

PROVINCIA DI  
VERONA

REGIONE DEL  
VENETO

COMUNE DI  
LAVAGNO

## NUOVA GRANDE STRUTTURA DI VENDITA



### Studio di Impatto Viabilistico Relazione tecnica

Proponenti:	Consulente:
<b>TRAPPER S.r.l.</b>  Corso Porta Nuova, 121 24030 Verona	 facciamo crescere le possibilità.  Via Nazionale, 171/A 36056 Tezze sul Brenta (VI)

Ottobre 2018

Revisione 2

# INDICE

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ DELLO STUDIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>SISTEMA OFFERTA VIARIA .....</b>	<b>7</b>
3.1	VIABILITÀ PRINCIPALE .....	7
3.2	ASSI STRADALI .....	8
3.3	CASELLI AUTOSTRADALI .....	9
3.4	VIABILITÀ LIMITROFA AL LOTTO .....	10
3.5	INTERSEZIONI LIMITROFE E ACCESSI ALL'AREA .....	12
<b>4</b>	<b>DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE .....</b>	<b>15</b>
4.1	RILIEVI AUTOMATICI .....	15
4.2	RILIEVI MANUALI .....	22
<b>5</b>	<b>INTERVENTO DI PROGETTO .....</b>	<b>25</b>
5.1	ACCESSI .....	26
5.2	FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTI .....	27
5.3	FLUSSI DI TRAFFICO FUTURI .....	29
<b>6</b>	<b>LIVELLI DI SERVIZIO .....</b>	<b>30</b>
6.1	DEFINIZIONI .....	30
6.2	LIVELLI DI SERVIZIO INTERSEZIONI NON SEMAFORIZZATE .....	31
6.3	LIVELLI DI SERVIZIO DELLE INTERSEZIONI A ROTATORIA .....	35
<b>7</b>	<b>ANALISI MICROSIMULATIVA .....</b>	<b>38</b>
7.1	MICROSIMULAZIONI ESEGUITE .....	38
7.2	VALUTAZIONE CRITICA DEI RISULTATI .....	40
7.2.1	Valutazioni di rete .....	41
7.2.2	Valutazioni di nodo .....	42
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>47</b>

# 1 GENERALITÀ DELLO STUDIO

Nell'ambito del progetto di realizzazione di una nuova grande struttura di vendita all'interno del Piano Urbanistico Attuativo "per la realizzazione di un'area commerciale tra Via Vaghetto e Via della Scienza", ubicata nei pressi dell'area produttiva di Vago, in territorio comunale di Lavagno (VR), il seguente studio di impatto viabilistico si pone come obiettivo quello di valutare la sostenibilità dell'intervento verificando l'impatto del nuovo insediamento sulla rete stradale di afferenza. L'apertura, l'ampliamento ed il trasferimento di attività commerciali risultano, infatti, direttamente connessi alla variazione dei flussi veicolari sulla rete viaria interessata a seguito delle nuove potenzialità di lavoro e d'acquisto 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.

Nello specifico, l'intervento oggetto della presente relazione prevede la realizzazione di un comparto commerciale costituito da due distinte strutture di vendita per una superficie coperta complessiva di circa 14.000 mq.

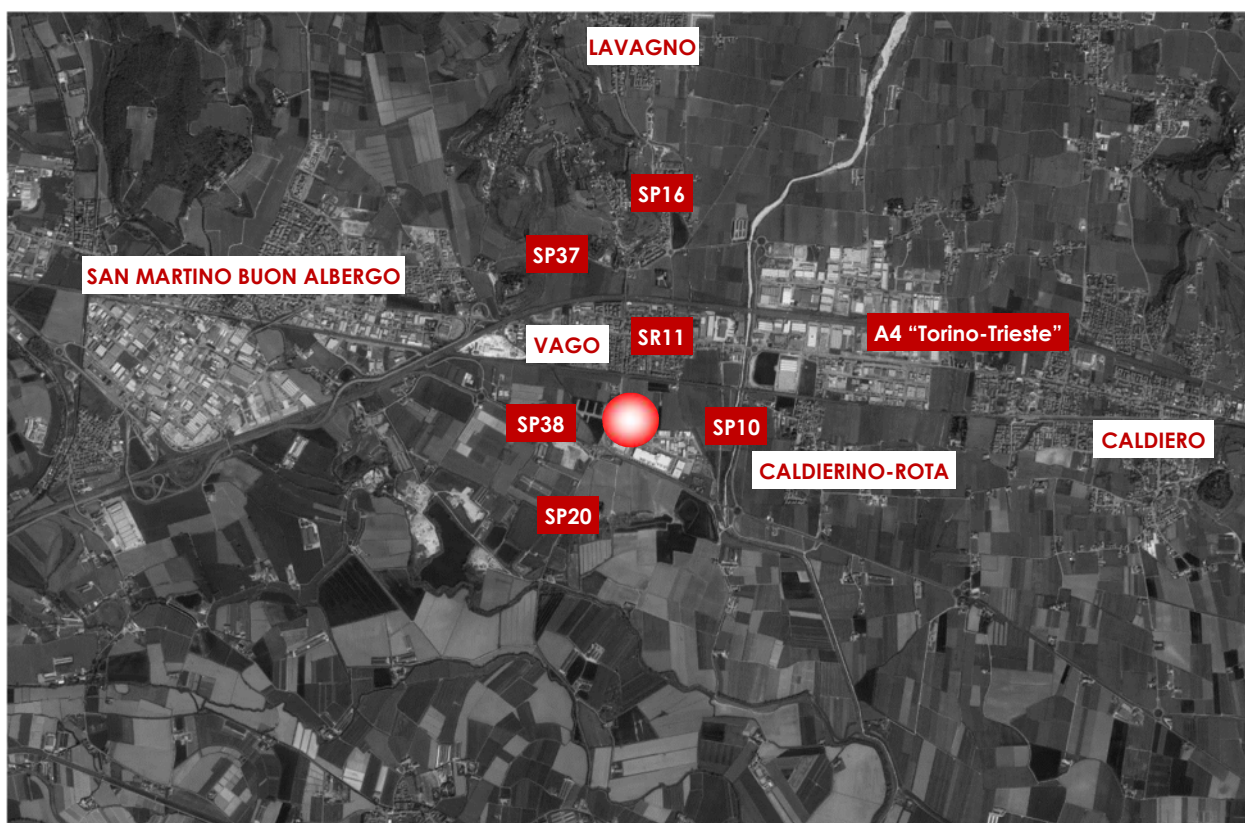


Figura 1 – Ubicazione intervento



Figura 2 – Ambito di intervento

La presente relazione verrà 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 (ottobre 2016);
- 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 dall'insediamento secondo i principi della Teoria e Tecnica della Circolazione.

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, 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.

Con lo scopo di 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 piano 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 localizzata nel quadrante ovest della regione Veneto, a Vago di Lavagno, il cui territorio comunale si estende su una superficie di 14,64 kmq e presenta una popolazione residente di 8.435 abitanti, alla data del 01/01/2016, come rilevato dall'Istat.

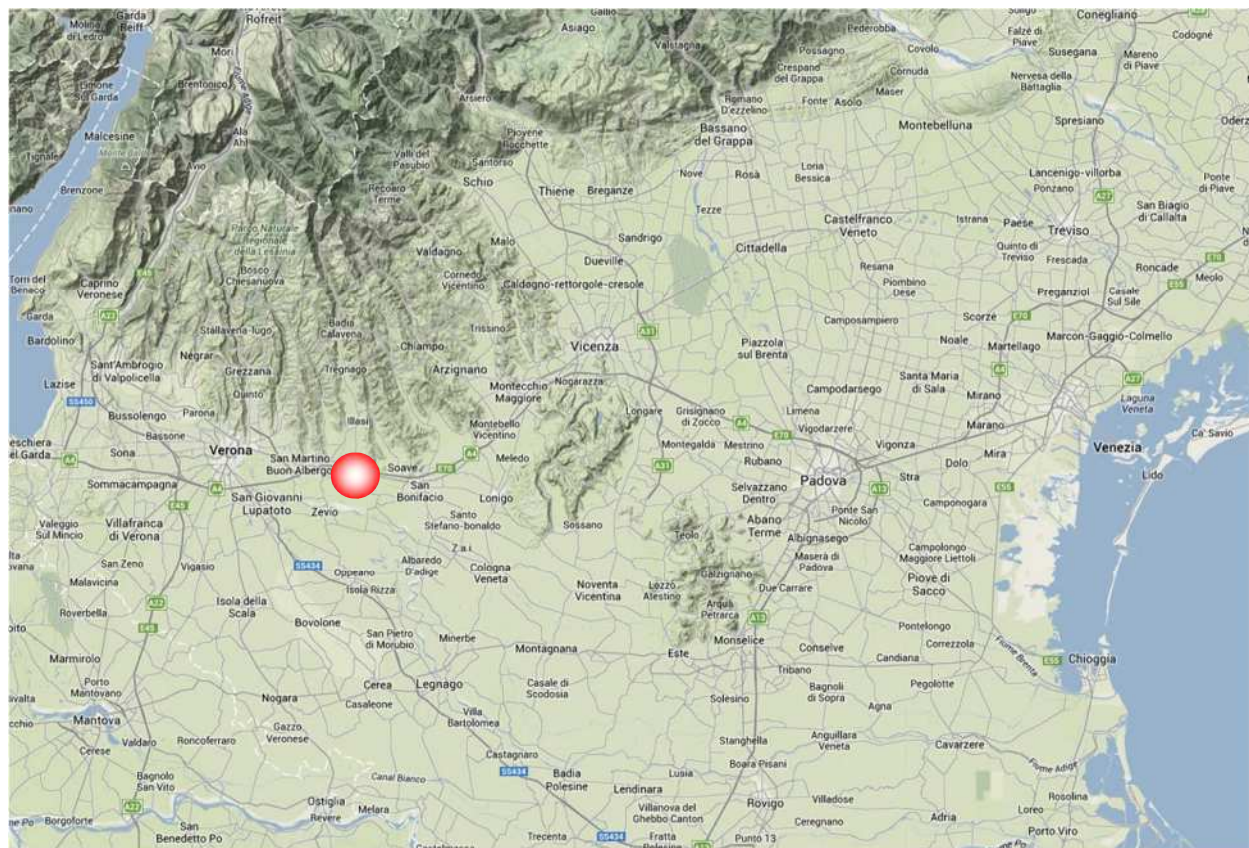
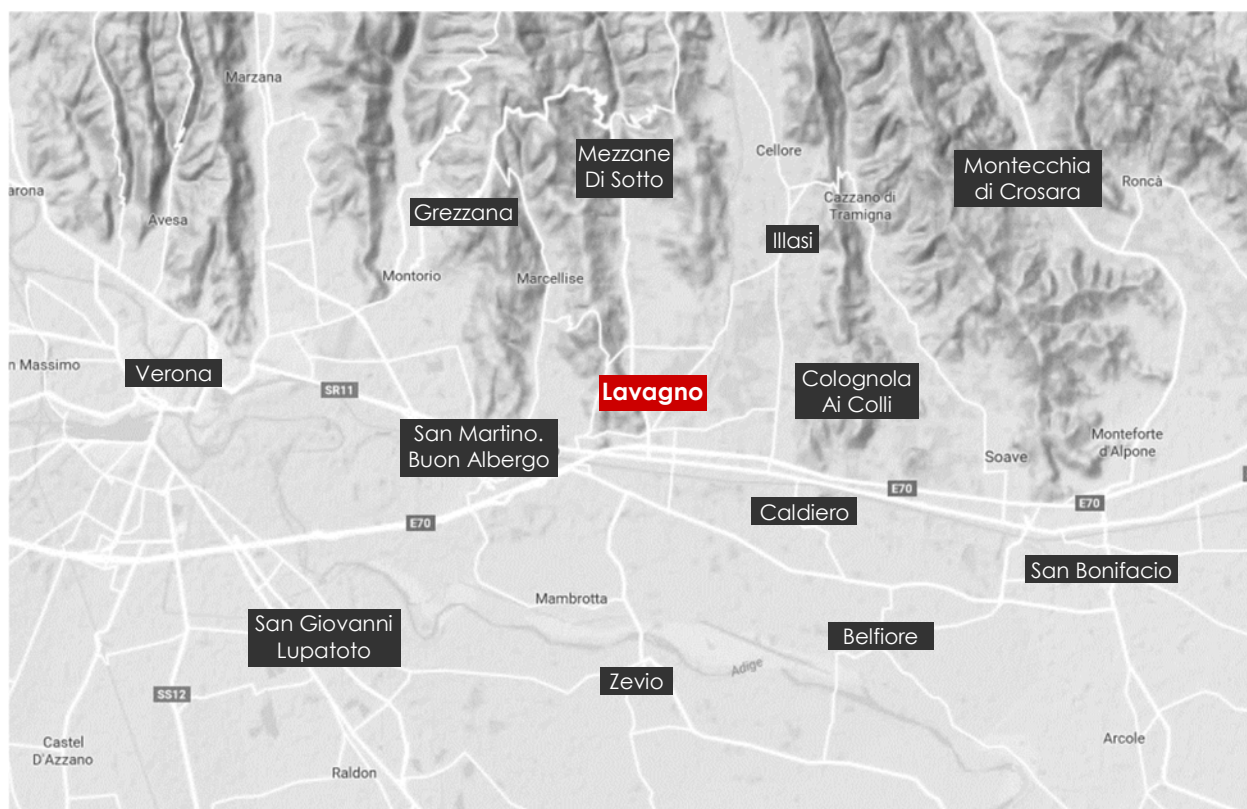


