Comune di Finale Ligure

Provincia di Savona

Regione Liguria

Verifiche di impatto sulla viabilità



Verifica di impatto sulla viabilità per la realizzazione degli interventi di riqualificazione all'interno dell'Area Piaggio nel Comune di Finale Ligure

PROPONENTE:
FINALMARE S.p.A.
Via Monte Asolone 4 - TORINO

Aprile 2013

Rev.0

T.T.A. Studio Associato
Trasporti, Traffico e Ambiente
Ingg. Marco Dellasette e Giovanni Menotti

Sede principale certificata:
Torino: Corso De Gasperi, 34 - 10129 - Tel. 011.580.76.86 - Fax 011.593.289
Atre sedi:
Roma: Via G.V. Bona 101/c - 00161 - Tel. 06.92.92.63.80
e-mail: stafftecnico@studiotta.it - sito Web: www.studiotta.it - Partita IVA: 06993380010

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati - Il presente documento non può essere riprodotto, o divulgato senza espressa autorizzazione scritta del proprietario

Sommario

1 PREMESSA 3

2 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO E DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO 4

3 RILEVAZIONI DEL TRAFFICO 6
3.1 RISULTATI DELLE RILEVAZIONI DEI FLUSSI DI TRAFFICO 8

4 LO SCHEMA INFRASTRUTTURALE DELLA VIABILITÀ PREVISTO 11

5 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI 14

6 INDIVIDUAZIONE DEI FLUSSI INDOTTI DAI NUOVI INSEDIAMENTI IN PROGETTO 14
6.1 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DALL'INSEDIAMENTO COMMERCIALE 14
6.2 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DALLE RESIDENZE 15
6.3 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DAI PARCHEGGI PUBBLICI 15

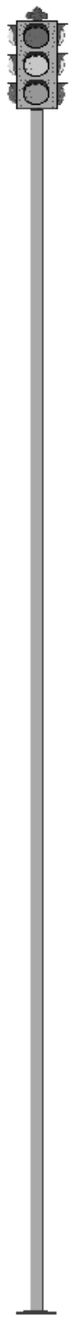
7 IL BACINO DI UTENZA E LA DISTRIBUZIONE DI FLUSSI INDOTTI 16

8 LA METODOLOGIA ADOTTATA PER LE VERIFICHE PRESTAZIONALI 18
8.1 VERIFICA PRESTAZIONALE DELLA RETE 18
8.2 GLI STRUMENTI DI ANALISI ADOTTATI 20
8.3 VERIFICA DELLA VIABILITÀ MEDIANTE LA MICRO-SIMULAZIONE DINAMICA DEL TRAFFICO 21
8.3.1 La micro-simulazione dinamica su rete 21
8.3.2 Car-Following - teoria dell'inseguitore 22
8.3.3 Lane-Changing - modello di cambio corsia 22
8.3.4 Gap-Acceptance 22
8.3.5 Assegnazione dei traffici in condizioni di equilibrio (primo Principio di Wardrop) 22
8.3.6 Definizione dei parametri di simulazione e degli indicatori 23
8.3.7 Gli indicatori prestazionali della rete e la loro corretta interpretazione 23
8.3.8 Calibrazione del modello ed assegnazioni del traffico 24
8.4 MODELLI DI MICRO-SIMULAZIONE STATICA DELLE INTERSEZIONI/ROTATORIE SINGOLE 24

9 APPLICAZIONE DELLA MICRO-SIMULAZIONE AL CASO DI STUDIO 26
9.1 CODIFICA DEL GRAFO STRADALE 26
9.2 DEFINIZIONE DELLE ZONE DI ORIGINE/DESTINAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI E COSTRUZIONE DELLE MATRICI DI TRAFFICO 27
9.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI SIMULAZIONE E DEGLI INDICATORI PRESTAZIONALI DELLA RETE 28
9.3.1 Velocità media istantanea 28
9.3.2 Velocità media oraria 28
9.3.3 Tempo medio di viaggio 29
9.3.4 Numero di veicoli istantaneamente presenti sulla rete 29
9.4 ASSEGNAZIONI DEL TRAFFICO SULLA RETE ATTUALE E CALIBRAZIONE DEL MODELLO GENERALE 29
9.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E DEI PARAMETRI PRESTAZIONALI DI RETE 30
9.5.1 Ora di punta della mattina (9 - 10) - Scenario attuale 30
9.5.2 Ora di punta della mattina (9 - 10) - Scenario di progetto 33
9.5.3 Ora di punta della sera (19 - 20) - Scenario attuale 36
9.5.4 Ora di punta della sera (19 - 20) - Scenario di progetto 38
9.6 CONFRONTO TRA GLI SCENARI SIMULATI (STATO ATTUALE / PROGETTO) 41

10 CONCLUSIONI 43

11 COPYRIGHT, DIRITTI D'AUTORE, CONDIZIONI D'USO E RESPONSABILITÀ 44



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce l'analisi della viabilità e la verifica funzionale dei traffici indotti dai nuovi insediamenti previsti all'interno dell'Area Piaggio sita nel comune di Finale Ligure (SV).

L'intervento in oggetto trae origine da una proposta di riqualificazione delle aree industriali Piaggio, finalizzata alla rivalutazione immobiliare delle aree industriali da dismettere, a seguito del trasferimento dello stabilimento Piaggio Aero Industries dal comune di Finale Ligure al comune di Villanova d'Albenga.

Il progetto di recupero, all'interno del quale si collocano gli interventi infrastrutturali oggetto di analisi del presente studio, ha lo scopo di:

- *recuperare a funzioni urbane le aree attualmente occupate dallo stabilimento Piaggio che saranno dismesse, assicurando come elemento polarizzante e qualificante del nuovo insediamento la continuità con il centro urbano di Finale Ligure;*
- *ristrutturare il sistema della viabilità di accesso a ponente del tessuto urbano esistente;*
- *recuperare e valorizzare i consistenti spazi, rendendoli fruibili alla collettività sia attraverso l'inserimento di infrastrutture pubbliche altamente qualificate, sia attraverso il recupero di percorsi di collegamento che favoriscano la riconnessione dell'intera area con il contesto.*

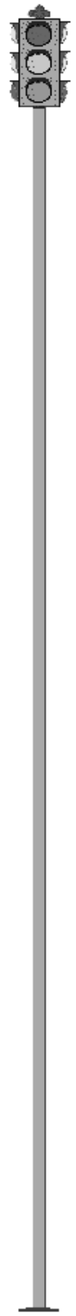
Per quanto riguarda l'assetto viabilistico, gli interventi previsti devono rispondere a due criteri generali:

- mantenere inalterato l'assetto funzionale dei due assi principali afferenti all'area oggetto di intervento (S.S. 1 "Aurelia" e S.S. 490 del "Colle del Melogno");
- tenere in considerazione gli altri importanti interventi futuri previsti all'interno di due importanti progetti: "Area Ghigliazza" ed "Aurelia bis".

All'interno dell'area è pertanto prevista la realizzazione di un'armonica convivenza di edifici pubblici e privati nella zona centrale e meridionale, mentre nella zona nord è stata progettata la realizzazione di un centro commerciale, dove poter insediare negozi di vicinato e medie superfici alimentari o extralimentari.

Saranno inoltre predisposte apposite aree dedicate a parcheggio, sia pubblico che privato, alcune delle quali, al fine di un corretto inserimento, saranno realizzate in appositi silos oppure interrate.

Nel presente documento si intende fornire un quadro completo ed esaustivo delle possibili criticità legate alla mobilità riguardanti la compatibilità dei nuovi insediamenti nei confronti della viabilità principale, costituita della principali arterie di collegamento (S.S. 1 via Aurelia e S.S. 490 del Colle del Melogno) tra il comune di Finale Ligure ed i comuni limitrofi.



Più nel dettaglio, le analisi e le valutazioni dei parametri prestazionali della rete infrastrutturale attuale sono state condotte con riferimento ai seguenti scenari di analisi:

- **STATO ATTUALE** in cui vengono valutati i parametri prestazionali della rete con riferimento ai soli flussi ordinari;
- **SCENARIO DI PROGETTO**, associato alla realizzazione di tutti gli interventi insediativi, comprensivo degli interventi infrastrutturali previsti e dell'assetto definitivo della viabilità, sul quale verranno effettuati i calcoli dei parametri prestazionali della rete in presenza sia dei traffici ordinari, ridistribuiti in relazione al futuro assetto della rete stradale a regime, sia dei traffici indotti.

Tutte le verifiche sul traffico sull'intera area sono state condotte attraverso l'utilizzo di un sofisticato software di micro-simulazione dinamica del traffico (*Quadstone Paramics*), in grado di evidenziare le criticità puntuali sulla rete e sulle intersezioni e, attraverso l'utilizzo di una serie di parametri prestazionali, di confrontare i due scenari implementati.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

2 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO E DEFINIZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio è situata al limite sud-ovest del Comune di Finale, in prossimità dell'intersezione di Strada Calizzano (S.S. 490), via Aurelia (S.S. 1) e via Giuseppe Mazzini (S.S. 1), e a poche centinaia di metri dal torrente Pora.

Il contesto paesaggistico – ambientale in cui si colloca l'area oggetto di intervento è caratterizzato da quattro unità di paesaggio:

- acqua e solco vallivo del torrente Pora;
- promontorio della Caprazoppa, rocca e colline della media valle;
- lungomare;
- strada ferrata e centri storici di Finale Marina e di Final Borgo.

L'attuale complesso industriale occupa intensivamente un'area di forma triangolare tra il fiume ad est e la S.S. 490 del Melogno ad ovest, tra la spiaggia a sud e l'incrocio della statale con la viabilità proveniente dall'area di via Brunenghi (S.P. 27). Inoltre, è intersecata dalla S.S. 1 via Aurelia e dalla Ferrovia.

Nelle figure seguenti si riporta la localizzazione dell'intervento in esame (Figura 1 e Figura 2).

Figura 1 - Foto satellitare dell'area di studio



Figura 2 - Rete stradale dell'area di studio



Al fine di valutare in modo esaustivo tutti i possibili impatti che il nuovo traffico indotto può provocare sulla rete stradale esistente e l'estensione dell'area da esaminare, è stata effettuata un'analisi preventiva della rete.

Successivamente, è stato implementato un modello di micro-simulazione del traffico la cui estensione è riportata in Figura 3 e comprende le seguenti strade principali: via Aurelia, strada Calizzano, via Giuseppe Mazzini, via Domenico Brunenghi, via Nicolò Saccone e via de Raymondi. Su tale rete sono state condotte le simulazioni di traffico e sono state effettuate le verifiche di impatto, considerando, oltre al traffico attuale, il traffico indotto dai nuovi insediamenti in esame.

Più in particolare, sono state valutate le seguenti intersezioni:

- S.S. 1 con S.S. 490;
- S.S. 490 con via del Sagittario;
- via Mazzini con via Domenico Brunenghi, via Nicolò Saccone e via de Raymondi.

Inoltre sono state condotte le verifiche lungo la S.S. 1, nelle tratte a sud e ad est dell'intersezione con la S.S. 490, lungo la S.S. 490, nelle tratte a nord dell'intersezione con la S.S. 1 ed a nord dell'intersezione con via del Sagittario.

Figura 3 - Rete implementata nel modello



L'intersezione tra la S.S.1 e la S.S.490 è regolata, ad oggi, da una complessa intersezione a raso (Figura 4), nella quale per ogni svolta è predisposta una corsia dedicata.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 4 – Intersezione a raso S.S.1 – S.S.490



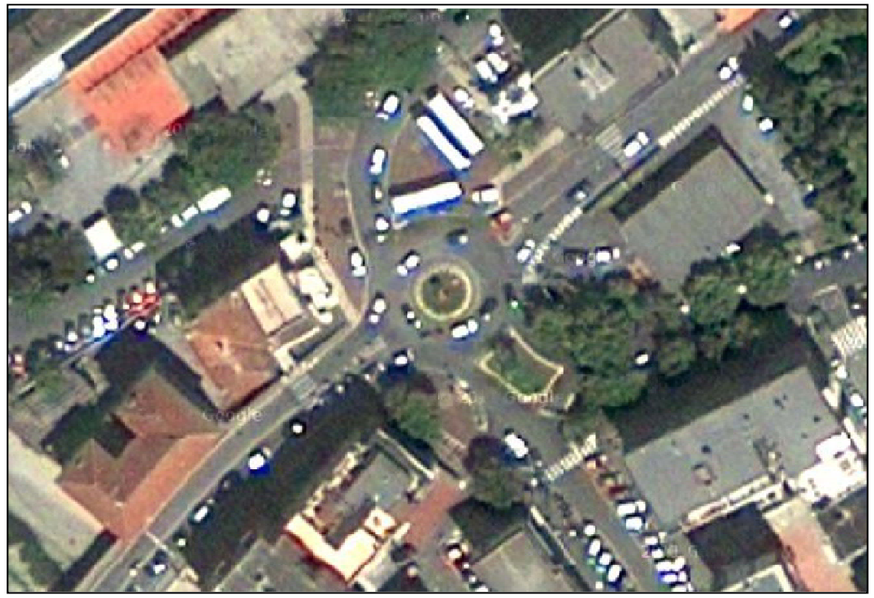
L'intersezione tra la S.S.490 e via del Sagittario è regolata, ad oggi, da una intersezione a raso (Figura 5), nella quale per i flussi provenienti da via del Sagittario è impedita la svolta a destra in direzione S.S.1.

Figura 5 - Intersezione a raso S.S.490 - via del Sagittario



Infine, l'intersezione tra via Mazzini con via Domenico Brunenghi, via Nicolò Saccone e via de Raymondi è regolata da una rotatoria (Figura 6), nella quale solo l'asse di via Mazzini è bidirezionale ad una corsia per senso di marcia, mentre gli altri bracci risultano monodirezionali (due in ingresso in rotatoria ed uno in uscita).

Figura 6 – Rotatoria via Mazzini - via Domenico Brunenghi - via Nicolò Saccone - via de Raymondi



Per quanto riguarda i principali assi afferenti all'area, sia la S.S.1 che la S.S.490 (Figura 7, Figura 8 e Figura 9) si caratterizzano per la presenza di una sola corsia per senso di marcia con volumi di traffico nel periodo estivo considerevoli durante tutto l'arco della giornata ed in particolar modo nelle ore di punta del mattino e della sera.

Figura 7 – S.S. 1 via Aurelia



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 8 – S.S. 1 via Giuseppe Mazzini



Figura 9 – S.S. 490



3 RILEVAZIONI DEL TRAFFICO

Al fine di analizzare al meglio l'area oggetto di studio, in merito alle analisi sui flussi di traffico attuali, si è fatto riferimento ai dati raccolti nel precedente studio (*P.U.O. Sub Distratto di Trasformazione DT1b Aree Piaggio - Studio di Traffico* del 7 Aprile 2008) (Figura 10).

Le rilevazioni di traffico, effettuate mediante piastre conta veicoli del tipo Hi-Star NC-97, erano state condotte in continuo dalle ore 17.00 di venerdì 13 luglio alle ore 16.59 di martedì 17 luglio e dalle ore 9.00 di sabato 21 luglio alle ore 22.29 di domenica 22 luglio del 2007, lungo le due sezioni S1 (S.P.490 a monte dell'intersezione con via del Sagittario) e S2 (S.P.1 nel tratto a sud dell'intersezione con la S.P.490).

Inoltre, erano state condotte delle campagne di rilevamento puntuali di tipo manuale nelle due intersezioni principali concentrate esclusivamente nelle ore di punta (*OdP*) del mattino (9.00 – 12.00) nella giornata di sabato e della sera (19.00 – 21.30) nella giornata di domenica nelle due seguenti intersezioni principali:

- I1: intersezione a raso tra S.P.490 e via del Sagittario;
- I2: intersezione a raso tra S.P.1, viale Piaggio e via Caprazoppa.

Per effettuare i rilievi era stato scelto il mese di luglio in quanto ritenuto il mese di massima punta, poiché durante tale periodo si sovrappongono i flussi residenziali con quelli turistici del weekend.

Figura 10 - Sezioni ed intersezioni di rilievo (Studio del 2008)



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Nel presente studio, al fine di ottemperare alle richieste del Comune di Finale Ligure ed estendere l'area esaminata, si è reso necessario integrare i precedenti rilievi con una nuova rilevazione presso l'intersezione localizzata in corrispondenza della stazione ferroviaria.

Stante la differenza tra i periodi di rilevamento dati (Luglio 2007 ed Aprile 2013) si è ritenuto opportuno effettuare detta rilevazione il 1° Aprile 2013, coincidente con il lunedì di "pasquetta", giorno festivo che ha permesso di rilevare sia la mobilità ordinaria che turistica.

Inoltre, i flussi di traffico rilevati sono stati confrontati con quelli di Luglio 2007; dal confronto con l'unica postazione in comune, corrispondente al ramo di via Mazzini posto tra le due rotatorie esaminate, è stato ricavata la percentuale di flusso aggiuntivo relativo al mese di Luglio e di tale aliquota sono stati incrementati i flussi rilevati ad Aprile del 2013.

Il rilievo è stato svolto in modalità manuale mediante l'utilizzo di apparecchiature contatraffico manuali tradizionali e con l'ausilio di personale addestrato.

I dati raccolti sono stati ripartiti secondo varie categorie di aggregazione, come riportato nella successiva Figura 11.

Figura 11 - Classificazione dei veicoli



Ai fini delle elaborazioni, sulla base di quanto effettuato nel precedente studio, i dati rilevati sono stati convertiti in veicoli equivalenti, applicando i seguenti fattori di conversione, in funzione della classe veicolare:

- motocicli = 0,33 veicoli equivalenti
- automobili = 1,00 veicoli equivalenti
- veicoli medio – pesanti (autocarri/furgoni/camper) = 1,75 veicoli equivalenti
- veicoli pesanti (autoarticolato/autobus) = 3,00 veicoli equivalenti

Si riporta quindi l'elenco completo delle sezioni e delle intersezioni censite (Figura 12):

S1: sezione su S.P.1 Aurelia (luglio 2007);

S2: sezione su S.P.490 del Colle del Melogno (luglio 2007);

I1: intersezione tra S.P.490 e via del Sagittario (luglio 2007);

I2: intersezione tra S.P.1 e S.P.490 (luglio 2007);

I3: rotatoria all'intersezione tra via Mazzini, via Saccone, via de Raymondi e la S.P.27 (integrazione Aprile 2013).

Figura 12 - Localizzazione delle postazioni di rilievo



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

3.1 RISULTATI DELLE RILEVAZIONI DEI FLUSSI DI TRAFFICO

Per l'individuazione dell'ora di massima punta sono stati analizzati i volumi di traffico orari omogeneizzati lungo le due sezioni rilevate nel precedente studio. Da tali elaborazioni emerge come le fasce orarie interessate dai maggiori flussi veicolari risultino essere quella compresa tra le 9 e le 10 del sabato e tra le 19 e le 20 della domenica.

Tabella 1 - Volumi di traffico relativi ai giorni di rilievo

		S1	S2	TOT
sabato 21 - lugl	09 - 10	1460	1029	2489
domenica 22 - lugl	19 - 20	1396	1248	2644

I dati contenuti in Tabella 1 evidenziano la presenza di flussi veicolari sostanzialmente omogenei e regolari nei diversi giorni e nelle diverse ore analizzate, con volumi di traffico costantemente superiori lungo la S.P.490 (sezione 1), che permette il collegamento tra il comune di Finale Ligure e l'Autostrada dei Fiori. La regolarità delle condizioni di traffico consente nella fase di simulazione di assegnare valori ben determinati ai parametri che caratterizzano il modello comportamentale.

Nelle successive Figura 13 e Figura 14 si mostra graficamente il dettaglio dei flussi rilevati nelle sezioni, disaggregati per singola direzione.

