

PROCEDIMENTO UNICO AI SENSI DELL'ART. 53 L.R. 24/2017

COMPARTO A11.a, A11.b e AMPLIAMENTO
MIRAGE GRANITO CERAMICO SPA

COMMITTENTE

MIRAGE GRANITO CERAMICO S.P.A.

Via Giardini Nord 225
Pavullo nel Frignano (MO)

PROGETTISTI E CONSULENTI

COORD. DI PROGETTO, PROG. URBANISTICA E DELLE OOUU

aTEAM Progetti Sostenibili

Via Torre 5 - 41121 Modena
email: info@ateamprogetti.com
tel. +39 059 7114689

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Francesco Bursi, Arch. Lucia Bursi, Wainer Gianaroli,
Arch. Candelaria Goldoni, Arch. Elena Focchi, Mirco Sileo

CONSULENZA GEOLOGICA E IDRAULICA

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Viale Caduti in Guerra 1 - 41121 Modena
email: valerianofranchi@gmail.com
tel. +39 335 6611883

CONSULENZA ARCHEOLOGICA

Geo Group Geologia e Ambiente

via C. Costa 182 - 41123 Modena
email: info@geogroupmodena.it
tel. +39 059 3967169

PROGETTAZIONE TECNICO-AGRONOMICA

Dott. forestale Edoardo Viti

Via Pescinone 3 - 51024 Abetone Cutigliano (PT)
email: edoardoviti@gmail.com
tel. +39 347 3469257

CONSULENZA AMBIENTALE

Studio AS-AC S.r.l.

via della tecnica, 2/B - 41018 San Cesario sul Panaro (MO)
email: cingi.fabio@asac.mo.it
tel. +39 059 922253
Dott. Cingi Fabio

INGEGNERIA PER LA SICUREZZA ANTINCENDIO

Studio la Malfa S.r.l.

via Sicuri 60/a - 43124 Parma
email: studiolumalfasrl@gmail.com
tel. +39 327 4578856
Ing. Salvatore La Malfa

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E STRUTTURALE

Studio Tecnico F.B.

Via Per Serramazzoni 3 - 41026 Pavullo n/F (MO)
tel. +39 0536 51269
email: info@studio-fb.it
Ing. Emer Florini

CONSULENZA GEOLOGICA E SISMICA

Studio associato COGEO

Via Don Natale Monticelli 5 - 41026 Pavullo n/F (MO)
email: cogeo.geologia@gmail.com
tel. +39 0536 324537
Dott. Geol. Piero Cocetti

CONSULENZA ACUSTICA, QUALITA' DELL'ARIA E MOBILITA'

Praxis Ambiente Srl

Via Canaletto Centro 476/A - 41121 Modena
email: info@praxisambiente.it
tel. +39 059 454000
Dott. Carlo Odorici - Ing. Roberto Odorici

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI

Project & Technology

Via B. Ramazzini 3 - 41057 Spilamberto
g.costanzini@projecttechnology.it
tel. +39 059 460433
P.I. Gianluca Costanzini

PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI

Studio Zecchini Associati S.r.l.

Via Basilicata 4 - 41049 Sassuolo (MO)
email: tecnico21@studiozecchinisrl.it
tel. +39 0536 813107
P.I. Zecchini Nicola

PROGETTAZIONE STRUTTURALE SOTTOPASSO

Piacentini Ingegneri S.r.l.

Via Belvedere 6
40033 Casalecchio di Reno (BO)
email: luca.piacentini@pibo.it
tel. +39 051 572738
Ing. Luca Piacentini

NOME FILE: MRG_V_PU_DOT_01_Studio del Traffico		ELABORATO DA:	APPROVATO DA:	OGGETTO: Ampliamento logistica
CARTELLA:		PROTOCOLLO: 71 - V	TITOLO ELABORATO: Studio del Traffico	
REV.	DATA	NOTE		
00	07/04/23	Consegna PU Art. 53		
01	14/06/23	Integrazione		
CODICE ELABORATO: MRG_V_PU_DOT_19		SCALA:		
		DATA: 28/06/2023		

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE DELLA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO	8
3. STATO ATTUALE DEL TRAFFICO	10
4. DESCRIZIONE PROGETTO E CARICO URBANISTICO	15
5. VALUTAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO POST OPERAM.....	22
6. VERIFICA DELLE INTERSEZIONI.....	24
6.1. VERIFICA ROTATORIA T1 SS12 - VIA BOTTEGONE.....	26
6.2. VERIFICA ROTATORIA T2 SS12 – SP 36	28
7. VERIFICA GEOMETRICA DELLA ROTATORIA IN PROGETTO.....	30
7.1. VERIFICA DI DEFLESSIONE	32
7.2. ANALISI DELLE TRAIETTORIE	38
8. VERIFICA ACCESSO ED USCITA AL COMPARTO.....	40

1. PREMESSA

Il presente studio del traffico è finalizzato alla valutazione degli effetti della realizzazione del progetto di rigenerazione urbanistica sulla viabilità limitrofa di collegamento. Il presente intervento si colloca all'interno del Progetto Unitario Convenzionato (P.U.C.) del Comparto A11.b del Polo Sovracomunale Madonna Baldaccini Ambito ASP 2.9 – 2.10, approvato con Deliberazione di Giunta Comunale n° 109 del 20.09.2020.



Figura 1 Foto aerea dell'area d'intervento

A seguito dell'acquisizione dell'intero Comparto A11.b da parte di Mirage Granito Ceramico SPA, ad eccezione di una piccola quota di proprietà della ditta Forgia del Frignano SPA, si è provveduto a sottoscrivere la Convenzione Urbanistica Registrata a Modena il 30.12.2021 e trascritta il 31.12.2021 al n°42813 RG ed al n°30568 RP, provvedendo contestualmente a sottoscrivere un accordo con Forgia relativamente allo sviluppo dell'area.

Tale procedura si inserisce in un progetto di riorganizzazione scaturito dalla Variante di POC 01/2016 nella quale, con deliberazione del Consiglio Comunale n. 14 del 31.03.2017, è stata approvata la Variante al Piano Operativo Comunale per l'Ambito di rilievo sovracomunale n. 6 "P.O.C. - VAR 1/2016".

La Variante ha introdotto all'interno dell'ART.11 TER, il Comparto A11.a per nuovi insediamenti urbani inserendo porzioni di Ambito individuati dal PSC: ASP2.9 – ASP2.10 – MADONNA DE' BALDACCINI e ASP1_S – Ambiti specializzati per attività produttive di rilievo sovracomunale, il cosiddetto PUC 1 Mirage oggi sostanzialmente completato, e il Comparto A11.b

ove è presente, tra l'altro, un'area da rigenerare in ambito consolidato costituita da vecchie opere di urbanizzazioni mai concluse che hanno generato anche problemi di stabilità dei terreni nel tempo.

La recente acquisizione del Comparto A11.b, con conseguente sottoscrizione della Convenzione Urbanistica sopra citata, e di altre aree limitrofe in ambito extraurbano ha portato Mirage a proporre una diversa organizzazione del Comparto stesso, per dare vita alla realizzazione di un progetto più esteso che comprenderà le aree acquistate a est di via Bottegone.

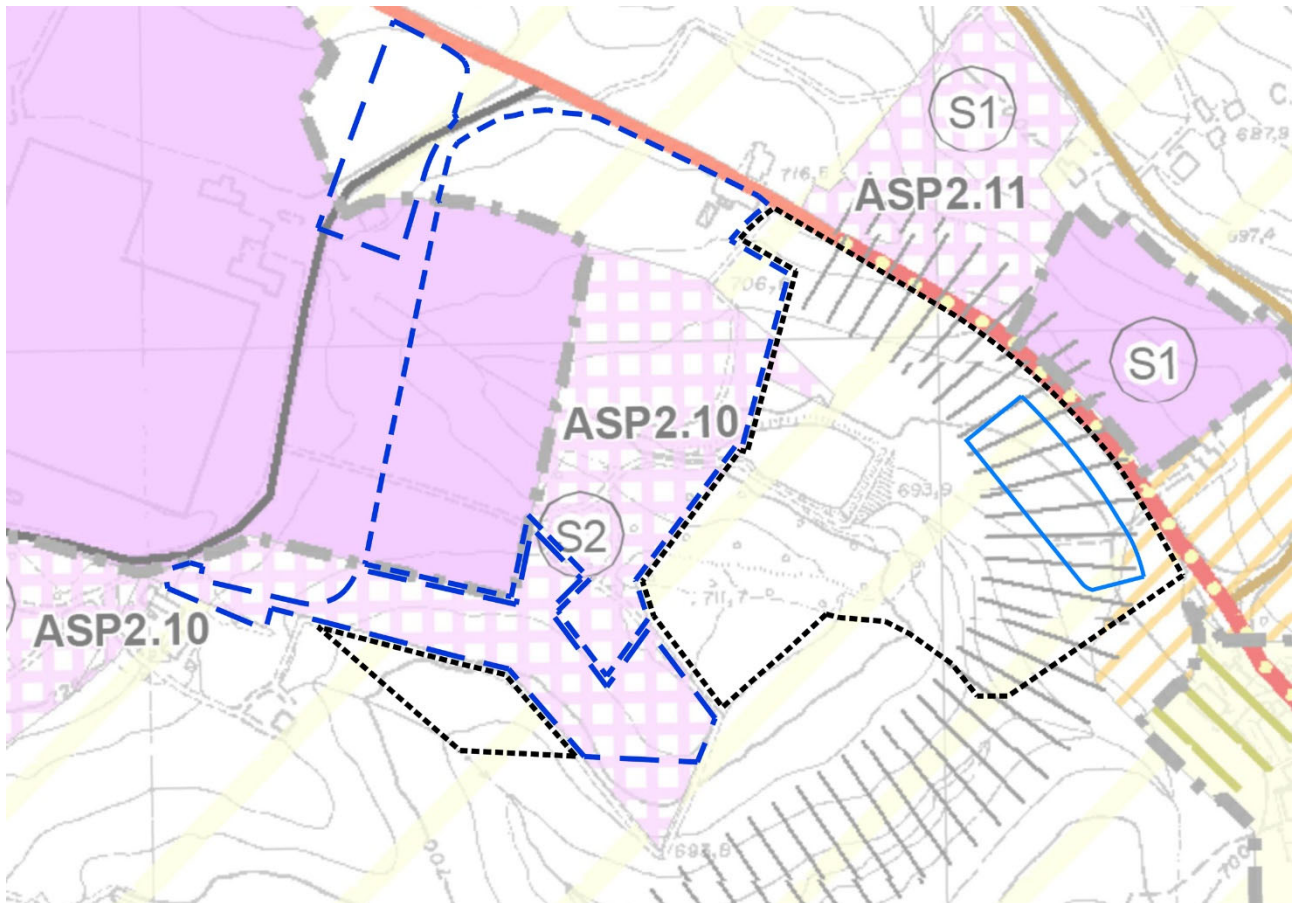


Figura 2 Individuazione aree intervento su PSC

L'esigenza nasce dalla necessità di riorganizzare il Settore della logistica dell'intero stabilimento ceramico che si trova oggi ad affrontare nuove sfide e pertanto il presente Art. 53 prevede la riorganizzazione marginale del Comparto A11.a, dell'intero Comparto A11.b ed il coinvolgimento di nuove aree extraurbane in continuità con lo stabilimento ceramico.

Non si tratta di un aumento di produzione, ma di realizzare una nuova logistica più sicura e moderna, necessaria a seguito dei maggiori volumi di vendita, delle esigenze di diversificazione/personalizzazione richieste dal mercato e dallo sviluppo di nuovi prodotti voluminosi, con particolare riferimento al nuovo mercato delle lastre ceramiche.

Mirage ha infatti necessità di dare rapidamente seguito ad una intera riorganizzazione della logistica, che ha già portato all'inizio dei lavori del Comparto A11.b, compatibili con il progetto di riorganizzazione logistica di più ampio respiro da attuare mediante la specifica procedura urbanistica.

Pertanto l'intervento di sviluppo aziendale ha l'obiettivo di razionalizzare la logistica delle merci attraverso un ampliamento che metta in campo:

- una razionalizzazione della logistica e degli spostamenti;

- opere di mitigazioni e di verde per minimizzare gli impatti;
- una migliore gestione della risorsa acqua con recupero ai fini produttivi delle acque piovane.

L'acquisizione da parte di Mirage del Comparto A11.b potrà così dare vita ad una reale attuazione del Comparto stesso, nonché ad una integrazione con l'area produttiva esistente anche attraverso la concentrazione degli standard urbanistici per una maggiore efficacia del progetto urbanistico.



Figura 3 Planimetria generale di progetto

Nello specifico della presente relazione, per quanto riguarda l'analisi del traffico e dei flussi, si pone in evidenza l'intervento riguardante la realizzazione della nuova rotatoria lungo la SS12-via Giardini all'altezza dell'attuale intersezione con la SP36 (svincolo per Coscogno), che permetterà di accedere al Parcheggio pubblico in progetto e ai lotti privati.

Si tratta di un intervento volto a migliorare in primo luogo la viabilità del traffico nella zona dello svincolo citato, area che oggi presenta delle criticità soprattutto per quanto riguarda l'accesso a via Marco Polo, strada a servizio del nucleo urbanizzato posto immediatamente a sud rispetto allo svincolo stesso.

Per l'attuazione dell'opera è pertanto prevista una riorganizzazione dell'intera area oggi interessata dall'intersezione tra via Giardini e la SP36, che oltre alla realizzazione della rotatoria prevede la creazione di aiuole verdi e di mitigazioni, percorsi pedonali in continuità con il nuovo

Figura 4 Inquadramento nuova rotatoria

L'analisi vedrà la valutazione del progetto proposto rispetto alla condizione ante operam, e quantificazione degli effetti conseguenti all'intervento in termini di variazione dei volumi di traffico, impatto sulla rete infrastrutturale e di efficienza della stessa, inoltre i dati elaborati costituiranno l'input per la redazione degli studi ambientali.

Il percorso svolto per l'analisi è stato il seguente:

- Pagina 6 di 40

- Valutazione dell'attuale efficienza della viabilità limitrofa e delle principali intersezioni.
- Stima del traffico indotto dall'insediamento dell'attività prevista.
- Valutazione degli effetti nella condizione di progetto attraverso il confronto tra i livelli di servizio delle principali intersezioni individuando le situazioni di massima criticità in funzione del traffico circolante sulla rete e di quello indotto dalle attività in progetto.
- Individuazione di eventuali vincoli necessari al fine di garantire la compatibilità della tipologia di destinazione d'uso con la viabilità di accesso ed uscita all'ambito.

Le condizioni che saranno oggetto di studio sono di seguito elencate:

- Picco di traffico serale 17:30-18:30 feriale.
- Picco di traffico mattutino 7:30-8:30 feriale.

A completamento dell'indagine si è proceduto ad effettuare una verifica della conformità geometrica della nuova rotatoria in progetto.

2. DESCRIZIONE DELLA RETE STRADALE DI RIFERIMENTO

L'area di interesse è situata in adiacenza alla SS12 tra la rotatoria con via Bottegone e l'intersezione con la SP 36. La geometria della SS 12, strada principale di accesso al sistema produttivo per il tratto terminale è caratterizzata come strada a due corsie è oggi CLASSIFICATA dal PSC come “*Strade extraurbane di TIPO C*”. In relazione al principale accesso all'area produttiva è stata di recente realizzata una ROTATORIA di accesso a via Bottegone(strada locale), attuale accesso al comparto che ha notevolmente migliorato il funzionamento dell'intersezione garantendo più scorrevolezza e maggiore sicurezza.

L'intersezione con la strada provinciale 36 di Malandrone si colloca circa 550m più a sud ed attualmente è costituita da una intersezione a T con 4 rami indipendenti uno per ciascuna manovra prevista per i veicoli con origine e destinazione verso la SP36. Quest'ultima è classificata come extraurbana di categoria F.

Relativamente al trasporto pubblico servizio della località Madonna dei Baldaccini e dell'intero ambito produttivo è prevista una fermata (su ambo i lati) di una delle principali linee di trasporto pubblico presenti in Provincia di Modena che segue la SS12 che rappresenta un'opportunità per progetti casa lavoro con il trasporto pubblico.



Figura 5 Fermate trasporto pubblico

Di recente la giunta dell'Unione del Frignano ha scelto il corridoio dove progettare la nuova viabilità, sulla base di uno studio di fattibilità elaborato a partire da una analisi del stema viabilistico che preveda l'individuazione di un corridoio territoriale in cui inserire una nuova viabilità in alternativa all'attraversamento del centro abitato di Pavullo della strada statale 12.