Figura 3 – Inquadramento territoriale comune di Lavagno

Il territorio comunale di Lavagno confina con i comuni di Illasi, Colognola Ai Colli e Caldiero nella parte est, Mezzane Di Sotto a nord, San Martino Buon Albergo sul lato ovest, mentre Zevio delimita il territorio a sud.

Dal punto di vista viabilistico, il territorio comunale è caratterizzato da infrastrutture di valenza interregionale, regionale e provinciale, sia in direzione est-ovest che lungo la direttrice nord-sud. Posto ai piedi della valle di Mezzane, a pochi chilometri dalla città di Verona, ed essendo interessato dall'A4 (Torino-Milano-Trieste) il comune di Lavagno presenta una connotazione particolarmente strategica, ulteriormente accentuata dall'importante viabilità d'accesso rappresentata dalla SR11 "Padana Superiore", dalla SP37 "Del Soave" e dalla SP38 "Porcilana".

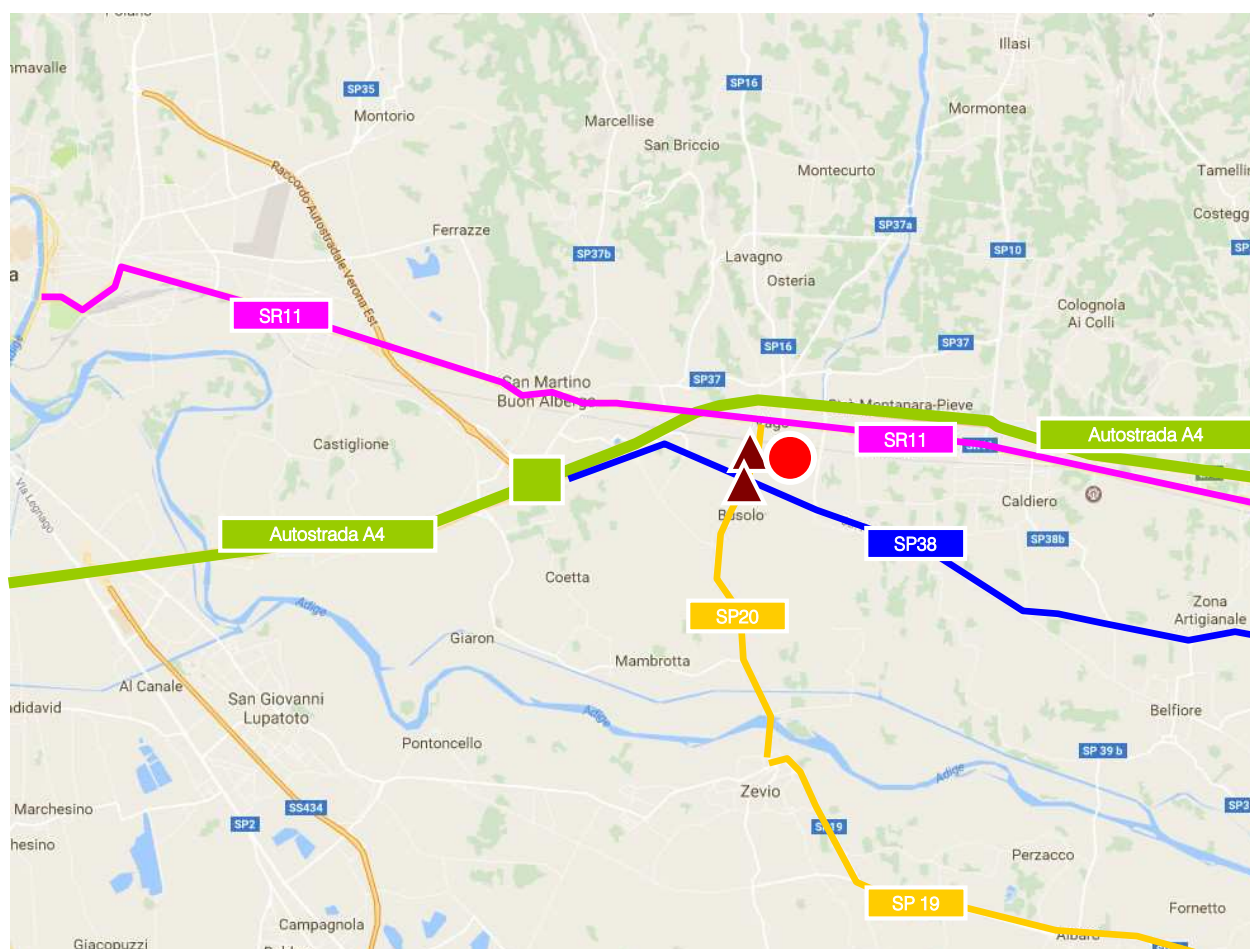


*Figura 4 – Comuni confinanti con Lavagno*

## 3 SISTEMA OFFERTA VIARIA

### 3.1 VIABILITÀ PRINCIPALE

Nella figura che segue è illustrata la viabilità principale caratterizzante il territorio interessato dall'intervento oggetto di studio.



*Figura 5 – Principali direttrici infrastrutturali*

Oltre all'autostrada, alle strade regionali e alle strade provinciali, la figura riporta anche la localizzazione spaziale del casello autostradale di Verona Est lungo l'A4 (simbolo quadrangolare) nonché due delle intersezioni principali (simbolo triangolare) più prossime all'intervento (simbolo circolare).

Dalla figura si nota chiaramente come da un punto di vista viabilistico la struttura di vendita risulti ben collegata a numerosi assi stradali ad elevata capacità veicolare di seguito descritti.



## 3.2 ASSI STRADALI

Le principali direttrici infrastrutturali afferenti all'area oggetto di studio risultano essere:

Autostrada A4 "Serenissima". Considerata uno dei punti nevralgici della rete viaria italiana, costituisce infatti il principale asse di collegamento del nord Italia, attraversando da ovest ad est l'intera pianura padana. La sede stradale è costituita principalmente da tre corsie per senso di marcia ed una corsia d'emergenza. L'A4 ha inizio a Torino e termina a Sistiana (Trieste) passando per Milano e Venezia, dove nel 2009 è stato inaugurato il cosiddetto Passante di Mestre.



Figura 6 – Autostrada A4 nel tratto Vicenza-Verona

- "Strada Padana Superiore" SR11. Attraversa da ovest ad est la parte settentrionale della Pianura Padana toccando numerose zone produttive del paese e costeggiando per alcuni chilometri il Lago di Garda per poi terminare a Venezia. In Veneto, la strada attraversa le città di Verona, Vicenza e Padova, da qualche tempo superabili anche tramite varianti che corrono per lunghi tratti a fianco dell'autostrada A4. Nel territorio comunale di Lavagno interseca longitudinalmente l'abitato della frazione di Vago.



Figura 7 – Tracciato SR11 e foto nel tratto a 2 corsie che attraversa l'abitato di Vago

- “Strada Provinciale dell’Adige e del Tartaro” SP20. Ha inizio precisamente a Vago di Lavagno nel punto di raccordo con la SR11 e prosegue in direzione sud-ovest per terminare all’innesto della SS12 a Nogara (VR).



*Figura 8 – Foto del primo tratto della SP20*

- “Strada Porcilana” SP38. Ha inizio a San Martino Buon Albergo e termina ad Arcole in provincia di Verona scorrendo nella parte meridionale dei comuni attraversati dall’A4 “Serenissima”.



*Figura 9 – Foto del primo tratto della “Strada Porcilana” SP38*

### 3.3 CASELLI AUTOSTRADALI

L’esistenza nel territorio comunale di un’infrastruttura ad elevata capacità veicolare sottoposta ad un sistema di tariffazione, costituita dall’Autostrada A4 “Serenissima” implica la presenza di nodi di accesso/egresso (caselli) caratterizzati dalla presenza di spazi necessari per l’esazione della tariffa e per l’attestazione dei veicoli. La figura 5 illustra la collocazione del più prossimo casello autostradale all’ambito di intervento, che identifica il nodo di Verona Est. Si tratta di un casello ad alta capacità ed elevata autonomia in quanto sono presenti più portali con tecnologia telepass e diversi portali dotati di sistema di esazione automatico senza impiego di operatori. 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.

### 3.4 VIABILITÀ LIMITROFA AL LOTTO

Le principali direttrici infrastrutturali afferenti all'area oggetto di studio risultano essere Via Vaghetto e Via della Scienza. Di seguito si riporta una breve descrizione per ciascuna delle strade citate, mentre per quanto riguarda il dettaglio descrittivo della viabilità di afferenza compresa nell'area avente raggio di 1.000 m si rimanda agli allegati.

