco” nella corrente principale.

Sulla base di risultati sperimentali sono stati individuati dei valori base sia per  $T_c$  che per  $T_f$ :

Tipo di movimento	Intervallo critico base $T_{cb}$ (sec)		Intervallo di sequenza base $T_{fb}$ (sec)
	Strada principale a due corsie	Strada principale a quattro corsie	
Svolta a sinistra dalla strada principale	4.1	4.1	2.2
Svolta a destra dalla strada secondaria	6.2	6.9	3.3
Correnti dirette dalla strada secondaria	6.5	6.5	4.0
Svolta a sinistra dalla strada secondaria	7.1	7.5	3.5

Tabella 6.2 – Intervalli critici e di sequenza per ciascuna manovra

Tali valori, a seconda della particolare situazione, dovranno essere opportunamente corretti in relazione alla percentuale dei veicoli pesanti e alla pendenza delle livellette delle strade secondarie tramite apposite formule suggerite nel manuale.

#### Calcolo della capacità potenziale

Dopo aver determinato le portate di conflitto ( $q_{c,x}$ ), gli intervalli critici ( $T_{c,x}$ ) e di sequenza ( $T_{f,x}$ ) è possibile calcolare la “capacità potenziale” relativamente a ciascun movimento mediante la seguente relazione:

$$C_{p,x} = q_{c,x} \cdot \frac{e^{-q_{c,x} \cdot T_{c,x} / 3600}}{1 - e^{-q_{c,x} \cdot T_{f,x} / 3600}}$$

#### Calcolo della capacità effettiva mediante correzioni per impedenza

La validità della formula è garantita, tuttavia, solo sotto certe ipotesi restrittive. Quando queste non risultano verificate è necessario applicare dei coefficienti correttivi che riducono il valore della “capacità potenziale” giungendo così alla determinazione della cosiddetta “capacità effettiva” ( $c_{e,x}$ ). Alle correnti a priorità 1 non bisogna applicare alcun coefficiente dal momento che non si arrestano per seguire la manovra. Per le correnti di priorità 2, la capacità effettiva risulta pari a quella potenziale. I movimenti a priorità 3 e 4 invece subiscono una riduzione di capacità, detta impedenza, la quale risulta tanto minore quanto più elevata è la probabilità di non avere veicoli di rango inferiore in attesa di compiere la loro manovra. Esaurite le operazioni preliminari sopra descritte, per il cosiddetto “ritardo di controllo” viene suggerita la formula:

$$d_x = \frac{3600}{c_{e,x}} + 900 \cdot T \cdot \left[ \frac{q_x}{c_{e,x}} - 1 + \sqrt{\left( \frac{q_x}{c_{e,x}} - 1 \right)^2 + \frac{3600 \cdot q_x}{450 \cdot T \cdot c_{e,x}}} \right] + 5$$

dove  $d_x$  rappresenta proprio il ritardo medio per il generico movimento  $x$  (sec/veic) e  $T$  il periodo di analisi in ore, mentre il termine costante di 5 sec tiene conto dei perditempi in decelerazione ed accelerazione rispetto alla velocità a flusso libero.

Nei casi in cui sulla strada principale non vi sia una corsia esclusiva di accumulo per la svolta a sinistra, i veicoli che devono eseguire la manovra diretta o di svolta a destra risultano ostacolati dagli utenti che devono svoltare a sinistra, subendo così un ritardo.

Tale grandezza è calcolabile tramite una apposita formula che tiene conto del ritardo medio dei veicoli che eseguono la manovra di svolta a sinistra dalla principale. Il ritardo complessivo dell'intersezione può essere infine calcolato come media pesata sulle portate veicolari:

$$d_T = \frac{\sum d_x \cdot q_x}{\sum q_x}$$

Il criterio per individuare il livello di servizio, una volta determinato il ritardo relativo a ciascun movimento ed il ritardo medio globale, è riportato nella tabella seguente:

<i>Livello di servizio (LOS)</i>	<i>Ritardo di controllo medio (sec/veic)</i>
<i>A</i>	<i>0-10</i>
<i>B</i>	<i>&gt;10-15</i>
<i>C</i>	<i>&gt;15-25</i>
<i>D</i>	<i>&gt;25-35</i>
<i>E</i>	<i>&gt;35-50</i>
<i>F</i>	<i>&gt;50</i>

*Tabella 6.3 – Criterio per individuazione del LOS per intersezioni a raso non semaforizzate*

### 6.3 LIVELLI DI SERVIZIO DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA

In relazione alla capacità ed al livello di servizio di un'intersezione a rotatoria occorre notare come essi dipendano essenzialmente da due fattori:

- le caratteristiche geometriche;
- i flussi veicolari gravanti sul nodo.

In particolare nella determinazione del livello di servizio è necessario considerare il comportamento del guidatore in quanto le modalità di approccio ad un'intersezione a rotatoria sono fondamentali per la valutazione dell'entità complessiva del ritardo. Facendo riferimento alla classificazione proposta dall'HCM per le intersezioni non semaforizzate i LOS relativi agli approcci di un'intersezione sono stimati sulla base dei ritardi medi accumulati dai veicoli. Il criterio per individuare il livello di servizio, una volta determinato il ritardo relativo a ciascun movimento ed il ritardo medio globale è riassunto nella Figura 6.2.

Ciò premesso, mentre per un'intersezione classica la nozione di ritardo risulta essere intuitiva, nel caso delle rotatorie il "ritardo complessivo" risulta più articolato. La valutazione del tempo di attraversamento di una rotatoria richiede infatti l'analisi delle diverse fasi in cui si svolge tale processo, ad ognuna delle quali è possibile associare una quota parte del ritardo complessivo.

In particolare, come si evince dalla Figura 6.2 si possono distinguere tre intervalli temporali:

- *Ritardo di approccio ( $d_a$ ):* tale componente deriva dal fatto che il guidatore generalmente riduce la propria velocità in prossimità dell'incrocio con un'altra direttrice di marcia. Tale ritardo è quantificabile come la differenza tra il tempo impiegato dai veicoli per percorrere una distanza prefissata da un punto a monte dell'intersezione ( $L_1$ ) alla linea di dare la precedenza ( $L_4$ ) e il tempo necessario a percorrere la stessa distanza alla velocità di flusso libero ( $V_f$ ). Con riferimento alla figura si ha:

$$d_a = (t_4 - t_1) - \frac{L_4 - L_1}{V_f}$$

- *Ritardo di fermata ( $d$ ):* tale componente deriva dal fatto che generalmente il guidatore prima di attraversare l'intersezione, è costretto a fermarsi ed aspettare il proprio turno. Nel caso delle intersezioni a rotatoria, questo avviene anche più volte consecutivamente, per effetto della presenza dei veicoli in coda che precedono il generico utente. Il ritardo di fermata dipende pertanto dal flusso circolante sull'anello e dal cosiddetto "gap-acceptance" (intervallo spazio-temporale accettato) dei guidatori in ingresso. Tale ritardo può essere quindi definito come:

$$d = t_3 - t_2$$

- *Ritardo di controllo ( $d_c$ ):* tale componente include invece il ritardo dovuto alle fasi di decelerazione, di fermata e di accelerazione. Può essere calcolato come la differenza tra il tempo che intercorre tra l'inizio della fase di decelerazione e la fine della fase di accelerazione ed il tempo impiegato a percorrere la stessa distanza alla velocità di flusso libero. Considerando la schematizzazione in figura si ha:

$$d_c = (t_5 - t_1) - \frac{L_5 - L_1}{V_f}$$

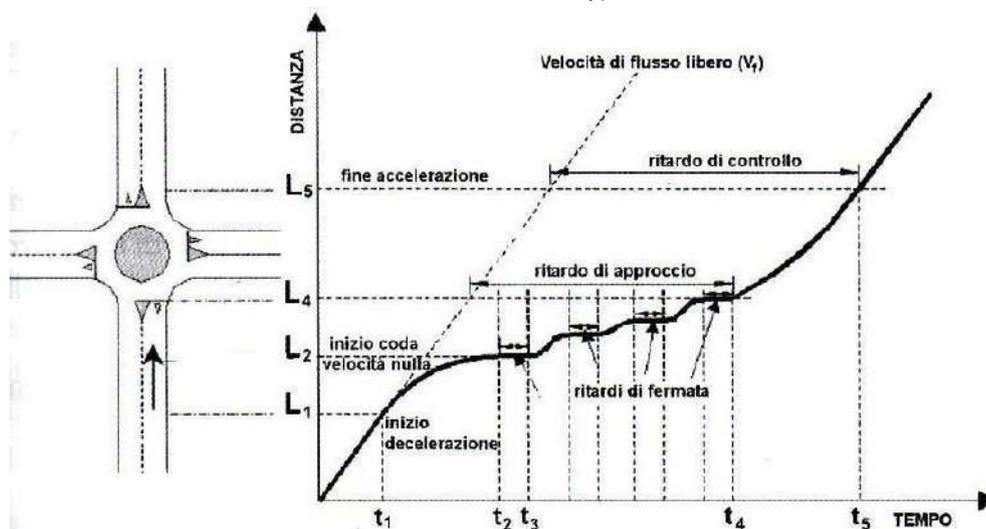


Figura 6.2 – Definizione tipologie di ritardo per una rotatoria

Il livello di servizio si può quindi ricavare confrontando il ritardo medio ricavato con le indicazioni fornite dall'HCM 2000 relativamente alle intersezioni non semaforizzate. Il meccanismo di funzionamento di una rotatoria risulta infatti maggiormente accostabile a quello delle intersezioni regolate da "Stop" o dal "Dare precedenza" piuttosto che ad altre modalità di gestione. In pratica anche per quanto riguarda le rotatorie, gli utenti in attesa di immettersi nell'anello circolatorio accumulano perditempo commisurati direttamente al flusso

veicolare in opposizione. Nel seguito, grazie all'ausilio delle microsimulazioni dinamiche verranno ricavati una serie di indicatori prestazionali relativi agli approcci del nodo oggetto di valutazione tra cui il "ritardo medio per veicolo". Questo viene calcolato quando il veicolo completa il segmento stradale oggetto di valutazione (che nel caso in esame inizia 150 m prima dell'approccio dell'intersezione e termina in corrispondenza della sezione di uscita) sottraendo il tempo di percorrenza teorico (ideale) dal tempo di percorrenza reale. Il tempo di percorrenza teorico è il tempo che verrebbe impiegato per compiere il tragitto definito se nella rete non ci fossero altri veicoli e nessun impianto semaforico o fermata (tenendo conto delle zone di rallentamento quali ad es. curve o restringimenti).

Anche in questo caso il ritardo complessivo dell'intersezione può essere infine calcolato come media pesata sulle portate veicolari:

$$d_T = \frac{\sum d_x \cdot q_x}{\sum q_x}$$

Direttamente correlato ai perditempo accumulati dai veicoli sui rami di approccio dell'intersezione troviamo infine il concetto di accodamento. Le condizioni di deflusso possono infatti dar luogo, soprattutto nelle ore di punta a formazione di coda. Nelle successive microsimulazioni verrà utilizzata la seguente definizione di "coda": un veicolo si trova in situazione di accodamento quando la sua velocità scende al di sotto dei 5 km/h e la distanza dal veicolo che lo precede è inferiore ai 20 m. Qualora questa aumenti fino a superare i 20 m o venga superata la velocità di 10 km/h si ritiene che il veicolo non sia più in coda.

## 6.4 LIVELLO DI SERVIZIO DEGLI ASSI STRADALI

La stima del livello di servizio di un asse stradale è effettuata facendo riferimento a specifici modelli analitici, tra i quali, quelli maggiormente attendibili in campo trasportistico sono contenuti nell'Highway Capacity Manual (HCM) nelle versioni 1985 e 2000.

Tali modelli, tuttavia, nascono da rilievi e da considerazioni tecniche riguardanti prevalentemente la circolazione veicolare statunitense.

Di conseguenza, come indicato negli stessi manuali HCM, bisogna adattare le modalità di analisi di questi modelli alla realtà veicolare oggetto di studio.

Come riportato anche dalle Linee Guida alle Analisi di Traffico della Regione Lombardia risulta quindi opportuno riferirsi al caso delle regioni del nord-Italia.

In ragione, infatti, delle peculiarità dell'utenza veicolare, delle caratteristiche della rete stradale e del carico veicolare interessanti tipicamente le infrastrutture regionali, la Regione Lombardia prevede di applicare alcuni adattamenti dei modelli HCM sino a giungere alle portate di servizio indicate nelle tabelle che seguono.

Un asse stradale a carreggiate separate presenterà:

- *LOS A*: se il flusso nell'ora di punta è inferiore a 700 veic/h;
- *LOS B*: se il flusso nell'ora di punta è compreso tra 700 veic/h e 1100 veic/h;
- *LOS C*: se il flusso nell'ora di punta è compreso tra 1100 veic/h e 1550 veic/h;

- *LOS D*: se il flusso nell'ora di punta è compreso tra 1550 veic/h e 1850 veic/h;
- *LOS E*: se il relativo flusso nell'ora di punta è superiore a 1850 veic/h.

LOS	HCM 1985	
	Q/C	Flusso (veic/h)
<b>A</b>	0.35	~ 700
<b>B</b>	0.54	~ 1100
<b>C</b>	0.77	~ 1550
<b>D</b>	0.93	~ 1850
<b>E</b>	> 0.93	-

Tabella 6.4 – LOS tronchi stradali per strade a carreggiate separate

Un asse stradale a carreggiata unica ed una corsia per senso di marcia presenterà, invece:

- *LOS A*: se il flusso bidirezionale nell'ora di punta è inferiore a 575 veic/h;
- *LOS B*: se il flusso bidirezionale nell'ora di punta è compreso tra 575 veic/h e 1042 veic/h;
- *LOS C*: se il flusso bidirezionale nell'ora di punta è compreso tra 1042 veic/h e 1650 veic/h;
- *LOS D*: se il flusso bidirezionale nell'ora di punta è compreso tra 1650 veic/h e 2450 veic/h;
- *LOS E*: se il flusso bidirezionale nell'ora di punta è superiore a 2450 veic/h.