Il percorso individuato in Figura 6 evidenzia che il tracciato previsto prevede la rotatoria di collegamento tra tangenziale e attuale SS12 in corrispondenza dell'intersezione con via Per

Serramazzoni SP3, limitando di conseguenza i flussi di traffico che transiteranno nel ramo interessato dall'intervento e determinando una condizione migliorativa. Non essendo noti i tempi realizzativi in via cautelativa si procede alla verifica nell'attuale configurazione che risulta più gravosa.

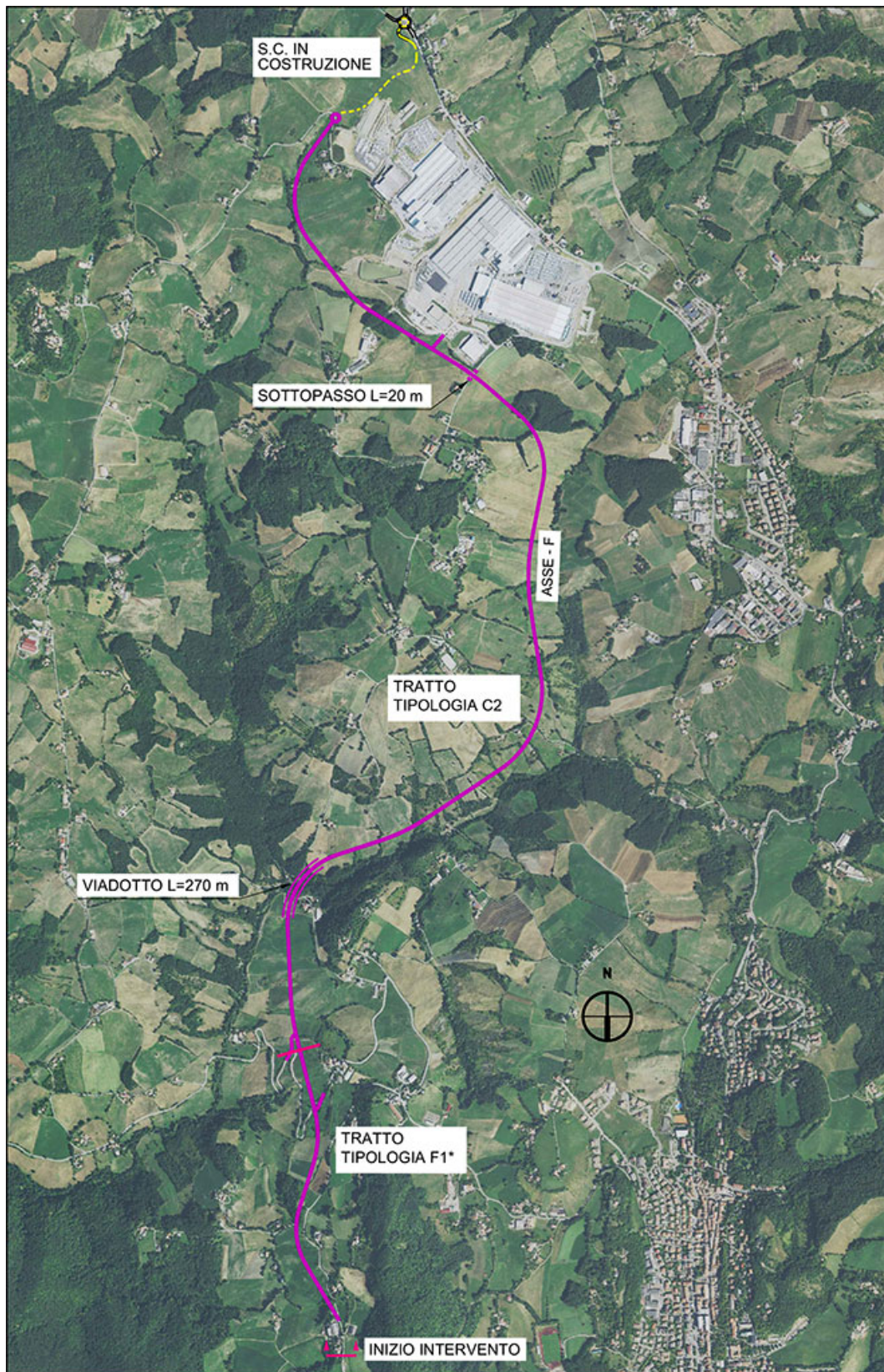


Figura 6 corridoio previsto per la tangenziale di Pavullo

3. STATO ATTUALE DEL TRAFFICO

Per analizzare in modo dettagliato l'incidenza delle previsioni dedotte dal progetto in esame sulla viabilità locale, è necessario ricostruire i flussi di traffico attualmente circolanti sulla rete esistente, ossia stimare la domanda di trasporto attuale.

La viabilità che si ritiene possa essere influenzata in modo significativo è quella evidenziata in Figura 7 definita tra le intersezioni sulla SS12 con via Bottegone e la SP 32, come esposto in maggiore dettaglio al paragrafo 4 il progetto non prevede significative variazioni rispetto al traffico attuale ma sostanzialmente uno spostamento di parte degli accessi dei mezzi pesanti dall'attuale ingresso su via bottegone al nuovo ingresso con accesso dalla rotatoria in progetto.

La caratterizzazione dello stato di fatto ha tenuto conto di due differenti fonti di informazioni:

- Monitoraggio dei flussi di traffico
- Sistema di Monitoraggio regionale dei flussi di traffico Stradali Emilia-Romagna.

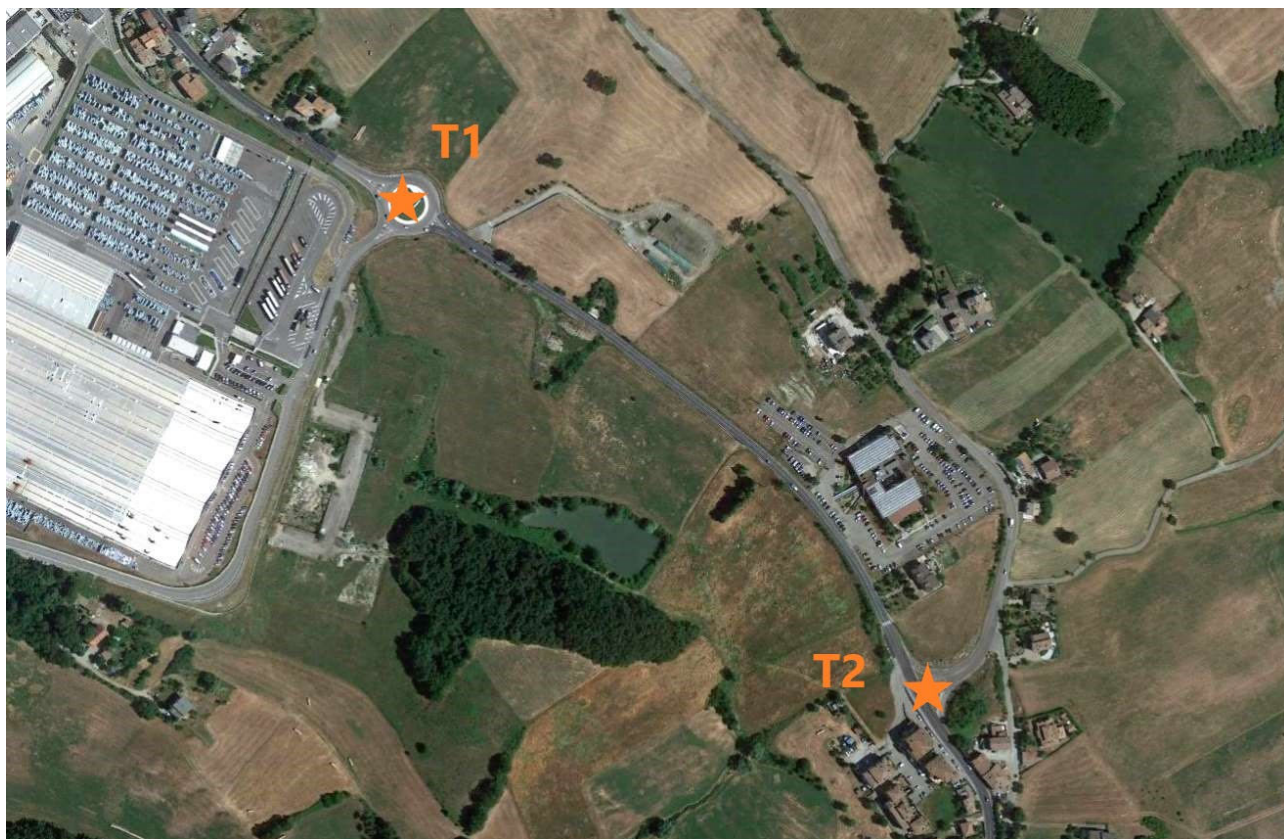


Figura 7 Individuazione area di immagine e rilievi del traffico

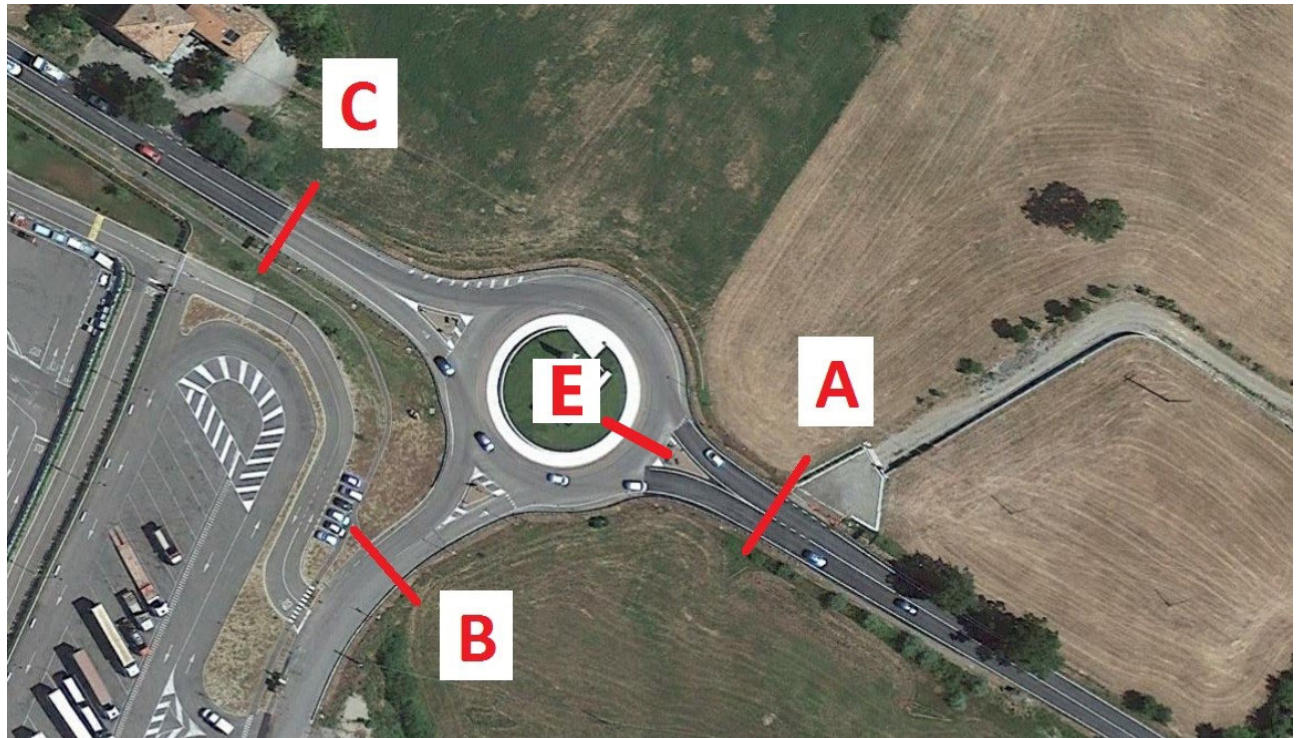
Monitoraggio dei flussi di traffico, la procedura che ha consentito di ottenere i dati del traffico attuale sui rami stradali interessati dal progetto in esame ha previsto dei monitoraggi nella fascia oraria, individuata come ora di punta del mattino, compresa tra le 7:30 e le 8:30 e del pomeriggio 17:30-18:30.

I conteggi sono stati svolti mediante videoregistrazione dei flussi e successivo conteggio svolto tra la sera di lunedì 20 giugno 2022 e la mattina di mercoledì 22 giugno 2022. La videoregistrazione è stata effettuata in corrispondenza delle intersezione individuate in fig x:

- T1 Rotatoria SS12/ via Bottegone
- T2 Intersezione SS12 / SP32

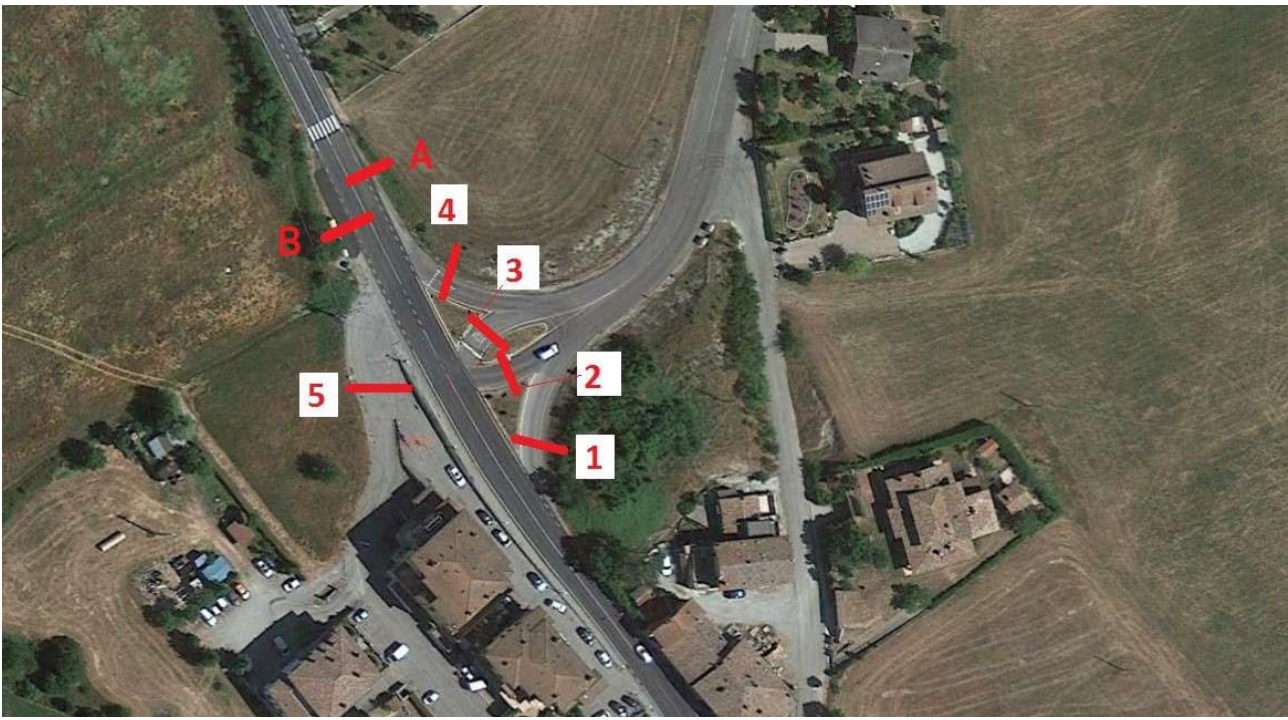
Il conteggio è stato svolto con l'ausilio dell'applicativo VC3 un software di video analisi per realizzare misure del traffico di sezioni stradali. La definizione dei flussi è stata realizzata suddividendo i transiti di mezzi in leggeri, commerciali leggeri e commerciali pesanti. I primi comprendenti motocicli, autoveicoli, mentre sono stati definiti nella categoria dei commerciali pesanti tutte le tipologie di mezzi di lunghezza superiore ai 7 m, tra cui anche i mezzi di trasporto pubblico. I risultati sono riassunti in Tabella 1 e Tabella 2.