Figura 13 - Flussi rilevati in sezione durante l'ora di punta della mattina

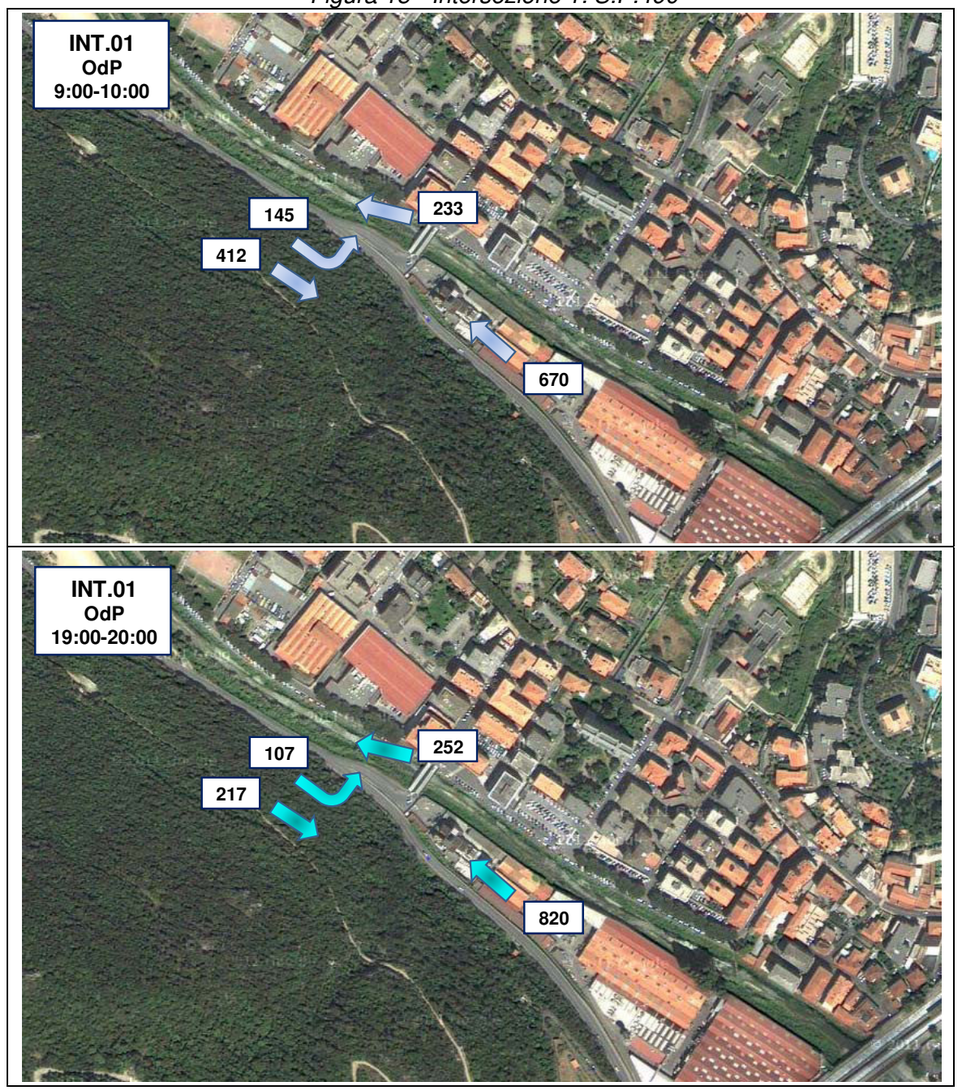


© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 14 - Flussi rilevati in sezione durante l'ora di punta della sera



Figura 15 - Intersezione 1: S.P.490



Per quanto concerne le manovre di svolta, di seguito si riportano i dettagli relativi alle ore di punta presso le intersezioni analizzate.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 16 - Intersezione 2: S.P.1

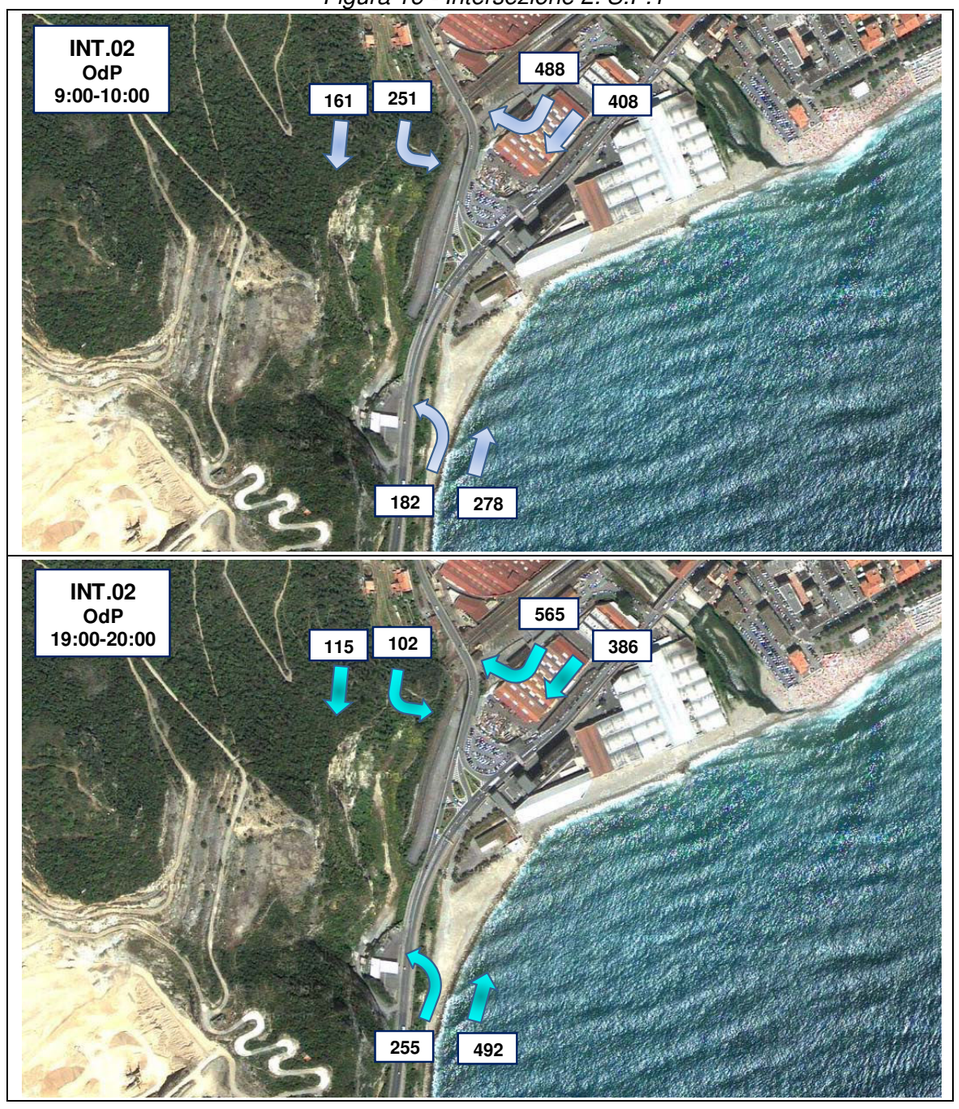
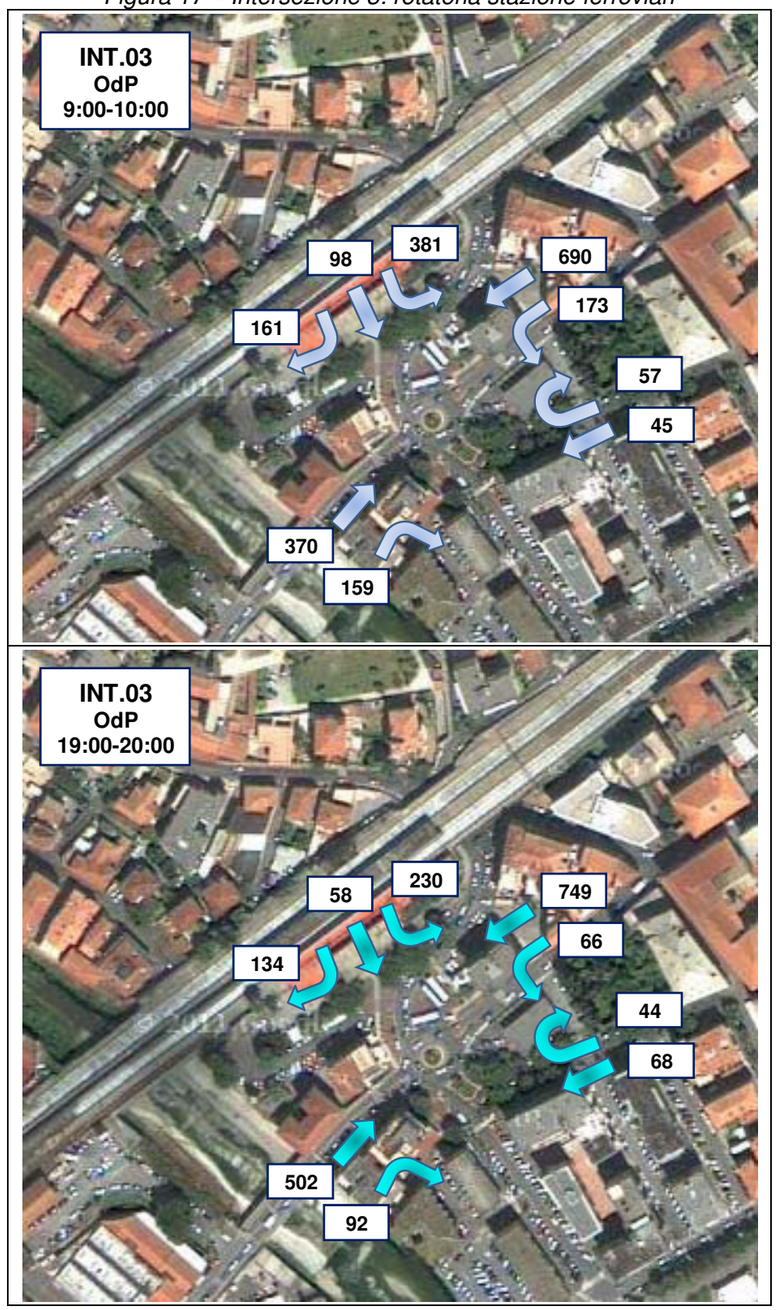


Figura 17 – Intersezione 3: rotatoria stazione ferroviari



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

4 LO SCHEMA INFRASTRUTTURALE DELLA VIABILITÀ PREVISTO

Le analisi condotte sono volte a valutare gli impatti sulla mobilità conseguenti alla realizzazione dei nuovi insediamenti di carattere privato/residenziale, pubblico/turistico e commerciale, sulla base dello schema infrastrutturale della viabilità previsto e della localizzazione degli accessi/uscite dai parcheggi di superficie, sotterranei ed in silos.

I parcheggi sono stati organizzati in sei diverse aree per un totale di circa 1.240 posti auto (Figura 18 - Tabella 2):

- PK1: dedicato sia ad utenza privata che pubblica, realizzato sotto la struttura residenziale ed il plesso scolastico. Per la struttura residenziale sono previsti 222 posti auto, mentre per quella scolastica 57;
- PK2: dedicato agli utenti del centro commerciale, realizzato parte sotto la struttura e parte sopra, per un totale di 127 posti auto;
- PK3: dedicato ad utenza pubblica/turistica, realizzato interamente in superficie, con una capacità pari a 33 posti auto;
- PK4: dedicato ad utenza pubblica, realizzato in silos, per un totale di 250 posti auto;
- PK5: dedicato ad utenza sia pubblica che privata, realizzato sotto il plesso residenziale; a servizio privato sono messi a disposizione 463 posti auto, mentre a servizio pubblico/turistico (Hotel) 50 posti auto, per un totale di 513 posti auto;
- PK6: dedicato ad un utenza pubblica/turistica, realizzato interamente in superficie, con una capacità pari a circa 38 posti auto.

Tabella 2 - Dotazioni di parcheggio

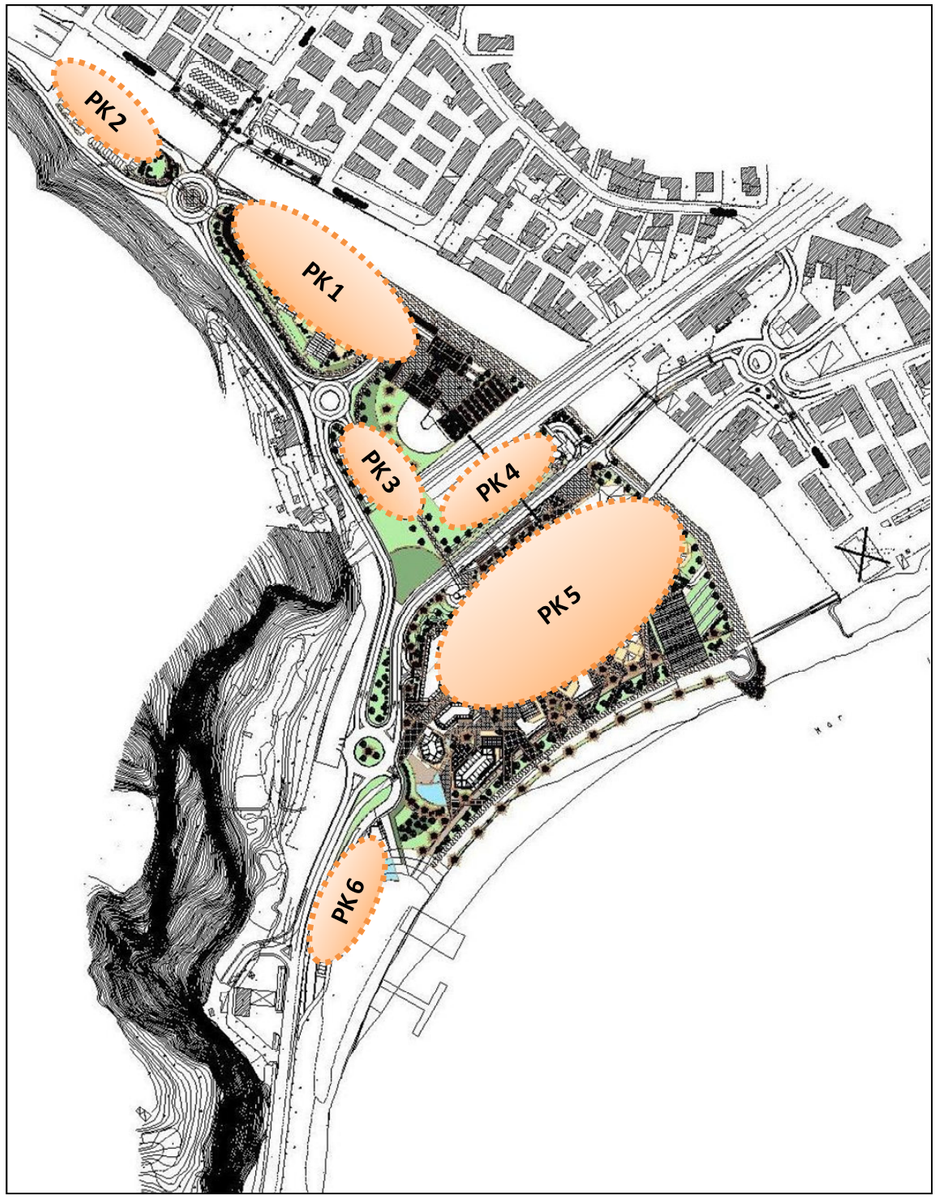
	Parcheggi (p.a.)					
	PK 1	**PK 2**	**PK 3**	**PK 4**	**PK 5**	**PK 6**
Commercio	0	127	0	0	0	0
Privato / Residenziale	222	0	0	0	463	0
Pubblico (Scuola)	57	0	0	0	0	0
Pubblico/Turistico	0	0	33	250	50	38
Totale	279	127	33	250	513	38

Dal punto di vista del traffico veicolare, la localizzazione degli accessi e delle uscite dalle aree di sosta è stata attentamente studiata in modo da limitare il più possibile le interferenze con la circolazione ordinaria dei veicoli. Infatti, come si può notare dalla L'area oggetto di studio risulta particolarmente complessa dal punto di vista ambientale, per tale motivo le soluzioni progettuali individuate sono volte ad integrare armonicamente le nuove opere con l'ambiente circostante.

Figura 19 sotto riportata, la maggior parte delle aree dedicate al parcheggio, interrate e non, sono localizzate in prossimità delle rotatorie.

Unica eccezione riguarda i parcheggi n.4 e n.5, le cui rampe di accesso ed egresso sono ubicate in corrispondenza del nuovo tracciato della S.S.1. Per evitare, anche in questo caso, qualsiasi interferenza con i flussi veicolari transitanti, tutte le manovre di svolta sono vietate e dovranno essere eseguite esclusivamente in prossimità delle due rotatorie limitrofe.

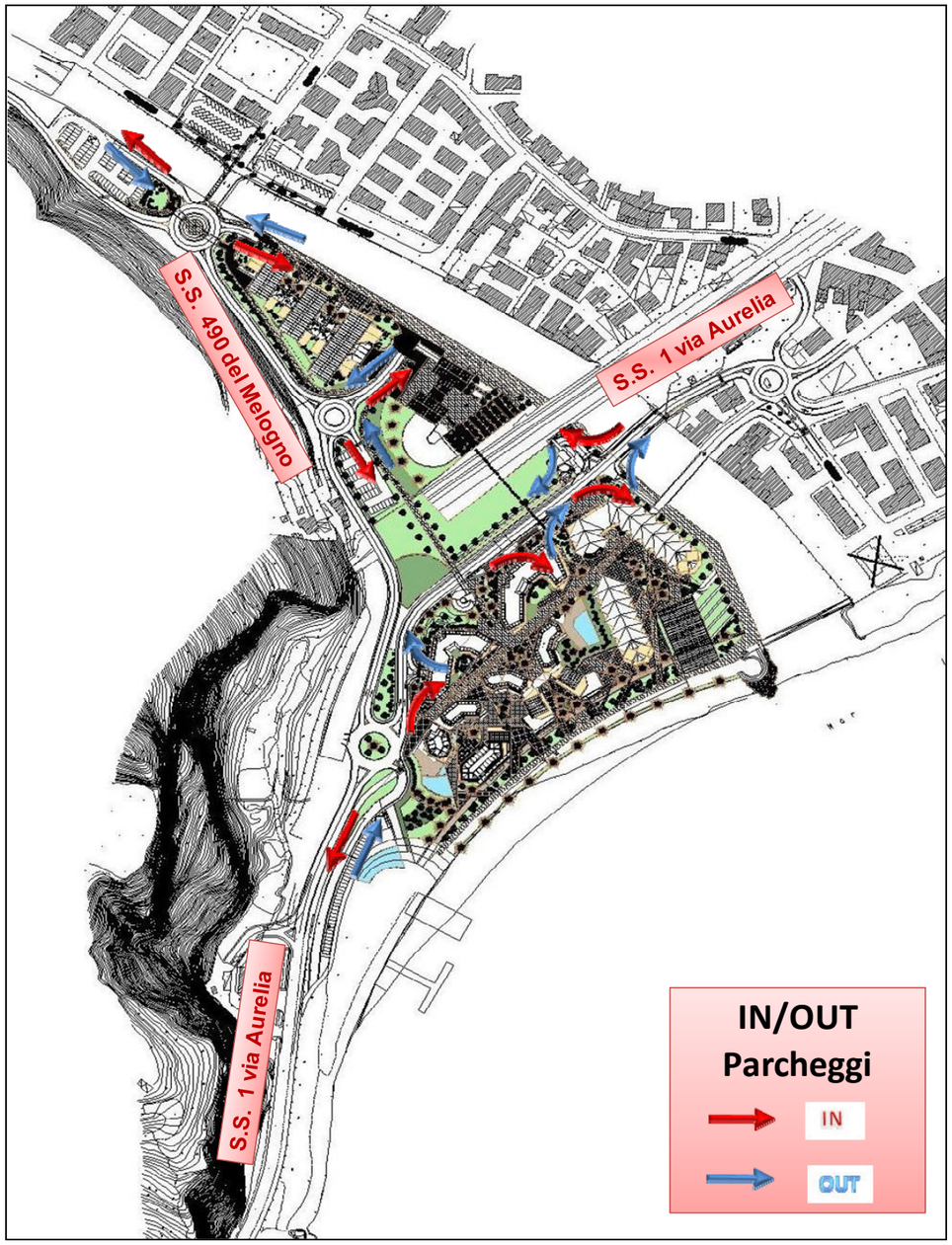
Figura 18 - Schema parcheggi



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

L'area oggetto di studio risulta particolarmente complessa dal punto di vista ambientale, per tale motivo le soluzioni progettuali individuate sono volte ad integrare armonicamente le nuove opere con l'ambiente circostante.