LOS	HCM 1985		HCM 2000	
	Q/C	Flusso (veic/h)	PTSF(%)	Flusso (veic/h)
<b>A</b>	0.18	~ 575	40	~ 575
<b>B</b>	0.32	~ 1042	60	~ 1042
<b>C</b>	0.52	~ 1650	77	~ 1650
<b>D</b>	0.77	~ 2450	88	~ 2450
<b>E</b>	> 0.77	-	> 88	-

Tabella 6.5 – LOS tronchi stradali per strade a carreggiata unica con una corsia per senso di marcia

## 7 ANALISI MICROSIMULATIVA

### 7.1 MICROSIMULAZIONI ESEGUITE

Al fine di produrre un'analisi completa e dettagliata dell'impatto viabilistico determinato dall'inserimento del nuovo edificio logistico oggetto del presente studio sono state eseguite due distinte microsimulazioni corrispondenti alla situazione attuale (Scenario 0) e allo scenario futuro (Scenario 1):

- *Scenario 0: Stato di fatto;*
- *Scenario 1: Scenario futuro – nuovo insediamento logistico con modifica della viabilità di Via Guido Rossa a ridosso dell'area oggetto di studio.*

Tali microsimulazioni sono state riferite all'ora di punta serale del venerdì (17.15-18.15) che, come riscontrato dai dati di traffico, rappresenta l'intervallo di punta per il sistema viario.

Questa modalità di verifica, oltre a produrre un output visivo di immediata interpretazione fornisce anche precisi indicatori prestazionali quali i ritardi e le lunghezze delle code.

Nello sviluppo delle microsimulazioni, i nodi e gli archi della rete stradale sono stati riprodotti rispettando fedelmente le dimensioni geometriche planimetriche e altimetriche; su questi sono state successivamente inserite le zone di rallentamento in corrispondenza dei tratti curvilinei e in prossimità degli approcci delle intersezioni. È stato inoltre imposto il corretto rispetto delle precedenza e degli stop.

La rete è stata quindi riprodotta puntualmente e tutti i parametri del software sono stati impostati in maniera tale da ottenere un comportamento realistico dei veicoli.

I parametri utilizzati per definire il comportamento dinamico dei veicoli, quali l'intervallo temporale di "Gap acceptance" o le curve di accelerazione/decelerazione dei mezzi sono state opportunamente differenziate a seconda delle diverse tipologie veicolari. Tali scelte, essenziali per poter ottenere risultati attendibili, implicano, tra le altre cose, che i mezzi pesanti debbano avere a disposizione un intervallo temporale superiore a quello necessario alle autovetture per impegnare un'intersezione o per compiere qualsiasi altra manovra che modifichi il loro comportamento dinamico.

Sia allo stato attuale che nelle ipotesi future sono stati simulati 7.200 secondi, ovvero l'intera ora di punta estesa alla mezz'ora precedente e successiva per un intervallo complessivo di due ore. Si sono considerate significative le letture relative ai 3.600 secondi centrali, trascurando i primi e gli ultimi 30 minuti in cui il sistema raggiunge ed esaurisce le condizioni di regime.

Di seguito assieme alle illustrazioni delle microsimulazioni a grande scala relative alla rete simulata, si riportano gli estratti esemplificativi di alcuni particolari simulati nei vari scenari.

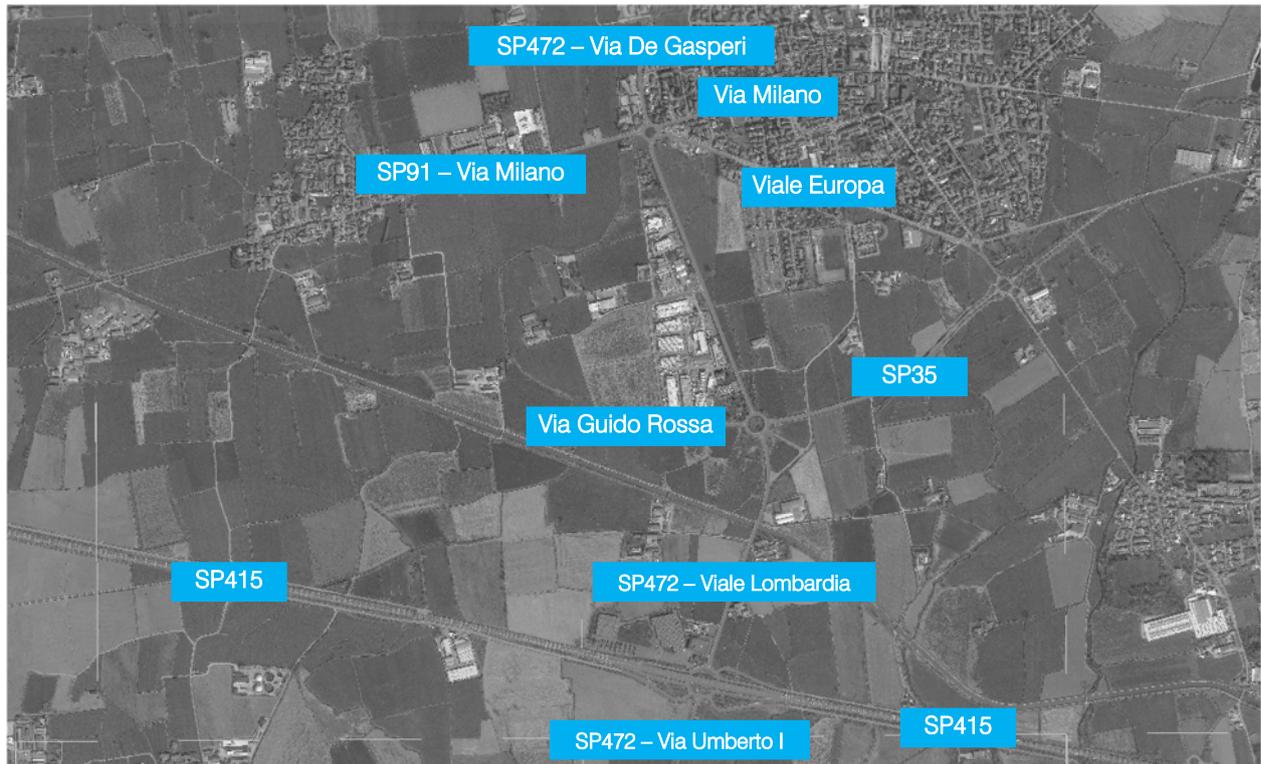


Figura 7.1 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0



Figura 7.2 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1



Figura 7.3 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0 e 1, intersezione 1