Tabella 1 Flussi rilevati nella rotatoria T1 SS12/via Bottegone



FLUSSI MATTINA 7:30-8:30							
TOT	A		B		C		E
Veicoli leggeri Furgoni < 7m Camion / Bus	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	-
	802	705	127	207	698	715	106
	30	22	8	8	28	36	2
	50	44	17	30	71	64	20
FLUSSI SERA 17:30-18:30							
TOT	A		B		C		E
Veicoli leggeri Furgoni < 7m Camion / Bus	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT	-
	586	894	186	71	704	511	0
	24	52	3	12	57	20	5
	20	23	13	12	22	20	4

Tabella 2 Flussi rilevati nell'intersezione T2 SS12/SP36



FLUSSI MATTINA 7:30-8:30							
	A	B	1	2	3	4	5
Veicoli leggeri	769	672	50	15	83	40	26
Furgoni < 7m	30	22	4	3	7	3	2
Camion / Bus	50	44	1	3	4	4	0
FLUSSI POMERIGGIO 17:30-18:30							
	A	B	1	2	3	4	5
Veicoli leggeri	566	871	71	24	57	15	31
Furgoni < 7m	22	50	3	1	4	2	3
Camion / Bus	18	22	0	2	2	2	3

Sistema di Monitoraggio regionale dei flussi di traffico Stradali Emilia-Romagna, è composto da 283 postazioni, in funzione 24 ore su 24, installate principalmente sulla viabilità statale e provinciale. La consultazione ed il download dei flussi di traffico rilevati permettono l'uso dei dati censiti dal Sistema MTS, gestito dall'Area Viabilità, logistica, vie d'acqua e aeroporti.

Significativa per il caso in esame è la postazione 242 sulla SS12 tra Maranello e Torre Maina, sebbene si collochi a circa 18km non intercetta direttrici o centri urbani di rilievo che possano determinare variazioni significative ai flussi di traffico. I dati pertanto possono essere utili per una valutazione a lungo termine dei flussi stradali. La centralina 634 presso l'aeroporto di Pavullo non è stata invece presa in considerazione in quanto sebbene più vicina si trova a monte di Pavullo e pertanto soggetta a condizioni di traffico che possono essere significativamente differenti.

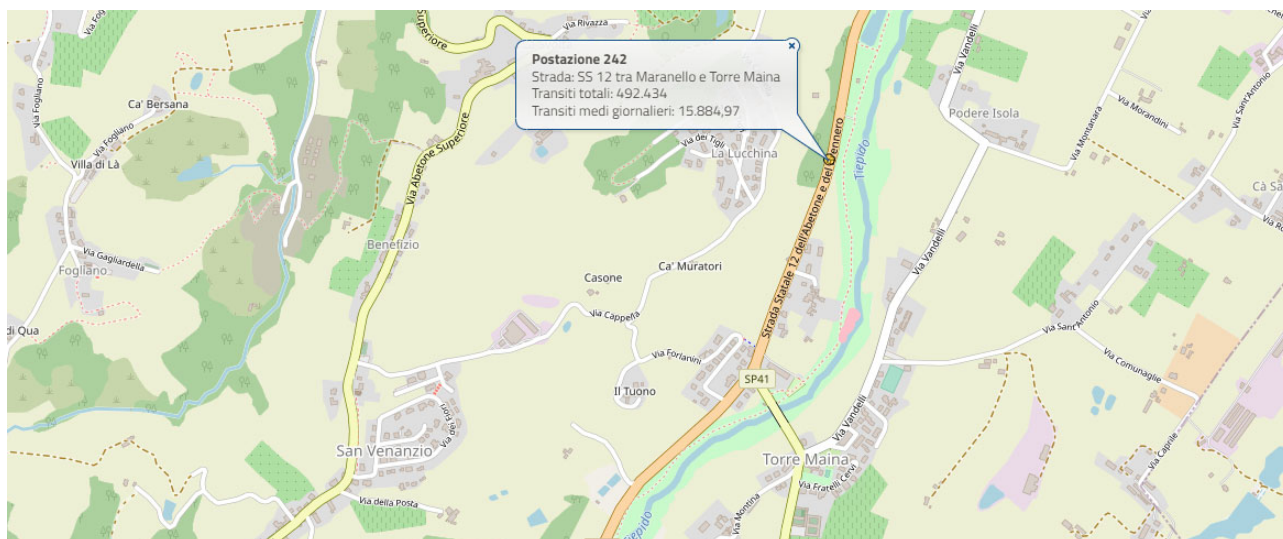


Figura 8 Localizzazione centralina 242

La prima valutazione ha preso in considerazione i dati di traffico giornaliero medio mensile del 2019 che sono disponibili suddivisi per mezzi leggeri e pesanti e per direzione, i grafici in Figura 9 Figura 10 riportano i dati del traffico giornaliero medio suddiviso tra veicoli pesanti e leggeri, l'anno preso a riferimento è il 2019 in modo da escludere influenze legate alla pandemia da COVID-19 i dati dei mesi di novembre e dicembre non sono disponibili.

L'analisi dei risultati evidenzia che i mesi di giugno e luglio rappresentano i periodi di massimo traffico per i veicoli leggeri mentre per i pesanti non si evidenziano variazioni significative eccetto per il mese di agosto e di gennaio. L'analisi pertanto conferma che il monitoraggio svolto a giugno è rappresentativo di una condizione di massimo carico dei flussi di traffico.

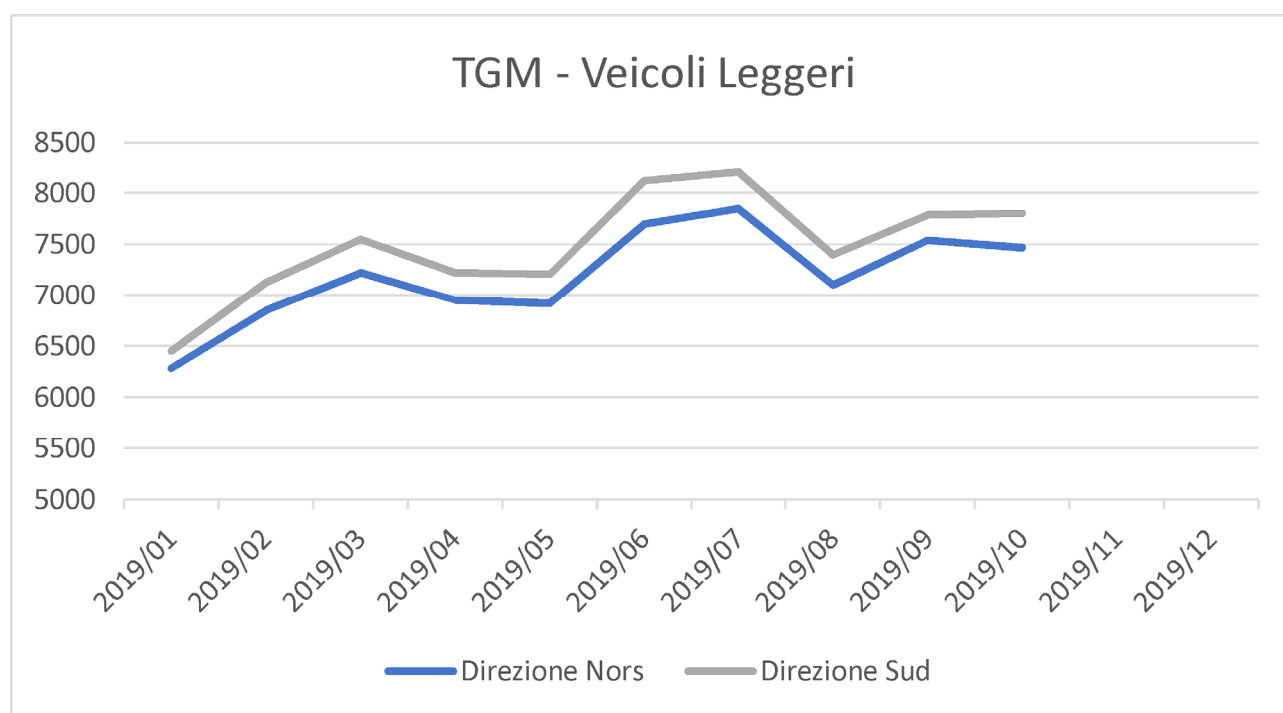


Figura 9 Traffico giornaliero medio veicoli leggeri mensile anno 2019

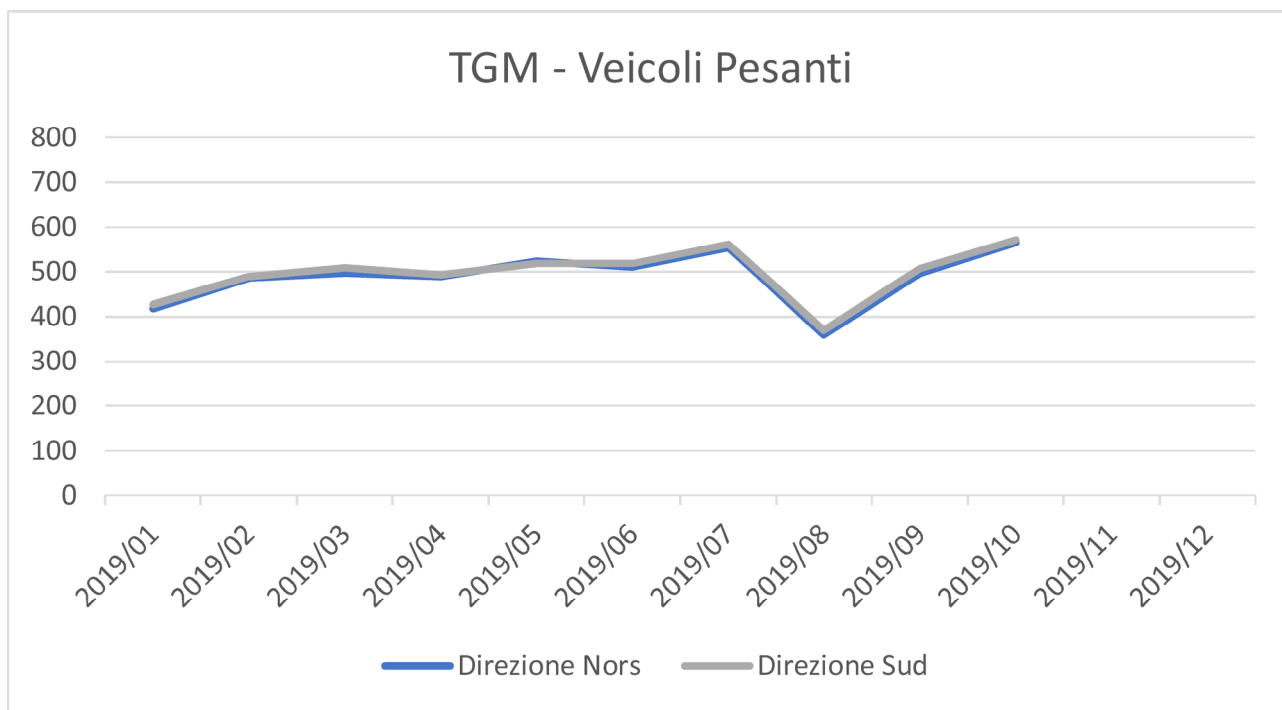


Figura 10 Traffico giornaliero medio veicoli pesanti mensile anno 2019

Sono inoltre stati raccolti i dati del mese di maggio 2022. I dati suddivisi per traffico leggero e pesante sono pari a 7215 veicoli leggeri in direzione nord e 7530 in direzione sud, 566 veicoli pesanti in direzione nord e 574 in direzione sud. I dati sono in linea con i valori del 2019 evidenziano che ad oggi i flussi si sono riallineati alla condizione pre pandemica condizione che pertanto non inficia i risultati del monitoraggio effettuato.

4. DESCRIZIONE PROGETTO E CARICO URBANISTICO

In Figura 3 schema progettuale dell'ampliamento aziendale. Obiettivo aziendale non è un incremento produttivo quanto un incremento dell'efficienza nella gestione logistica delle spedizioni ed un miglioramento della sicurezza in quanto l'entrata a regime di nuove linee di produzione ha evidenziato una criticità nell'attuale gestione del magazzino.

L'attuale condizione di criticità degli spazi destinati al magazzino ed al carico prodotti finiti ha raggiunto una condizione di saturazione sia a seguito dell'aumento della produzione conseguente agli interventi di recente completati e che ha raggiunto la condizione di regime nel 2021 sia per la tendenza costante negli anni all'incremento del formato medio dei prodotti che determina un incremento degli spazi richiesti per la movimentazione all'interno del magazzino.

A partire dalla problematica presente obiettivo dell'intervento di Mirage è legato:

- **Ottimizzare la produzione**, i nuovi spazi permetteranno di portare la disponibilità del magazzino dagli attuali 2,5 mesi a 4 mesi. Tale soluzione permetterà di migliorare l'efficienza di produzione limitando i cambi formati e riducendo gli scarti.
- **Incrementare l'efficienza**, I maggiori spazi a disposizione permetteranno di riorganizzare la metodologia di stoccaggio riducendo le movimentazioni cui sono soggetti i prodotti in fase di carico soluzione che permetterà sia di ridurre i tempi di carico che di limitare le occasioni di danneggiamento. Inoltre la presenza di un magazzino coperto offrirà un duplice vantaggio: la parte dedicata al picking per le forniture di un numero limitato di pezzi permetterà di lasciare i pacchi aperti riducendo i tempi e il consumo di imballaggi. Un'altra zona sarà occupata dai prodotti destinati a paesi esteri che richiedono la protezione da presenza di insetti, il magazzinaggio all'interno eviterà la necessità di prevedere una seconda operazione di imballaggio in fase di carico.
- **Assicurare una maggiore sicurezza**, il progetto permette di separare le zone di passaggio dei carrelli elevatori da quelle di passaggio degli autocarri in arrivo e partenza ed amplia gli spazi di manovra per i carrelli, entrambe le soluzioni limiteranno le condizioni di rischio attualmente presenti.

Dal punto di vista infrastrutturale si prevede la sostituzione dell'attuale intersezione tra SS12 e SP 32 con una rotatoria alla quale si collegherà sia la strada di accesso al nuovo parcheggio pubblico dal quale si potrà accedere anche alla nuova area di carico e scarico.

Il piano non prevede un incremento del traffico dei mezzi in accesso al comparto aziendale in quanto come esposto si prevede un incremento della capacità del magazzino ed una ridistribuzione delle attuali attività di carico al fine di aumentare efficienza e sicurezza.

Ad oggi sono presenti due zone di carico e scarico:

- Zona 1 adibita prevalentemente all'accettazione delle materie prime
- Zona 2 adibita al carico dei mezzi pesanti che prelevano il prodotto finito.

Nello stato di progetto si prevede lo spostamento del 70% dei mezzi in carico che attualmente si dirigono nella zona 2 verso la nuova area più funzionale mentre l'accettazione materie prime rimarrà inalterata. Dalla Zona 2 inoltre sarà caricata un trattore industriale che porterà il prodotto

finito nel nuovo magazzino, sono previsti circa 25 viaggi giorno che però non influenzeranno la circolazione, i mezzi utilizzeranno il sottopasso di attraversamento di via Bottegone in progetto.

Di seguito si descrive la metodologia seguita per quantificare la variazione di traffico. In Tabella 3 si riporta il numero di mezzi in accesso nelle due zone nei primi cinque mesi del presente anno. Considerando in via cautelativa in ciascun caso il mese con maggior accesso evidenziato si è proceduto al calcolo del traffico indotto da Mirage.