Figura 19 - Schema dei parcheggi, degli accessi e delle uscite



Gli interventi infrastrutturali previsti sulla viabilità sono così articolati:

- **S.S. 490:** l'asse S.S. 490 del Melogno si caratterizza per la presenza di un'unica carreggiata a singola corsia per senso di marcia da 3 metri.

  Gli interventi previsti individuano una variazione del tracciato verso l'argine di sponda del torrente Pora, con la realizzazione di un nuovo ponte sul torrente realizzato in asse con via Ippolito Nievo (Figura 20). Il nuovo ponte sostituirà quello sito in asse con via del Sagittario che risulta inadeguato e collegato in modo non ottimale con la S.S.490 (nella sola direzione nord-ovest).

  Il nuovo attraversamento permetterà di migliorare i collegamenti con il centro del comune di Finale Ligure e di fluidificare il traffico grazie alla nuova rotatoria di smistamento a 2 corsie da 3,50 metri con diametro esterno di 35 metri di tipo compatto (secondo il D.M. del 19.04.2006 – 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali'). Due bracci permettono l'accesso/egresso da due aree di sosta: uno dal centro commerciale di nuova realizzazione; l'altro dall'area di sosta denominata PK1 (Figura 20).

  Inoltre, l'Amministrazione comunale ha richiesto la realizzazione di una seconda rotatoria a 2 corsie da 3,50 metri con diametro esterno di 28 metri, anch'essa di tipo compatto, posizionata a 170 metri di distanza dalla precedente. Detta rotatoria risulta esclusivamente a servizio dei veicoli in ingresso/uscita dalle aree di soste PK 1 e PK3 (Figura 21), per complessivi 312 parcheggi. Giova sottolineare che, al di là della dubbia necessità funzionale della rotatoria in esame, essa risulta non conforme alle Norme funzionali e geometriche del già citato D.M. del 19.04.2006, che prevede in ambito extraurbano una distanza minima tra due rotatorie consecutive di almeno 500 metri.

- **S.S. 1:** l'asse S.S. 1 via Aurelia si caratterizza per la presenza di un'unica carreggiata a singola corsia per senso di marcia da 3 metri.

  Gli interventi previsti individuano una sostanziale modifica del tratto denominato dalla toponomastica in ambito urbano via Giuseppe Mazzini, compreso tra l'intersezione a raso con la S.S.490 e la rotatoria sita in prossimità della stazione ferroviaria; il tracciato viene spostato in direzione nord di circa 20 metri, mentre l'attuale tracciato sarà dedicato esclusivamente al transito pedonale.

  Inoltre, è prevista la realizzazione di due rotatorie:

  - *Rotatoria di ponente*: in sostituzione dell'attuale intersezione a raso che permette il collegamento tra la S.S.1, la S.S.490 e via Mazzini. La rotatoria, di tipo compatto, è costituita da 2 corsie da 3,50 metri con diametro esterno di 35 metri (Figura 22);
  - *Rotatoria della stazione*: esistente, a due corsie da 3,50 metri con diametro esterno di 30 metri, posta in corrispondenza dell'incrocio sito davanti alla stazione ferroviaria (Figura 23).

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 20 – S.S.490: realizzazione nuova rotatoria (S.S490/1) e nuovo ponte sul torrente Pora in asse con via Ippolito Nievo

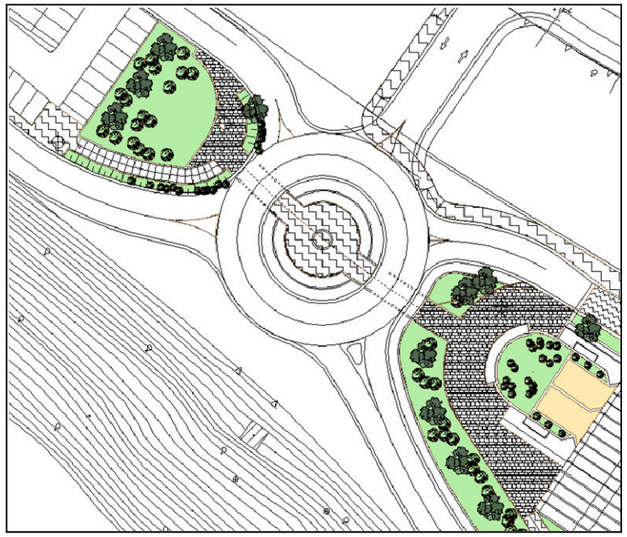


Figura 21 - S.S.490: realizzazione nuova rotatoria (S.S.490/2)

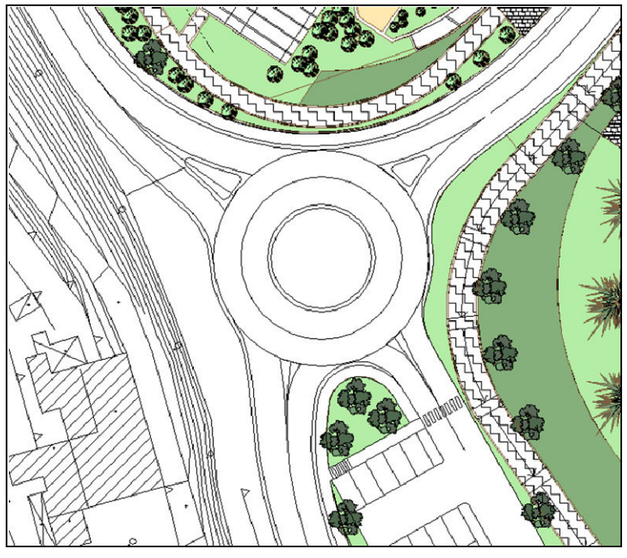


Figura 22 – S.S.1: rotatoria di ponente

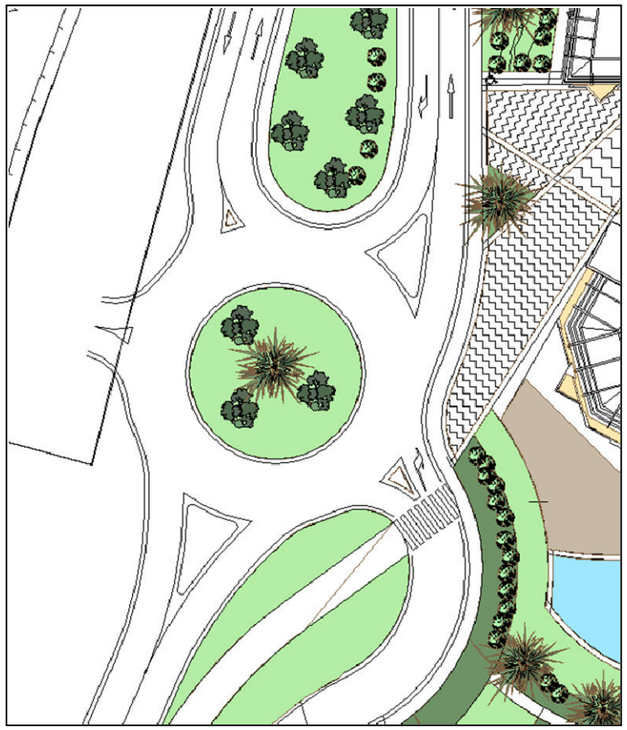
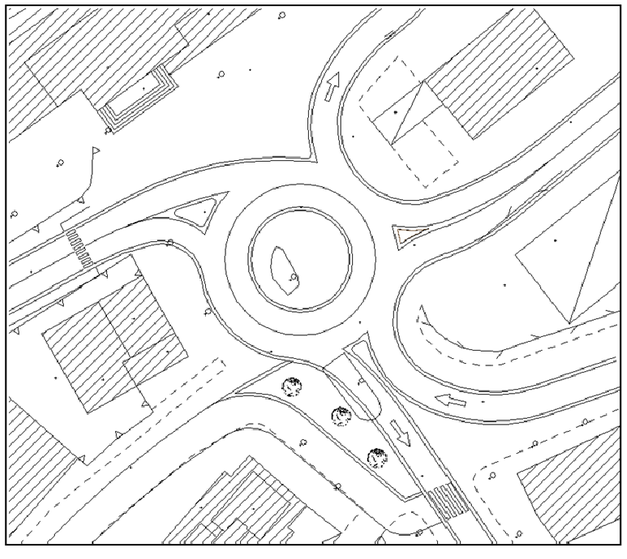


Figura 23 – S.S.1: rotatoria ferroviaria



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

5 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI ANALISI

Le verifiche prestazionali della rete sono state condotte considerando i seguenti due scenari di traffico:

Come già riportato in precedenza, le simulazioni fanno riferimento ai periodi di maggior traffico registrato durante i rilevamenti effettuati, ovvero nella fascia oraria mattutina del **sabato tra le 9:00 e le 10:00** ed in quella serale della **domenica tra le 19:00 e le 20:00**.

Scenario attuale

Tale scenario rappresenta fedelmente le condizioni della circolazione allo stato attuale. Esso è funzionale alla calibrazione del modello di traffico ed utile per confrontare le condizioni di deflusso veicolare ed i parametri prestazionali della rete con quelli corrispondenti dello scenario di progetto.

Scenario di progetto (situazione futura)

Lo scenario di progetto considerato si basa sulla soluzione progettuale sopra descritta.

Il traffico indotto simulato è stato stimato, come verrà descritto in seguito, ipotizzando un flusso totale (commercio, privato/residenziale, pubblico/turistico), nell'ora di punta della mattina, pari a 259 veicoli/ora in accesso e 154 in uscita; mentre, nell'ora di punta della sera pari a 0 veicoli/ora in accesso e 217 in uscita.

6 INDIVIDUAZIONE DEI FLUSSI INDOTTI DAI NUOVI INSEDIAMENTI IN PROGETTO

La stima dei flussi indotti dai vari insediamenti previsti è stata effettuata con metodologie differenti a seconda delle tipologie, così come descritto nei successivi paragrafi.

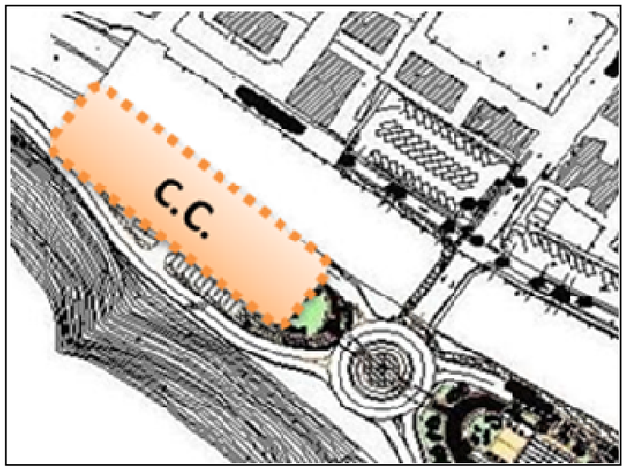
A causa del periodo di riferimento (luglio), non sono stati considerati nelle analisi i flussi generati dai posti auto messi a disposizione del plesso scolastico (57 posti auto).

6.1 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DALL'INSEDIAMENTO COMMERCIALE

La stima dei flussi indotti dall'insediamento commerciale è basata sulla regolamentazione regionale di impatto trasportistico relativo alle strutture commerciali (Legge regionale 02.01.2007).

Per quanto concerne tale insediamento, i flussi indotti sono relativi al Centro Commerciale situato nei pressi della nuova rotatoria (S.S. 490/1) e del nuovo ponte di attraversamento del torrente Pora (Figura 24).

Figura 24 - Localizzazione insediamento commerciale



Il fabbisogno complessivo di posti parcheggio per la struttura commerciale in esame è pari a 127 posti auto. Il traffico teorico indotto nell'ora di punta risulta essere pari ai 2/3 del fabbisogno di posti auto in ingresso ed in uscita durante l'ora di punta del sabato mattina, ottenendo così un flusso indotto pari a:

127 x 67% ≈ 85 veicoli (Sabato OdP 9:00 – 10:00)

in ingresso ed in uscita dall'insediamento.

Alla domenica il centro commerciale è stato ipotizzato chiuso.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

6.2 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DALLE RESIDENZE

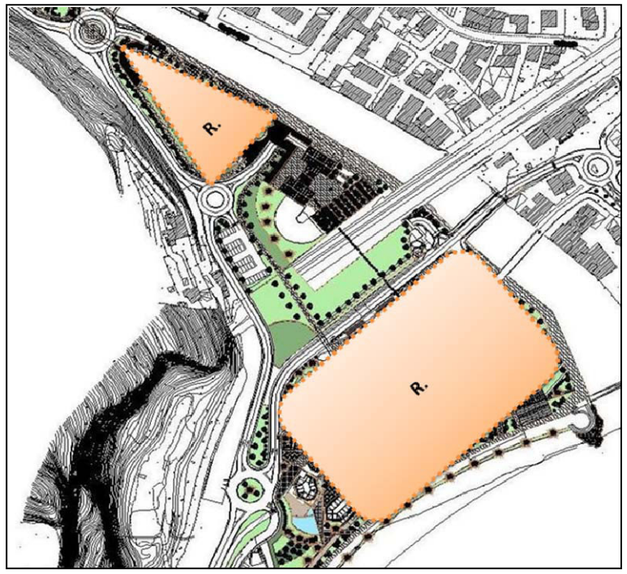
Per quanto concerne le residenze, i flussi indotti sono relativi ai due complessi previsti (Figura 25).

Per il primo (circa 211 appartamenti), situato nei pressi della rotatoria di nuova costruzione lungo la S.S.490, è prevista la predisposizione di 222 posti auto in struttura interrata, il cui accesso avviene da entrambe le rotatorie ubicate lungo la S.S.490.

Per quanto riguarda il secondo insediamento, di più grandi dimensioni (circa 400 appartamenti), limitrofo alla S.S.1, è prevista la realizzazione di 463 posti auto, anch'essi in struttura interrata, il cui accesso è previsto dalle rampe di ingresso/uscita situate lungo il nuovo tracciato della via Aurelia.

Il fabbisogno complessivo di posti parcheggio riservati ai residenti risulta pertanto pari a 685 posti auto.

Figura 25 - Localizzazione insediamenti residenziali



Le unità abitative in progetto si configurano prevalentemente come seconda casa a scopo turistico. Pertanto i proprietari tenderanno ad utilizzarla prevalentemente nei fine settimana estivi e durante le vacanze.

Sulla base di tali analisi, si è ipotizzato pertanto che durante i weekend di luglio circa l'80% degli appartamenti vengano occupati. Gli arrivi dei proprietari si distribuiscono prevalentemente tra le 18:00 e le 21:00 del venerdì e tra le 9:00 e le 12:00 del sabato, per un periodo complessivo di 6 ore. Sulla base di tali assunzioni si può ipotizzare che in un'ora possa essere concentrato un flusso veicolare in arrivo pari a circa il 13% dei posti auto messi a disposizione (80% / 6). Nelle elaborazioni si è optato per mantenere il valore percentuale prudenzialmente adottato nello studio precedente, pari al 20%, ottenendo così un flusso indotto in ingresso pari a:

685 x 20% ≈ 137 veicoli (Sabato OdP 9:00 – 10:00)

Per quanto riguarda il flusso uscente durante l'ora di punta della mattina, avendo ipotizzato che il sabato già circa il 40% delle abitazioni risulti occupata, una quota parte di residenti potrebbe decidere di uscire in auto. Nell'ipotesi (ampiamente prudenziale) che ben il 50% dei residenti decida di uscire in automobile in una fascia oraria compresa tra le 9.00 e le 11.00 della mattina, durante l'ora di punta compresa tra le 9:00 e le 10:00 il flusso indotto risulti pari a:

685 x 40% x 50% / 2 ≈ 69 veicoli (Sabato OdP 9:00 – 10:00)

Alla domenica, stante l'ipotesi di base secondo la quale la maggior parte degli utenti residenziali utilizzano le abitazioni esclusivamente nel fine settimana e gli arrivi si concentrino nelle giornate di venerdì e sabato, il flusso in ingresso risulta trascurabile.

Situazione diversa per quanto riguarda il flusso uscente, in quanto si ipotizza che l'80% degli appartamenti occupati durante il weekend si liberino esclusivamente la domenica sera in una fascia oraria compresa le 17:00 e le 21:00, ottenendo una percentuale della capacità di parcamento pari al 20% circa. Come effettuato per le valutazioni del flusso in ingresso durante l'ora di punta della mattina, si è optato di utilizzare cautelativamente la percentuale stimata nel precedente studio, pari al 25%:

685 x 25% ≈ 171 veicoli (Domenica OdP 19:00 – 20:00)

6.3 FLUSSI AGGIUNTIVI INDOTTI DAI PARCHEGGI PUBBLICI

Per quanto concerne i parcheggi pubblici, i flussi indotti sono relativi alle quattro aree dedicate alla sosta indicate nella Figura 26. È necessario sottolineare che, all'interno di tale categoria sono stati compresi anche i possibili clienti dell'hotel, ai quali sono stati dedicati 50 posti auto in struttura interrata situata in prossimità della rotatoria di ponente.

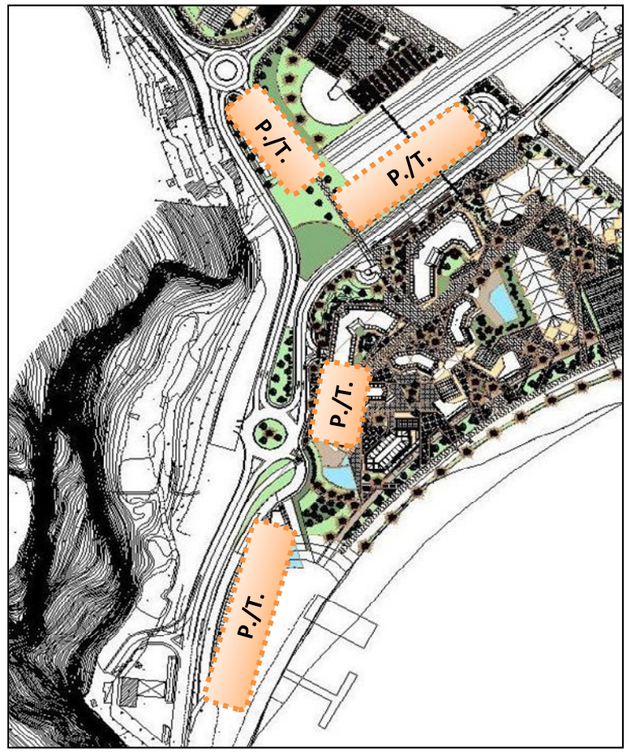
I restanti parcheggi pubblici sono localizzati:

- 33 posti auto, nei pressi della rotatoria di nuova costruzione lungo la S.S.490;
- 250 posti auto, in struttura silos, limitrofi al nuovo tracciato della S.S.1;
- 38 posti auto, nei pressi dell'area comunale dedicata ad attrezzature ricreative, sportive e balneari.

Escludendo i posti auto a servizio del plesso scolastico (57), il fabbisogno complessivo di posti parcheggio riservati ad un'utenza di tipo pubblica, fornito dai progettisti, è pari a 371 posti auto.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 26 - Localizzazione dei parcheggi pubblici



Stante le caratteristiche del parcheggio, prevalentemente a servizio delle spiagge limitrofe, l'indice di rotazione dei veicoli nel parcheggio risulta assai basso, con un alto tempo medio di sosta. Pertanto nel presente documento si sono mantenute anche in questo caso le ipotesi di flussi indotti stimate nello studio di traffico precedente, pari al 10% dei posti auto in arrivo tra le 9 e le 10 del sabato mattina e del 12.5% in uscita tra le 19 e le 20 della domenica sera:

371 x 10% ≈ 37 veicoli (Sabato OdP 9:00 – 10:00)

371x 12.5% ≈ 46 veicoli (Domenica OdP 19:00 – 20:00)

Sulla base di tali valutazioni il flusso veicolare in uscita dalle aree di sosta durante l'ora di punta della mattina ed in ingresso durante l'ora di punta della sera risulta trascurabile.