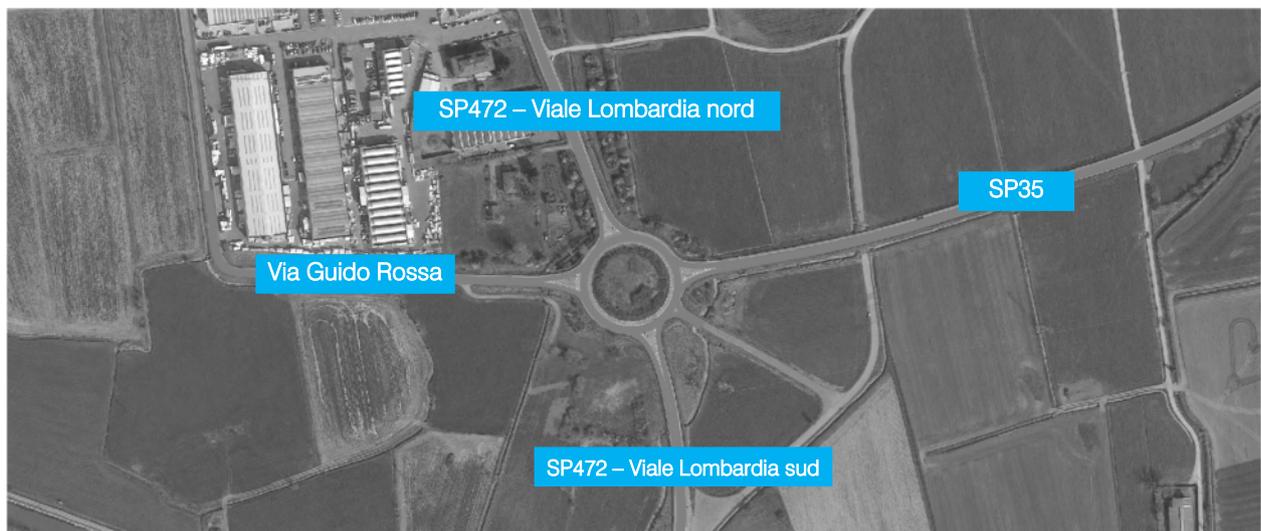


Figura 7.4 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0, intersezione 2

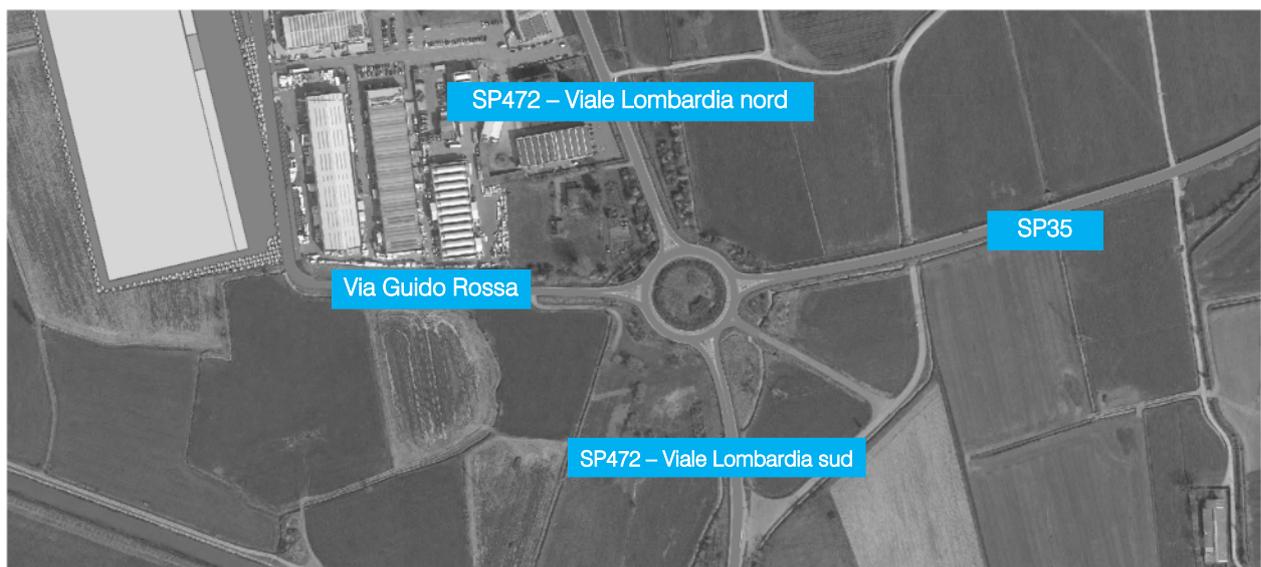


Figura 7.5 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1, intersezione 2

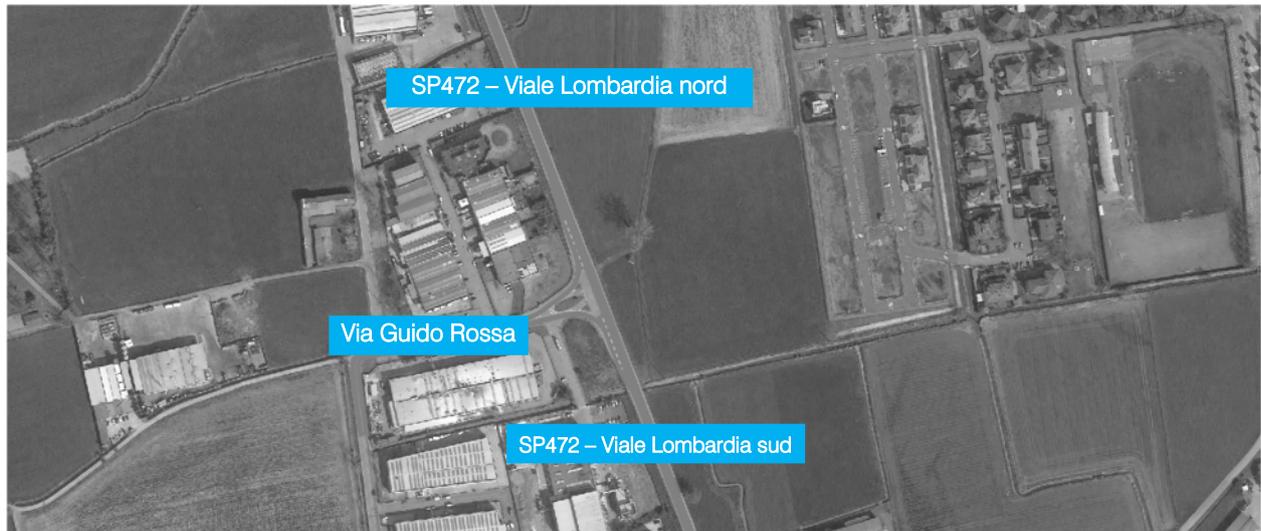


Figura 7.6 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0, intersezione 3



Figura 7.7 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1, intersezione 3



Figura 7.8 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0 e 1, intersezione 4

## 7.2 VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI

Le microsimulazioni dinamiche eseguite producono come output oltre a dei filmati video in tempo reale, utili per un'immediata visione del funzionamento della rete viaria, anche una serie di indicatori prestazionali.

I valori ottenuti consentono di ricavare e comparare in modo analitico i LOS dei vari approcci di ogni singola intersezione relativamente allo stato di fatto e allo scenario futuro.

Nel dettaglio sono stati utilizzati tre distinti livelli di valutazione.

### ***Livello 1: Valutazione globale della rete viaria***

Questo livello di analisi fornisce una visione globale e di facile comprensione per quanto riguarda il funzionamento dell'intera rete viaria e ciò consente di comparare in modo immediato differenti scenari grazie all'ausilio di specifici indicatori prestazionali elencati in seguito:

- distanza totale percorsa dai veicoli;
- tempo totale di viaggio;
- velocità media dei veicoli;
- ritardo totale dei veicoli;
- ritardo medio per veicolo.

### ***Livello 2: Valutazione di nodo***

Questo livello di analisi ha riguardato i nodi della rete attuale e di progetto così da poter quantificare gli effetti sulla circolazione imputabili alla presenza del nuovo insediamento logistico e del nuovo comparto residenziale.