L'uscita è stata valutata considerando un tempo di carico e scarico di 30 minuti pertanto i flussi nei due orari di punta sono i seguenti:

- Picco del mattino 7:30-8:30
 - Ingresso: Media transiti (7:00, 8:00)
 - Zona 1 – 2,48 transiti/ora
 - Zona 2 – 5,30 transiti/ora
 - Uscita: Transiti (7:00)
 - Zona 1 – 2,41 transiti/ora
 - Zona 2 – 5,86 transiti/ora
- Picco della sera 17:30-18:30
 - Ingresso: Media transiti (17:00, 18:00)
 - Zona 1 – 0,55 transiti/ora
 - Zona 2 – 1,53 transiti/ora
 - Uscita: Transiti (17:00)
 - Zona 1 – 0,77 transiti/ora
 - Zona 2 – 2,14 transiti/ora

Tabella 3 Numero medio di mezzi pesanti in accesso al mese

ZONA 1 Accessi al mese														
	Ora di Arrivo													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gennaio	1,39	2,22	2,00	1,39	0,78	1,72	1,50	1,78	1,06	1,33	0,78	0,39	0,00	0,00
Febbraio	1,65	2,70	1,25	0,75	1,25	1,65	1,90	1,95	1,60	1,30	1,25	0,65	0,15	0,00
Marzo	1,95	2,45	2,36	0,86	1,09	1,68	2,27	2,41	2,00	1,55	1,23	0,68	0,23	0,00
Aprile	1,11	2,26	1,84	1,47	1,21	2,00	1,53	2,21	1,63	1,21	1,11	0,58	0,26	0,00
Maggio	2,05	2,41	2,55	1,27	1,73	2,14	1,86	2,50	1,73	1,82	1,32	0,77	0,32	0,00
ZONA 2														
	Ora di Arrivo													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gennaio	2,78	6,11	5,11	3,28	3,67	3,50	6,56	4,39	3,89	3,72	3,67	2,22	0,61	0,00
Febbraio	3,15	6,50	4,25	2,55	2,95	4,00	4,55	3,85	5,00	3,35	3,50	1,85	0,70	0,05
Marzo	4,41	5,86	4,73	3,18	3,14	4,73	5,23	5,27	4,45	4,18	3,36	2,14	0,91	0,00
Aprile	3,79	5,89	4,05	3,11	3,26	3,79	4,53	4,42	4,63	3,53	3,21	2,26	0,79	0,00
Maggio	3,55	5,05	3,95	2,68	2,50	3,32	3,77	5,05	5,05	3,55	3,14	1,91	0,68	0,05

Tenendo infine in considerazione la variazione del numero di transiti tra le differenti giornate è possibile valutare nell'intervallo $\pm 50\%$ la fascia che include l'oscillazione non occasionale dell'afflusso. In via cautelative vengono pertanto presi in considerazione i seguenti valori incrementati del 50% rispetto alla media mensile:

Tabella 4 Flussi di riferimento in accesso ed uscita attuali Mirage

	Zona 1		Zona 2	
	mattina	sera	mattina	sera
Ingresso	3,72	0,83	7,95	2,30
Uscite	3,62	1,16	8,79	3,21

Come esposto l'intervento non ha la funzione di assorbire un incremento previsto di traffico ma di ottimizzare il flusso di lavoro, lo stato di progetto pertanto non prevede incrementi ma sostanzialmente uno spostamento del punto di accesso ed uscita del 70% dei mezzi che attualmente accedono alla zona 2.

Nella valutazione a medio termine è comunque necessario prendere in considerazione l'andamento aziendale negli ultimi anni. Il grafico in Figura 11 permette di ricavare un andamento tendenziale considerando il numero di mezzi in accesso ed uscita negli anni dal 2013 al 2017 prima dell'avvio dell'incremento produttivo concluso nel 2021. Nell'orizzonte temporale di 3 anni per l'attuazione dell'intervento vedrebbe un incremento di traffico del 10%.

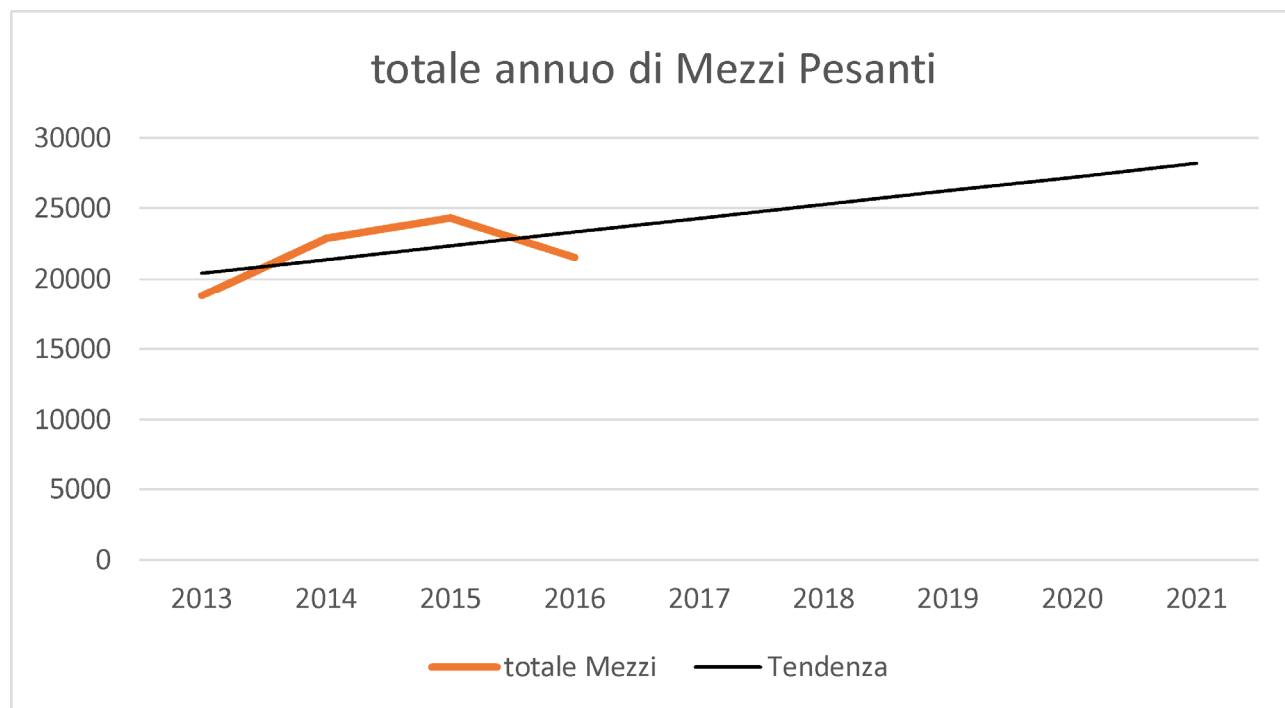


Figura 11 Grafico tendenza variazione numero mezzi

Quanto esposto permette di valutare la variazione di flussi di mezzi pesanti attesa a seguito dell'completamento dell'intervento in progetto.

Nella verifica a titolo di maggior cautela il traffico in arrivo è stato incrementato del 30% invece che del 10% che è risultato dall'indagine storica, il sovradimensionamento assorbe anche il traffico pesante che sarà determinato dal lotto produttivo B di 5000 attualmente previsto con accesso su via bottegone che nella configurazione di progetto avrà accesso dal nuovo parcheggio utilizzando la rotatoria in progetto.

previsti nello stato di progetto rispetto i due futuri punti di accesso individuati in Figura 12 sarebbero i seguenti:

Tabella 5 Flussi di riferimento in accesso ed uscita attuali Mirage

Flussi assoluti orari Stato di Progetto				
	Accesso esistente		Accesso in progetto	
	mattina	sera	mattina	sera
Ingresso	7,94	1,98	7,23	2,09
Uscite	8,13	2,76	8,00	2,92

Flussi assoluti orari Stato di Progetto				
	Accesso esistente		Accesso in progetto	
	mattina	sera	mattina	sera
Ingresso	-3,7	-1,2	7,2	2,1
Uscite	-4,3	-1,6	8,0	2,9



Figura 12 Localizzazione Accessi

Nella distribuzione dei flussi dei veicoli pesanti è stato ipotizzato che i veicoli in accesso ed uscita dal comparto Mirage abbiano come origine e destinazione la SS12 in direzione Nord.

Oltre al traffico legato ai mezzi pesanti deve essere considerata quello leggero legato agli addetti, l'ampliamento occuperà nel complesso 150 operatori così distribuiti:

- 20 addetti sul lotto B
- 20 addetti Mirage su singolo turno
- 110 addetti Mirage su doppio turno.

Gli addetti su due turni non determinano incremento di traffico nelle condizioni di picco considerate in quanto gli orari di lavoro sono 5:00÷13:00 13:00÷21:00 pertanto accessi ed uscite si concentreranno negli intervalli 4:30÷5:00, 12:30-13:30, 21:00÷21:30 al di fuori delle condizioni di massimo traffico sulla viabilità limitrofa.

Il traffico dei rimanenti 40 addetti è stato invece considerato in arrivo e partenza in corrisponde degli orari di punta nella sua totalità in via cautelativa. Si è tenuto conto della condivisione di mezzi e dell'uso di trasporto pubblico o mobilità alternativa considerando un fattore di 1,2 addetti pe auto.

Relativamente all'origine e destinazione di questi ultimi è stato ipotizzato un 25% da sud ed un 75% da nord.

Al fine di permettere una immediata rappresentazione dei dati numerici rilevati, i flussi sono tradotti in veicoli equivalenti considerando i seguenti fattori correttivi:

- Leggeri $f=1$
- Commerciali leggeri $f=1,5$
- Commerciali pesanti/bus $f=3,0$

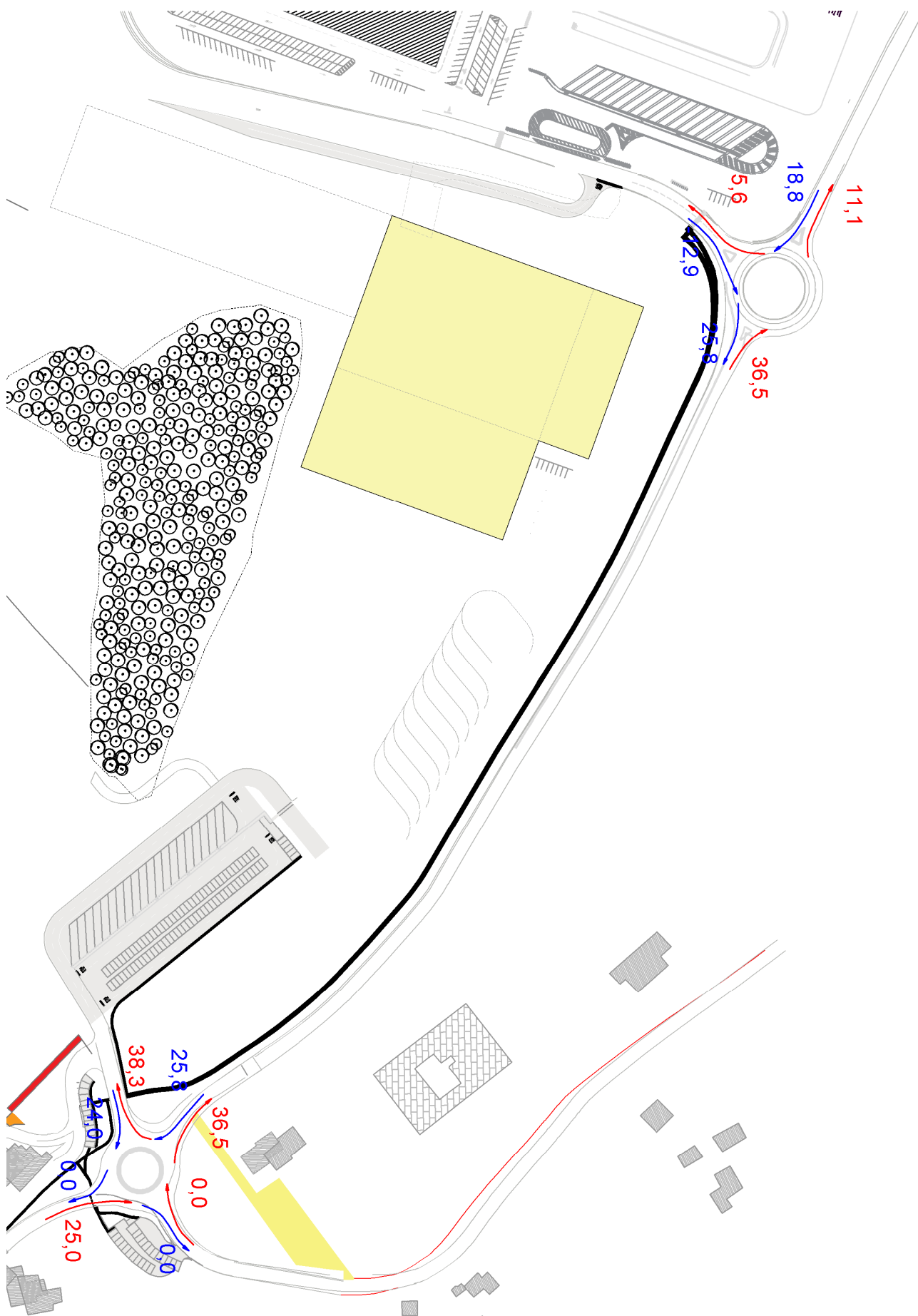


Figura 13 Variazioni Traffico Indotto picco mattina

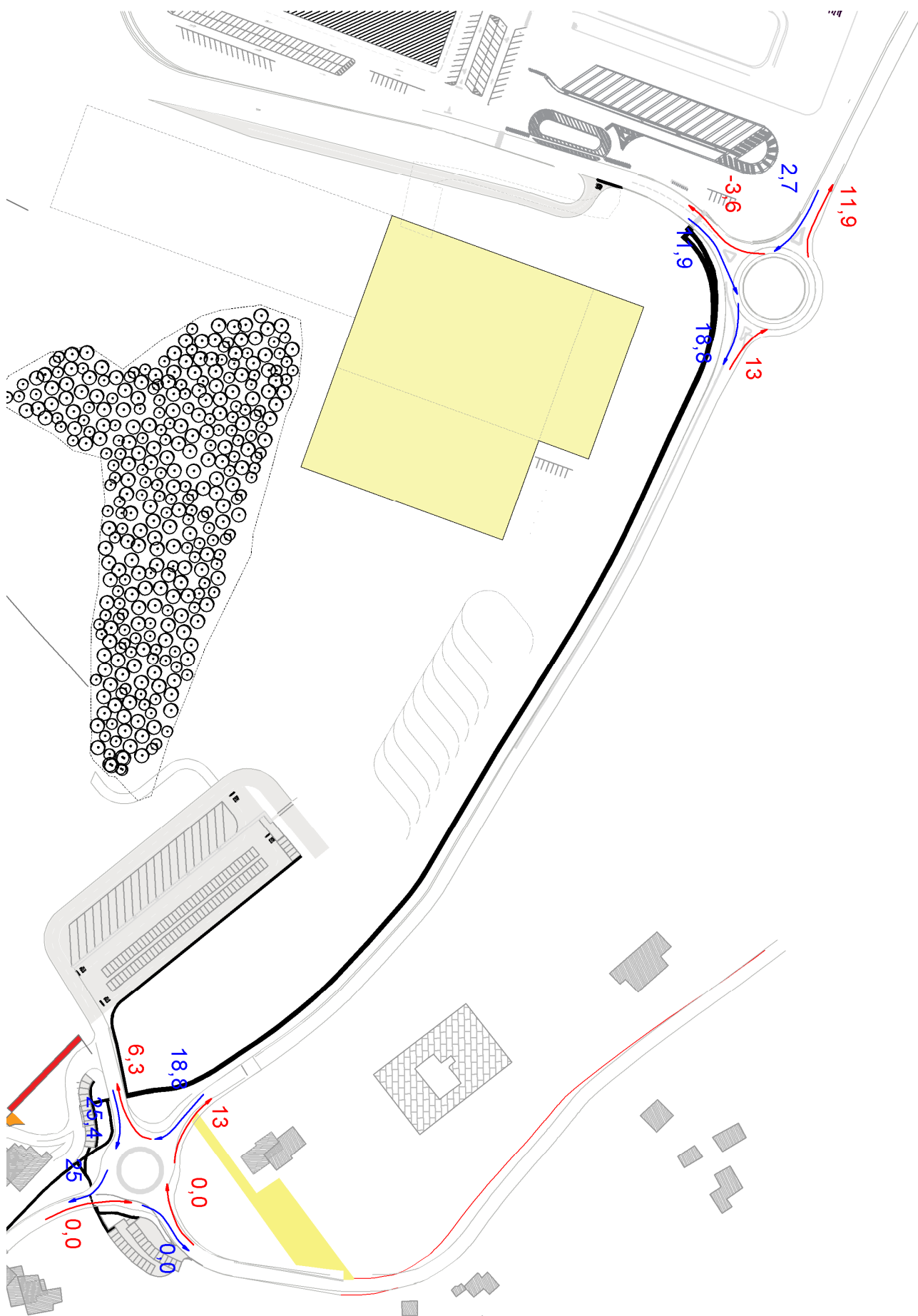


Figura 14 Variazioni Traffico Indotto picco sera

5. VALUTAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO POST OPERAM

La valutazione del traffico nel post operam è stato ricavato ipotizzando che gli interventi in progetto non influenzeranno la distribuzione dei flussi attualmente misurati in quanto non intervengono in alcun modo a modificare la viabilità di collegamento urbana. La variazione sarà pertanto data dalla somma dei flussi attuali con quelli legati al traffico indotto.