7 IL BACINO DI UTENZA E LA DISTRIBUZIONE DI FLUSSI INDOTTI

La distribuzione del traffico indotto dagli interventi previsti è stata effettuata sulla base di un'analisi sul bacino di utenza, sulla tipologia di indotto generato (commerciale, privato o pubblico), sul periodo di studio e sulla distribuzione tra le varie direttrici di provenienza.

La *distribuzione di traffico indotto dall'insediamento commerciale* per l'ora di punta del sabato mattina è risultata la seguente (Figura 27):

- il 100% del flusso proviene ed è diretto dal e verso il centro del comune di Finale Ligure, e si ripartisce nel modo seguente:
  - il 50% proviene dalla S.S.1 via Giuseppe Mazzini;
  - il 50% proviene dal nuovo ponte di attraversamento del torrente Pora.

Per l'ora di punta della domenica sera, invece, si esclude la mobilità commerciale, in quanto i negozi risultano chiusi.

La *distribuzione di traffico indotto dai comparti residenziali* per l'ora di punta del sabato mattina risulta essere (Figura 28):

- il 100% del flusso in ingresso all'area proviene da nord, lungo la S.S. 490 del Melogno, che collega l'area di studio all'Autostrada dei Fiori A10;
- il 50% del flusso in uscita è diretto verso il comune limitrofo di Borgio Verezzi, lungo la S.S.1 via Aurelia;
- il restante 50% del flusso in uscita è diretto verso il centro di Finale Ligure, sia lungo via Mazzini che attraverso il ponte di nuova realizzazione. Più precisamente si è ipotizzato che il flusso generato dal parcheggio sito nei pressi della rotatoria S.S.490/2 utilizzi il nuovo ponte per dirigersi verso il centro del comune, mentre il flusso generato dai parcheggi localizzati lungo la nuova Aurelia si diriga verso il centro di Finale Ligure utilizzando l'Aurelia.

Per l'ora di punta della domenica sera:

- non vi è flusso entrante, in funzione dell'ora di riferimento;
- il 100% del flusso in uscita dall'area è diretto verso nord, lungo la S.S. 490 del Melogno che collega l'area di studio all'Autostrada dei Fiori A10.

Infine, per quanto riguarda la *distribuzione di traffico indotto dai parcheggi pubblici* per l'ora di punta del sabato mattina è stato ipotizzato che (Figura 29):

- il 100% del flusso in ingresso all'area provenga da nord, lungo la S.S. 490 del Melogno che collega l'area di studio all'Autostrada dei Fiori A10;
- il flusso uscente sia nullo.

Per l'ora di punta della domenica sera:

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

- non vi è flusso entrante;
- il 100% del flusso in uscita è diretto verso nord, lungo la S.S. 490 del Melogno che collega l'area di studio all'Autostrada dei Fiori A10.

Figura 27 – Ripartizione percentuale del traffico indotto dal Comparto Commerciale



Figura 28 – Ripartizione percentuale del traffico indotto dai Comparti Residenziali



Figura 29 – Ripartizione percentuale del traffico indotto dai Comparti Pubblici



Sulla base di tale ripartizione, sono stati calcolati i flussi di traffico che interesseranno le tratte stradali e le intersezioni, incrementando gli attuali volumi di traffico rilevati. Giova ricordare che la stima dei flussi si riferisce al periodo annuale di massima punta stagionale.

Di seguito si riportano i flussi di traffico che interesseranno i principali assi di adduzione all'area di studio.

Figura 30 – Ripartizione dei traffici indotti dai comparti commerciali sulle diverse direttrici



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 31 – Ripartizione dei traffici indotti dalle abitazioni sulle diverse direttrici



Figura 32 – Ripartizione dei traffici indotti dalle aree di sosta pubbliche sulle diverse direttrici



8 LA METODOLOGIA ADOTTATA PER LE VERIFICHE PRESTAZIONALI

8.1 VERIFICA PRESTAZIONALE DELLA RETE

La normativa di riferimento convenzionalmente utilizzata nelle valutazioni prestazionali delle infrastrutture viarie e dei relativi flussi di traffico si basa principalmente principalmente sui concetti contenuti nel noto manuale americano *"Highway Capacity Manual"*[1]. Le verifiche effettuate sulle principali arterie stradali interessate dal traffico indotto e sui principali nodi ed intersezioni sono atte a valutare il livello prestazionale della rete attraverso una serie di parametri, tra cui:

- il Livello di Servizio (LoS) delle strade e delle intersezioni;
- la lunghezza media delle code;
- i tempi medi di ritardo;
- la qualità del servizio;
- l'organizzazione complessiva del sistema della viabilità di accesso/egresso e di distribuzione.

Il livello di servizio, che può essere calcolato sia per una tratta stradale che per una qualsiasi intersezione (normale, semaforizzata, a rotatoria), è una misura qualitativa che descrive le condizioni operative del flusso su un tronco stradale al variare della portata. Le condizioni operative di un flusso sono definite attraverso un vettore pluridimensionale le cui componenti, non sempre suscettibili di rappresentazione scalare, sono:

- la tipologia di arco stradale o di intersezione;
- la geometria della strada;
- la velocità media;
- la libertà di manovra, per esempio la possibilità di marciare alla velocità desiderata;
- le interruzioni del flusso, ad esempio numero e durata dei perditempo;
- la sicurezza;
- il comfort;
- l'economicità, per esempio il costo di esercizio del veicolo.

L'espressione del livello di servizio attraverso una grandezza così complessa pone rilevanti problemi sia nel sintetizzare e quantificare il livello di servizio con un'unica misura scalare, sia nel precisare la legge di variabilità con la portata.

L'Highway Capacity Manual (HCM) individua dei livelli di servizio, distinti da sei lettere, da A ad F, in ordine decrescente di qualità di condizioni di deflusso, delimitati da particolari valori dei parametri velocità, percentuale del tempo trascorsa in plotoni, tempo di ritardo, densità e rapporto flusso di traffico/capacità della sezione stradale, nonché

[1] *Highway Capacity Manual 2000*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., USA, 2000.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

dall'andamento delle code nelle intersezioni. In generale le condizioni di marcia dei veicoli ai vari livelli di servizio sono definibili come segue:

livello A: gli utenti non subiscono interferenze alla propria marcia, hanno elevate possibilità di scelta delle velocità desiderate (flusso libero); il comfort per l'utente è elevato;

livello B: la densità di traffico è più alta rispetto a quella del livello A e gli utenti subiscono lievi condizionamenti alle libertà di manovra ed al mantenimento delle velocità desiderate; il comfort è discreto;

livello C: le libertà di marcia dei singoli veicoli sono significativamente influenzate dalle mutue interferenze che limitano la scelta delle velocità e le manovre all'interno della corrente veicolare; il comfort è medio;

livello D: è caratterizzato da alte densità di traffico ma ancora da stabilità di deflusso; la velocità e la libertà di manovra sono condizionate in modo sensibile; ulteriori incrementi di domanda possono creare limitati problemi di regolarità di marcia; il comfort è medio-basso;

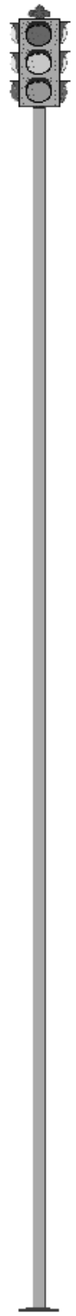
livello E: rappresenta condizioni di deflusso veicolare che hanno come limite inferiore il valore della capacità della strada; le velocità medie dei veicoli sono modeste (circa la metà di quelle del livello A) e pressoché uniformi; vi è ridotta possibilità di manovra entro la corrente; incrementi di domanda o disturbi alla circolazione sono riassorbiti con difficoltà dalla corrente di traffico; il comfort per l'utente è basso;

livello F: tale condizione si verifica allorché la domanda di traffico supera la capacità di smaltimento della sezione stradale utile, per cui si hanno condizioni di flusso forzato con code di lunghezza crescente, velocità di deflusso molto basse, possibili arresti del moto; il flusso veicolare è critico.

Tale classificazione è stata recepita dall'Allegato A alla D.C.R. 347-42514 del 23.12.2003 nell'art. 26 comma 3 quater.

Il Livello di Servizio è rappresentativo delle condizioni di deflusso che mediamente assume una tratta stradale in determinate condizioni di traffico. In prima istanza, poiché il traffico è un fenomeno di tipo dinamico e quindi variabile istante per istante, non sempre la condizione prevalente del LoS fornita dai metodi di calcolo convenzionali (atti ad individuare un parametro statico medio) risulta rappresentativo della situazione reale, tanto più in condizioni di traffico così diverse da quelle statunitensi su cui si basano tutte le osservazioni.

Inoltre il metodo di calcolo teorico convenzionale del LoS è stato nel tempo modificato e calibrato su differenti realtà, differenziando i metodi di calcolo a seconda delle tipologie geometriche, gerarchiche e funzionali delle strade e delle tipologie comportamentali dei conducenti. Di conseguenza, a seconda della classe di strada che si sta considerando, il LoS viene calcolato sulla base del rapporto flusso/capacità, sulla velocità media, sui tempi di ritardo, sul tempo trascorso in coda, sulla lunghezza della coda o su una combinazione di tali fattori.



Il calcolo, ad esempio, del LoS medio prevalente su una strada di tipo extraurbano, ad una corsia per senso di marcia, con funzione di viabilità primaria, in cui gli utenti si aspettano buone condizioni di deflusso, deriva dalla combinazione di due fattori: la percentuale di tempo trascorsa in condizioni di marcia a plotoni (*percent time-spent-following*) e la velocità media di viaggio (*average travel speed*). Il fatto che il calcolo del LoS possa derivare da una combinazione di più fattori prestazionali legati alle condizioni di deflusso della strada, giustifica un'importante considerazione che sta alla base di tutta la teoria dei Livelli di Servizio: *il LoS è una scala ordinale di valori che individua e classifica in forma puramente qualitativa il livello prestazionale di una tratta stradale, senza fornire alcuna informazione di tipo quantitativo*. Questo concetto, ampiamente espresso nell'HCM, risulta fondamentale per capire il carattere assolutamente indicativo del parametro in esame.

Ciò implica che anche le soglie che separano le diverse fasce del LoS non possono e non devono essere intese come valori precisi e netti, bensì come zone assai sfumate di transizione da una determinata condizione prevalente di traffico ad un'altra.

In ultima analisi, il Livello di Servizio è un indicatore sintetico che fornisce una valutazione di massima sulle condizioni di deflusso di una strada; esso è stato storicamente individuato e definito per valutare tratte stradali di determinate ben specifiche caratteristiche (ambito extraurbano, sezione omogenea, lunghezza adeguata, nessun elemento di disturbo alla circolazione, nessuna intersezione, ecc.).

Nel corso degli anni, l'osservazione delle situazioni reali ha consentito di estendere il concetto a casi più complessi, ma rimane un parametro indicativo e circoscritto a determinati campi di applicazione, quali la tratta stradale omogenea e l'intersezione singola regolare e senza particolarità geometriche. Negli altri casi si è tentato di ricavare formule più complesse associate a fattori di densità veicolare ed agli elementi di disturbo, ma i condizionamenti al deflusso sono tali e tanti da compromettere qualsiasi tentativo di ricavare formule teoriche generali. Infatti, in condizioni reali, il deflusso delle correnti veicolari non è libero, ma è fortemente condizionato da fattori ambientali esterni e dalle intersezioni, a volte molto ravvicinate e regolate da regimi di precedenza e semafori; *in tali condizioni, ai fini della valutazione del livello prestazionale della viabilità, risultano determinanti gli effetti causati dai fattori di rete*.

Per tali ragioni, il mero utilizzo del Livello di Servizio (LoS) come indicatore prestazionale della soluzione viaria proposta non sarebbe certamente sufficientemente rappresentativo; risulta pertanto opportuno e necessario affrontare il tema dell'impatto sulla viabilità attraverso l'analisi di una serie più complessa ed articolata di fattori, che nel loro insieme possono fornire un quadro più completo della situazione ante e post operam.

Alla luce di quanto sopra esposto, nell'ottica di fornire un criterio il più possibile preciso, oggettivo ed affidabile per giudicare se la soluzione progettuale proposta sia effettivamente risolutiva delle possibili esternalità negative legate all'incremento di traffico

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

causato dal flusso indotto dal nuovo insediamento in esame, è opportuno e necessario considerare altri fattori di carattere qualitativo e quantitativo che possano rappresentare in forma più completa ed articolata tutti i fattori concorrenti. Tra questi fattori si possono citare alcuni parametri già indicati nei Criteri Regionali di riferimento quali *la lunghezza media delle code*, ed altri altrettanto importanti quali *le velocità medie*, *i tempi medi di percorrenza*, *le condizioni di sicurezza*, la fluidificazione della circolazione, l'ambiente stradale (che ricordiamo essere un fattore psicologicamente fondamentale per il comportamento del conducente e per il suo stile di guida), ecc. Tali fattori costituiscono elementi di giudizio e di verifica assai più realistici, affidabili e precisi.

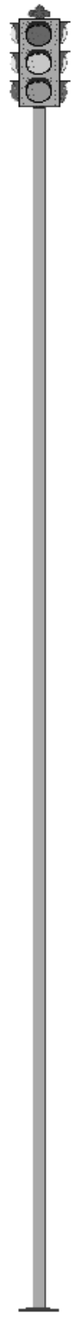
Particolare importanza riveste l'ambito territoriale che caratterizza la strada; esso non può essere soltanto differenziato in urbano / extraurbano, ma deve essere maggiormente articolato, per prendere in considerazione i molteplici casi reali, in cui il comportamento dei conducenti è condizionato dall'ambiente esterno e dalle caratteristiche funzionali della strada che stanno percorrendo.

Nella valutazione di detti parametri occorre poi, di volta in volta, valutare la positività e la negatività dei risultati, che spesso ad una prima analisi può non risultare intuitiva e scontata. A titolo di esempio si pone il caso della velocità di percorrenza di una tratta stradale: in determinate circostanze, la riduzione della velocità media, se non eccessiva, può risultare favorevole nei confronti della sicurezza della circolazione e dell'armonica convivenza tra le diverse componenti del traffico (soprattutto nel rispetto delle utenze cosiddette "deboli"), pur potendo comportare un peggioramento del Livello di Servizio della strada.

Tali aspetti devono rientrare nella valutazione complessiva della soluzione progettuale viaria; sia in termini di circolazione, sia rispetto ai parametri ambientali, una valutazione più articolata può mettere in luce tutti gli aspetti che occorre valutare, fornendo gli elementi necessari per un bilancio delle esternalità utile alla definizione di una soluzione equilibrata e correttamente dimensionata con i termini del problema. Si pensi, a tal proposito, all'impatto che una soluzione che preveda infrastrutture stradali molto rilevanti può determinare in termini, ad esempio, di sicurezza della circolazione (è evidente che una strada sovradimensionata può diventare, in determinati ambiti, un incentivo all'aumento eccessivo della velocità nelle ore di scarso traffico, che possono risultare anche più dell'80% del tempo totale) o di impatto ambientale (in termini di consumo del territorio, impatto visivo, ecc.) o di spreco di risorse che potrebbero essere meglio impiegate, ad esempio, per l'aumento della sicurezza e la conseguente diminuzione di incidenti stradali

8.2 GLI STRUMENTI DI ANALISI ADOTTATI

Tutto ciò premesso, una valutazione approfondita dell'effettiva funzionalità di una rete stradale articolata e complessa non può prescindere dall'utilizzo di più strumenti tra di loro armonizzati ed integrati.



In particolare, la metodologia di analisi individuata nel presente studio ha preso in considerazione un processo che dal generale va al particolare, attraverso l'applicazione dei seguenti livelli di analisi:

- *Verifiche con strumenti di micro-simulazione dinamica sull'intera reta*: basate sul sulle analisi prestazionali della rete sulla base dei flussi convenzionali indotti e del traffico attuale;
- *Verifiche con strumenti di micro-simulazione statica su intersezioni singole*: modelli ancora teorici e basati sull'osservazione reale dei fenomeni dinamici di deflusso, che consentono di verificare con maggiore dettaglio singole intersezioni regolate da regimi di precedenza, semafori o rotatorie, fornendo non solo i livelli di servizio, ma altre indicazioni utili quali la lunghezza delle code. Nel caso specifico, tali verifiche sono state effettuate attraverso il programma di calcolo e simulazione SIDRA[2].

L'articolazione sopra descritta e le considerazioni riportate risultano presenti anche nel già citato manuale americano; gli strumenti di micro-simulazione sono indicati come valide alternative al calcolo teorico convenzionale in tutti quei casi in cui la geometria e la complessità della rete richiedono un dettaglio maggiore.

Ciascuno strumento di analisi, come già specificato, ha metodologie di calcolo differenti, si basa su teorie e sperimentazioni diverse ed assume maggiore attendibilità in determinati e specifici campi di applicazione.

Pertanto, nella presente verifica, sono stati seguiti i seguenti criteri di valutazione:

sull'intera rete sono state condotte *verifiche convenzionali* che hanno fornito i seguenti indicatori:

- la *velocità media istantanea* simulata sulla rete;
- la *velocità media oraria* simulata sulla rete;
- il t*empo medio totale di viaggio* simulato sulla rete;
- il *numero di veicoli* presenti nella rete.

su tutte le intersezioni più significative individuate sono state condotte *verifiche con strumenti di micro-simulazione statica* che hanno fornito i seguenti indicatori:

- i *flussi di manovra;*
- il *Livello di Servizio dell'intersezione;*
- la *lunghezza media della coda sui singoli rami.*

I criteri di verifica funzionale si basano essenzialmente sull'analisi e sul confronto tra la situazione attuale di traffico e lo scenario di previsione.

[2] Modello SIDRA per rotatorie - Australian Road Research Board Transport Research Ltd.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

8.3 VERIFICA DELLA VIABILITÀ MEDIANTE LA MICRO-SIMULAZIONE DINAMICA DEL TRAFFICO

Le presenti analisi sono state condotte utilizzando una metodologia basata sull'utilizzo delle innovative tecniche di micro-simulazione dinamica del traffico, ed in particolare il software Quadstone Paramics.

La micro-simulazione dinamica si distingue dalle metodologie classiche di analisi e di simulazione dei fenomeni di mobilità per una serie di motivi:

- precisione: simulare ad un livello di dettaglio "micro" (ossia simulando ciascun veicolo separatamente) fornisce un'estrema aderenza alla realtà;
- flessibilità: maggiore dettaglio significa maggiore possibilità di interazione;
- chiarezza: la rappresentazione è utile per far capire le dinamiche di traffico anche ai "non addetti ai lavori".

In sintesi, la micro-simulazione dinamica del traffico offre una serie di vantaggi rispetto alla classica Macro-simulazione, tra cui:

- i veicoli vengono modellati come singole entità contraddistinte da caratteristiche sia comportamentali che fisiche;
- l'interazione tra veicoli e caratteristiche della rete permette di simulare il reale comportamento dei veicoli;
- l'elaborazione in tempo reale delle informazioni simulate è in grado di determinare in maniera dinamica la scelta del percorso.

8.3.1 La micro-simulazione dinamica su rete

Gli strumenti di micro-simulazione dinamica su rete sono in grado di rappresentare in maniera puntuale, precisa e specifica il traffico e la sua evoluzione istantanea, prendendo in considerazione gli aspetti geometrici di dettaglio dell'infrastruttura ed il comportamento reale dei veicoli, legato all'accoppiamento delle caratteristiche del veicolo e del conducente.

I micro-simulatori dinamici basano il loro funzionamento su modelli in grado di rappresentare singolarmente il movimento di ciascun veicolo sulla base del comportamento del conducente, che segue le regole dettate dalla *teoria dell'inseguitore* (Car-Following), da quelle del *cambio corsia* (Lane-Changing) e da quelle *dell'intervallo minimo di accesso* (Gap-Acceptance). In sostanza, i conducenti tendono a viaggiare con la velocità desiderata, ma l'ambiente circostante (es. i veicoli precedenti, i veicoli adiacenti, la geometria della strada, i segnali stradali ed i semafori, gli ostacoli, ecc.) condiziona il loro comportamento.

Figura 33 - Il modello di micro-simulazione utilizzato



Il tempo di simulazione è diviso in piccoli intervalli (pari solitamente a 0,5 secondi) chiamati cicli o intervalli di simulazione (Δt). In ogni ciclo la posizione e la velocità di ciascun veicolo nel sistema sono aggiornate in accordo con le leggi sopra indicate, di cui si fornisce una breve descrizione nel seguito. Alla fine di ogni ciclo di simulazione si aggiorna la posizione di tutti i veicoli schedulati e nel contempo si rinfrescano le informazioni sul comportamento macroscopico della rete.