Nello specifico:

- Via Vaghetto. Nel tratto a nord della rotatoria è una strada ad una carreggiata con una corsia per senso di marcia mentre nel tratto a sud della rotatoria si presenta sempre ad una unica carreggiata con una corsia in direzione sud e a tre corsie per senso di marcia in direzione nord, di cui destinate alla svolta a destra.

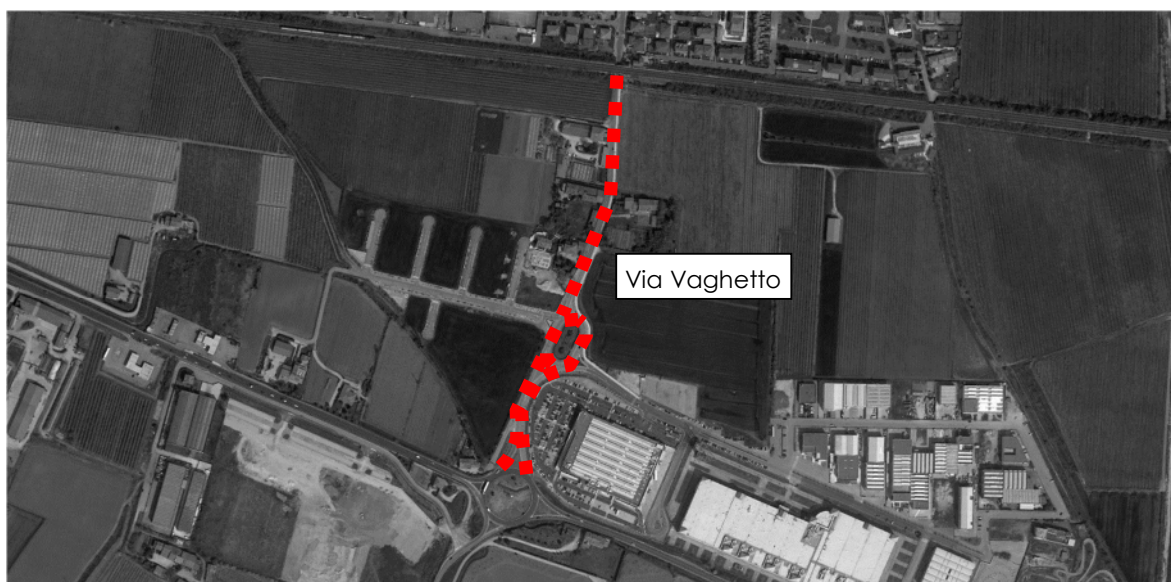


Figura 10 – Vista aerea Via Vaghetto



Figura 11 – Via Vaghetto dir. nord



Figura 12 – Via Vaghetto dir. sud

- Via della Scienza. Collega Via Vaghetto con la zona produttiva di Vago sita in Via della Tecnica. Via della Scienza presenta nel primo tratto un'unica carreggiata con una



corsia per senso di marcia in direzione ovest e a doppia corsia in direzione est. Successivamente diventa a carreggiate separate da aiuola spartitraffico ad unica corsia per senso di marcia.



Figura 13 – Vista aerea Via della Scienza



Figura 14 – Via della Scienza dir. ovest



Figura 15 – Via della Scienza dir. est



### 3.5 INTERSEZIONI LIMITROFE E ACCESSI ALL'AREA

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le intersezioni più significative prossime all'area oggetto di studio.

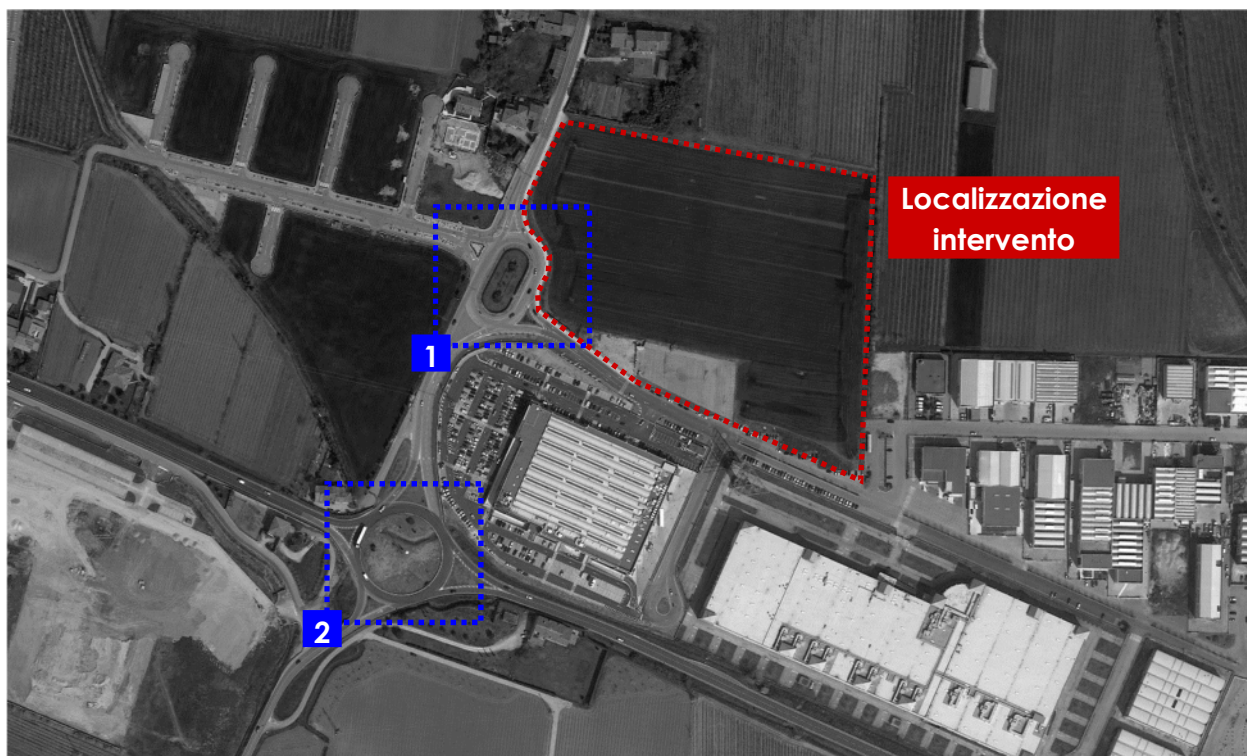


Figura 16 – Intersezioni limitrofe all'area di intervento

Per una descrizione più dettagliata si rimanda agli allegati, in cui vengono descritti i nodi adiacenti all'ambito di intervento contenuti all'interno del raggio di 1000 m rispetto all'area di intervento.

Come illustrato in Figura 16, le principali intersezioni limitrofe al lotto esaminato sono rappresentate da:

1. *Intersezione a rotatoria tra Via Vaghetto sud, Via della Scienza, Via Vaghetto nord, Via Vittime della Mafia.*

Si tratta di un'intersezione a rotatoria a quattro rami, dove l'asse principale è rappresentato da via Vaghetto in direzione nord - sud.

L'anello della rotatoria è caratterizzato da una carreggiata a due corsie, mentre tutti i rami di ingresso ed uscita sono ad unica corsia.

Si osserva che il ramo Via Vaghetto sud presenta tre corsie in direzione nord di cui due sono dedicate all'accesso a Via della Scienza in modo da aumentare la capacità del nodo.



Figura 17 – Ortofoto intersezione a rotatoria Via Vaghetto sud, Via della Scienza, Via Vaghetto nord, Via Vittime della Mafia



Figura 18 – Via della Scienza



Figura 19 – Via Vaghetto dir. nord

2. Intersezione a rotatoria tra SP20 "Dell'Aglio e del Tartaro", SP38 "Porcilana" dir. est, Via Vaghetto e SP38 "Porcilana" dir. ovest.

Si tratta di un'intersezione a rotatoria a quattro rami, dove i rami interessati da un traffico veicolare più intenso sono il ramo nord, Via Vaghetto, e l'asse est – ovest, SP38 "Porcilana".

L'anello della rotatoria è caratterizzato da una carreggiata ad unica corsia; tutti i rami di ingresso ed uscita sono dotati di unica corsia.





Figura 20 – Ortofoto intersezione a rotatoria tra SP20 “Dell’Aglione e del Tartaro”, SP38 “Porcilana” dir. est, Via Vaghetto e SP38 “Porcilana” dir. ovest



Figura 21 – SP38 “Porcilana” dir. est



Figura 22 – SP20 “Dell’Aglione e del Tartaro”

## 4 DOMANDA DI TRAFFICO ATTUALE

L'intervento oggetto del presente studio si inserisce nel tessuto produttivo di Vago di Lavagno, andando ad implementare l'offerta relativa al settore commerciale.

La viabilità di afferenza al lotto in esame risulta di conseguenza contraddistinta da una quota di mobilità veicolare composta sia da flussi di penetrazione all'area commerciale e produttiva che da flussi veicolari di attraversamento lungo la SP38 "Porcilana". 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 caratterizzano la rete viaria si è ricorsi ad una serie di rilievi automatici lungo la viabilità di accesso all'area di studio. In aggiunta sono stati eseguiti anche dei rilievi manuali nell'intervallo orario di punta della sera di venerdì 7 Ottobre 2016 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 Wavetech e ViaCount ad effetto doppler, hanno permesso un monitoraggio continuativo nelle giornate di venerdì, sabato e domenica, periodo in cui statisticamente si prevede l'indotto maggiore per un insediamento commerciale.

Le giornate di rilievo sono state pertanto:

- Venerdì 7 Ottobre 2016;
- Sabato 8 Ottobre 2016;
- Domenica 9 Ottobre 2016.

Si precisa che la fase di misurazione dei flussi veicolari viene eseguita all'interno di un periodo dell'anno lavorativo/scolastico escludendo generalmente dall'attività di monitoraggio i seguenti periodi:

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

L'indagine viene usualmente condotta mediante apparecchiature contatraffico impostate, a seconda delle caratteristiche geometriche della strada da monitorare, sulla funzione "incoming" o "bidirectional".





Figura 23 – Strumentazione radar utilizzata

Il singolo radar, dotato di propria alimentazione a batteria, è stato ubicato esternamente alla carreggiata 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.