In Figura 15 e Figura 16 sono rappresentati flussi di traffico equivalenti nelle due intersezioni oggetto di indagine rilevati dai monitoraggi effettuati mentre in

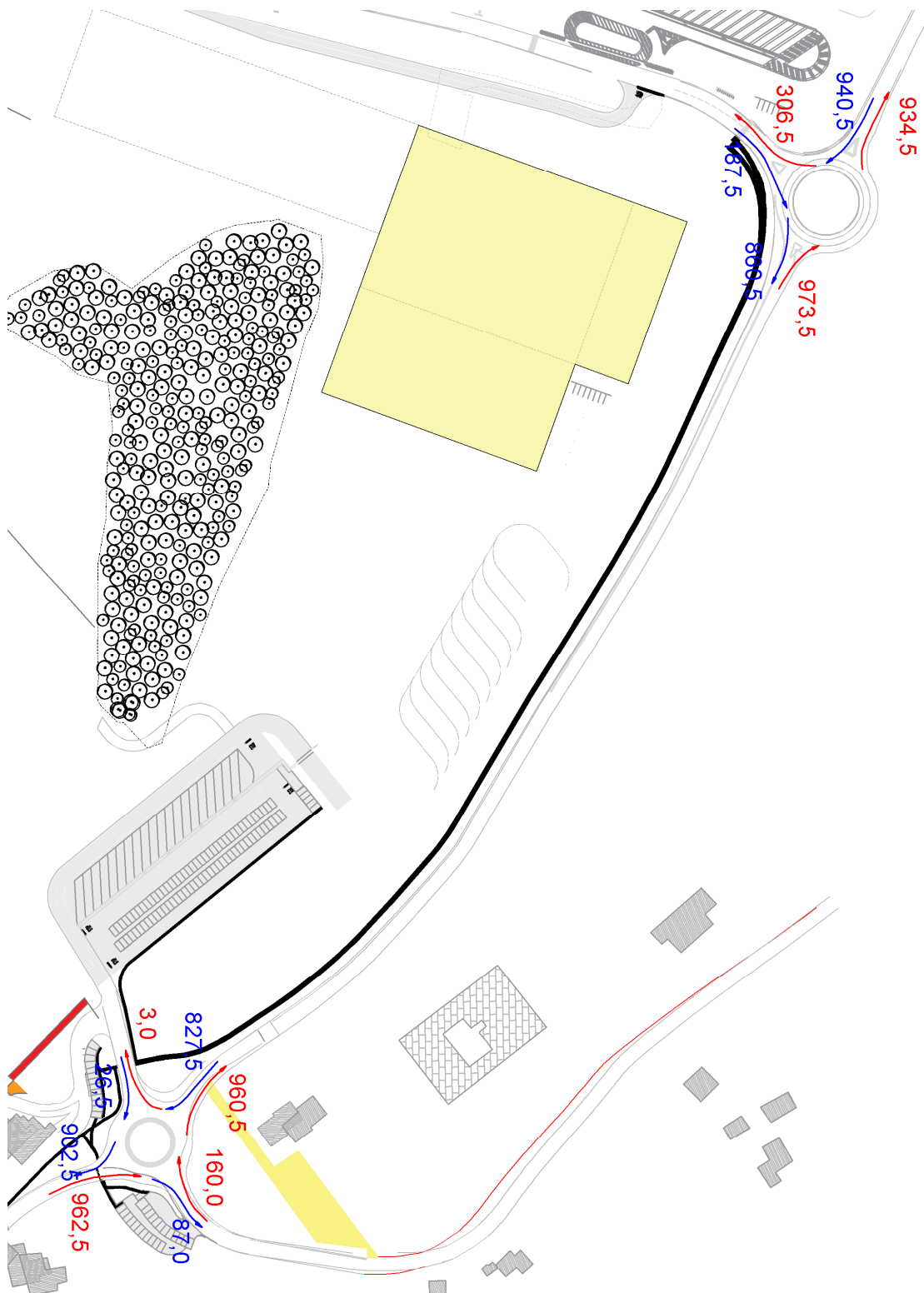


Figura 15 Flussi picco mattino traffico attuale

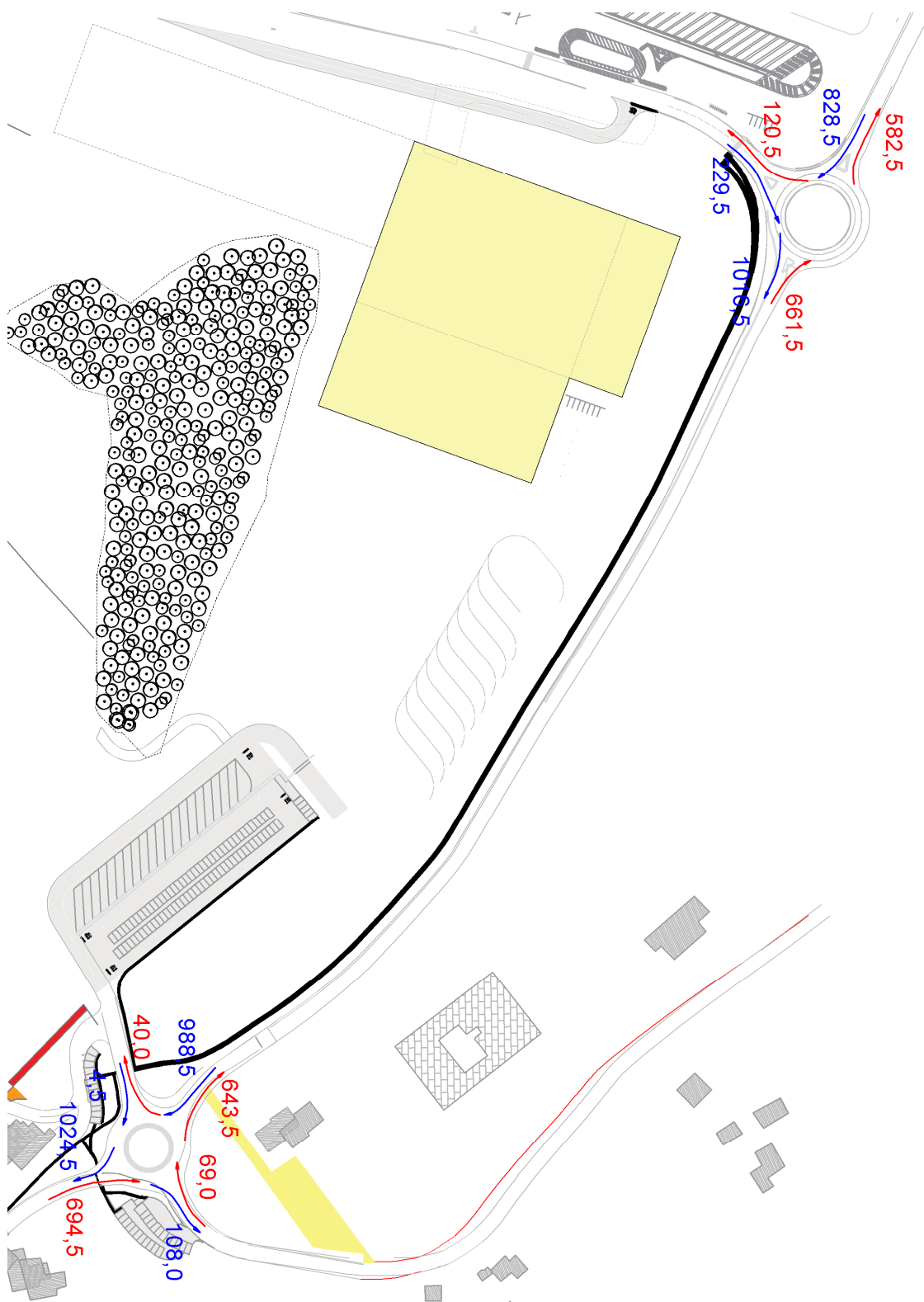


Figura 16 Flussi picco sera traffico attuale

6. VERIFICA DELLE INTERSEZIONI

Le variazioni di flussi prodotte dall'intervento oggetto di studio sono estremamente limitate nonostante le ipotesi di cautela considerate nella quantificazione del traffico indotto, si può pertanto confermare quanto ipotizzato in premessa che individuava nelle due intersezioni denominate T1 e T2 gli unici punti in cui sia richiesta una verifica. Rispetto ai flussi sulla SS12 le variazioni sono dell'ordine dello 0,2% rispetto al traffico circolante valori tali da risultare ampiamente inferiori anche alla sola oscillazione giornaliera e pertanto trascurabili nel definire la condizione di traffico dell'infrastruttura stessa.

Si procede pertanto alla verifica delle due rotatorie esistenti e di progetto al fine di verificarne la compatibilità con i flussi di traffico previsti. Si è proceduto anche con un confronto con lo stato di fatto in modo da permettere una quantificazione dell'influenza del traffico indotto sul comportamento dell'intersezione.

Nella verifica dei livelli di servizio delle rotatorie viene adottato come parametro caratteristico la capacità delle entrate, definita come il più piccolo valore del flusso sul ramo d'ingresso che determina la presenza permanente di veicoli in attesa.

La verifica dello stato di fatto è stata svolta considerando i flussi rilevati incrementati dei fattori descritti al fine di valutare la condizione di massimo traffico presente sulla viabilità comunale durante il periodo di massima affluenza turistica.

In assenza di una formulazione di capacità per l'Italia è stata utilizzata la metodologia proposta dal manuale HCM 2010 (Highway Capacity Manual) procedimento Statunitense largamente impiegata sia in campo nazionale che internazionale è citata anche dal DM. 5 Novembre 2001 "Norma funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Il metodo ha il pregio di fornire per ciascun ramo, oltre al valore della capacità il ritardo e da questo il livello di servizio.

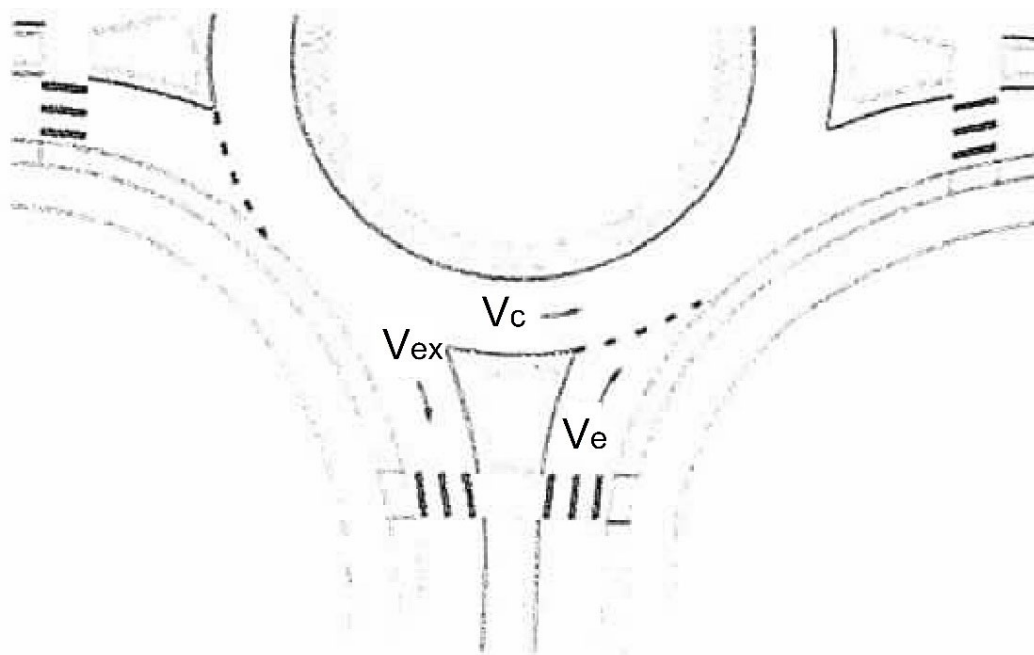


Figura 17 Schema dei flussi per singolo ramo

Sinteticamente la procedura calcola il ritardo inteso come differenza tra il tempo di percorrenza con intersezione libera e quella effettiva di viaggio considerando per ciascun ramo i flussi di veicoli equivalenti e la capacità di carico massimo di ciascun ramo di ingresso. La formula di calcolo è riportata di seguito mentre per i dettagli si rimanda al volume 2 di “The Highway Capacity Manual: a Conceptual and Research History”.

$$D_i = \frac{3600}{c_i} + 900 \left[X_i - 1 + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{c_i}\right) X_i}{450}} \right] + 5 \cdot \min[X_i; 1]$$

Dove:

c_i – è la capacità di carico del ramo i-esimo	v_i – Flusso di veicoli sul ramo i-esimo
X_i – è il rapporto v_i / c_i	D_i – Indice di ritardo del ramo i-esimo

La capacità di carico di ciascun ramo in assenza di flusso di disturbo, fissata dal metodo in 1130 veicoli equivalenti/ora, è stata corretta con un fattore(λ) compreso tra 0,7÷1,3 ($\pm 30\%$) che valuta l’effettiva condizione geometrica e di visibilità del ramo. Il valore in ciascun caso è stato individuato al fine di allineare la risposta della verifica della stato di fatto alle effettive condizioni di traffico rilevate in occasione del monitoraggio.

L’esperienza ha evidenziato che il valore di capacità in assenza di flusso di disturbo sviluppata negli Stati Uniti in molti casi è causa di sottostima probabilmente per le differenti caratteristiche del parco auto che in Europa presentano lunghezze inferiori e prestazioni di accelerazione mediamente superiori. Al contrario in alcune condizioni di accessi non ottimali con scarsa visibilità o geometrie non ottimali, condizioni non comuni oltreoceano dove la disponibilità di spazio è maggiore, si possono rilevare sovrastime. A seguito di tali osservazioni si è ritenuto di inserire il fattore di correzione nelle condizioni in cui un monitoraggio permette di valutare l’effettiva condizione di fluidità dell’incrocio.

A comproma di quanto osservato si riportano i valori capacità di carico di ciascun ramo in assenza di flusso di disturbo per altri metodi di verifica europei: metodo francese del CETRA 1500 v,eq/h, metodo tedesco di Brilom 1224 v,eq/h, metodo svizzero di Bovy 1500 v,eq/h .

Il valore di ritardo permette di determinare la qualità di fluidità del ramo utilizzando l’indice: “Livello di Servizio”. Il Livello di Servizio LOS describe la qualità della percorrenza con sei livelli espressi dalle lettere da A - situazione migliore - alla E - situazione peggiore -, mentre con la lettera F è identificato un ultimo livello di servizio, più scadente, caratterizzato da flussi di traffico che si muovono a singhiozzo (congestione).

- LOS A: racchiude le situazioni con bassissimi ritardi, cioè minori di 10 sec con flussi pressoché coincidenti alla condizione di strada libera.

- LOS B: caratterizzato da tempi di attesa ancora bassi compresi tra i 10 e i 15 sec. Con flussi privi di interruzioni ma caratterizzati da un certo rallentamento rispetto alla condizione di strada libera.

- LOS C: describe le situazioni con ritardo medio crescente e compreso tra 15-25 sec. per veicolo. Si rilevano veicoli che devono fermarsi sebbene molti di essi possano ancora transitare per l'intersezione senza arrestarsi;

- LOS D: comprende tempi di attesa compresi tra 25 e 35 sec/veicolo. Gli utenti cominciano ad avvertire gli effetti della congestione con generazione di accodamenti;
- LOS E: caratterizzato da ritardi variabili tra i 35 e 50 sec/veicolo l'intersezione è dotata di una riserva di capacità molto bassa, accodamenti costanti e disturbi anche modesti possono generare rallentamenti significativi.
- LOS F: comprende tempi di attesa per maggiori di 50 sec/veicolo. Si verificano situazioni in cui i flussi di traffico superano la capacità della corsia, si evidenziano notevoli ritardi e accodamenti in grado di produrre condizioni critiche di congestione. In questo livello si possono anche verificare problemi relativi alla sicurezza dovuti ai comportamenti dei veicoli sulla strada secondaria che scelgono tempi di immissione inferiori a quelli critici.

Tabella 6 Definizione livello di servizio HCM 2010

	Livelli di servizio					
	A	B	C	D	E	F
Descrizione	Flusso Libero	Flusso Scorrevole	Flusso Stabile	Flusso prossimo all'instabilità	Flusso instabile	Flusso forzato
Ritardo Intersezione Semaforizzata	<10s	10s÷20s	20s÷35s	35s÷55s	55s÷80s	>80s
Ritardo Intersezione NON Semaforizzata	<10s	10s÷15s	15s÷25s	25s÷35s	35s÷50s	>50s

6.1. Verifica Rotatoria T1 SS12 - via Bottegone

Di seguito si riportano i risultati relativi all'intersezione sia considerando il traffico attuale rilevato che considerando l'effetto delle variazioni legate al traffico indotto. I risultati evidenziano che nonostante i flussi di traffico la rotatoria sia in grado di assicurare un deflusso stabile che non genera condizioni di congestione al mattino mentre nel pomeriggio si rileva una riduzione del tempo di attesa. L'accesso da via Bottegone non presenta difficoltà considerando i flussi modesti. Le variazioni legate al piano determinano variazioni mediamente contenute e comunque inferiori a 2s anche nei rami più impattati. Tale rallentamento determinerà un leggero incremento degli accodamenti senza modificare in modo significativo la condizione di deflusso che in tutti i casi rimane stabile anche nella condizione di massima criticità considerata.