Gli indicatori prestazionali utilizzati per questa analisi sono stati:

- la lunghezza media della coda per ogni approccio;
- il ritardo medio per i veicoli provenienti dai vari approcci;
- il corrispondente LOS per ogni approccio.

Si precisa che per definire la situazione di coda si è stabilito che un veicolo inizia a fare coda quando si muove a una velocità inferiore ai 5 km/h e si trova ad una distanza dal mezzo che lo precede inferiore ai 20m; tale situazione perdura fino a quando viene superato questo valore di distanza o la velocità di 10 km/h.

### ***Livello 3: Valutazione di arco***

Per valutare scientificamente la qualità della circolazione caratterizzante un arco stradale si fa usualmente riferimento al manuale statunitense – l'Highway Capacity Manual (HCM).

La capacità teorica desumibile dall'HCM vale tuttavia soltanto in condizioni di flusso ininterrotto, che è caratteristico delle reti extraurbane ove il tempo di percorrenza di un arco risulta prevalente rispetto ai probabili tempi di ritardo che si verificano in corrispondenza delle intersezioni.

In questo tipo di funzioni il tempo di attesa non viene considerato.

Il flusso interrotto è invece quello che si verifica nelle aree urbane o periurbane, ove ricade l'area oggetto di studio, poiché ciò che effettivamente determina la curva di deflusso di un arco stradale è il tempo speso nell'attraversamento degli incroci. Questo perché la lunghezza degli archi è generalmente molto ridotta e la velocità di percorrenza risulta scarsamente influenzata dal flusso che impegna l'arco. Questo livello di analisi riguarda perciò gli archi della rete attuale e di progetto e consente di quantificare l'aumento di flusso sugli assi viari esaminati in seguito ai nuovi flussi indotti.

### 7.2.1 Valutazioni di rete

Basandosi sui valori degli indicatori prestazionali descritti, avvalorati dalla percezione visiva del funzionamento della rete ottenuta mediante l'analisi a video delle simulazioni, si presenta di seguito una valutazione critica dei risultati ottenuti, distinta tra lo stato attuale e lo scenario futuro.

Dalle risultanze emergono le seguenti considerazioni:

- il numero di veicoli simulato nei due scenari risulta congruente ai rilievi di traffico effettuati per lo stato di fatto, mentre per lo scenario di progetto tale entità aumenta del numero di veicoli indotti stimati. Si precisa che il modello di microsimulazione adotta lievi approssimazioni di generazione dei veicoli;
- Il tempo di ritardo medio aumenta di poco nello scenario di progetto e la velocità media rimane su valori pressoché analoghi allo stato di fatto con una lieve riduzione quasi impercettibile per i singoli mezzi transitanti.

#### Ora di punta 17.15-18.15: Scenario 0

SCENARIO 0	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	6319
Totale distanza percorsa veicoli (km)	8463,9
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	188,6
Velocità media (km/h)	44,9
Totale ritardo veicoli (h)	23,7
Ritardo medio per veicolo (s)	13,4

Tabella 7.1 – Valutazione di rete – Scenario 0

#### Ora di punta 17.15-18.15: Scenario 1

SCENARIO 1	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	6389
Totale distanza percorsa veicoli (km)	8534,1
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	193,8
Velocità media (km/h)	44,0
Totale ritardo veicoli (h)	25,7
Ritardo medio per veicolo (s)	14,4

Tabella 7.2 – Valutazione di rete – Scenario 1

## 7.2.2 Valutazioni di nodo

Per quanto riguarda la “valutazione di nodo” verranno di seguito analizzate le principali intersezioni limitrofe all’ambito di intervento:

1. *Intersezione a livelli sfalsati fra la SP415 e la SP472;*
2. *Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, la SP35 e Via Guido Rossa;*
3. *Intersezione a raso tra la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa;*
4. *Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, la SP472 – Via De Gasperi, Via Milano e la SP91 – Via Milano.*

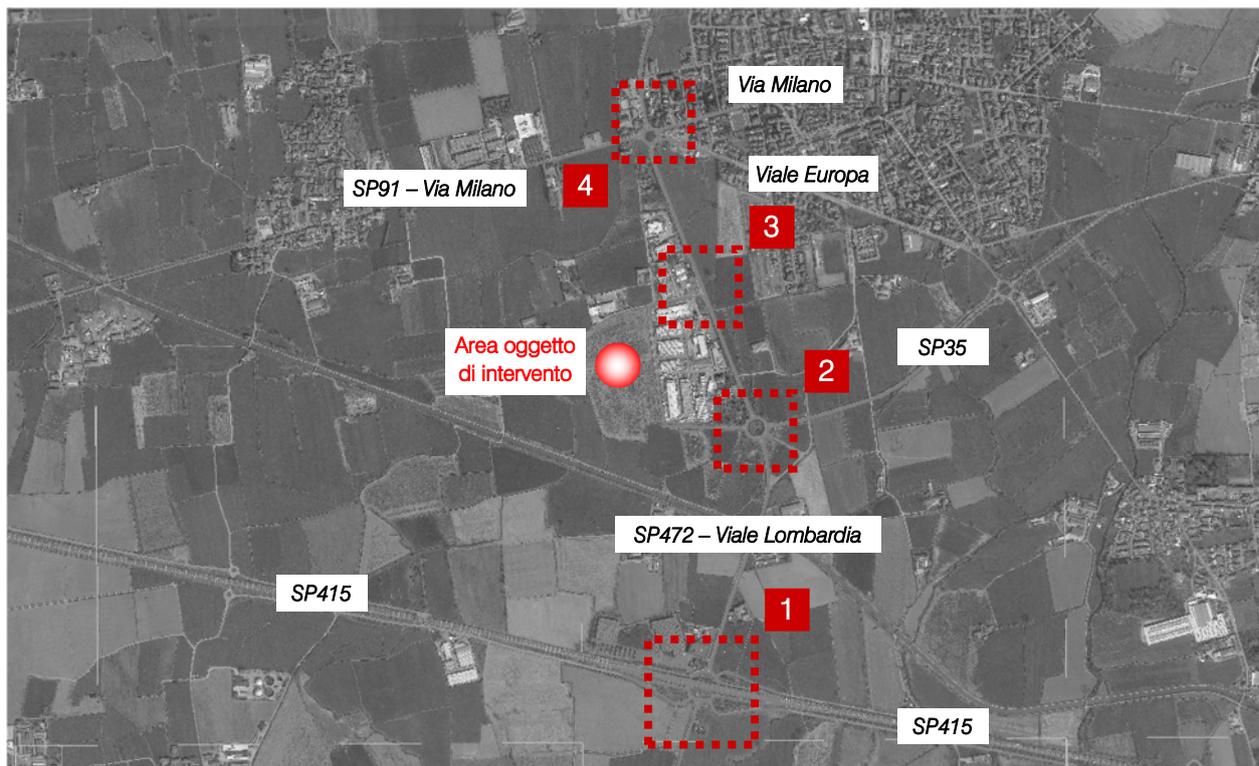


Figura 7.9 – Nodi simulati

Nell’analisi che seguirà saranno pertanto posti a confronto gli indicatori prestazionali dei due scenari.