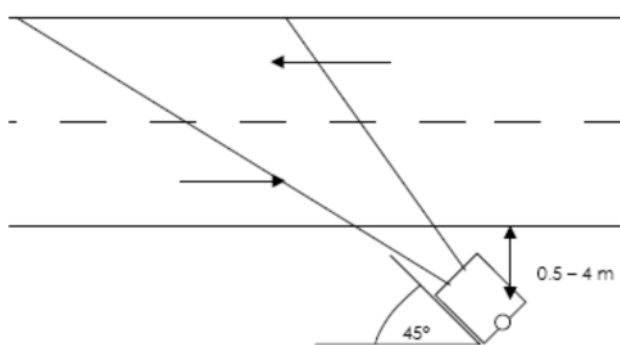


Figura 24 – Angolo di installazione dei radar rispetto alla direzione di marcia

Ai sensi delle direttive contenute nella D.G.R. n.1047 del 18 giugno 2013, l'indagine è stata condotta relativamente ai flussi di traffico diurni per fasce orarie (08.00-20.00) divise per intervalli di 15 minuti. Di seguito si propone una sintetica tabella riportante il numero dei radar e gli assi stradali lungo i quali sono stati collocati:

Numerazione radar	Posizione
<b>Radar 1</b>	SP10 "Della Val d'Ilasi" dir. nord
<b>Radar 2</b>	SP10 "Della Val d'Ilasi" dir. sud
<b>Radar 3</b>	SR11 "Padana Superiore" est dir. ovest
<b>Radar 4</b>	SR11 "Padana Superiore" est dir. est
<b>Radar 5</b>	SP10 "Della Val d'Ilasi" dir. sud
<b>Radar 6</b>	SP10 "Della Val d'Ilasi" dir. nord
<b>Radar 7</b>	SR11 "Padana Superiore" ovest dir. est
<b>Radar 8</b>	SR11 "Padana Superiore" ovest dir. ovest
<b>Radar 9</b>	SP38 "Porcilana" est dir. ovest
<b>Radar 10</b>	SP38 "Porcilana" est dir. est
<b>Radar 11</b>	SP38 "Porcilana" centro dir. est
<b>Radar 12</b>	SP38 "Porcilana" centro dir. ovest
<b>Radar 13</b>	SP20 "Dell'Adige e del Tartaro" dir. nord
<b>Radar 14</b>	SP20 "Dell'Adige e del Tartaro" dir. sud
<b>Radar 15</b>	SP38 "Porcilana" ovest dir. est
<b>Radar 16</b>	SP38 "Porcilana" ovest dir. ovest
<b>Radar 17</b>	Via Vaghetto sud dir. sud
<b>Radar 18</b>	Via Vaghetto sud dir. nord
<b>Radar 19</b>	Via della Scienza dir. ovest
<b>Radar 20</b>	Via della Scienza dir. est
<b>Radar 21</b>	Via Vaghetto nord dir. sud
<b>Radar 22</b>	Via Vaghetto nord dir. nord

Tabella 1 – Specifica radar

Di seguito verranno brevemente sviluppate alcune osservazioni sui dati di traffico, riportati in dettaglio nell'allegato, in cui, per i tre giorni venerdì 7, sabato 8 e domenica 9 Ottobre 2016, sono specificati:

- dati generali accompagnati da documentazione fotografica;
- volumi di traffico suddivisi per intervalli temporali di 15 min;
- 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.





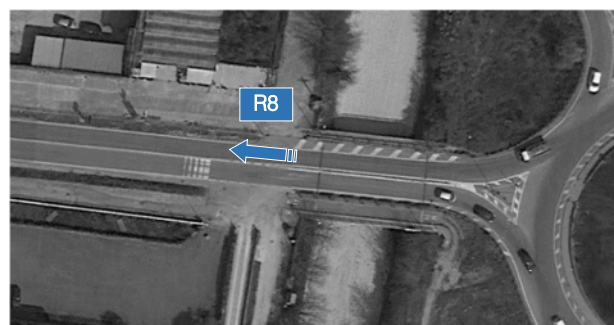






Figura 25 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar

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
Veicoli leggeri	$0.5 \text{ m} \leq L < 6.0 \text{ m}$
Commerciali leggeri	$6.0 \text{ m} \leq L < 8.5 \text{ m}$
Mezzi pesanti	$8.5 \text{ m} \leq L < 21.0 \text{ m}$

Tabella 2 – Suddivisione classi veicolari

I dati sono stati poi aggregati utilizzando come riferimento temporale il quarto d'ora ed omogeneizzati in termini di veicoli equivalenti utilizzando il coefficiente 1.0 per i veicoli leggeri, 1.5 per i commerciali leggeri e 2.0 per i mezzi pesanti.

Numerazione radar	Venerdì 07.10.2016	Sabato 08.10.2016	Domenica 09.10.2016
Radar 1	3.892	2.918	2.053
Radar 2	3.915	2.819	2.269
Radar 3	9.855	8.994	7.519
Radar 4	9.540	8.709	7.049
Radar 5	2.391	1.688	1.167
Radar 6	2.170	1.625	1.007
Radar 7	6.257	6.094	5.146
Radar 8	6.751	6.651	5.553
Radar 9	6.828	5.484	5.022
Radar 10	6.865	5.530	5.153
Radar 11	9.637	8.013	7.061
Radar 12	9.680	7.899	7.156
Radar 13	3.298	2.847	3.208
Radar 14	3.561	3.085	3.341
Radar 15	10.212	8.272	6.992
Radar 16	9.811	7.797	6.647
Radar 17	3.814	4.583	4.013
Radar 18	4.003	4.705	4.316
Radar 19	3.345	4.306	3.541
Radar 20	3.323	4.482	3.669
Radar 21	2.948	3.304	2.621
Radar 22	3.155	3.246	2.793

Tabella 3 – Riepilogo flussi in veicoli equivalenti intervallo 8.00 – 20.00

Globalmente, analizzando i dati ricavati dalle apparecchiature radar si osserva come il giorno caratterizzato dai volumi di traffico maggiori sia il **venerdì**; nell'intervallo orario **8.00-20.00** i flussi veicolari totali del sabato e della domenica risultano infatti inferiori rispetto alla giornata feriale. Prendendo quindi a riferimento la giornata del venerdì l'ora di punta serale, coincidente con l'ora di punta statisticamente presa a riferimento per la stima degli indotti delle strutture commerciali, si ha **dalle 17.00 alle 18.00**.

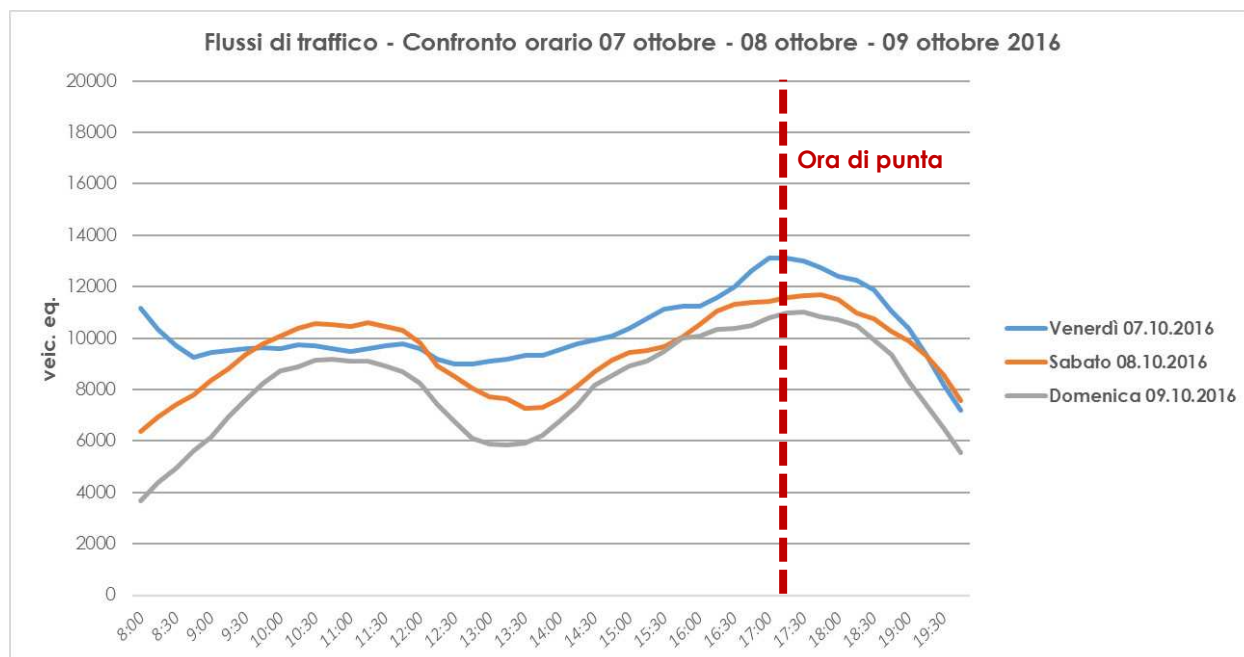


Figura 26 – Confronto flussi di traffico totali

Osservando l'andamento dei grafici riportati si nota come le giornate del sabato e della domenica siano caratterizzate da un andamento a "doppia campana", con picchi nella fascia meridiana e serale della giornata mentre i dati relativi al venerdì sono relativamente costanti con una tendenza all'incremento verso la fascia serale, a testimonianza della vocazione commerciale dell'area.

## 4.2 RILIEVI MANUALI

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

1. intersezione a rotatoria tra Via Vaghetto sud, Via della Scienza, Via Vaghetto nord, Via Vittime della Mafia;
2. intersezione a rotatoria tra SP20 "Dell'adige e del Tartaro", SP38 "Porcilana" centro, Via Vaghetto sud e SP38 "Porcilana" ovest;

3. intersezione a rotatoria tra Via Caldierino, SP38 "Porcilana" est, SP10 "Della Val d'Ilasi" e SP38 "Porcilana" centro;
4. intersezione a rotatoria tra SP10 "Della Val d'Ilasi" sud, SR11 "Padana Superiore" dir. est, SP10 "Della Val d'Ilasi" nord e SR11 "Padana Superiore" ovest.

I rilievi sono stati eseguiti in data venerdì 7 Ottobre 2016 nell'intervallo critico della sera, compreso tra le ore 17.00 e le ore 18.00.