Tabella 7 Livelli servizio rotatoria [T1] flussi di traffico attuali Mattino

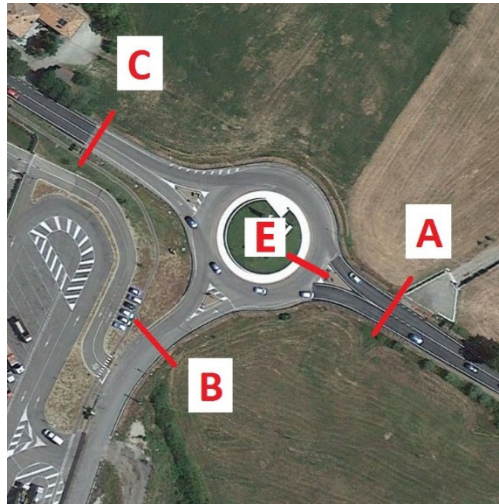
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	870	169	974	1,3	14,6	B
	B	309	849	190	1,3	4,9	A
	C	938	205	953	1,3	16,7	C

Tabella 8 Livelli servizio rotatoria [T1] flussi di traffico futuri Mattino

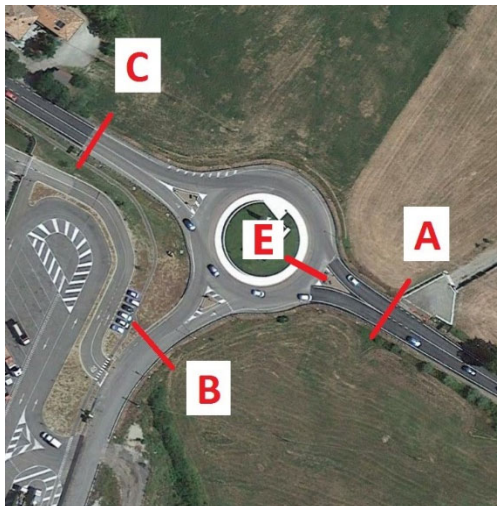
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	896	156	1010	1,3	16,8	C
	B	315	875	177	1,3	4,4	A
	C	949	218	972	1,3	18,1	C

Tabella 9 Livelli servizio rotatoria [T1] flussi di traffico attuali Sera

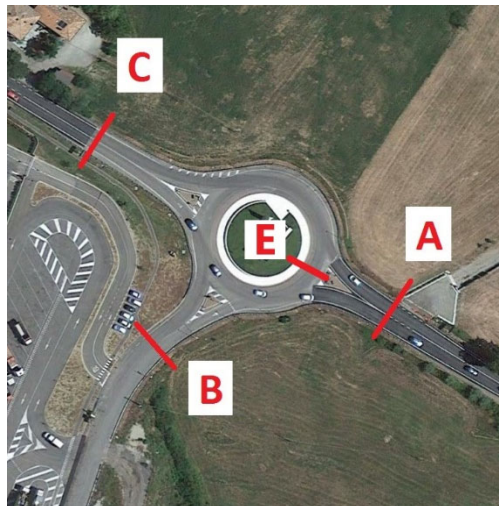
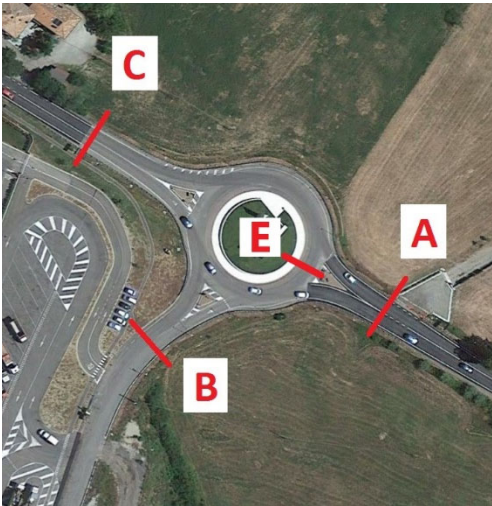
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	1041	20	662	1,3	7,4	A
	B	581	101	856	1,3	4,6	A
	C	125	832	230	1,3	10,1	B

Tabella 10 Livelli servizio rotatoria [T1] flussi di traffico futuri Sera

	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	1041	14	662	1,3	7,9	A
	B	125	826	230	1,3	4,8	B
	C	581	95	856	1,3	10,8	A

6.2. Verifica Rotatoria T2 SS12 – SP 36

Di seguito si riportano i risultati relativi all'intersezione in progetto che risulta compatibili con i flussi di traffico previsti con un comportamento adeguato rispetto al picco del mattino e del pomeriggio. Il ramo di accesso al nuovo comparto non evidenzia alcuna problematica di ingresso nella circolazione. Anche in questo caso l'effetto del traffico indotto è mediamente contenuto con un impatto massimo sui rami più carichi contenuto entro 2s. Tale rallentamento determinerà un leggero incremento degli accodamenti senza modificare in modo significativo la condizione di deflusso che in tutti i casi rimane stabile anche nella condizione di massima criticità considerata.

Nel complesso l'intersezione avrà una condizione di deflusso migliore rispetto all'attuale rotatoria con via Bottegone.

Tabella 11 Livelli servizio rotatoria [T2] flussi di traffico attuali Mattino

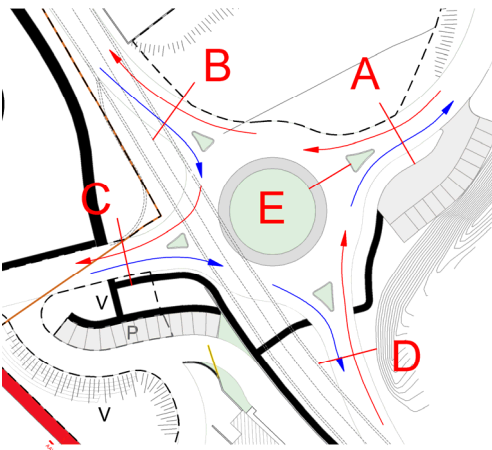
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	87	967	160	1,3	4,0	A
	B	960	167	827	1,3	10,8	B
	C	3	991	26	1,3	2,8	A
	D	926	91	963	1,3	13,7	B

Tabella 12 Livelli servizio rotatoria [T2] flussi di traffico futuri Mattino

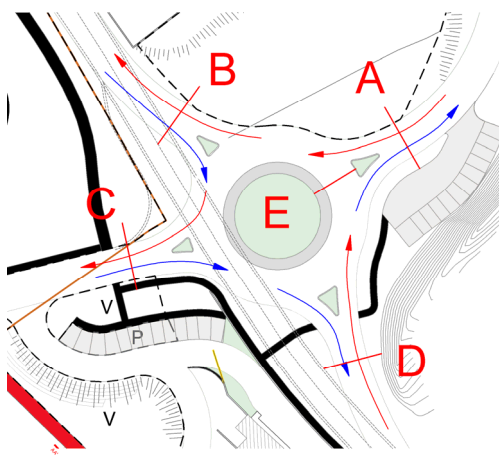
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	87	989	160	1,3	4,0	A
	B	997	152	853	1,3	11,8	B
	C	41	964	50	1,3	4,5	A
	D	87	989	160	1,3	14,4	B

Tabella 13 Livelli servizio rotatoria [T2] flussi di traffico attuali Pomeriggio

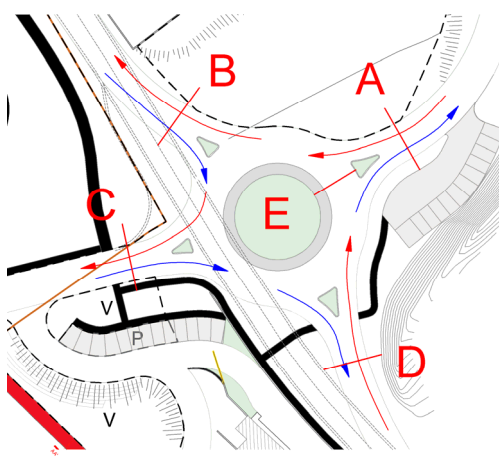
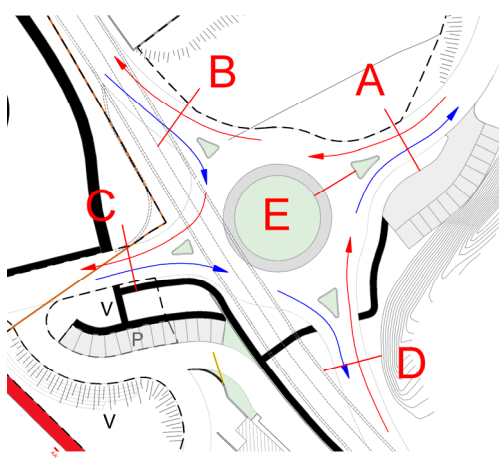
	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	107	686	69	1,3	3,4	A
	B	643	112	988	1,3	12,4	B
	C	40	1060	5	1,3	2,7	A
	D	1025	40	695	1,3	7,6	A

Tabella 14 Livelli servizio rotatoria [T2] flussi di traffico futuri Pomeriggio

	Ramo	Flusso in uscita (v_{ex})	Flusso rotatoria (v_c)	Flusso in ingresso (v_e)	Fattore di correzione (λ)	Tempo medio attesa [s]	Livello Servizio
	A	107	694	93	1,3	3,6	A
	B	674	113	1006	1,3	14,1	B
	C	46	1103	30	1,3	3,7	A
	D	1050	83	695	1,3	8,2	A

7. VERIFICA GEOMETRICA DELLA ROTATORIA IN PROGETTO

Per la definizione delle geometrie delle intersezioni la norma oggi vigente in Italia è il DM 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.

Vista poi la lacunosità della normativa nazionale e la sua carenza di indicazioni in merito alla soluzione dei casi pratici nonché alla mancanza di indicazioni relativamente a vari parametri geometrici necessari per la definizione completa delle intersezioni si è fatto inoltre riferimento alla normativa emanata dalla Regione Lombardia – legge regionale 24/4/2006 n.7 – e più precisamente all’Allegato 2 alla suddetta legge regionale dal titolo “Progettare le zone di intersezione”.

Per ulteriore approfondimento si sono poi ricercati i criteri fissati in altri paesi europei e nel nord America in quanto paragonabili in termini di qualità e quantità dei veicoli circolanti e di complessità della rete stradale.

Le verifiche geometriche delle rotatorie considerano il controllo dell’ammissibilità di varie grandezze geometriche quali diametro esterno, larghezza della corona circolare, larghezza delle corsie di ingresso e di uscita, corretto tracciamento delle isole spartitraffico ecc., tutti valori che sono di facile verifica e che quindi nella presente nota non vengono considerati. Si riportano di seguito le tabelle della normativa nazionale e la corrispondente della normativa regionale lombarda.

Tutte le geometrie definite per la rotatoria in esame sono state stabilite in accordo con le indicazioni del DM 19.04.2006.

Elemento modulare	Diametro esterno della rotatoria (m)	Larghezza corsie (m)
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi ad una corsia	≥ 40	6,00
	Compreso tra 25 e 40	7,00
	Compreso tra 14 e 25	7,00 - 8,00
Corsie nella corona rotatoria (*), per ingressi a più corsie	≥ 40	9,00
	< 40	8,50 - 9,00
Bracci di ingresso (**)		3,50 per una corsia 6,00 per due corsie
Bracci di uscita (*)	< 25	4,00
	≥ 25	4,50

(*) deve essere organizzata sempre su una sola corsia.

(**) organizzati al massimo con due corsie.

Tabella 6

3.A.8.7 Tabella riepilogativa

In tabella 3.A.2 vengono riepilogati i valori di progetto dei principali elementi costituenti le rotatorie rappresentati in figura 3.A.10.

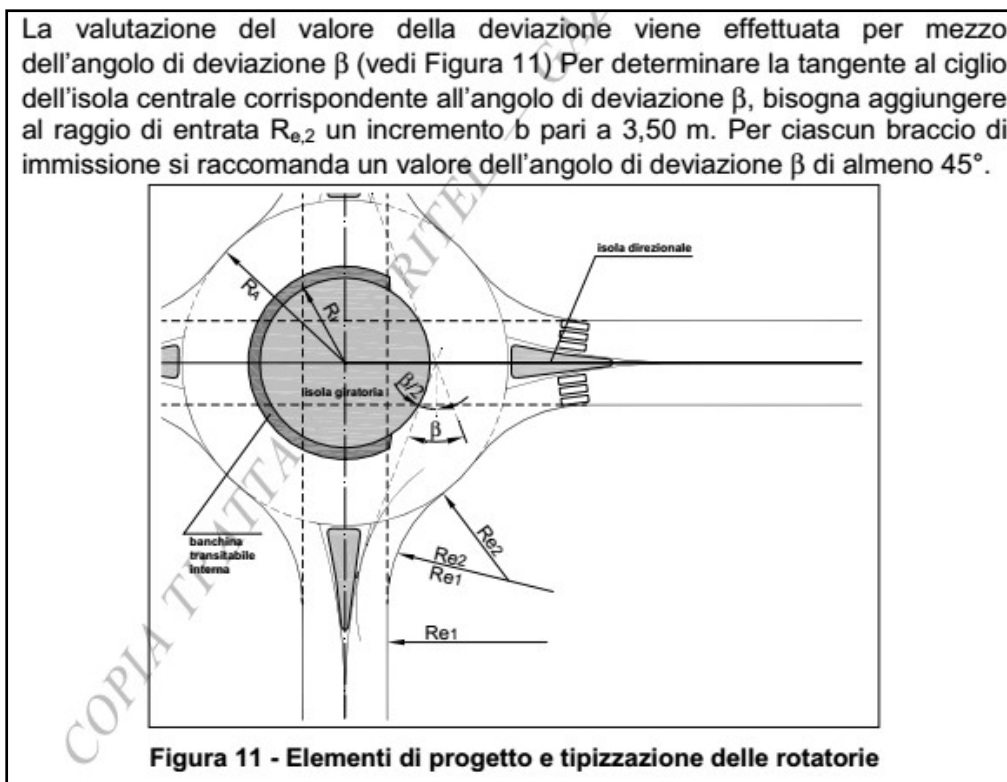
	Notazione	Intervallo di validità	Valore [m]			
			Mini rotatorie sormontabili	Mini rotatorie parzialmente sormontabili	Rotatorie compatte	Grandi rotatorie Rotatorie eccezionali
Diametro della rotatoria	D_e	$D_e \geq (14 \text{ m}) 18 \text{ m}$	14÷18	18÷26	26÷50	> 50
Raggio giratorio esterno	R_{ge}	$D_e/2$	7÷9	9÷13	13÷25	> 25
Raggio giratorio interno	R_{gi}	$R_{gi} - l_a$	0÷2	variabile	variabile	variabile
Larghezza dell'anello	l_a	$7 \text{ m} \leq l_a \leq 9 \text{ m}$	7÷8	7÷8	8÷9	9÷10
Larghezza anello interno sormontabile	l_{is}	$0 \leq l_{is} \leq 2 \text{ m}$	Isola centrale completamente sormontabile	1,5÷2	1,5÷2	0
Raggio d'entrata	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq D_e/2$	10	10÷13	10÷25	$10 \div D_e/2$
Larghezza corsia entrante	l_e	$4 \text{ m} \leq l_e \leq 4,5 \text{ m}$ (1 corsia) $7 \text{ m} \leq l_e \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$l_e \leq 4,5$ (1 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)	$4 \leq l_e \leq 4,5$ (1 c.) $7 \leq l_e \leq 9$ (2 c.)
Raggio d'uscita	R_u	$15 \text{ m} \leq R_u \leq 30 \text{ m}$	15÷30	15÷30	15÷30	15÷30
Larghezza corsia uscita	l_u	$4,5 \text{ m} \leq l_u \leq 6 \text{ m}$ (1 corsia) $7,5 \text{ m} \leq l_u \leq 9 \text{ m}$ (2 corsie)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$l_u \leq 6$ (1 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)	$4,5 \leq l_u \leq 6$ (1 c.) $7,5 \leq l_u \leq 9$ (2 c.)
Raggio di raccordo	R_r	$2 \times D_e$	28÷36	36÷52	52÷100	> 100

Tab. 3.A.2 Riepilogo dei valori di progetto degli elementi costituenti le rotatorie.