Figura 34 - Dettaglio di intersezione in ambito urbano



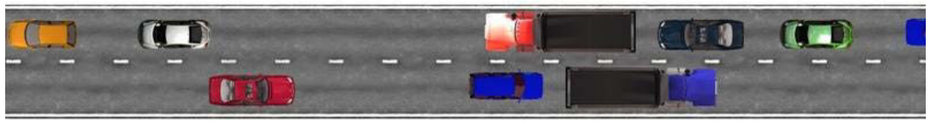
© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 35 - Dettaglio di intersezione in ambito extraurbano



La micro-simulazione fornisce una visione *dinamica del fenomeno* in quanto, come sopra accennato, vengono prese in considerazione le caratteristiche istantanee del moto dei singoli veicoli (flusso, densità, velocità, ecc.). Attraverso la micro-simulazione è possibile rappresentare più famiglie di spostamenti, ognuna caratterizzata da differenti parametri comportamentali (accelerazione, decelerazione, aggressività, tempo di reazione, ecc.) e da diverse tipologie di veicolo (velocità massima, dimensioni, prestazioni, parametri di emissione, ecc.). Conducenti "molto abili", hanno tempi di reazione più brevi; essi possono guidare più vicino ai veicoli precedenti, possono trovare più facilmente intervalli di inserimento, possono accelerare repentinamente e, quindi, hanno molte opportunità di muoversi rapidamente nella rete stradale.

Figura 36 - Visione dinamica dei flussi e varie tipologie di veicoli



Per quanto riguarda la ridistribuzione dei flussi di traffico sulla rete, il modello di simulazione previsto è quello di assegnazione in condizioni di equilibrio (I° principio di Wardrop).

Si riporta nel seguito una breve esplicitazione degli algoritmi di base.

8.3.2 Car-Following - teoria dell'inseguitore

Ciascun conducente tende a raggiungere una velocità prescelta sulla base del suo stile di guida, delle prestazioni del veicolo e delle caratteristiche geometriche della strada che sta percorrendo; se durante la marcia raggiunge un veicolo che lo precede, dovrà rallentare ed adeguare la sua velocità o, se ciò è possibile, cambiare corsia.

Tre parametri sono utilizzati per calcolare, istante per istante, la velocità prescelta:

la massima velocità desiderata dal conducente in funzione delle proprie capacità di guida;

la massima velocità ammessa dal veicolo in funzione delle sue prestazioni;

la velocità limite della tratta stradale e/o della eventuale manovra in corso.

8.3.3 Lane-Changing - modello di cambio corsia

Ciascun conducente stabilisce, istante per istante, l'opportunità o meno della manovra di cambio di corsia sulla base della necessità, della desiderabilità e dell'attuabilità della manovra.

8.3.4 Gap-Acceptance

Ciascun conducente stabilisce quando eseguire una manovra (cambiare corsia, attraversare un intersezione, inserirsi in un flusso di traffico, entrare in una rotatoria, ecc.) valutando se esiste l'intervallo temporale minimo necessario per la manovra, sulla base delle velocità relative degli altri veicoli.

8.3.5 Assegnazione dei traffici in condizioni di equilibrio (primo Principio di Wardrop)

Il traffico che circola sulle strade viene determinato dalla risultante della scelta del percorso che ciascun conducente effettua durante il suo spostamento. Tale scelta viene determinata sulla base della conoscenza della rete (strade e traffico), in modo da massimizzarne l'utilità, ovvero ricercando il percorso più breve in termini di tempo e/o di lunghezza (1° principio di Wardrop). Su reti particolarmente congestionate il parametro di valutazione più importante nella scelta risulta ovviamente il tempo.

Nel 1952 Wardrop formulò due principi che formalizzano il concetto di equilibrio dei flussi di traffico sulle strade.

Il primo principio di Wardrop recita che *"i tempi di viaggio effettivamente sostenuti nel percorso utilizzato sono uguali o minori di quelli che sarebbero sperimentati da un singolo veicolo su un qualunque percorso alternativo".*

Il primo principio di Wardrop afferma, dunque, che il traffico si distribuisce sulla rete in modo tale che ciascun utente utilizzi il percorso a tempo minimo, considerando le condizioni complessive della rete; in altri termini, nessun utente può abbassare il proprio tempo di viaggio modificando unilateralmente il suo itinerario.

Ciascun utente agisce in modo non cooperativo (scelta individuale) e cerca di minimizzare il proprio tempo di viaggio. I flussi di traffico che soddisfano questo principio sono chiamati "flussi di equilibrio dell'utente" (User Equilibrium UE).

Pertanto, a seguito della realizzazione di nuove opere di viabilità, può accadere che parte dei conducenti che prima percorrevano un determinato itinerario modifichino i propri comportamenti e scelgano percorsi alternativi più convenienti, finché, con il passare del tempo, si raggiunge un nuovo equilibrio dei flussi sulla rete.

Analogamente, se su una strada esistente il traffico aumenta per un incremento del carico antropico della zona, parte del traffico che transita su tale infrastruttura cercherà di

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

individuare, dove possibile, percorsi alternativi più rapidi, modificando l'itinerario originale e scaricando, di conseguenza, la tratta stradale in sofferenza.

Il modello di simulazione adottato al fine di definire la ridistribuzione dei traffici sulla rete di progetto si basa su tale ipotesi, in letteratura indicata come assegnazione in condizioni di equilibrio della rete.

8.3.6 Definizione dei parametri di simulazione e degli indicatori

Il modello di micro-simulazione richiede, oltre alla codifica dettagliata della rete stradale in esame, informazioni dettagliate sulle caratteristiche dinamiche dei veicoli e sullo stile di guida dei conducenti, come riportato nello schema seguente. In linea generale vengono inserite tre diverse tipologie di veicoli leggeri con dimensioni pressoché simili (lunghezza di circa 4 m e larghezza di circa 1,70 m), ma con velocità massime rispettivamente di 90, 110 e 140 km/h corrispondenti ad auto utilitarie (40% del parco autovetture considerato), auto di media cilindrata (35%) ed auto di grossa cilindrata (25%).

Per i veicoli pesanti vengono generalmente implementate due classi: gli autocarri, con lunghezza di 8 m, larghezza 2,50 m, velocità massima di circa 100 km/h ed un peso pari a 2,5 t, ed i mezzi pesanti, aventi lunghezza pari ad 11 m, larghezza 2,70 m, una velocità massima di 90 km/h ed un peso pari a 15 t. La corretta ripartizione tra le diverse classi deriva dall'analisi dei rilevamenti di traffico condotti lungo le arterie e presso le intersezioni.

Parametri di classificazione dei veicoli circolanti sulla rete	*Parametri di classificazione del comportamento dei conducenti*
lunghezza, larghezza e altezza peso in tonnellate età velocità massima accelerazione decelerazione	tempo di reazione esperienza di guida aggressività di guida grado di conoscenza della rete stradale

I parametri di tipo comportamentale dei conducenti vengono impostati per riprodurre il reale comportamento degli utenti italiani, così come da sperimentazioni e ricerche condotte[3]. In particolare, il tempo di reazione di ciascun conducente viene generalmente imposto pari ad 1 sec. e viene inoltre impostata una buona esperienza di guida ed un'alta aggressività.

I conducenti vengono poi classificati in due categorie sulla base del grado di conoscenza della rete stradale.

[3] In conformità con quanto ricavato dalle analisi sperimentali sul comportamento medio degli utenti italiani nelle manovre di immissione in rotatoria (Vincenza Lange, *"Intersezioni a rotatoria: analisi comparativa sperimentale e calibrazione di modelli adeguati alla realtà italiana"*, Politecnico di Torino, Tesi di Laurea, 2003)

L'insorgenza delle code viene segnalata dal modello allorché la distanza tra i veicoli in coda risulti inferiore ad una prefissata distanza (headway generalmente inferiore a 10 metri) e la velocità scenda al di sotto di un valore di riferimento, solitamente pari a 10 Km/h.

8.3.7 Gli indicatori prestazionali della rete e la loro corretta interpretazione

Il micro-simulatore è in grado di evidenziare un'ampia serie di parametri che forniscono indicazioni relative al livello di prestazione della rete in generale e dei singoli componenti (nodi ed archi). In particolare, per ciascuna ora di simulazione effettuata, consente di ricavare i seguenti indicatori:

Informazioni generali sulla rete

- flussi orari medi sulla rete
- velocità media sulla rete
- densità media della rete
- ritardo medio sulla rete
- percentuale di ritardo medio sulla rete
- tempo medio di arresto sulla rete
- velocità media dei veicoli sulla rete

Informazioni sui veicoli

- numero e tipologia di veicoli circolanti sulla rete
- velocità media dei veicoli sulla rete
- velocità media calcolata per ciascuna categoria di veicoli
- distanza totale percorsa

Informazioni sui percorsi

- tempo minimo, medio e massimo dei viaggi

Tali parametri vengono calcolati dal modello di micro-simulazione con i criteri indicati nell'*Highway Capacity Manual*.

Giova sottolineare che l'applicazione della micro-simulazione nella determinazione del livello prestazionale di una generica rete stradale rappresenta indubbiamente un approfondimento della metodologia analitica introdotta dall'*HCM*; per contro, l'analisi e l'interpretazione dei risultati del modello dinamico risultano un po' più complesse per una serie di motivazioni nel seguito sintetizzate.

Innanzitutto, il modello fornisce i parametri prestazionali per ogni singolo arco del grafo stradale implementato; alcuni indicatori però risultano significativi soltanto sugli archi di una certa lunghezza; per archi molto brevi, viceversa, essi perdono di rappresentatività. Tale aspetto, molto importante, non può essere trascurato in fase di valutazione dei risultati.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

E' chiaro che nell'interpretazione dei risultati occorre prendere in considerazione tali aspetti, valutando e pesando correttamente i valori forniti dal modello, sulla base delle varie direttrici di traffico analizzate.

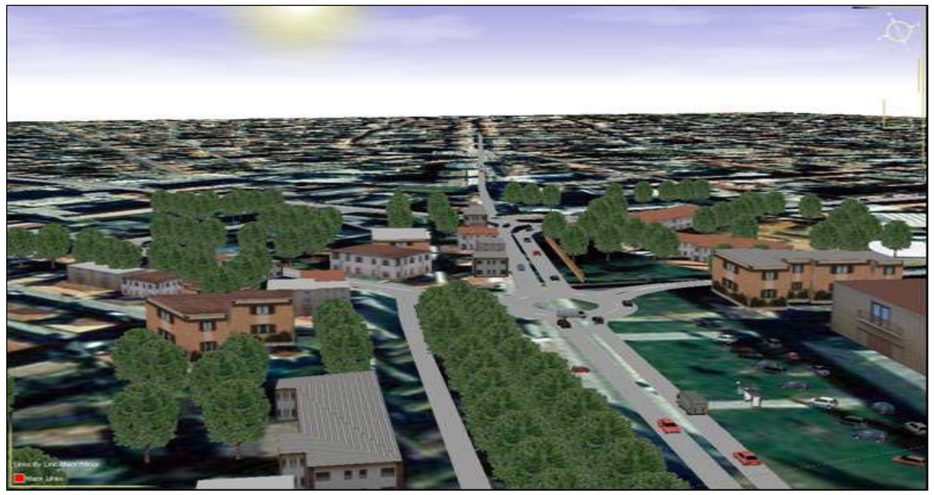
Con riferimento poi al Livello di Servizio, che è rappresentativo delle condizioni di deflusso che mediamente assume una tratta stradale in determinate condizioni di traffico, essendo lo strumento di analisi di tipo dinamico, risulta anch'esso dinamicamente determinato e, pertanto, variabile istante per istante. Inoltre, stante la presenza distribuita di elementi di discontinuità della rete (intersezioni, accessi, curve, ecc.), è possibile che il modello fornisca come valutazione globale del LOS orario sulle varie tratte di una stessa direttrice stradale valori differenti.

8.3.8 Calibrazione del modello ed assegnazioni del traffico

Le micro-simulazioni vengono condotte con riferimento ai volumi di traffico rilevati nel sito di analisi.

Per tenere conto delle reali condizioni di traffico, il periodo di simulazione viene generalmente preceduto da una fase di precarico dei veicoli sulla rete; in tal modo l'assegnazione risulta più realistica in quanto avviene su una rete già caricata dal traffico circolante.

Figura 37 - Assegnazione del traffico sulla rete



Inoltre per riprodurre il reale comportamento dell'utente che sceglie il tragitto in base alle condizioni di traffico che incontra sulle strade, per l'assegnazione viene utilizzato un algoritmo di calcolo del percorso di tipo deterministico-dinamico, basato sul ricalcolo del percorso più breve (in termini di distanze e di tempo) sulla base delle effettive condizioni istantanee di traffico sulla rete.

Per quanto concerne la simulazione condotta sullo Scenario Attuale, questa viene utilizzata per calibrare il modello, rendendo possibile la stima della matrice O/D e la definizione dei flussi di traffico presenti (flussi ordinari) su tutti gli archi che non è stato possibile censire tramite i rilevamenti.

Negli Scenari di valutazione, i traffici attesi vengono riassegnati dal modello sulla base della nuova viabilità prevista, e quindi dei nuovi percorsi presenti sulla rete.

Tali simulazioni consentono di procedere alla verifica prestazionale dei principali assi stradali e dei nodi, oltre a consentire la scelta degli interventi ottimali ai fini dello studio.

8.4 MODELLI DI MICRO-SIMULAZIONE STATICA DELLE INTERSEZIONI/ROTATORIE SINGOLE

Il modello SIDRA, utilizzato nel caso in esame per la verifica delle intersezioni poste a servizio dell'area oggetto dell'intervento, è uno strumento di calcolo riconosciuto a livello universale che consente la verifica di alcuni parametri prestazionali a fronte di uno schema semplificato dell'intersezione o della rotatoria e delle rispettive caratteristiche geometriche e funzionali. Il modello effettua la valutazione del livello di servizio globale dell'intersezione e dei singoli rami simulando il comportamento dei veicoli in transito nell'intersezione stessa sulla base del regime di precedenza, dei tempi medi di reazione, degli eventuali tempi semaforici, ecc.. Gli algoritmi di calcolo utilizzati dal modello si basano sui risultati delle ricerche del Prof. Rod Troutbeck[4] dell'ARRB di Victoria (Australia) e sulle indicazioni riportate nel già citato *Highway Capacity Manual*.

Il software si compone di tre parti:

- l'input;
- l'elaborazione dei dati;
- l'output.

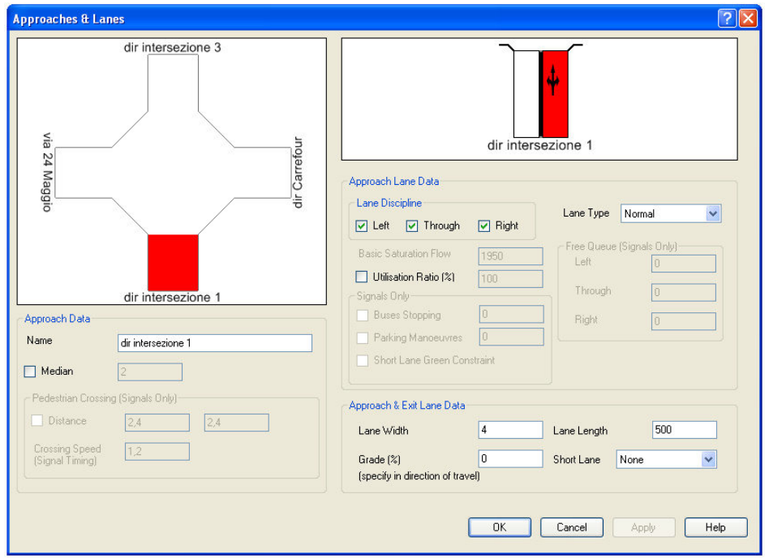
L'input dei dati avviene mediante un apposito modulo, il "RIDES", attraverso il quale l'utente introduce tutte le caratteristiche dell'intersezione quali:

- caratteristiche geometriche (larghezza, pendenza, numero di corsie delle carreggiate, presenza della banchina, diametro interno ed esterno della rotatoria, larghezza dello spartitraffico, ecc.);
- tipi di arrivi dei veicoli e numero degli stessi (distinti o meno tra veicoli leggeri e veicoli pesanti);
- capacità delle singole corsie e coefficiente di utilizzazione delle stesse;
- velocità di ingresso e di uscita dai diversi rami dell'intersezione;
- numero di pedoni che attraversano i diversi rami;
- fasi semaforiche, priorità, ecc., nel caso di intersezioni semaforizzate.

[4] TROUTBECK, R.J. (1989), Evaluation the performance of a roundabout, ARBB, Special Report 45, Victoria, Australia.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 38 – Il modulo RIDES, per l'input delle caratteristiche di intersezioni e veicoli

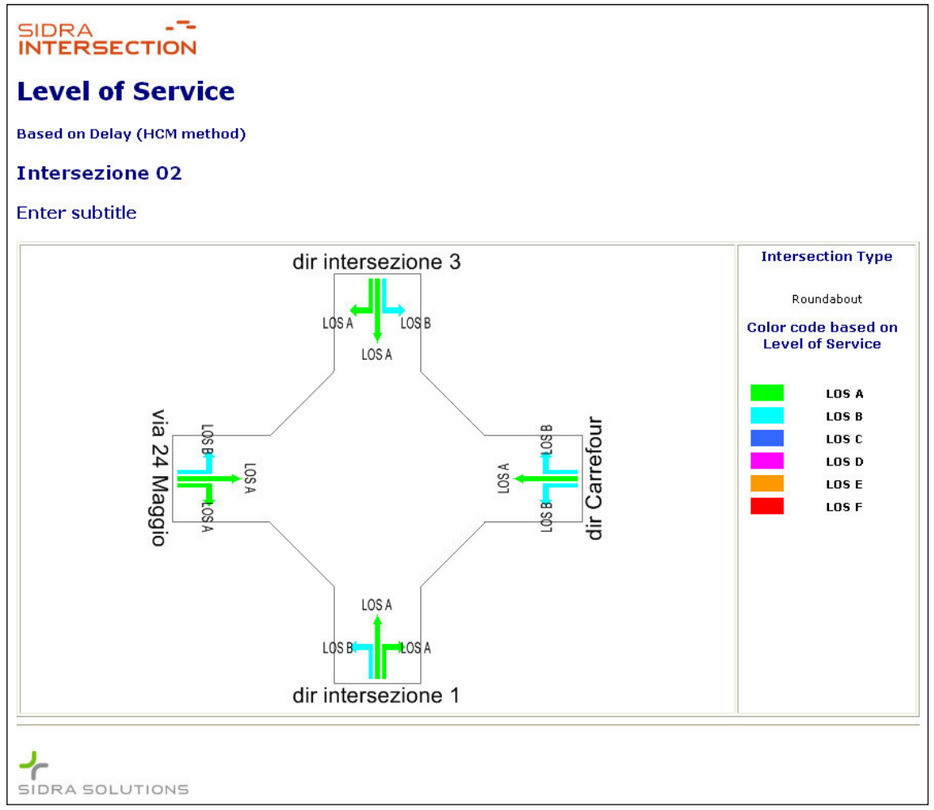


L'elaborazione viene eseguita dal modulo "SIDRA" (da cui il nome del software), che provvede a:

- leggere il file di input creato da RIDES;
- rilevare eventuali errori;
- calcolare la capacità, le prestazioni ed il "timing" ottimo;
- creare i file di output.

I file di output consistono di un normale file di testo e di uno speciale file per la restituzione in forma grafica. I moduli "VIEWS" e "GOSID" consentono la lettura dell'output in forma, rispettivamente, di testo e grafica, per una più semplice ed immediata comprensione dei risultati. Nel modulo di output GOSID sono riportati, graficamente e relativamente ad ogni manovra, i risultati relativi all'indice di prestazione, al livello di servizio, ai ritardi, alla lunghezza delle code, al numero di arresti, alla capacità, ai flussi veicolari, alla velocità media di accesso e di uscita ed ai costi.