Rilievo in comune di *Lavagno*

Data 07/10/2016 Foglio N° 1

Localizzazione Intersezione 1

Rilevatore Rossi

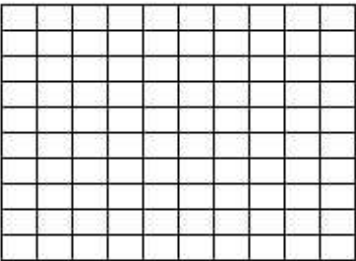
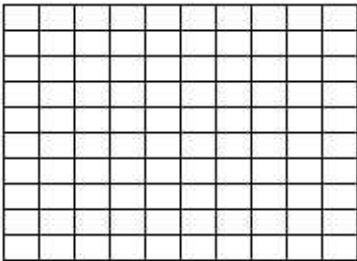
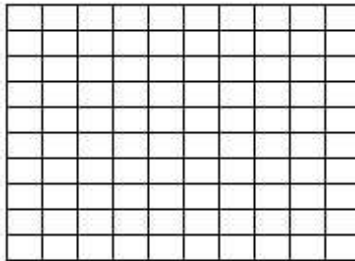
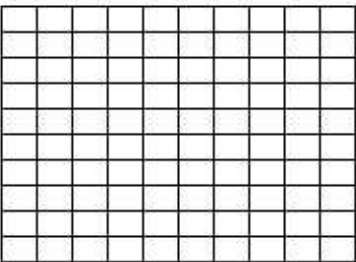
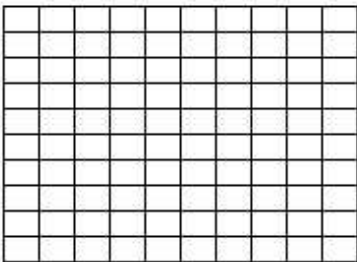
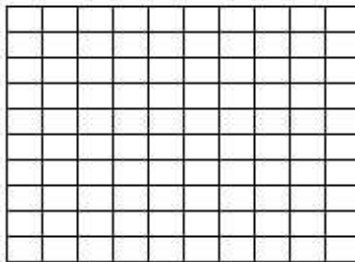
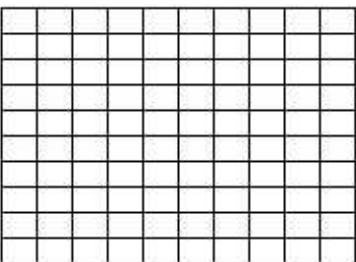
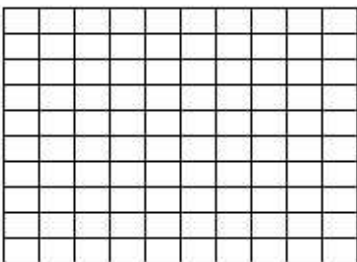
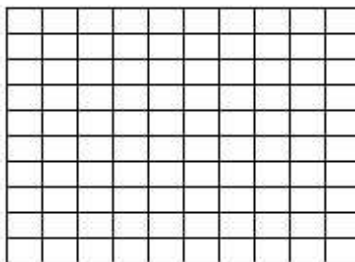
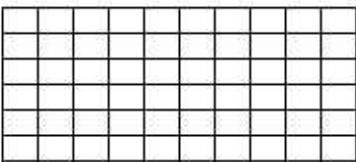
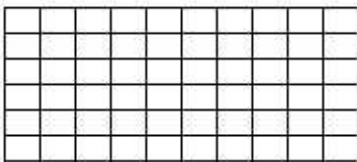
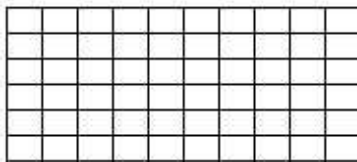
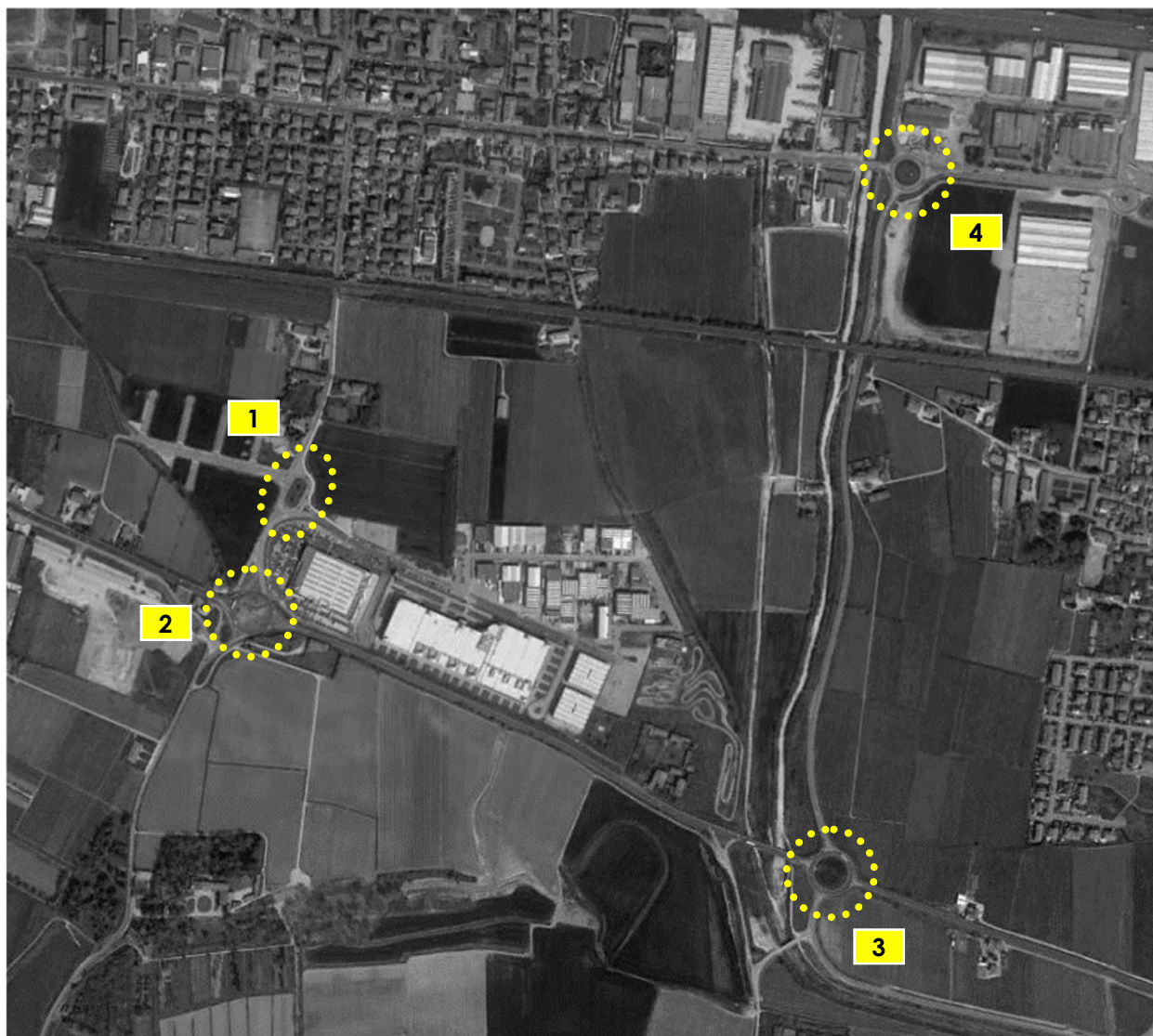
Ora			
Ora			
Ora			
Ora			

Figura 27 – Esempio scheda rilevatori



Ogni corrente di traffico interessante le singole intersezioni è stata monitorata da vari operatori compilando appositi moduli di rilevamento, simili a quello sopra riportato, sui quali sono stati annotati i passaggi dei veicoli distinti per classe veicolare e per orario.

Le intersezioni rilevate sono specificate nella planimetria di seguito riportata.



*Figura 28 – Intersezione oggetto di rilievo manuale*

Negli allegati, viene riportata una schematizzazione delle manovre rilevate, una tabella con i valori dei flussi relativi a ciascun movimento e le matrici O/D risultanti, distinte tra autovetture (A), motocicli (M), mezzi commerciali leggeri (L) e mezzi pesanti (P) riferite all'ora di punta riscontrata tra le 17.00 e le 18.00.

## 5 INTERVENTO DI PROGETTO

Il progetto prevede l'insediamento di una grande struttura di vendita localizzata in Comune di Lavagno, nel quadrante sud del territorio comunale, nei pressi della zona produttiva di Vago.

Nello specifico l'ambito di intervento ha un'estensione territoriale di 45.656 mq, all'interno del quale sorgeranno due distinte strutture commerciali aventi una superficie coperta complessiva di circa 14.00 mq. La restante area sarà destinata parte a verde e parte a parcheggio, dimensionata per ospitare circa 600 posti auto.



Figura 29 – Intervento di progetto



## 5.1 ACCESSI

Gli accessi alla viabilità secondaria di lottizzazione saranno ricavati a mezzo di nuove intersezioni a raso che si innestano su Via Vaghetto e Via della Scienza.

L'accesso principale è previsto su Via della Scienza e avverrà mediante una rotatoria di progetto che sarà localizzata in corrispondenza dell'accesso alla struttura commerciale esistente posta a sud. Lungo Via Vaghetto sarà consentito l'accesso in destra per la clientela, mentre un ulteriore accesso bidirezionale sarà destinato ai mezzi che accedono alla zona carico/scarico merci. Lungo il confine est dell'ambito commerciale, attestato su Via della Scienza, sarà presente un ulteriore accesso destinato all'uscita mediante la sola svolta a destra.

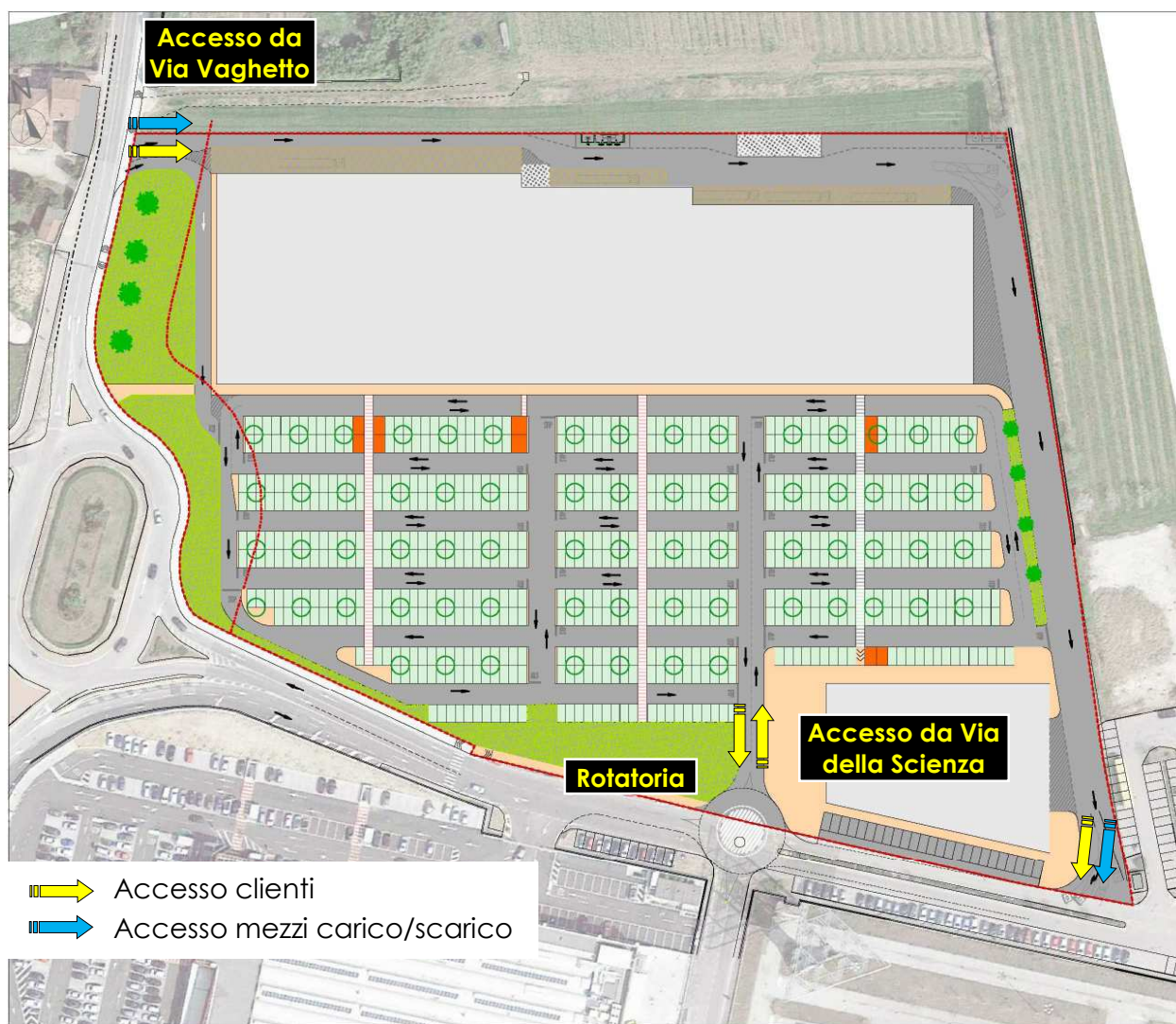


Figura 30 – Intervento di progetto



## 5.2 FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTI

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 qualitativamente l'intervento di progetto, è necessario stimare i flussi veicolari in accesso/egresso dal lotto in esame in aggiunta a quelli attualmente gravanti sulla rete.