7.1. Verifica di deflessione

La verifica più significativa e con più ripercussioni sulla sicurezza dell'utenza che impegna la rotatoria è quella che considera la “deflessione” della traiettoria che un veicolo che attraversa l'intersezione è costretto a percorrere: da questo parametro discende l'abbattimento della velocità di attraversamento dell'anello da parte dei veicoli.

Per questo aspetto però la norma in vigore risulta lacunosa ed ambigua in quanto affronta un unico caso teorico che molto spesso non è riconducibile alla situazione reale. Basti citare il fatto che per rotatorie di diametro esterno inferiore a circa 30m la verifica così come da DM 2006 non risulta mai soddisfatta.



Per ovviare a tale carenza la Regione Lombardia ha abbandonato la verifica dei “ 45° ” per introdurre un criterio più funzionale, che risolve un insieme maggiore di casistiche, a che ancora non soddisfa a pieno le esigenze dei progettisti. Si ricorda che, nel caso di due rami che formano un angolo di 90° non è geometricamente definito il criterio per tracciare la traiettoria ipotetica dei veicoli, infatti la normativa riporta due condizioni per disegnare la traiettoria che ovviamente non risultano sufficienti per definire un arco. Per poter definire l'arco della traiettoria è necessario introdurre una terza condizione cioè la tangenza con le traiettorie dei rami di accesso o di uscita.

opposte (cfr. fig. 3.A.4). Occorre verificare l'ampiezza del raggio di deflessione per le manovre relative ad ogni braccio di ingresso e uscita.

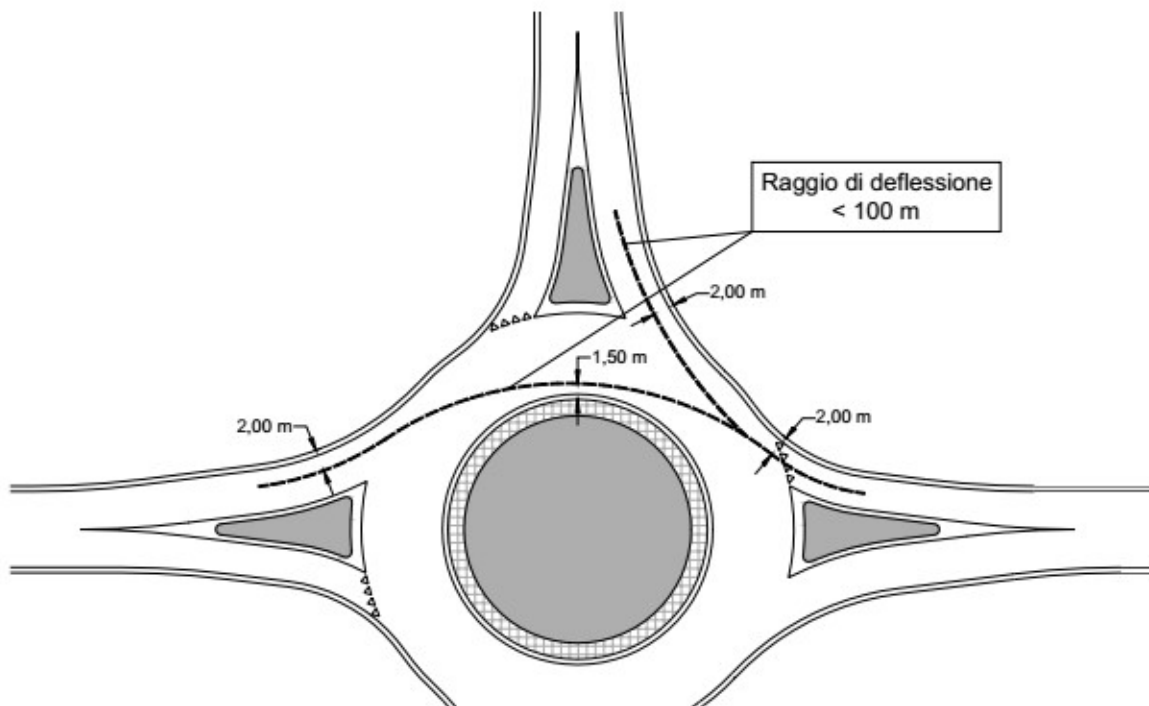


Fig. 3.A.4 Deflessione.

Tale raggio deve essere inferiore a 100 m: in tal modo le velocità inerenti alle traiettorie "più tese" non potranno essere superiori a 50 km/h. È opportuno evidenziare che quanto più una rotatoria è piccola tanto più il valore del raggio della deflessione dovrebbe essere inferiore a 100 m al fine di avere simili velocità di percorrenza (in ingresso e in attraversamento dell'intersezione).

Si sono quindi prese in considerazione alcune altre normative europee ed americane giungendo alla conclusione che la verifica più diffusa è quella "tipo Lombardia" seppur dettagliata con maggior dettaglio e magari legando i raggi minimi delle traiettorie alle velocità di percorrenza.

Per completezza di trattazione, nel seguito si riporta un estratto delle verifiche di deflessione previste nei manuali di progettazione statunitensi redatti dall'US Department of Transportation. Federal Highway Administration.

Tale metodologia infatti definisce compiutamente il procedimento di verifica, detta tutte le distanze da rispettare dai vari elementi costituenti la rotatoria e fornisce i raggi di deflessione minimi da rispettare. Mette inoltre in evidenza dell'importanza di prevedere raggi di valore ridotto per le traiettorie in ingresso piuttosto che in quelle in uscita che, invece, favoriscono la liberazione della corona giratoria da parte dei mezzi che hanno già impegnato l'intersezione.

The entry path radius should not be significantly larger than the circulatory radius.

The design speed of the roundabout is determined from the smallest radius along the fastest allowable path. The smallest radius usually occurs on the circulatory roadway as the vehicle curves to the left around the central island. However, it is important when designing the roundabout geometry that the radius of the entry path (i.e., as the vehicle curves to the right through entry geometry) not be significantly larger than the circulatory path radius.

L'estratto sopra riportato di Roundabouts an informational guide dell'U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Capitolo 6.2.1.3 Vehicle paths esplicita che la velocità di progettazione della rotatoria è determinata dal raggio più piccolo lungo la traiettoria più veloce.

Exhibit 6-5. Fastest vehicle path through single-lane roundabout.

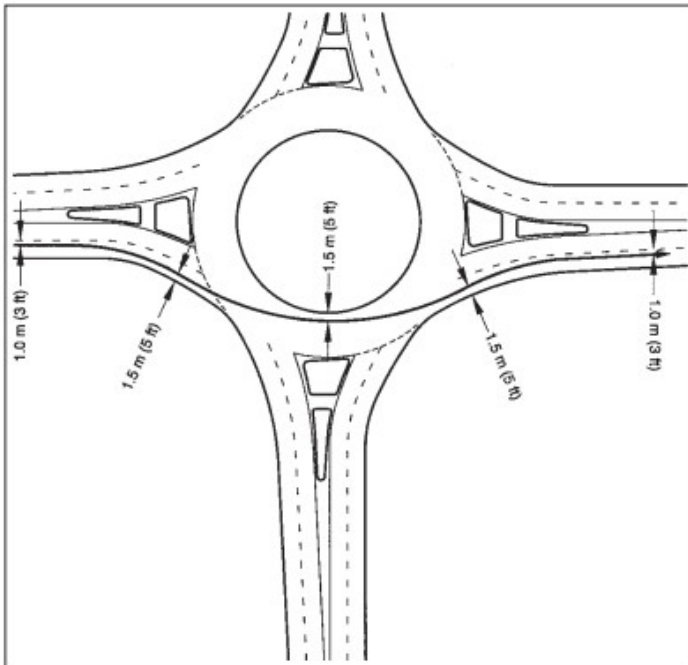
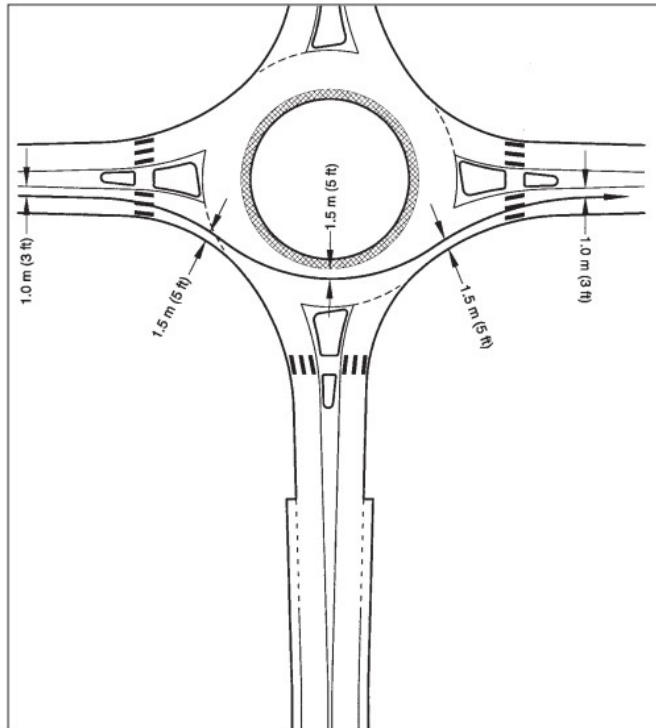


Exhibit 6-6. Fastest vehicle path through double-lane roundabout.

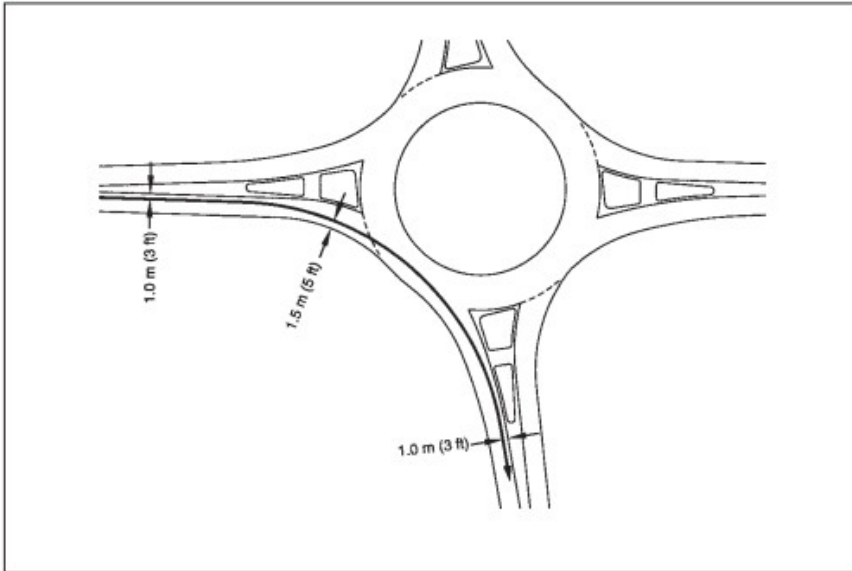


Exhibit 6-7. Example of critical right-turn movement.

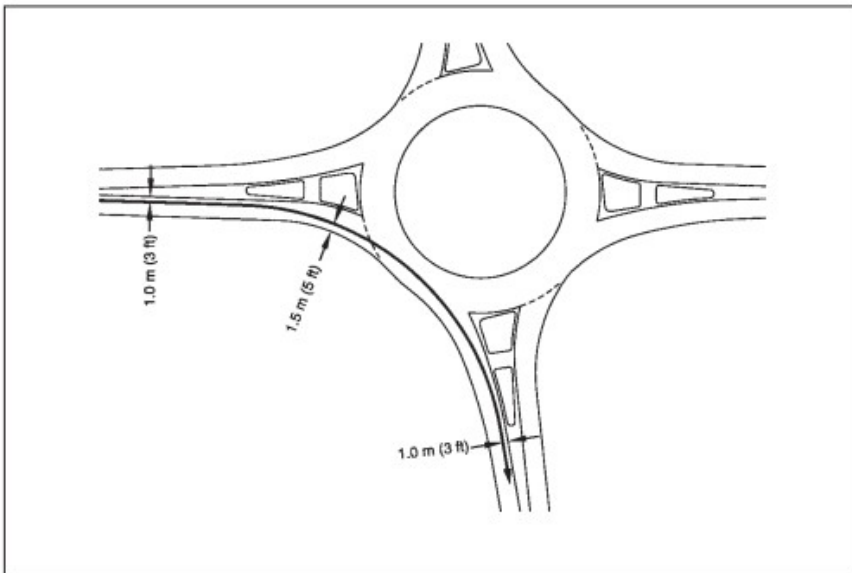
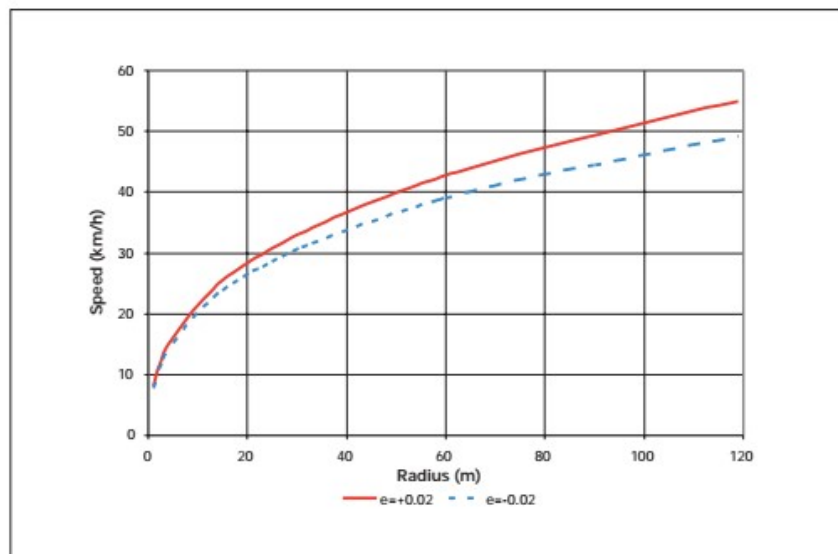


Exhibit 6-7. Example of critical right-turn movement.

Exhibit 6-10. Speed-radius relationship (metric units).

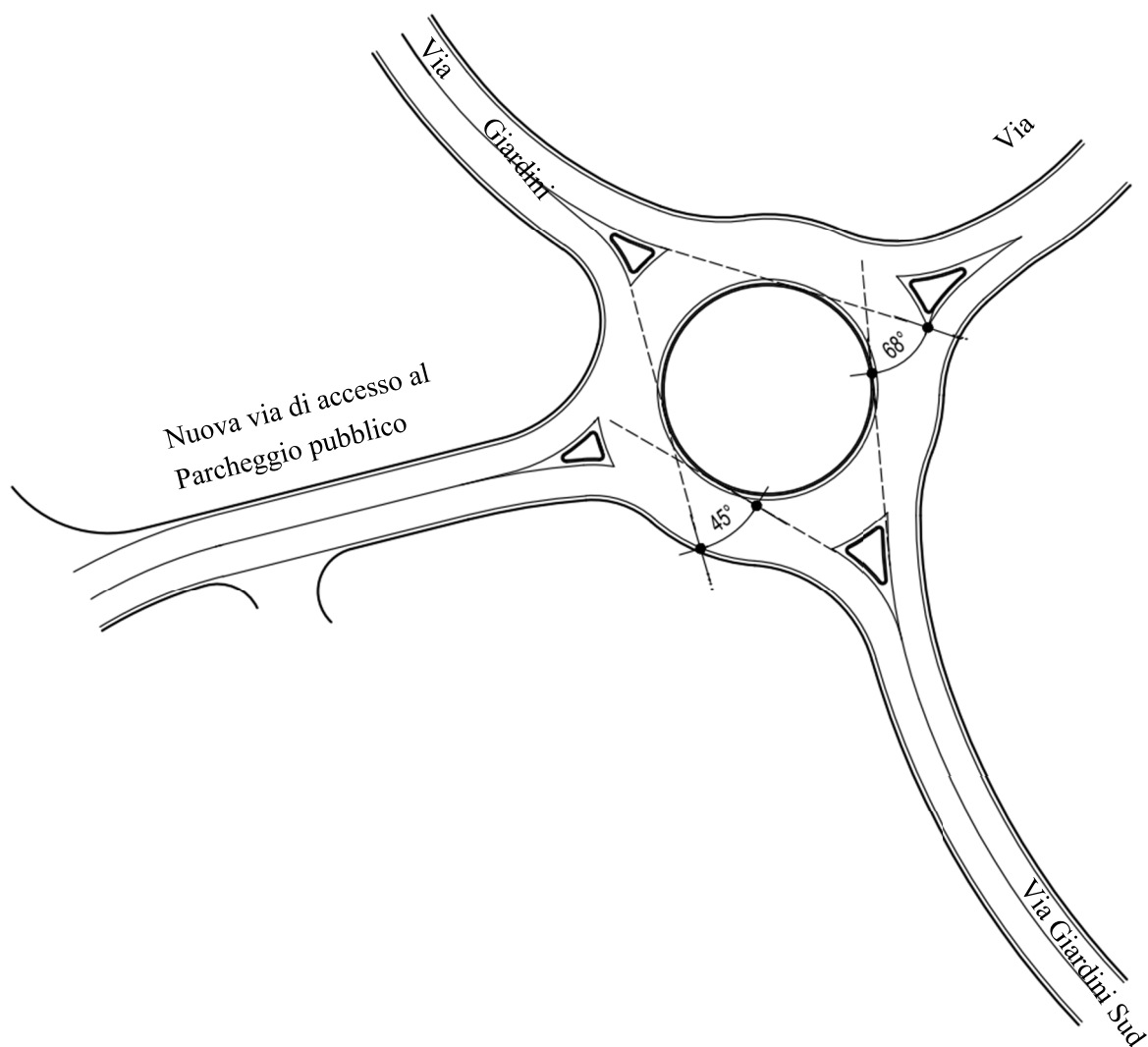


Come appare evidente dall'ultima immagine riportata per garantire una velocità di percorrenza inferiore ai 50 km/h è necessario che il raggio di deflessione minimo non sia superiore a 100m.