**Nodo 1: Intersezione a livelli sfalsati fra la SP415 e la SP472**

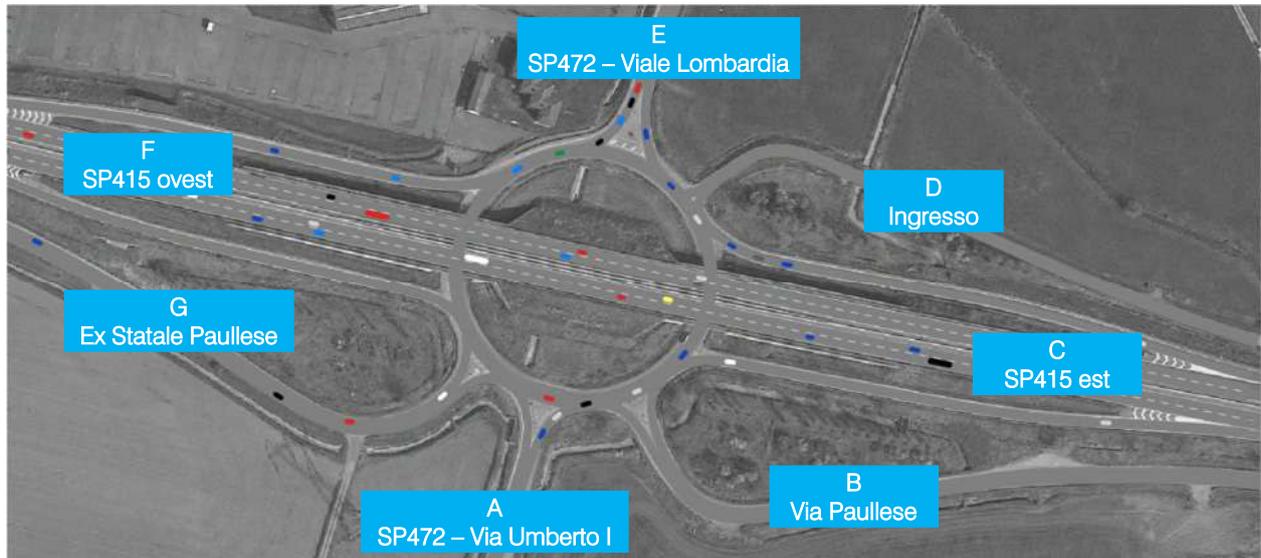


Figura 7.10 – Nodo 1 – Scenario 0 e 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	9,6	12,1	B
B	1,6	12,7	B
C	11,3	17,2	C
D	0,2	16,4	C
E	36,5	20,4	C
F	9,0	19,2	C
G	1,3	18,6	C
<b>TOT</b>	<b>19,8</b>	<b>17,5</b>	<b>C</b>

Tabella 7.3 – Indicatori prestazionali Nodo 1 – Scenario 0

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	10,1	12,9	B
B	1,7	13,1	B
C	11,6	17,8	C
D	0,2	17,0	C
E	37,4	21,1	C
F	9,4	20,2	C
G	1,4	19,8	C
<b>TOT</b>	<b>20,4</b>	<b>18,3</b>	<b>C</b>

Tabella 7.4 – Indicatori prestazionali Nodo 1 – Scenario 1

Sia allo stato di fatto che nello scenario di progetto il nodo supporta i flussi di traffico previsti, mantenendo un livello di servizio globale pari a C.

**Nodo 2: Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, la SP35 e Via Guido Rossa**

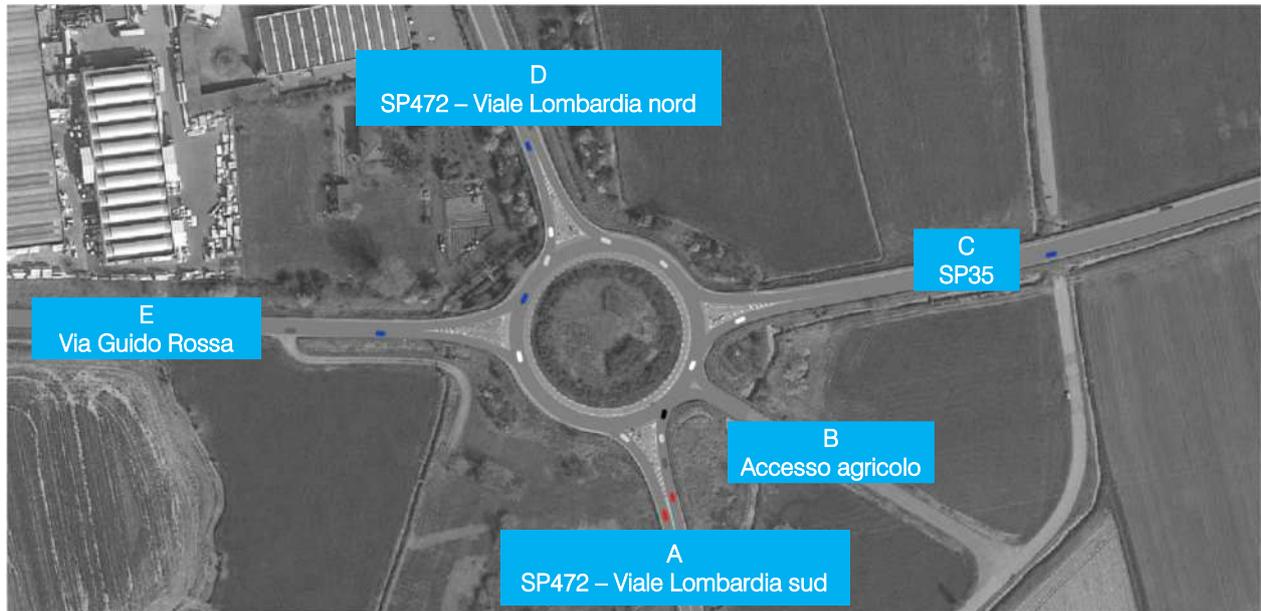


Figura 7.11 – Nodo 2 – Scenario 0 e 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	11,9	10,7	B
B	-	-	-
C	3,1	10,8	B
D	10,0	10,2	B
E	2,2	21,0	C
<b>TOT</b>	<b>9,7</b>	<b>11,0</b>	<b>B</b>

Tabella 7.5 – Indicatori prestazionali Nodo 2 – Scenario 0

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	13,0	11,7	B
B	-	-	-
C	3,9	13,4	B
D	11,0	11,8	B
E	4,0	22,9	C
<b>TOT</b>	<b>10,6</b>	<b>12,7</b>	<b>B</b>

Tabella 7.6 – Indicatori prestazionali Nodo 2 – Scenario 1

Sia allo stato di fatto che nello scenario di progetto il nodo supporta in maniera adeguata i flussi di traffico previsti nell'ora di punta simulata, presentando di fatto un livello di servizio globale sempre uguale a B.