Per quanto concerne la struttura commerciale, secondo quanto previsto dalla normativa regionale vigente sul commercio per il rilascio delle autorizzazioni (Allegato A - D.G.R. n.1047 del 18 giugno 2013), per le grandi strutture di vendita si deve procedere stimando i volumi di traffico sulla base del numero dei posti auto previsti (nella fattispecie pari a circa 600 per la grande struttura di vendita oggetto del presente studio) e della permanenza media della sosta (tra i 60 ed i 90 minuti); nel caso in esame, alla luce anche di numerosi monitoraggi effettuati in strutture commerciali di analoghe caratteristiche ed ubicazione, è stato deciso di adottare un turn over di 90 minuti. Si considera, inoltre, che il 20% degli utenti che interessano la rete venga "catturato" dalla nuova struttura di vendita deviando il proprio tragitto al fine di recarsi nell'area oggetto di intervento. Ne consegue un volume di traffico indotto pari a 800 veicoli equivalenti/ora: 400 in ingresso e 400 in uscita.



Figura 31 – Distribuzione flusso indotto

Il flusso commerciale indotto viene ripartito secondo i flussi attuali seguendo la medesima distribuzione:

- 14% da e verso Via Vaghetto;
- 35% da e verso SP38 "Porcilana" dir. ovest;
- 16% da e verso SP20 "Dell'Adige e del Tartaro";
- 35% da e verso SP38 "Porcilana" dir. centro;
- 21% da e verso SP38 "Porcilana" dir. est;
- 14% da e verso SP10 "Della Val d'Illasi" dir. sud;
- 5% da e verso SR11 "Padana Superiore" dir. ovest;

- 2% da e verso SP10 "Della Val d'Ilasi" dir. nord;
- 7% da e verso SR11 "Padana Superiore" dir. ovest.

### **5.3 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 dagli interventi descritti in precedenza. Si rimanda agli elaborati grafici in allegato per la specificazione dei volumi di traffico futuri espressi in veicoli equivalenti/ora.



## 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 6 livelli di servizio connotati con le prime sei lettere dell'alfabeto (da A ad E). Ad essi si aggiunge un settimo livello F, nel quale la congestione azzerava 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).

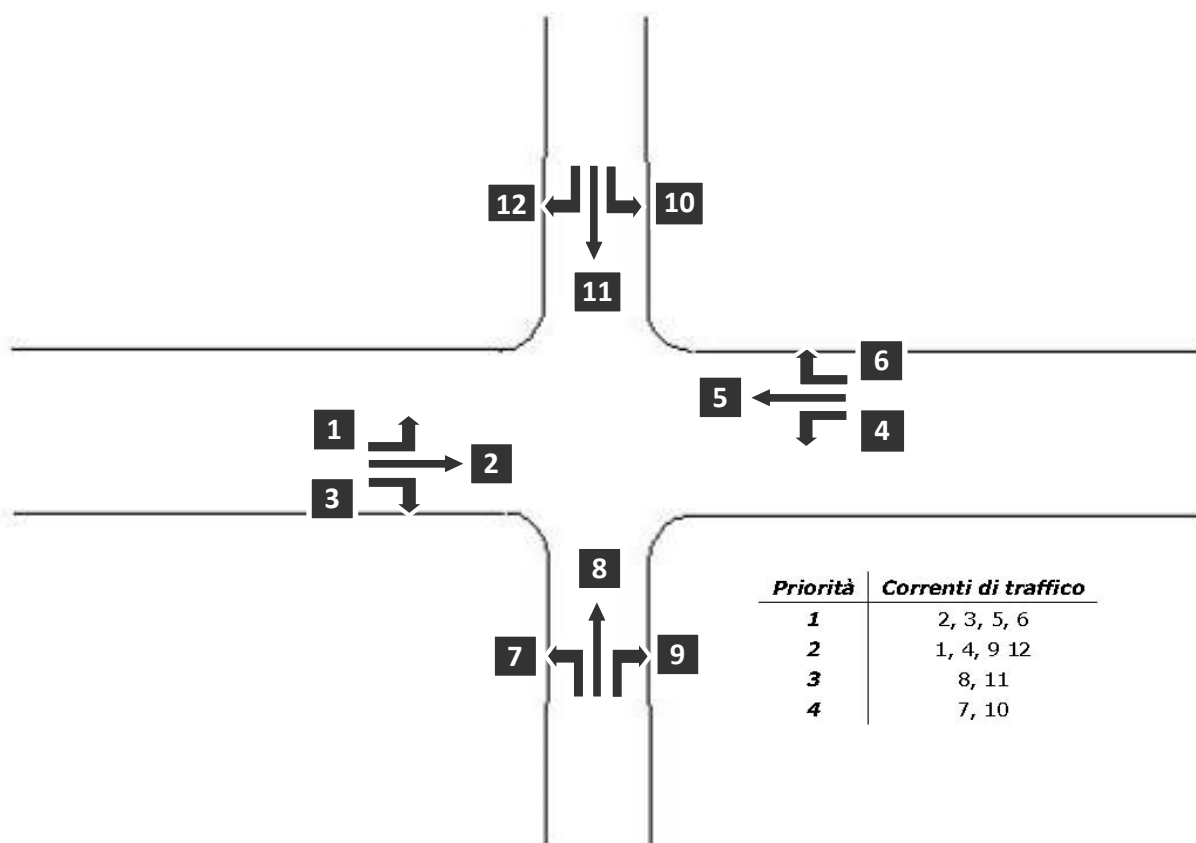


Figura 32 – Gerarchia delle correnti di traffico

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:

<b>Tipo di movimento</b>	<b>Determinazione portate di conflitto <math>q_{c,x}</math></b>	
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 4 – 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  $T_f$ :

<b>Tipo di movimento</b>	<b>Intervallo critico base <math>T_{cb}</math> (sec)</b>		<b>Intervallo di sequenza base <math>T_{fb}</math> (sec)</b>
	<b>Strada principale a due corsie</b>	<b>Strada principale a quattro corsie</b>	
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 5 – 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:

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

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:

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

*Tabella 6 – 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 33*.

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 33* 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 (L1) alla linea di dare la precedenza (L4) 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<sub>c</sub>)*: 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:

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

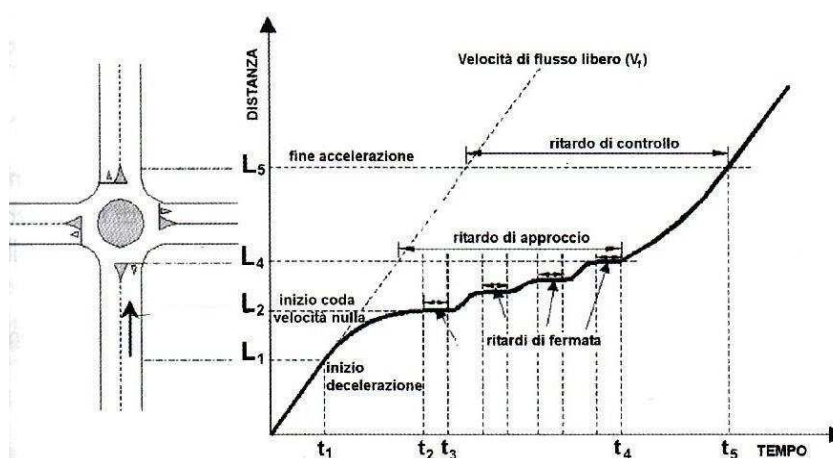


Figura 33 – Definizione tipologie di ritardo per una rotatoria

Come sopra accennato, 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.

## 7 ANALISI MICROSIMULATIVA

### 7.1 MICROSIMULAZIONI ESEGUITE

Al fine di produrre un'analisi completa e dettagliata dell'impatto viabilistico determinato dall'inserimento della struttura di vendita in oggetto 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, comprensivo dell'insediamento in esame.

Tali microsimulazioni sono state riferite all'ora di punta serale (17.00-18.00) 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 alle reti simulate, si riportano gli estratti esemplificativi di alcuni particolari simulati nei vari scenari.