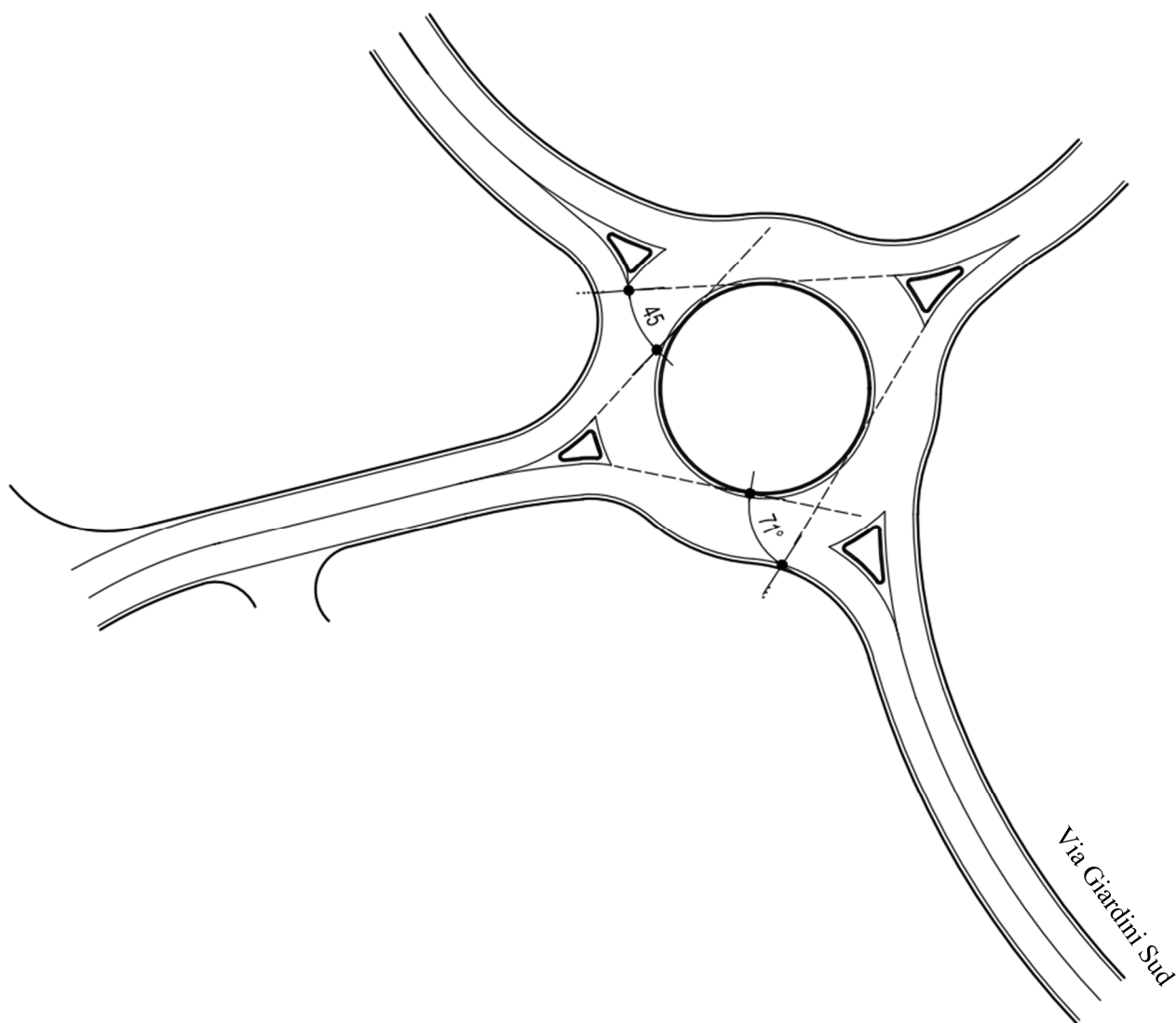
Rotatoria Via Giardini - Verifica traiettorie più veloci

Si riportano di seguito gli schemi grafici delle verifiche condotte.

Per le traiettorie di attraversamento si è fatto riferimento alle indicazioni del DM 19.04.2006. Per le verifiche di svolta a destra tra rami adiacenti si è fatto riferimento alle indicazioni della normativa lombarda.



Verifica di deflessione Via Giardini nord – Via Giardini sud



Verifica di deflessione nuova via di accesso al Parcheggio pubblico - Via Coscogno

I raggi minimi per le traiettorie più veloci risultano i seguenti (tralasciando il raggio dell'arco concentrico alla rotatoria):

- | | |
|--------------------------------------------|----------------------------|
| - Via Giardini nord – Nuova via di accesso | $R_{\min} = 16.60\text{m}$ |
| - Nuova via di Accesso – Via Giardini sud | $R_{\min} = 37.76\text{m}$ |
| - Via Giardini sud – Via Coscogno | $R_{\min} = 39.65\text{m}$ |
| - Via Coscogno – Via Giardini nord | $R_{\min} = 46.74\text{m}$ |

La verifica risulta quindi ampiamente verificata considerando che il raggio di deflessione massimo ammissibile è pari a 100.00m.

7.2. Analisi delle traiettorie

Di seguito vengono riportati gli schemi relativi alle analisi condotte per la verifica delle traiettorie.

Lo studio è stato svolto considerando degli autoarticolati di circa 16 m e sono state riportate le traiettorie più significative ai fini di evidenziare gli spazi di manovra in rotatoria più critici.

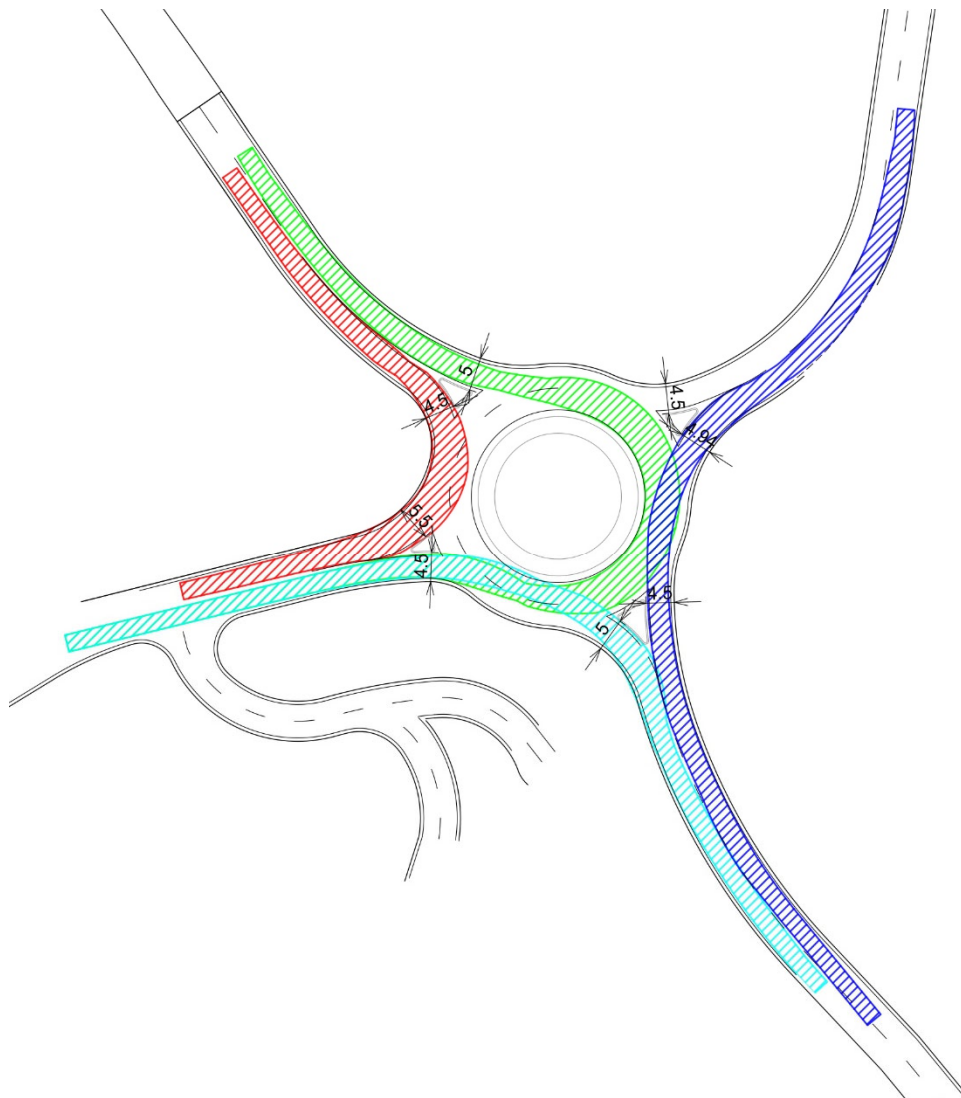


Figura 18 Traiettorie più significative

Si può quindi dimostrare che nella rotonda in oggetto, con diametro esterno di 40 m, anche gli autoarticolati di maggiori dimensioni dispongono dello spazio necessario per compiere tutte le traiettorie possibili.

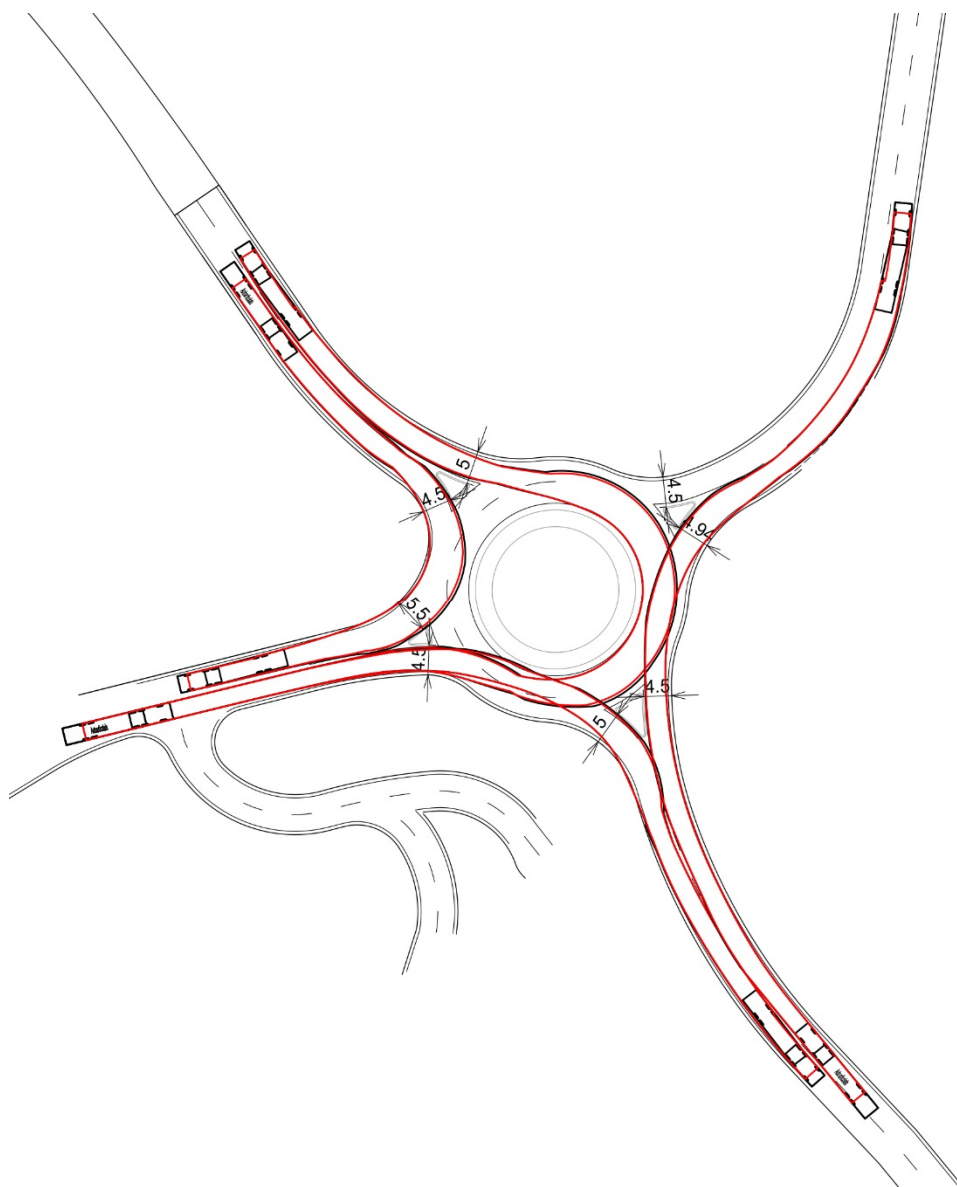


Figura 19 Schema analisi traiettorie

8. VERIFICA ACCESSO ED USCITA AL COMPARTO

Relativamente alle manovre di accesso al comparto è possibile escludere che i veicoli determinino un impatto significativo sulla viabilità in quanto alla mano e privi di flussi conflittuali.

Risulta pertanto necessaria la verifica esclusivamente sui flussi in uscita, Sebbene eventuali rallentamenti in uscita dall'accesso non determinino di per sé un elemento che possa condizionare il traffico sulla rete stradale, difficoltà di accesso e tempi troppo lunghi di attesa potrebbero favorire comportamenti non corretti che finirebbero nel migliore dei casi ad innescare un rallentamento nel flusso di traffico e nel peggiore dei casi a rappresentare un elemento di rischio.

Anche quest'ultima condizione di criticità può essere esclusa considerando contemporaneamente il numero di veicoli in uscita limitato ed i flussi contenuti su via Bottegone e del tutto trascurabili su via Marco Polo.

Un ultimo elemento da analizzare sono i trattori industriali utilizzati per mettere in comunicazione le due aree di pertinenza Mirage. Nel complesso sono previsti 25 viaggi giorno per ciascuna direzione distribuiti nei due turni ma più concentrati tra le 5:00 e le 7:00 quando è necessario liberare le zone di produzione che lavorano su 24 ore dall'accumulo di prodotti notturno.

Tali viaggi non rappresenteranno una criticità per il traffico stradale in quanto saranno effettuati utilizzando un sottopasso stradale dedicato come evidenziato in figura.

Si evidenzia infine che la presenza del sottopasso permetterà di assicurare la compatibilità del progetto indipendentemente dalla realizzazione della rotatoria con la SP36. La presenza del collegamento interno permetterà la fruizione dell'ampliamento mantenendo la condizione d'uso prevista per lo stato di fatto che prevede gli accessi da via Bottegone.



Figura 20 Attraversamento via Bottegone

Ing. Roberto Odorici

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Modena

Nr.2339