Figura 39 – Il modulo di output GOSID; esempio relativo al livello di servizio

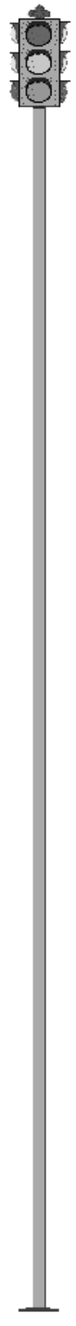


Con SIDRA è possibile:

- ottenere la stima delle capacità e delle caratteristiche delle prestazioni quali il ritardo, la lunghezza delle code, il tasso di arresto, il consumo di carburante e le emissioni delle sostanze inquinanti per tutti i tipi di intersezione;
- verificare più alternative di "disegno" dell'intersezione per ottimizzarla;
- determinare le fasi semaforiche ed i relativi tempi utilizzando differenti strategie per ottimizzare le intersezioni;
- determinare la sincronizzazione dei tempi delle fasi semaforiche per ogni geometria dell'intersezione dalle più semplici alle più complesse;
- effettuare una verifica della geometria dell'intersezione in funzione di variazioni future dei flussi veicolari;
- verificare gli effetti dei veicoli pesanti sulle prestazioni dell'intersezione;
- determinare la lunghezza di un'eventuale corsia di accumulo da affiancare alla corsia principale;

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

- ottenere output che contengono i risultati relativi alle la capacità, ai tempi ed alle prestazioni dei singoli rami che formano un'intersezione ed all'intersezione stessa;
- ottenere gli output oltre che in forma tabulare anche in forma grafica, così da semplificare la comprensione dei risultati;
- comparare più alternative progettuali (sia geometriche che di regolazione) previste per un'intersezione;
- verificare i livelli di inquinamento ed i consumi di carburante che si verificano a seconda del tipo di intersezione considerata.



9 APPLICAZIONE DELLA MICRO-SIMULAZIONE AL CASO DI STUDIO

Tutte le verifiche prestazionali della rete si basano sull'implementazione di un modello di micro-simulazione dinamica esteso all'intera rete così come individuata nei precedenti capitoli. L'applicazione della micro-simulazione al caso di studio è stata così articolata:

- definizione dell'area di studio;
- analisi dei flussi di traffico attuali;
- definizione dei due scenari di analisi;
- codifica del grafo stradale;
- definizione delle zone di origine e destinazione degli spostamenti e costruzione delle matrici di traffico;
- definizione dei parametri di simulazione e degli indicatori prestazionali della rete;
- assegnazioni del traffico e calibrazione del modello sullo scenario attuale;
- assegnazione del traffico sullo scenario di progetto;
- valutazione dei risultati delle simulazioni e dei parametri prestazionali di rete.

Nei prossimi paragrafi viene descritto nel dettaglio il procedimento adottato.

9.1 CODIFICA DEL GRAFO STRADALE

Per l'implementazione del modello di micro-simulazione dinamica del traffico è stata codificata la viabilità principale e secondaria esistente in prossimità dell'area oggetto di studio.

Per ciascun arco della rete stradale sono state codificate le caratteristiche relative a:

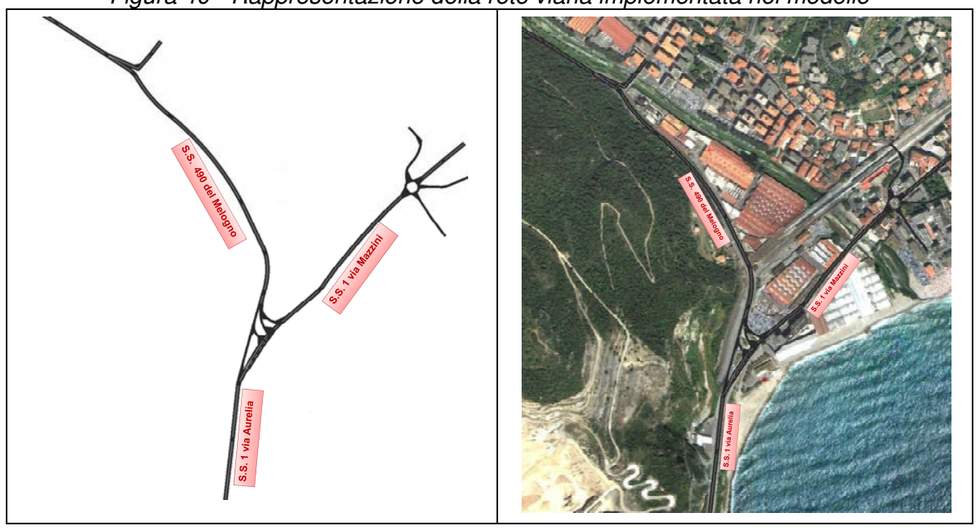
- tipologia funzionale dell'arco;
- velocità massima di percorrenza;
- larghezza della strada;
- numero di corsie.

In particolare sono state inserite tutte le caratteristiche geometriche e funzionali di via Aurelia, strada Calizzano, via Giuseppe Mazzini e la rete di viabilità secondaria dell'intorno.

Le intersezioni sono state riprodotte con i regimi di precedenza e le manovre di svolta realmente esistenti.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 40 - Rappresentazione della rete viaria implementata nel modello



9.2 DEFINIZIONE DELLE ZONE DI ORIGINE/DESTINAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI E COSTRUZIONE DELLE MATRICI DI TRAFFICO

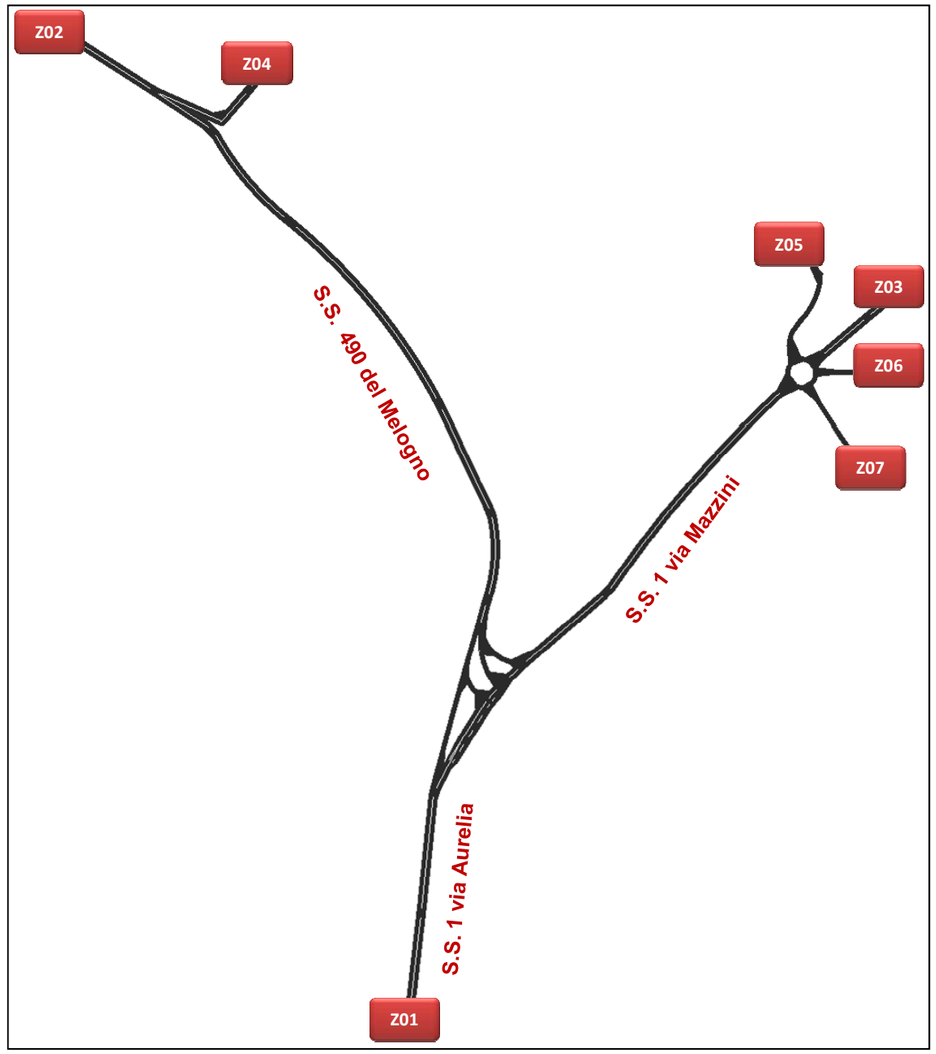
Per l'implementazione della simulazione di traffico è necessario individuare le zone di origine e destinazione degli spostamenti, sulla cui base è possibile la calibrazione del modello.

Per il modello di assegnazione in esame sono state implementate 7 zone di attuale generazione/attrazione di traffico (Figura 41), che diventeranno 16 nello scenario progettuale (Figura 42).

Nel dettaglio le zone considerate per la calibrazione dello stato attuale sono (Figura 41):

- Zona 01: direttrice Sud S.S.1;
- Zona 02: direttrice Nord S.S.490;
- Zona 03: direttrice Est via Giuseppe Mazzini;
- Zona 04: direttrice Nord - Est, ponte sul torrente Pora;
- Zona 05: direttrice Est S.P.27;
- Zona 06: direttrice Est via de Raymondi;
- Zona 07: direttrice Est via Saccone.

Figura 41 – Rappresentazione della attuale rete viaria implementata e della zonizzazione

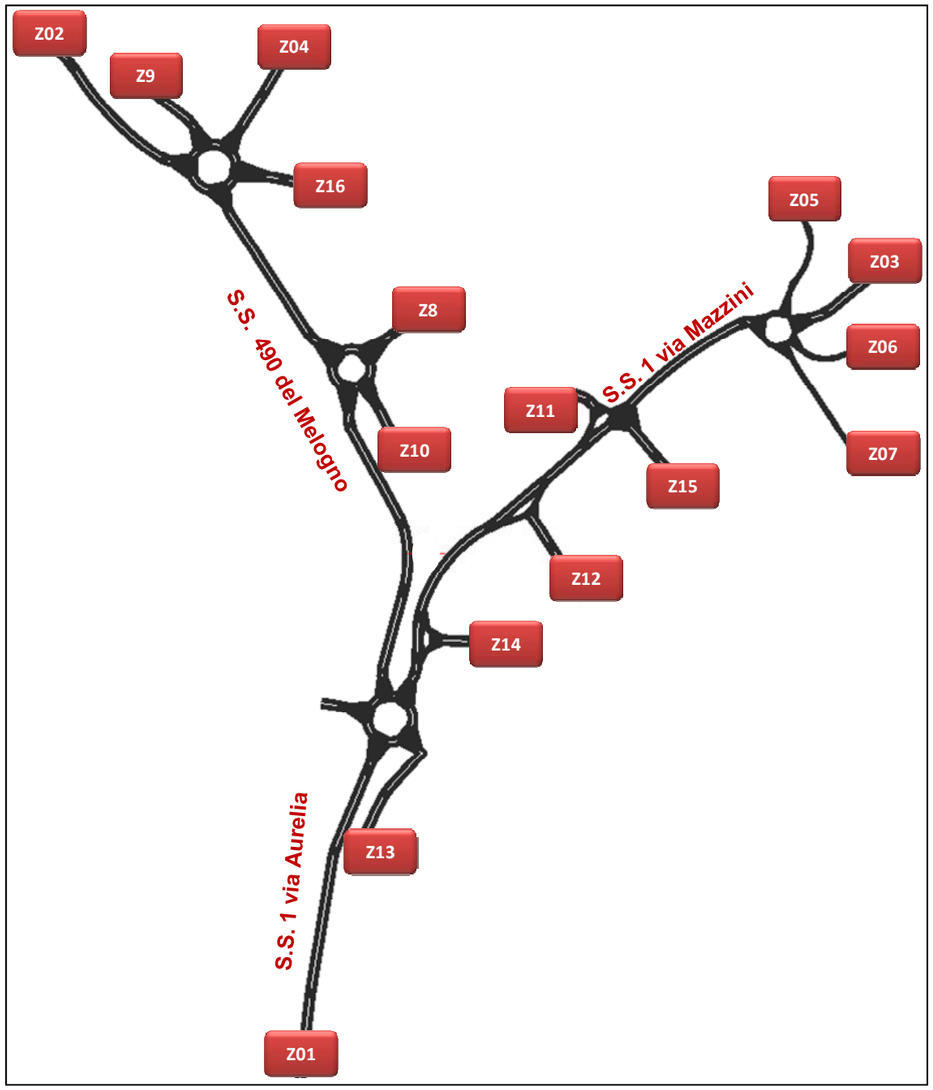


Nello scenario di progetto si sono aggiunte le seguenti zone (Figura 42):

- Zona 08, Zona 16: parcheggio n.1;
- Zona 09: parcheggio n.2;
- Zona 10: parcheggio n.3;
- Zona 11: parcheggio n.4;
- Zona 12, Zona 14, Zona 15: parcheggio n.5;
- Zona 13: parcheggio n.6.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 42 - Rappresentazione della futura rete viaria implementata e della zonizzazione



La matrice dello stato Attuale, come descritto in seguito, è stata costruita e calibrata utilizzando i dati di traffico rilevati.

9.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI SIMULAZIONE E DEGLI INDICATORI PRESTAZIONALI DELLA RETE

Le simulazioni sono state condotte per un intervallo temporale pari a due ore, la prima delle quali è servita ad operare un precarico sulla rete e simulare più realisticamente i flussi di traffico della seconda ora (quella di punta).

E' stato utilizzato un algoritmo di tipo stocastico, la presenza di code è stata impostata con distanza veicolare inferiore a 10 metri e velocità istantanee inferiori a 10 km/h, il tempo di reazione dei conducenti e la loro aggressività sono stati impostati su valori medi, trattandosi prevalentemente di traffico turistico.

La scelta dei parametri prestazionali della rete risulta conseguenza di tutte le considerazioni espresse nel capitolo metodologico, da cui ne consegue che la valutazione del Livello di Servizio dinamico risulti scarsamente significativo e pertanto, nella presente valutazione, è stato scelto di affiancare alcuni parametri maggiormente significativi ed affidabili: in particolare, sulle sezioni stradali il flusso orario e sulle intersezioni la lunghezza massima delle code.

Inoltre, completerà l'analisi il calcolo di alcuni parametri globali di rete, valutati sull'intera rete o su alcuni percorsi significativi, al fine di consentire un più rapido confronto tra gli scenari e di effettuare valutazioni in termini di fluidità ed accessibilità dell'intera rete stradale in esame. I parametri globali individuati nel caso in esame sono:

- la velocità media istantanea simulata sulla rete;
- la velocità media oraria simulata sulla rete;
- il tempo medio totale di viaggio simulato sulla rete;
- il numero di veicoli presenti nella rete.

La valutazione dello scenario simulato è condotta sulla base di due distinte analisi:

1. valutazione visiva della realtà virtuale simulata (on-line);
2. valutazione analitica dei parametri prestazionali della rete (off-line).

La prima analisi viene condotta durante la simulazione dinamica, poiché il modello visualizza in animazione il transito dei veicoli ed è possibile immediatamente verificare l'eventuale insorgenza di code e criticità sulla rete. Tale rappresentazione, pur essendo di estrema utilità ed immediatezza, non può essere riportata in relazione in quanto necessita di un filmato in animazione.

La valutazione analitica viene effettuata al termine della micro-simulazione attraverso l'estrazione dal modello dei parametri prestazionali quantitativi.

9.3.1 Velocità media istantanea

La velocità media istantanea viene rappresentata graficamente e fornisce un indicatore circa il grado di congestione della rete nei singoli istanti di simulazione. Una maggiore velocità media istantanea indica una maggiore capacità dell'infrastruttura ad assorbire i carichi di traffico che vi insistono.

9.3.2 Velocità media oraria

Indica la velocità media oraria registrata da tutti i veicoli in transito durante l'ora di punta. È un dato sintetico che fornisce indicazioni quantitative circa la fluidità dei traffici.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

9.3.3 Tempo medio di viaggio

Rappresenta il tempo medio impiegato per raggiungere la destinazione per tutti quei veicoli che hanno completato il loro viaggio. Non considera quindi i veicoli in transito sulla rete al termine dell'ora di simulazione.

9.3.4 Numero di veicoli istantaneamente presenti sulla rete

Il numero di veicoli presenti sulla rete è un importante metro di giudizio circa il livello di congestione della rete. A parità di domanda, una maggiore numero di veicoli contemporaneamente presenti sulla rete indica una maggiore densità veicolare e la difficoltà dell'infrastruttura nella fase di smaltimento dei traffici. Per tale ragione e per la tipologia di rete analizzata questo dato sarà proporzionale alla lunghezza media degli accodamenti. Una continua crescita del numero di veicoli istantaneamente presente indica una congestione generale della rete.

9.4 ASSEGNAZIONI DEL TRAFFICO SULLA RETE ATTUALE E CALIBRAZIONE DEL MODELLO GENERALE

La calibrazione del modello e la conseguente assegnazione del traffico alla rete da parte del micro-simulatore risultano essere i passaggi fondamentali e di base per lo studio della situazione attuale e futura di traffico.

Dopo aver proceduto alla costruzione del grafo della rete oggetto di valutazione ed aver implementato le zone di origine e destinazione del traffico (Figura 42), si è proceduto all'assegnazione dei volumi veicolari attuali ed alla calibrazione del modello, al fine di riprodurre i reali flussi presenti.

Su tali basi sono state pertanto riprodotte le condizioni di traffico presenti nel corso dell'ora di punta del mattino e della sera.

In Tabella 3 e Tabella 4 sono riportati i valori di calibrazione per il traffico dell'ora di punta mattutina e serale nelle nove sezioni dell'area oggetto di studio. Come è possibile notare in Figura 43 e Figura 44, esiste una sostanziale convergenza dei dati simulati con quelli reali.

Tabella 3 e Figura 43 – Confronto dei flussi rilevati e simulati nell'ora di punta mattutina

		Scenario Attuale		
	Direzione	Rilevati	Simulati	Diff %
Sezione 01 S.S.490	Nord	903	892	1%
	Sud	557	565	-1%
Sezione 02 S.S.1 via Aurelia	Nord	460	456	1%
	Sud	569	571	0%
Sezione 03 strada Calizzano	Nord	670	667	0%
	Sud	412	415	-1%
Sezione 04 via del Sagittario	S.S.490 centro città	233	230	1%
		145	148	-2%
Sezione 05 S.S.1 via Mazzini	S.S.490/S.S.1 centro città	896	899	0%
		529	520	2%
Sezione 06 via Mazzini	S.S.490/S.S.1 centro città	863	861	0%
		808	781	3%
Sezione 07 via de Raymondi	rotatoria	102	103	-1%
Sezione 08 S.P.27	rotatoria	640	635	1%
Sezione 09 via Saccone	mare	430	429	0%

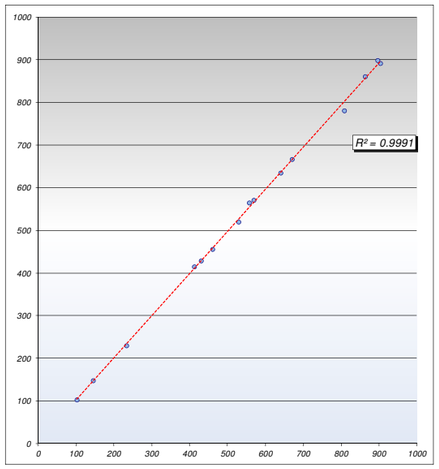
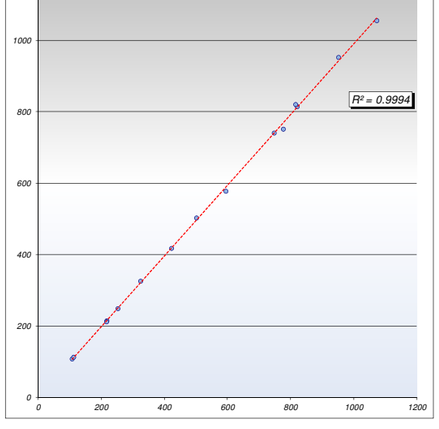


Tabella 4 e Figura 44 – Confronto dei flussi rilevati e simulati nell'ora di punta serale

		Scenario Attuale		
	Direzione	Rilevati	Simulati	Diff %
Sezione 01 S.S.490	Nord	1072	1056	2%
	Sud	324	326	-1%
Sezione 02 S.S.1 via Aurelia	Nord	747	741	1%
	Sud	501	503	0%
Sezione 03 strada Calizzano	Nord	820	815	1%
	Sud	217	215	1%
Sezione 04 via del Sagittario	S.S.490 centro città	252	249	1%
		107	108	-1%
Sezione 05 S.S.1 via Mazzini	S.S.490/S.S.1 centro città	951	953	0%
		594	578	3%
Sezione 06 via Mazzini	S.S.490/S.S.1 centro città	815	821	-1%
		776	752	3%
Sezione 07 via de Raymondi	rotatoria	112	113	-1%
Sezione 08 S.P.27	rotatoria	422	418	1%
Sezione 09 via Saccone	mare	216	212	2%



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

9.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E DEI PARAMETRI PRESTAZIONALI DI RETE

Nei successivi paragrafi vengono fornite le analisi dell'intera rete nei due scenari di riferimento (stato attuale e progetto)e nei due periodi di massima punta, effettuate sulla base dei parametri descritti precedentemente.