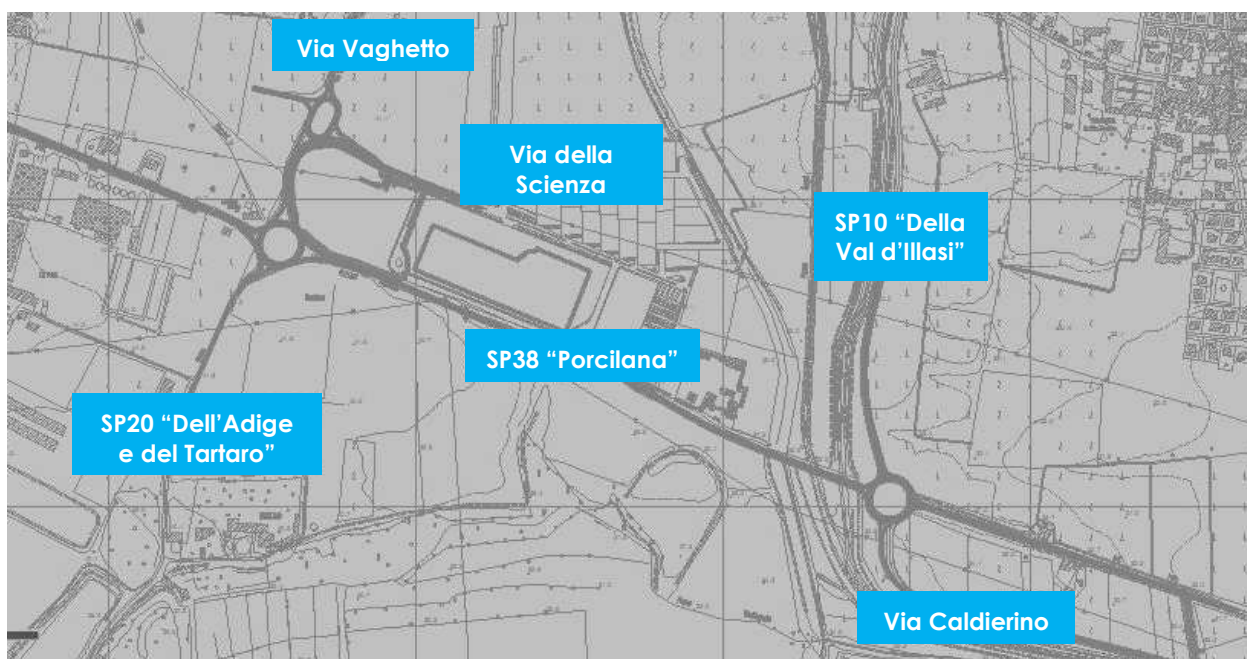


Figura 34 – Rete microsimulata – 2D

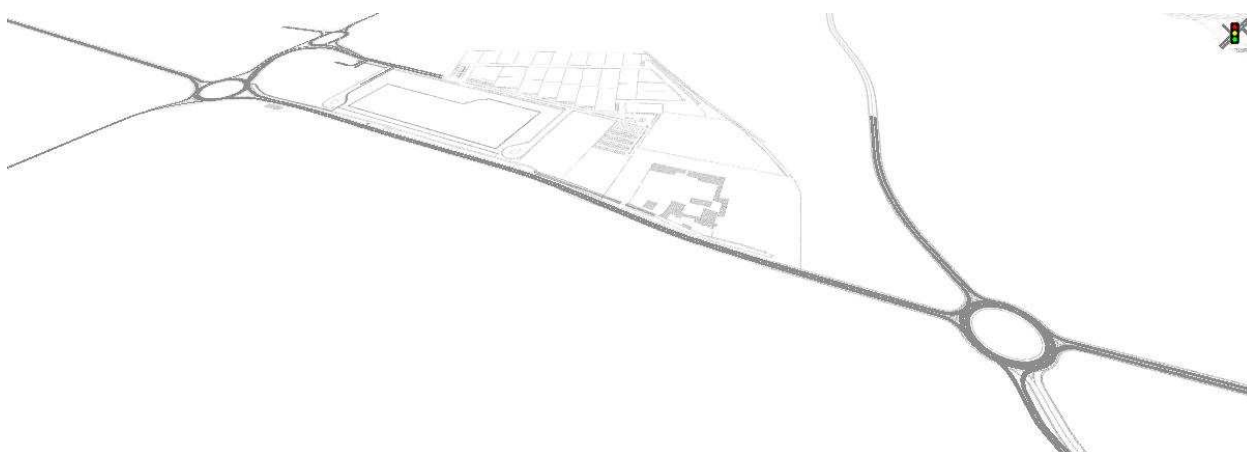


Figura 35 – Rete microsimulata – 3D

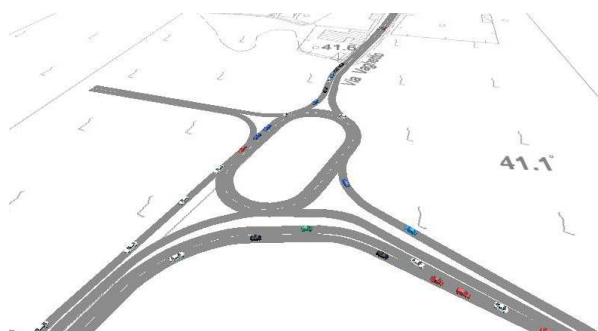


Figura 36 – Nodo 1 Intersezione tra Via Vaghetto e Via della Scienza

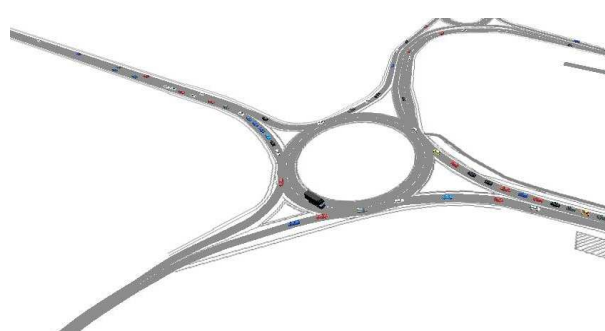


Figura 37 – Nodo 2 Intersezione tra SP38 'Porcilana' e SP20 'Dell' Adige e del Tartaro'



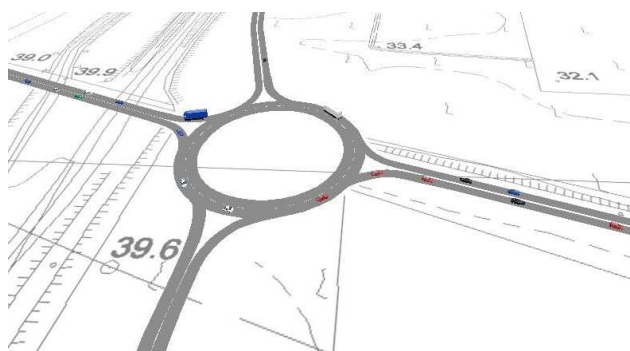


Figura 38 – Nodo 3 Intersezione tra SP38 “Porcilana” e SP10 “Della Val d’Illasi”

## 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 due 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 della nuova struttura di vendita. Gli indicatori prestazionali utilizzati per questa analisi sono stati:

- la lunghezza media/massima 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.

### 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 quello futuro.

Dalle risultanze emergono le seguenti considerazioni:

- il numero di veicoli simulato 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;
- la velocità media dei veicoli risulta minore nello scenario di progetto, a causa dell'aumento dei volumi di traffico;
- per lo stesso motivo, il ritardo medio per veicolo risulta maggiore nello scenario di progetto.

#### Ora di punta 17.00-18.00: Stato di fatto

SCENARIO 0	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3142
Totale distanza percorsa veicoli (km)	5767,1
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	120,7
Velocità media (km/h)	47,8
Totale ritardo veicoli (h)	17,1
Ritardo medio per veicolo (s)	19,6

Tabella 7 – Valutazione di rete Scenario 0

#### Ora di punta 17.00-18.00: Scenario di progetto

SCENARIO 1	
PARAMETRI DI RETE	VALORI
Numero di veicoli simulati	3797
Totale distanza percorsa veicoli (km)	6730,0
Totale tempo di viaggio veicoli (h)	156,0
Velocità media (km/h)	43,1
Totale ritardo veicoli (h)	23,2
Ritardo medio per veicolo (s)	21,9

Tabella 8 – Valutazione di rete Scenario 1

## 7.2.2 VALUTAZIONI DI NODO

Per quanto riguarda la “valutazione di nodo” verranno di seguito analizzate le intersezioni per la rete viaria di afferenza:

1. Intersezione a rotatoria fra Via Vaghetto e Via della Scienza;
2. Intersezione a rotatoria fra SP38 “Porcilana” e SP20 “Dell’Adige e del Tartaro”;
3. Intersezione a rotatoria fra SP38 “Porcilana” e SP10 “Della Val d’Illasi”

Nell'analisi che seguirà saranno pertanto posti a confronto, per ciascun nodo della rete, gli indicatori prestazionali dei due scenari.



Figura 39 – Nodi valutati

### Nodo 1: Intersezione a rotatoria fra Via Vaghetto e Via della Scienza



Figura 40 – Nodo 1

NODO 1				
RAMO	CODA [m]		RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
	MEDIA	MAX		
A	0,1	12,6	9,9	A
B	0,7	31,1	10,9	B
C	0,8	32,6	11,2	B
D	0,0	0,0	0,0	A
TOT	-	-	10,8	B

Tabella 9 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 1

NODO 1				
RAMO	CODA [m]		RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
	MEDIA	MAX		
A	0,2	17,3	6,5	A
B	2,2	59,3	10,1	B
C	7,7	69,8	18,8	C
D	0,0	0,0	0,0	A
TOT	-	-	12,1	B

Tabella 10 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 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. Il livello di servizio si mantiene su standard adeguati, mantenendo il livello B. Nello Scenario 1 si verificano accodamenti e ritardi maggiori sul ramo C, Via Vaghetto, per effetto del maggior flusso di disturbo in uscita dal polo commerciale, ma il livello di servizio rimane buono. Si precisa che in uscita dal ramo D, Via Vittime della Mafia non sono stati rilevati veicoli nell'ora di analisi.



**Nodo 2: Intersezione a rotatoria fra SP38 "Porcilana" e via Sp20 "Dell'Adige e del Tartaro"**

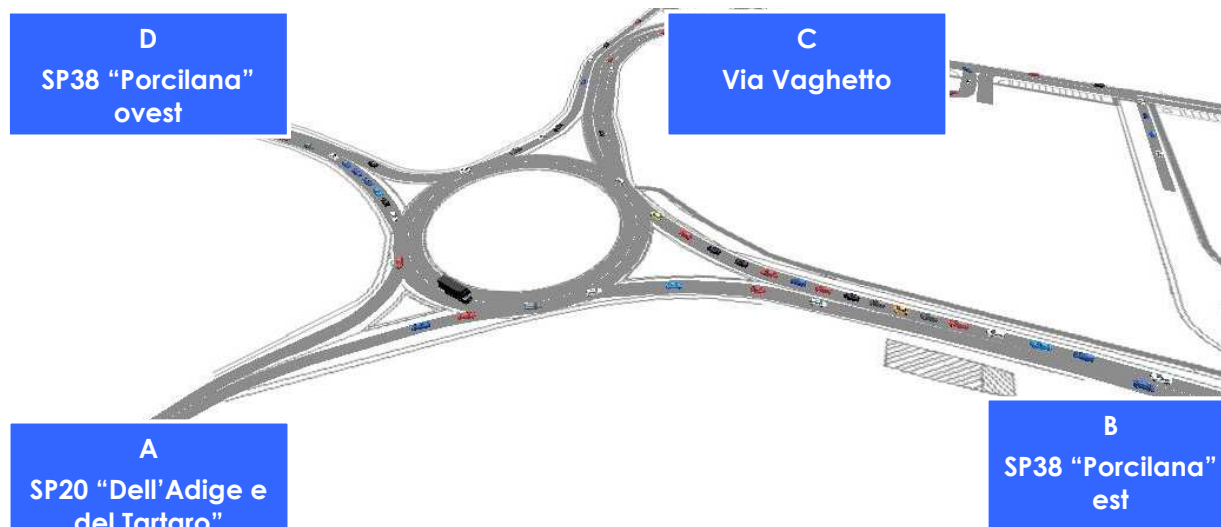


Figura 41 – Nodo 2

NODO 2				
RAMO	CODA [m]		RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
	MEDIA	MAX		
A	11,4	44,0	14,0	B
B	53,2	72,7	14,4	B
C	51,9	83,5	14,5	B
D	63,7	143,9	18,7	C
TOT	-	-	15,9	C

Tabella 11 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 2

NODO 2				
RAMO	CODA [m]		RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
	MEDIA	MAX		
A	16,4	75,2	10,3	B
B	86,9	194,7	21,8	C
C	35,7	118,0	19,2	C
D	81,8	194,0	16,4	C
TOT	-	-	17,9	C

Tabella 12 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 2

Il nodo è interessato da flussi importanti lungo i rami B e D, SP38 "Porcilana". Si tratta di traffico che si sposta prevalentemente lungo la medesima direttrice e che incontra una componente di disturbo che nello scenario di progetto risulta ancora abbastanza limitata. Lungo i due rami, si assiste ad un incremento degli accodamenti rispetto allo stato di fatto, per lo più già presenti in

quantità minore. Tuttavia, come riscontrato visivamente nella microsimulazione dinamica, si tratta di code che vengono smaltite piuttosto velocemente, infatti il ritardo medio accumulato dai veicoli si attesta su valori contenuti (circa 15/20 sec.) e il livello di servizio di ciascuno dei due rami della SP38 "Porcilana" risulta pari a C, così come quello complessivo della rotatoria. Si osserva inoltre che non vi sono effetti di interferenza tra un'un'intersezione e l'altra: nel caso di via Vaghetto le code massime non interessano la rotatoria a nord (nodo 1).