**Nodo 3: Intersezione a raso tra la SP472 – Viale Lombardia e Via Guido Rossa**

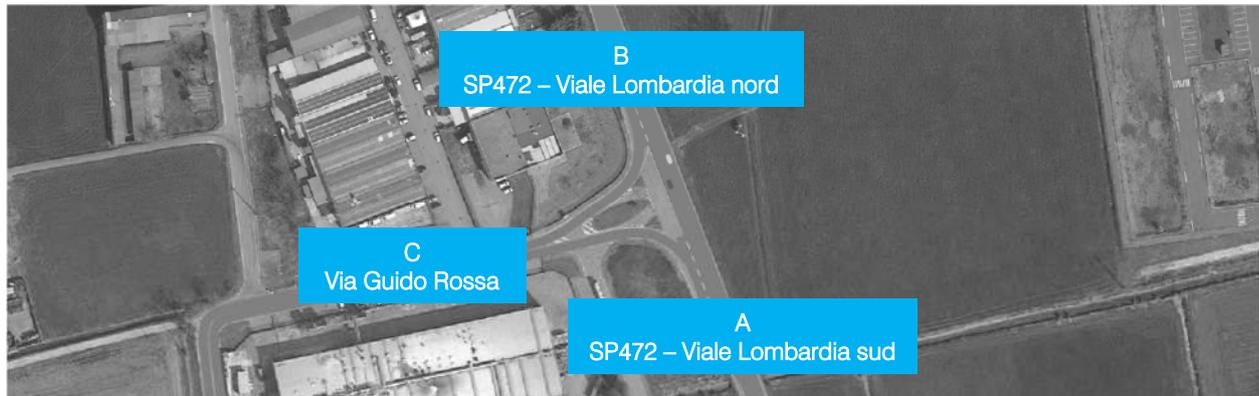


Figura 7.12 – Nodo 3 – Scenario 0

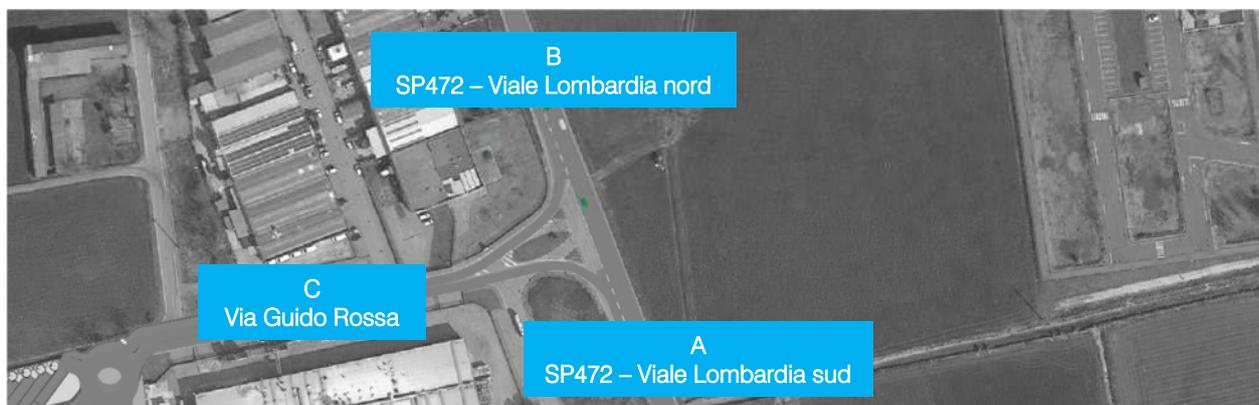


Figura 7.13 – Nodo 3 – Scenario 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,2	0,2	A
B	0,2	0,2	A
C	0,2	1,5	A
<b>TOT</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>A</b>

Tabella 7.7 – Indicatori prestazionali Nodo 3 – Scenario 0

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,2	0,2	A
B	0,3	0,3	A
C	0,3	2,0	A
<b>TOT</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>A</b>

Tabella 7.8 – Indicatori prestazionali Nodo 3 – Scenario 1

Allo stato di progetto la nuova intersezione a rotatoria di progetto supporta in maniera adeguata i flussi di traffico previsti nell'ora di punta simulata, presentando di fatto un livello di servizio globale pari ad A.

**Nodo 4: Intersezione a rotatoria tra la SP472 – Viale Lombardia, Viale Europa, Via Milano, la SP472 – Via De Gasperi e la SP91 – Via Milano**



Figura 7.14 – Nodo 4 – Scenario 0 e 1

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	21,8	25,5	D
B	11,7	25,3	D
C	3,4	11,2	B
D	7,9	11,5	B
E	12,0	21,7	C
<b>TOT</b>	<b>13,0</b>	<b>19,8</b>	<b>C</b>

Tabella 7.9 – Indicatori prestazionali Nodo 4 – Scenario 0

RAMO	CODA [m] MEDIA	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	23,6	26,4	D
B	12,2	26,1	D
C	3,7	12,1	B
D	8,7	12,5	B
E	12,3	21,9	C
<b>TOT</b>	<b>14,0</b>	<b>20,6</b>	<b>C</b>

Tabella 7.10 – Indicatori prestazionali Nodo 4 – Scenario 1

Allo stato di progetto la nuova intersezione a rotatoria di progetto supporta in maniera adeguata i flussi di traffico previsti nell'ora di punta simulata, presentando di fatto un livello di servizio globale pari a C.

L'analisi dei livelli di servizio delle intersezioni limitrofe all'area oggetto di studio non evidenzia variazioni significative del tempo di ritardo delle intersezioni, garantendo un adeguato smaltimento dei flussi e degli indotti presenti con le nuove attività che si verranno ad insediare.

### 7.2.3 Valutazioni d'arco

A completamento dell'analisi sono state effettuate delle valutazioni riguardanti il livello di servizio dei singoli archi oggetto di monitoraggio automatico.

SP472 - Via Umberto I		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	1046	C
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	1058	C
Via Paullese		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	223	A
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	223	A
SP472 - Viale Lombardia		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	1796	D
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	1840	D
Ex Statale Paullese		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	137	A
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	137	A

SP35		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	593	B
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	600	B

Via Guido Rossa		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	144	A
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori bidirezionali)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora	210	A

SP415 Ovest		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori monodirezionale)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora/corsia	428	A
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori monodirezionale)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora/corsia	428	A

SP415 Est		
VALUTAZIONE DI ARCO	STATO DI FATTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori monodirezionale)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora/corsia	407	A
VALUTAZIONE DI ARCO	SCENARIO DI PROGETTO	
PARAMETRI DI ARCO (valori monodirezionale)	VALORI	LOS
Numero di veicoli/ora/corsia	407	A

Le analisi delle aste viarie rilevano un livello di servizio complessivo che si attesta su valori buoni ed invarianza fra lo stato di fatto e l'ipotesi di progetto.

## 8 CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto di localizzazione di un nuovo insediamento logistico lungo Via Guido Rossa in Comune di Pandino (CR), il presente documento ha analizzato la sostenibilità dell'intervento di progetto verificando l'impatto del nuovo intervento sulla rete stradale di afferenza.

Si precisa che lo stato attuale della viabilità è stato descritto grazie ad un preciso ed accurato rilievo automatico e manuale dei flussi veicolari che attualmente caricano la rete: a questi sono stati sommati i veicoli indotti generati dall'intervento di progetto.

Le valutazioni dei livelli di servizio sono state eseguite mediante un software microsimulativo, con riferimento sia allo scenario di progetto che a quello attuale, manifestando, nelle due analisi condotte, una sostanziale invarianza degli indicatori prestazionali globali delle intersezioni e degli assi stradali analizzati.