Per ciascuno scenario vengono fornite le seguenti informazioni:

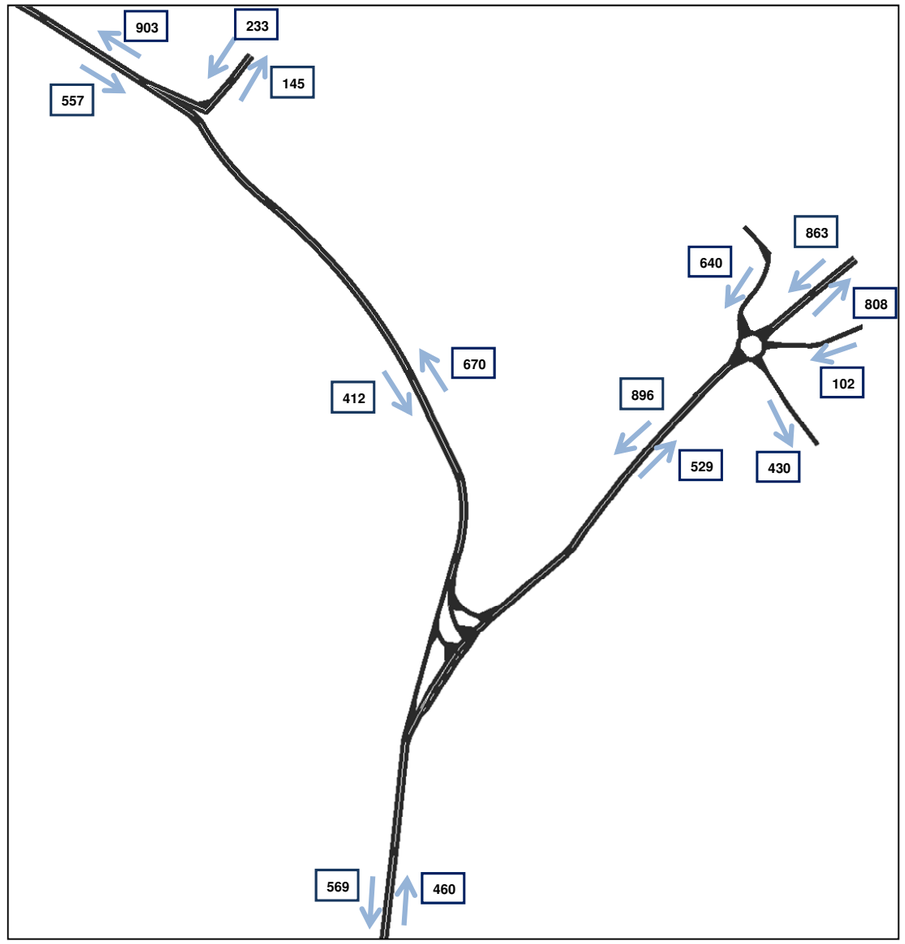
- schema dei Flussi rilevati/simulati;
- schema delle code massime;
- tabella dei Livelli di Servizio e delle code massime alle intersezioni;
- per ciascuna intersezione analizzata:
  - flussi di manovra;
  - Livello di Servizio dei diversi rami di adduzione;
  - code massime simulate sui diversi rami di adduzione;
  - tabella riepilogativa degli indici prestazionali e del Livello di Servizio globale dell'intersezione.

9.5.1 Ora di punta della mattina (9 - 10) - Scenario attuale

La simulazione condotta sullo scenario attuale rappresenta il traffico rilevato nell'ora di punta mattutina; essa evidenzia come le tratte analizzate siano caratterizzate dalla presenza di flussi veicolari consistenti e distribuiti in maniera uniforme all'interno dell'area di studio.



Figura 45 – Scenario attuale: Flussi rilevati

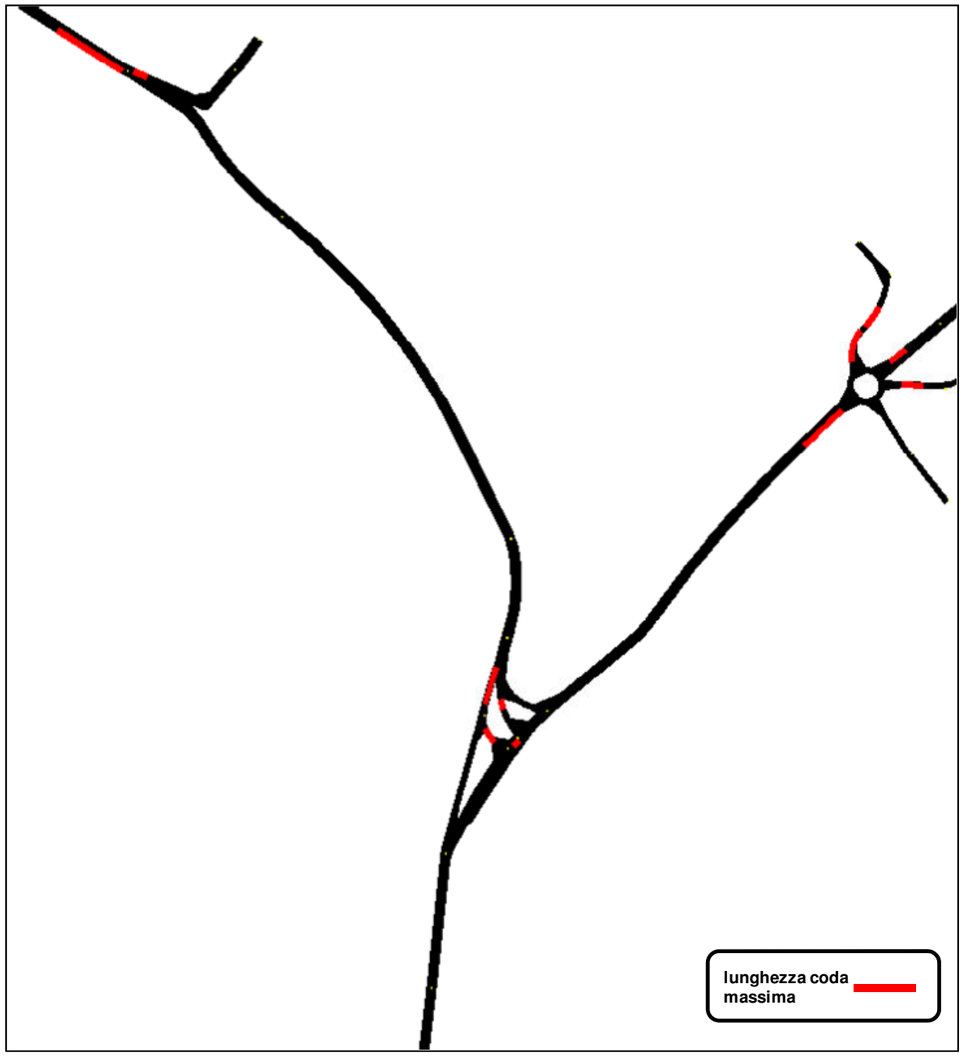


In Figura 46 vengono rappresentate le code massime simulate, che non presentano particolari criticità. Gli unici lievi accodamenti si registrano lungo strada Calizzano in prossimità dell'incrocio con via del Sagittario in direzione S.S. 1, in quanto la sezione stradale è composta da una sola corsia per senso di marcia ed il flusso veicolare in svolta (145 v/h) crea un lieve rallentamento.

Le code evidenziate lungo i rami di ingresso nella rotatoria ubicata davanti alla ferrovia risultano fisiologiche in funzione dell'attuale assetto geometrico della rotatoria e dei flussi in svolta, predominanti lungo l'asse S.S. 1.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 46 - Scenario attuale: Code massime



Di seguito viene fornita una tabella riepilogativa e la corrispondente Figura del livello di servizio globale di ciascuna intersezione considerata ed analizzata. Nelle successive tabelle si riportano gli indicatori prestazionali elaborati. Tutte le intersezioni garantiscono standard prestazionali soddisfacenti.

Tabella 5 – Scenario attuale: Livelli di servizio e code massime simulate

INTERSEZIONI	***STATO ATTUALE (OdP 9:00 - 10:00)***	
	LOS GLOBALE INTERSEZIONE	***MASSIMA CODA SIMULATA (n° veicoli)***
INTERSEZIONE 1 (SS 140 – via del Sagittario)	B/C[5]	2.6
INTERSEZIONE 2 (SS 140 – SS 1)	A/B[5]	1.7
INTERSEZIONE 3 (rotatoria ferroviaria)	B	13.7

Figura 47 - Scenario attuale: LOS delle intersezioni



[5] LOS poco significativo

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 48 – Scenario attuale: Intersezione 1

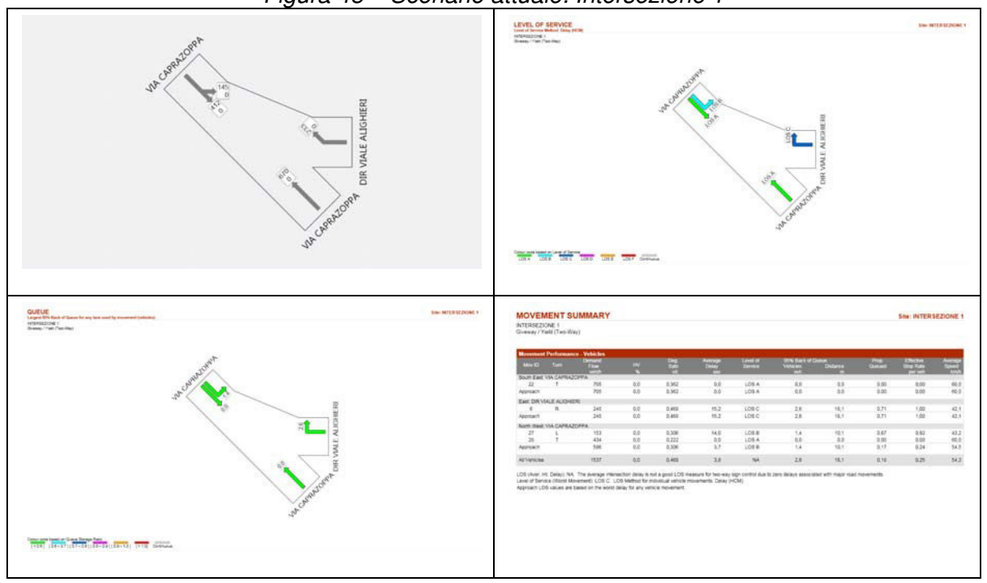


Figura 49 – Scenario attuale: Intersezione 2

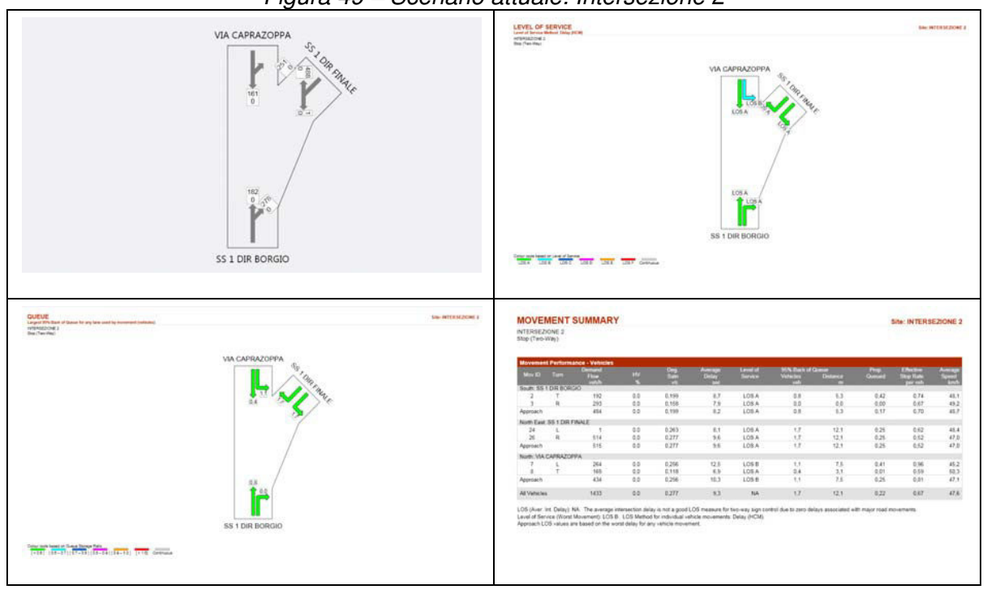
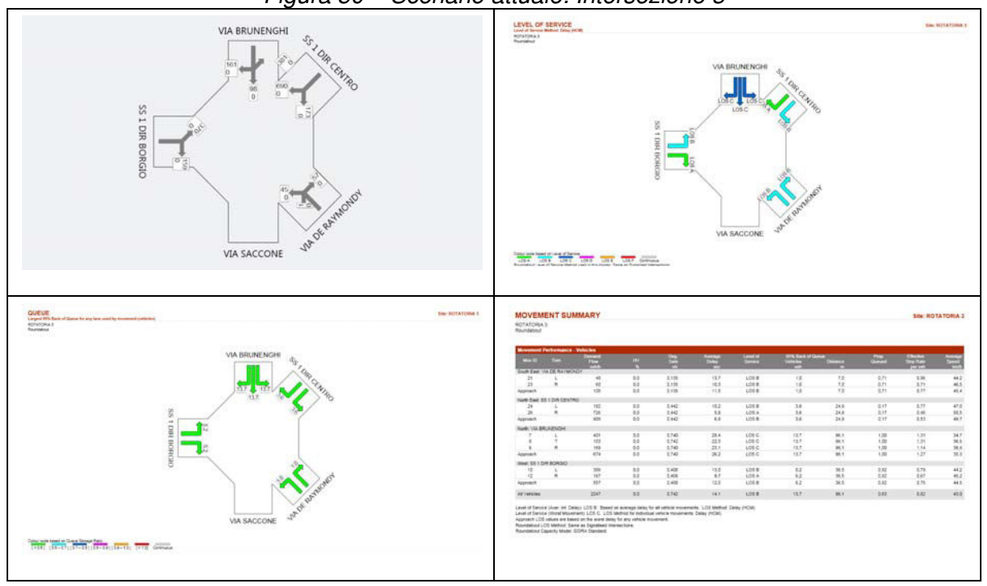


Figura 50 – Scenario attuale: Intersezione 3



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

9.5.2 Ora di punta della mattina (9 - 10) - Scenario di progetto

Le simulazioni condotte per lo Scenario di progetto mostrano le variazioni di traffico conseguenti alla presenza dei nuovi traffici indotti ed al sostanziale cambiamento dell'intera area di studio e delle modifiche apportate all'assetto infrastrutturale, come ampiamente esposto nel capitolo 4.

Gli aumenti di flusso veicolare più consistenti si registrano lungo strada Calizzano in direzione sud, che dai 412 veicoli passa a circa 1.130 nel tratto compreso tra le nuove rotatorie in progetto; lungo via Mazzini in direzione est, che dai 529 veicoli passa a circa 1.000 e lungo il nuovo ponte in direzione ovest, che dai 233 veicoli passa a circa 930.

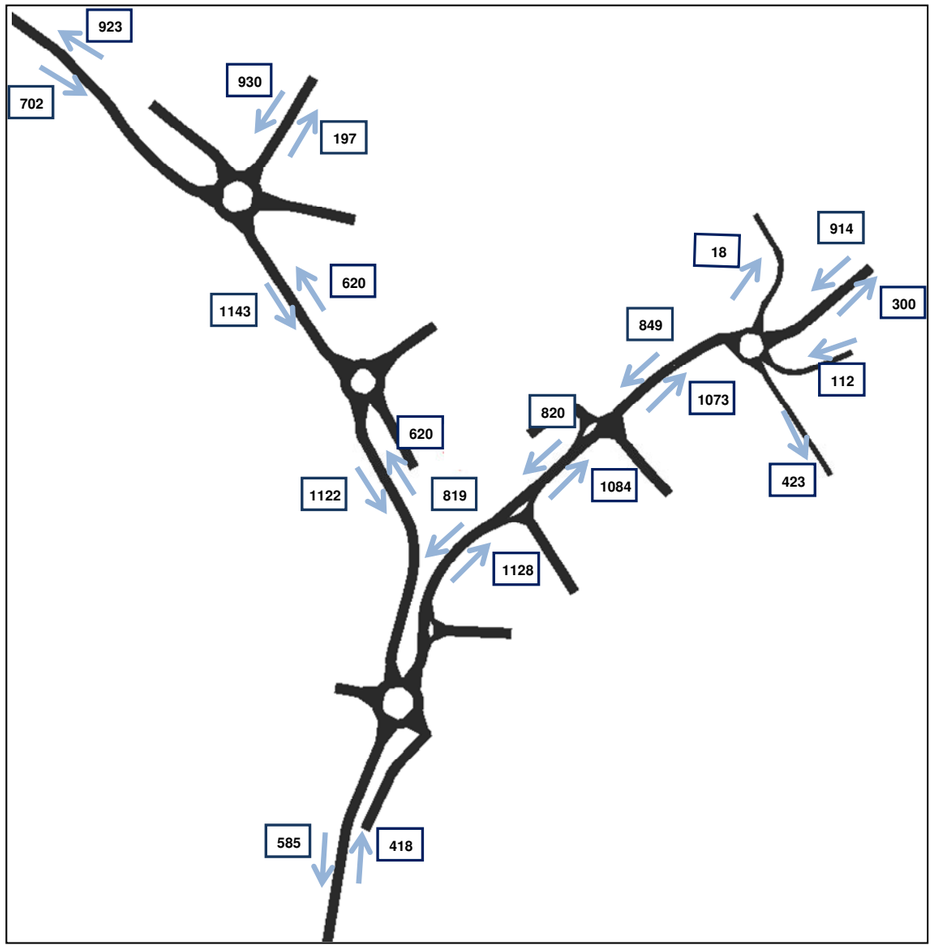
La variazione/ridistribuzione dei flussi di traffico è imputabile a due fattori:

- il primo legato all'aumento del traffico veicolare conseguente alla presenza dei nuovi traffici indotti;
- il secondo legato al nuovo assetto infrastrutturale che prevede il nuovo ponte sul torrente Pora e l'inversione del senso di marcia del ramo S.P.27 della rotatoria della stazione.

Nonostante l'incremento veicolare registrato, le caratteristiche geometriche delle sezioni stradali garantiscono un'adeguata fluidità della circolazione veicolare.