In sintesi si può affermare che la rotatoria mantiene il medesimo livello di servizio C nel Scenario 0 e nel Scenario 1 nonostante aumenti il ritardo medio per veicolo, ma per dimensioni e caratteristiche geometriche è in grado di supportare adeguatamente l'incremento dei flussi dovuto all'aggiunta del traffico indotto dalla struttura commerciale.

### Nodo 3: Intersezione a rotatoria fra SP38 "Porcilana" e SP10 "Della Val d'Illasi"

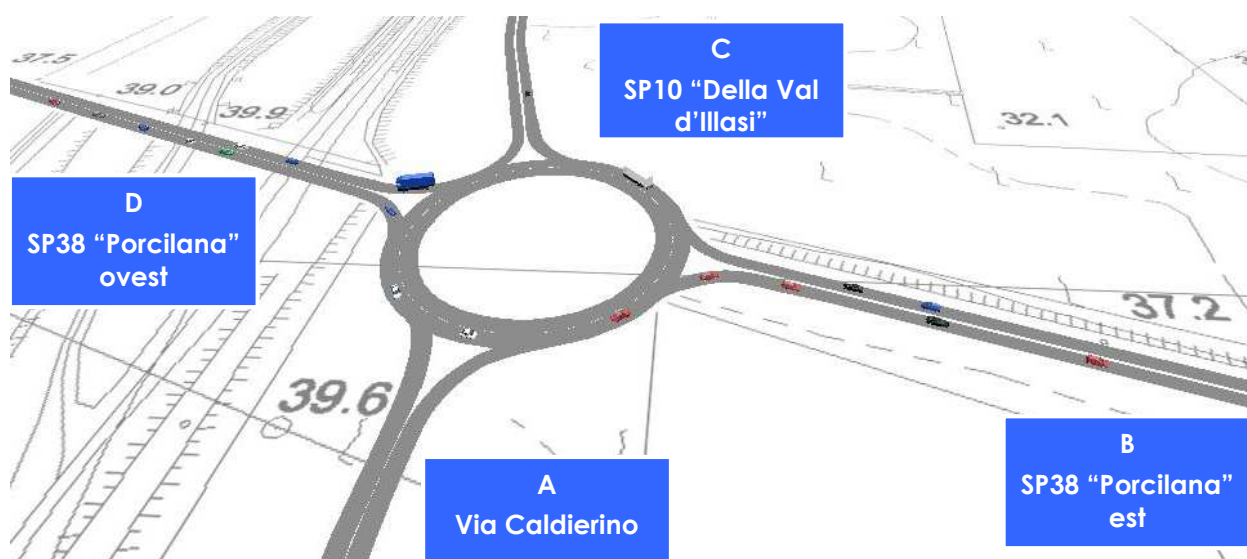


Figura 42 – Nodo 3

NODO 3				
RAMO	CODA [m] MEDIA	MAX	RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
A	0,2	18,9	10,6	B
B	2,1	63,4	10,8	B
C	2,3	68,0	11,6	B
D	0,7	97,2	9,2	A
TOT	-	-	10,2	B

Tabella 13 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 3

NODO 3				
RAMO	CODA [m]		RITARDO MEDIO PER VEICOLO [s]	LOS
	MEDIA	MAX		
A	0,2	23,9	10,4	B
B	4,8	105,6	12,7	B
C	3,8	55,1	13,0	B
D	0,9	81,9	9,4	A
TOT	-	-	11,1	B

Tabella 14 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 3

Analoghe considerazioni possono essere fatte per il nodo 3, rotatoria tra la SP38 “Porcilana” e la SP10 “Della Val d’Illasi”, che risulta attraversata da flussi importanti lungo la direttrice est-ovest, ma con traffico limitato nelle svolte. La rotatoria mantiene anche nello Scenario 1 un livello di servizio B, ed anche in questo caso le code vengono smaltite abbastanza velocemente. Nel complesso, il ritardo medio per veicolo aumenta di solo 1 secondo.

Si conferma che il deflusso veicolare nei nodi di progetto non risulta condizionato dalla mutua interferenza in quanto gli accodamenti massimi e quelli medi vengono smaltiti agevolmente, comportando un ritardo medio per veicolo contenuto senza nessun significativo fenomeno di rigurgito veicolare.

Tutte le analisi condotte dimostrano come i nodi esaminati sia allo stato di fatto che nell'ipotesi di progetto non presentano, dal punto di vista viabilistico, particolari problematiche in quanto le varie configurazioni geometriche permettono l'adeguato smaltimento dei flussi futuri garantendo conseguentemente dei livelli prestazionali ancora soddisfacenti.

## 8 CONCLUSIONI

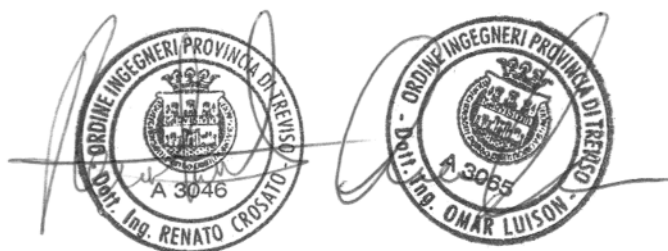
Il presente documento ha analizzato l'impatto viabilistico correlato alla richiesta d'insediamento di un fabbricato commerciale per "Grande Struttura di Vendita" all'interno dell'area produttiva di Vago di Lavagno (VR), in un lotto delimitato ad ovest da Via Vaghetto e a sud da Via della Scienza.

Lo stato attuale della viabilità è stato descritto grazie ad un preciso ed accurato rilievo sia automatico che manuale dei flussi veicolari che attualmente caricano la rete; a questi si sono sommati i veicoli indotti.

Le valutazioni dei livelli di servizio delle principali intersezioni sono state eseguite con riferimento sia allo stato di progetto che a quello attuale attraverso un software microsimulativo in grado di descrivere dettagliatamente il funzionamento degli archi e dei nodi che caratterizzano la rete, permettendo quindi di constatare, nei due scenari, una sostanziale invarianza degli indicatori prestazionali.

Si conclude pertanto che l'insediamento commerciale previsto non pregiudica il funzionamento della rete stradale in quanto i livelli di servizio risultano inalterati rispetto allo stato di fatto.

Castelfranco Veneto, li 18.10.2018





# **INDICE DELLE FIGURE**

<i>Figura 1 – Ubicazione intervento .....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2 – Ambito di intervento .....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3 – Inquadramento territoriale comune di Lavagno .....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 – Comuni confinanti con Lavagno .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5 – Principali direttrici infrastrutturali .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6 – Autostrada A4 nel tratto Vicenza-Verona.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7 – Tracciato SR11 e foto nel tratto a 2 corsie che attraversa l'abitato di Vago.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 8 – Foto del primo tratto della SP20.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 9 – Foto del primo tratto della "Strada Porcilana" SP38.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 10 – Vista aerea Via Vaghetto.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 11 – Via Vaghetto dir. nord .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 12 – Via Vaghetto dir. sud .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 13 – Vista aerea Via della Scienza .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 14 – Via della Scienza dir. ovest.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 15 – Via della Scienza dir. est.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 16 – Intersezioni limitrofe all'area di intervento.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 17 – Ortofoto intersezione a rotatoria Via Vaghetto sud, Via della Scienza, Via Vaghetto nord, Via Vittime della Mafia.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 18 – Via della Scienza .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 19 – Via Vaghetto dir. nord .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 20 – Ortofoto intersezione a rotatoria tra SP20 "Dell'Aglio e del Tartaro", SP38 "Porcilana" dir. est, Via Vaghetto e SP38 "Porcilana" dir. ovest.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 21 – SP38 "Porcilana" dir. est.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 22 – SP20 "Dell'Aglio e del Tartaro" .....</i>	<i>14</i>

Figura 23 – Strumentazione radar utilizzata.....	16
Figura 24 – Angolo di installazione dei radar rispetto alla direzione di marcia .....	16
Figura 25 – Sezioni di rilievo tramite strumentazione radar .....	20
Figura 26 – Confronto flussi di traffico totali .....	22
Figura 27 – Esempio scheda rilevatori.....	23
Figura 28 – Intersezione oggetto di rilievo manuale .....	24
Figura 29 – Intervento di progetto.....	25
Figura 30 – Intervento di progetto.....	26
Figura 31 – Distribuzione flusso indotto.....	28
Figura 32 – Gerarchia delle correnti di traffico.....	32
Figura 33 – Definizione tipologie di ritardo per una rotatoria .....	36
Figura 34 – Rete microsimulata – 2D.....	39
Figura 35 – Rete microsimulata – 3D.....	39
Figura 36 – Nodo 1 Intersezione tra Via Vaghetto e Via della Scienza .....	39
Figura 37 – Nodo 2 Intersezione tra SP38 “Porcilana” e SP20 “Dell’Adige e del Tartaro” .....	39
Figura 38 – Nodo 3 Intersezione tra SP38 “Porcilana” e SP10 “Della Val d’Illasi” .....	40
Figura 39 – Nodi valutati.....	42
Figura 40 – Nodo 1 .....	43
Figura 41 – Nodo 2 .....	44
Figura 42 – Nodo 3 .....	45

# **INDICE DELLE TABELLE**

<i>Tabella 1 – Specifica radar .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 2 – Suddivisione classi veicolari.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 3 – Riepilogo flussi in veicoli equivalenti intervallo 8.00 – 20.00.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 4 – Portate di conflitto.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 5 – Intervalli critici e di sequenza per ciascuna manovra .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 6 – Criterio per individuazione del LOS per intersezioni a raso non semaforizzate.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 7 – Valutazione di rete Scenario 0.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 8 – Valutazione di rete Scenario 1 .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 9 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 10 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 1 .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 11 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 2 .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 12 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 2 .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 13 – Indicatori prestazionali Scenario 0 – nodo 3 .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 14 – Indicatori prestazionali Scenario 1 – nodo 3 .....</i>	<i>46</i>