L'analisi, sviluppata sulla base di ipotesi trasportistiche opportunamente ponderate, dimostra che, a seguito della realizzazione dell'intervento di progetto non vi sarà alcuna significativa variazione delle condizioni del deflusso veicolare.



# INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1.1 – Ambito di localizzazione</i> .....	2
<i>Figura 2.1 – Inquadramento territoriale Comune di Pandino</i> .....	4
<i>Figura 2.2 – Comuni limitrofi a Pandino</i> .....	5
<i>Figura 3.1 – Assi viari principali</i> .....	6
<i>Figura 3.2 – SP415 - ortofoto</i> .....	7
<i>Figura 3.3 – SP415</i> .....	7
<i>Figura 3.4 – Via Guido Rossa - ortofoto</i> .....	8
<i>Figura 3.5 – Via Guido Rossa</i> .....	8
<i>Figura 3.6 – SP472 – Viale Lombardia - ortofoto</i> .....	9
<i>Figura 3.7 – SP472 – Viale Lombardia</i> .....	9
<i>Figura 3.8 – SP35</i> .....	10
<i>Figura 3.9 – SP35</i> .....	10
<i>Figura 3.10 – Viale Europa</i> .....	11
<i>Figura 3.11 – Viale Europa</i> .....	11
<i>Figura 3.12 – SP91 – Via Milano - ortofoto</i> .....	12
<i>Figura 3.13 – SP91 – Via Milano</i> .....	12
<i>Figura 3.14 – Intersezioni attigue all’ambito di intervento</i> .....	13
<i>Figura 3.15 – Intersezione 1 – ortofoto</i> .....	14
<i>Figura 3.16 – Intersezione 1</i> .....	14
<i>Figura 3.17 – Intersezione 2 – ortofoto</i> .....	15
<i>Figura 3.18 – Intersezione 2</i> .....	15
<i>Figura 3.19 – Intersezione 3 – ortofoto</i> .....	16
<i>Figura 3.20 – Intersezione 3</i> .....	16
<i>Figura 3.21 – Intersezione 4 – ortofoto</i> .....	17
<i>Figura 3.22 – Intersezione 4</i> .....	17
<i>Figura 3.23 – Ortofoto casello autostradale limitrofo all’area oggetto di intervento</i> .....	18

<i>Figura 3.24 – Portali di ingresso all’autostrada A58 – casello di Paulo</i> .....	19
<i>Figura 3.25 – Portali di uscita dall’autostrada A58 – casello di Paulo</i> .....	19
<i>Figura 4.1 – Strumentazione radar utilizzata</i> .....	21
<i>Figura 4.2 – Angolo di installazione dei radar rispetto alla direzione di marcia</i> .....	21
<i>Figura 4.3 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar</i> .....	23
<i>Figura 4.4 – Radar 1</i> .....	23
<i>Figura 4.5 – Radar 2</i> .....	23
<i>Figura 4.6 – Radar 3</i> .....	24
<i>Figura 4.7 – Radar 4</i> .....	24
<i>Figura 4.8 – Radar 5</i> .....	24
<i>Figura 4.9 – Radar 6</i> .....	24
<i>Figura 4.10 – Radar 7</i> .....	24
<i>Figura 4.11 – Radar 8</i> .....	24
<i>Figura 4.12 – Radar 9</i> .....	24
<i>Figura 4.13 – Radar 10</i> .....	24
<i>Figura 4.14 – Radar 11</i> .....	25
<i>Figura 4.15 – Radar 12</i> .....	25
<i>Figura 4.16 – Radar 13</i> .....	25
<i>Figura 4.17 – Radar 14</i> .....	25
<i>Figura 4.18 – Radar 15</i> .....	25
<i>Figura 4.19 – Radar 16</i> .....	25
<i>Figura 4.20 – Flussi di traffico giornalieri</i> .....	27
<i>Figura 4.21 – Confronto andamento volumi di traffico</i> .....	27
<i>Figura 4.22 – Andamento volumi di traffico per sezione – martedì</i> .....	28
<i>Figura 4.23 – Andamento volumi di traffico per sezione – mercoledì</i> .....	28
<i>Figura 4.24 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar lungo la SP415</i> .....	28
<i>Figura 4.25 – Flussi di traffico orari lungo la SP415</i> .....	29
<i>Figura 4.26 – Intersezioni rilevate</i> .....	30

<i>Figura 5.1 – Identificazione intervento di progetto .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5.2 – Accesso lotto di progetto .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5.3 – Percorso in ingresso/uscita dei mezzi pesanti indotti .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5.4 – Distribuzione indotti nuovo intervento.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 6.1 – Gerarchia delle correnti di traffico .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 6.2 – Definizione tipologie di ritardo per una rotatoria.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7.1 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 7.2 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1 .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 7.3 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0 e 1, intersezione 1 .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 7.4 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0, intersezione 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 7.5 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1, intersezione 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 7.6 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0, intersezione 3.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7.7 – Rete microsimulata 2D – Scenario 1, intersezione 3.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7.8 – Rete microsimulata 2D – Scenario 0 e 1, intersezione 4 .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7.9 – Nodi simulati.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 7.10 – Nodo 1 – Scenario 0 e 1 .....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 7.11 – Nodo 2 – Scenario 0 e 1 .....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 7.12 – Nodo 3 – Scenario 0.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 7.13 – Nodo 3 – Scenario 1.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 7.14 – Nodo 4 – Scenario 0 e 1 .....</i>	<i>55</i>

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 4.1 – Suddivisione classi veicolari .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 4.2 – Specifica radar .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 4.3 – Veicoli equivalenti giornalieri 00.00 – 24.00 .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 4.4 – Veicoli equivalenti giornalieri 00.00 – 24.00 lungo la SP415 .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabella 5.1 – Riepilogo superficie di progetto .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 5.2 – Veicoli pesanti indotti dal nuovo complesso logistico .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 5.3 – Turni di lavoro .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 5.4 – Veicoli leggeri indotti dal nuovo centro logistico .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 6.1 – Portate di conflitto .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 6.2 – Intervalli critici e di sequenza per ciascuna manovra .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 6.3 – Criterio per individuazione del LOS per intersezioni a raso non semaforizzate .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 6.4 – LOS tronchi stradali per strade a carreggiate separate .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 6.5 – LOS tronchi stradali per strade a carreggiata unica con una corsia per senso di marcia .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 7.1 – Valutazione di rete – Scenario 0 .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 7.2 – Valutazione di rete – Scenario 1 .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 7.3 – Indicatori prestazionali Nodo 1 – Scenario 0 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabella 7.4 – Indicatori prestazionali Nodo 1 – Scenario 1 .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabella 7.5 – Indicatori prestazionali Nodo 2 – Scenario 0 .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 7.6 – Indicatori prestazionali Nodo 2 – Scenario 1 .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 7.7 – Indicatori prestazionali Nodo 3 – Scenario 0 .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 7.8 – Indicatori prestazionali Nodo 3 – Scenario 1 .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 7.9 – Indicatori prestazionali Nodo 4 – Scenario 0 .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 7.10 – Indicatori prestazionali Nodo 4 – Scenario 1 .....</i>	<i>55</i>