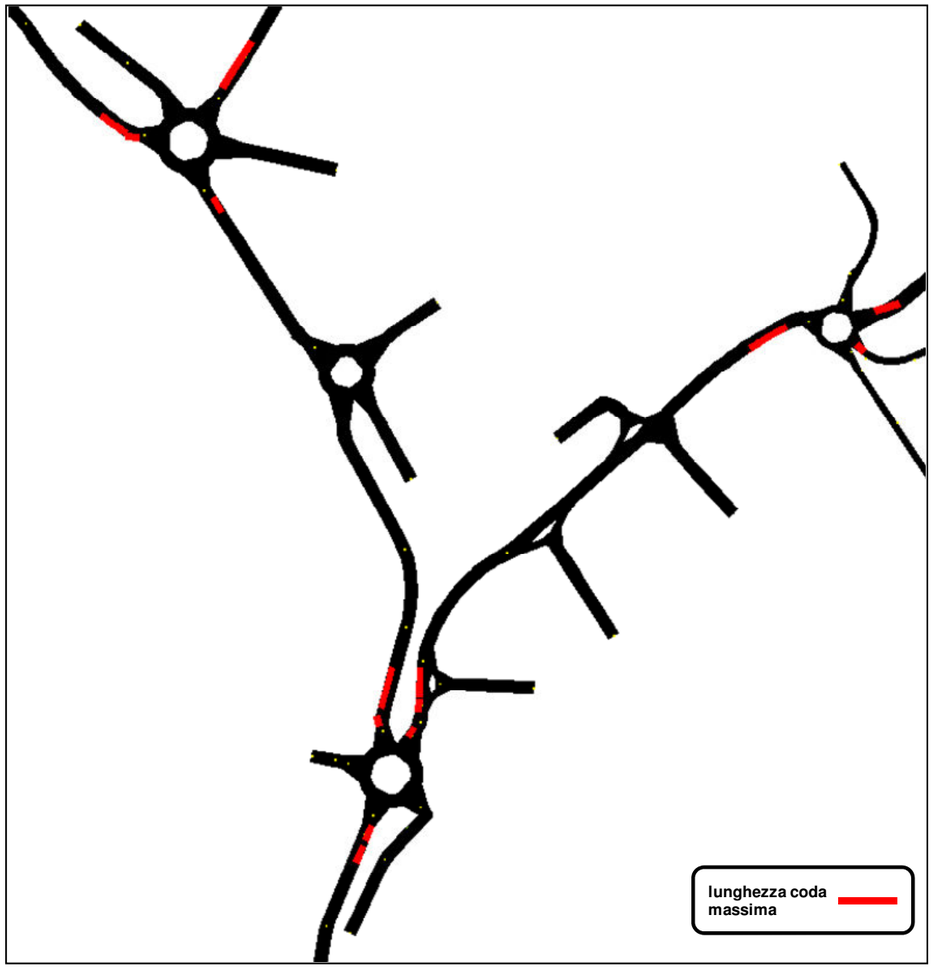
In Figura 52, come già effettuato per lo stato attuale, vengono riportate le code massime registrate durante la simulazione, anche in questo caso compatibili con la rete in progetto.

Figura 51 - Scenario di progetto: Flussi simulati



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 52 - Scenario di progetto: Code massime

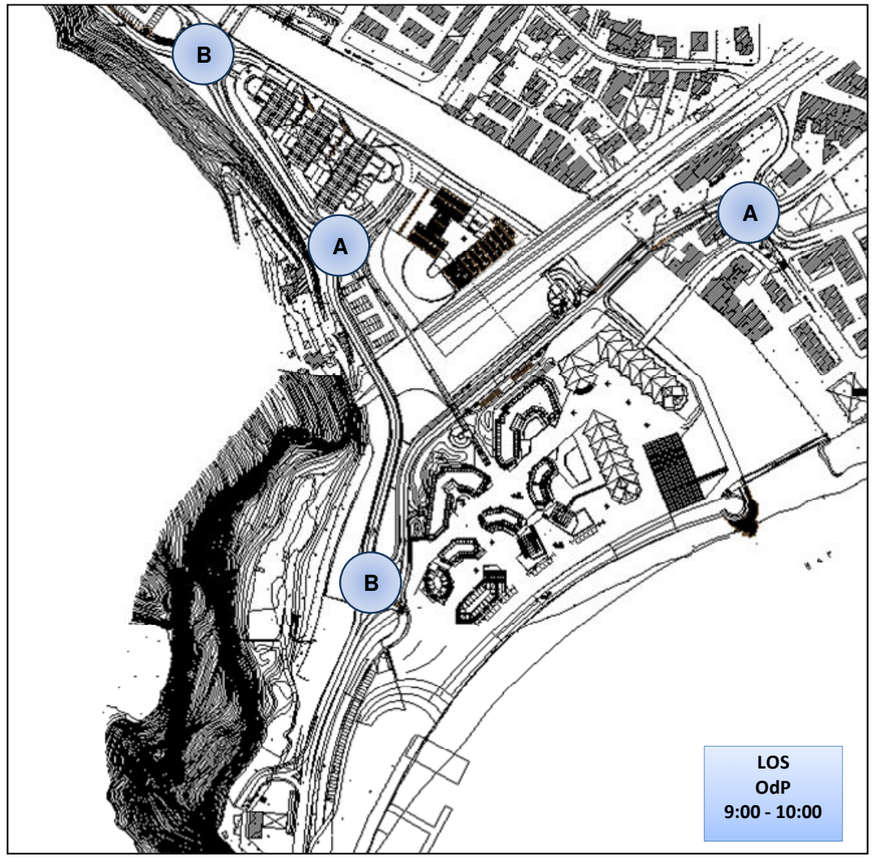


Si riportano di seguito una tabella riepilogativa del livello di servizio globale di ciascuna intersezione e le tabelle riepilogative. Come si può notare dai risultati ottenuti, le intersezioni assolvono in maniera efficiente le loro funzioni.

Tabella 6 – Scenario di progetto: Livelli di servizio e code massime simulate

INTERSEZIONI	***SCENARIO DI PROGETTO (OdP 9:00 -10:00)***	
	LOS GLOBALE INTERSEZIONE	***MASSIMA CODA SIMULATA (n° veicoli)***
INTERSEZIONE 1 (SS 140 – via del Sagittario)	B	12.1
INTERSEZIONE 2 (SS 140 – SS 1)	B	6.4
INTERSEZIONE 3 (rotatoria ferroviaria)	A	5.4
INTERSEZIONE 4 (nuova rotatoria SS140)	A	3.8

Figura 53 - Scenario di Progetto: LOS delle intersezioni



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 54 – Scenario di progetto: Intersezione 1

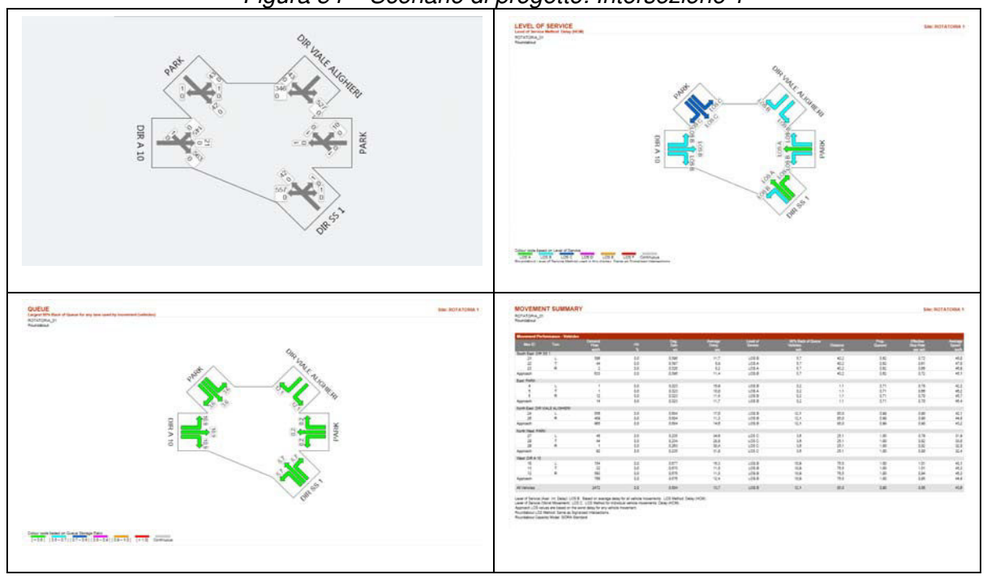


Figura 55 – Scenario di progetto: Intersezione 2

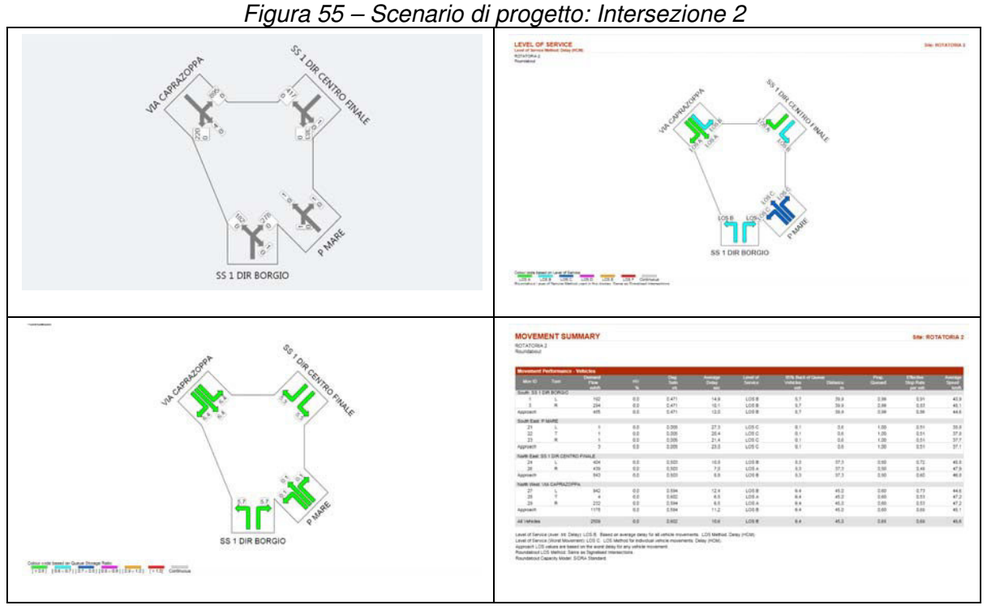


Figura 56 – Scenario di progetto: Intersezione 3

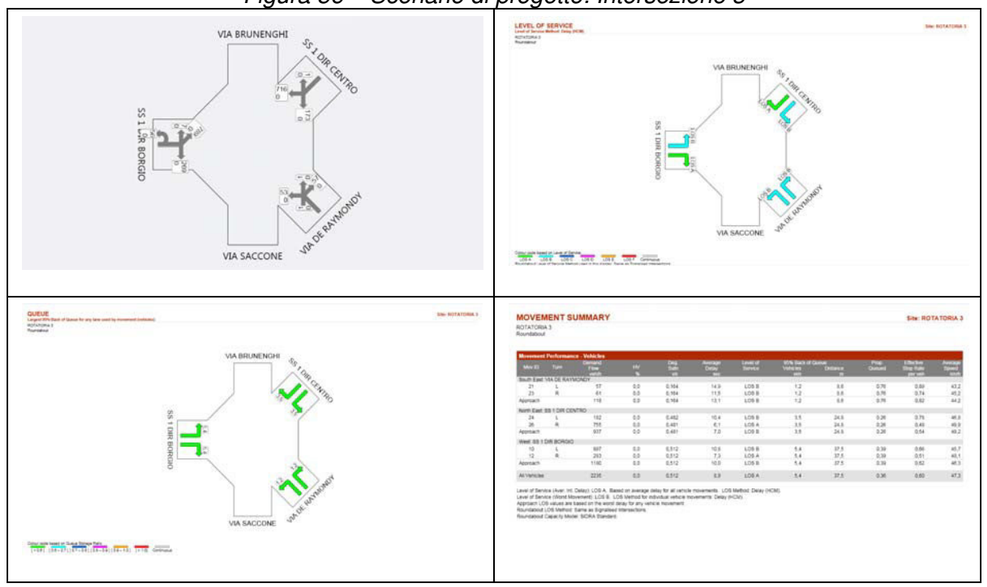
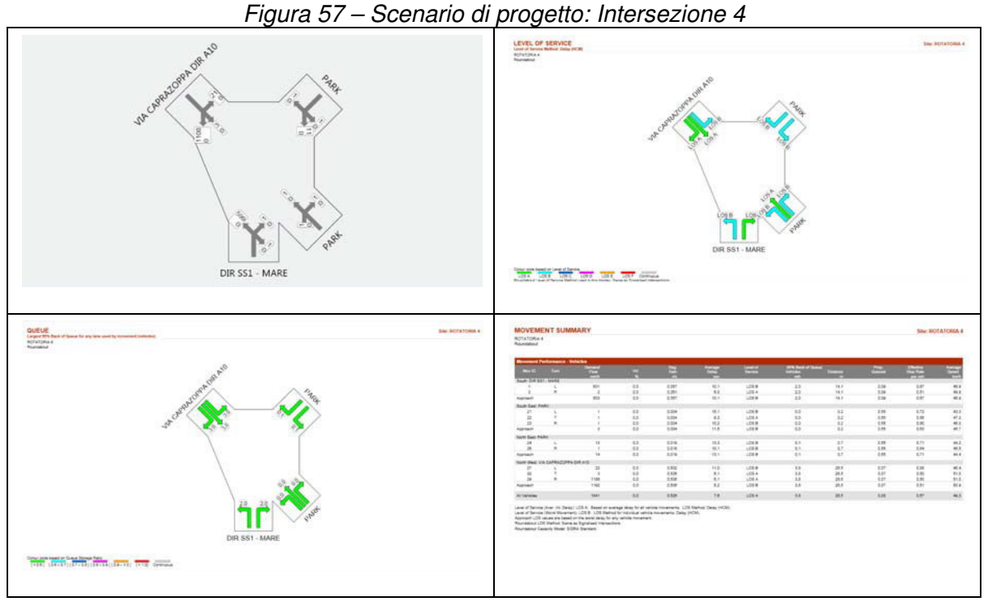


Figura 57 – Scenario di progetto: Intersezione 4

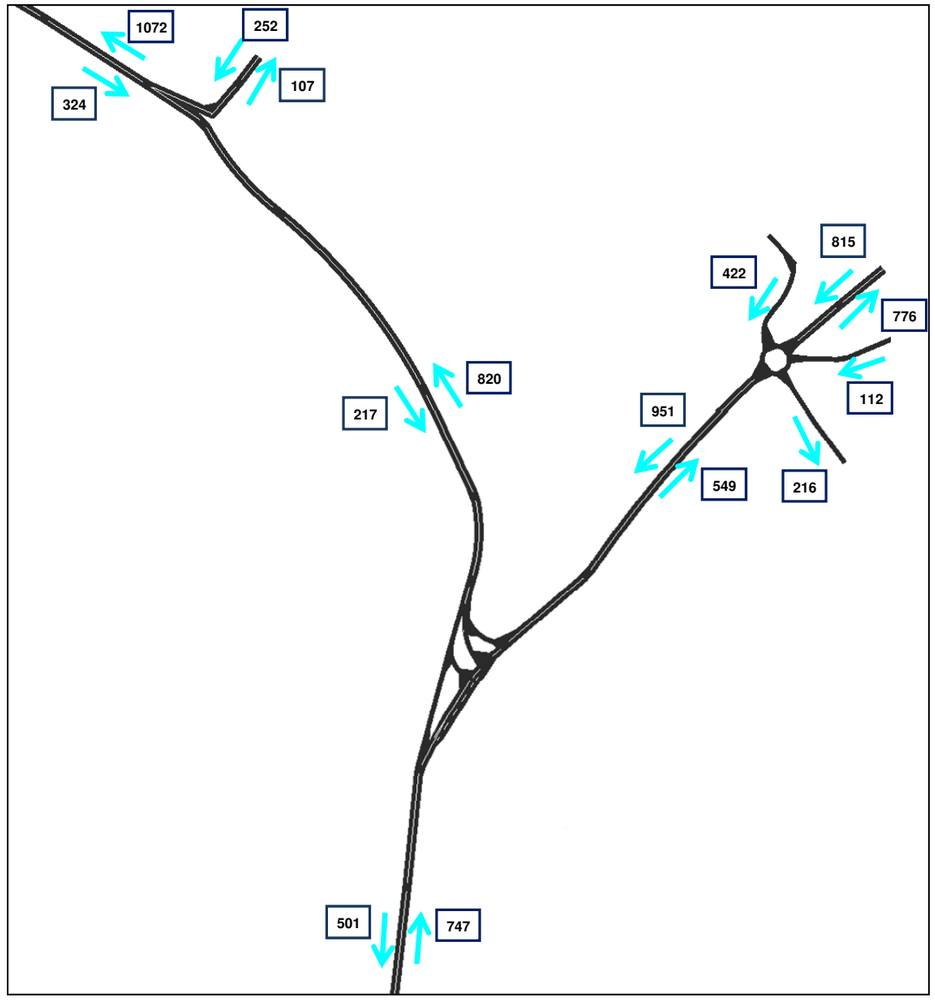


© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

9.5.3 Ora di punta della sera (19 - 20) - Scenario attuale

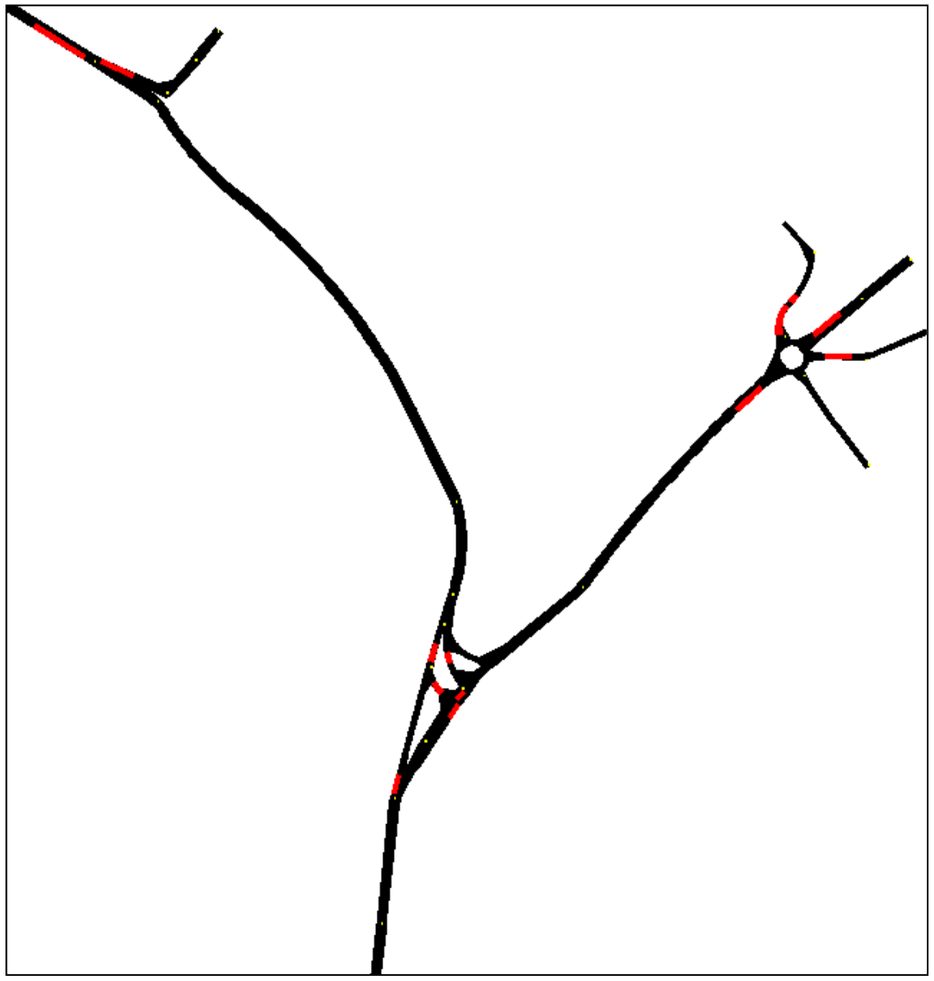
Analogamente a quanto accade durante l'ora di punta della mattina, la simulazione condotta sullo scenario attuale evidenzia la presenza di flussi veicolari in linea con il periodo di analisi (vedi figure successive).

Figura 58 - Scenario attuale: Flussi rilevati



In Figura 59 vengono rappresentate le code massime simulate, che risultano essere in linea con quelle riscontrate durante l'ora di punta mattutina.

Figura 59 - Scenario attuale: Code massime



Anche nel caso in esame tutte le intersezioni garantiscono standard prestazionali soddisfacenti.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Tabella 7 – Scenario attuale: Livelli di servizio e code massime simulate

INTERSEZIONI	***SCENARIO ATTUALE (OdP 19:00 - 20:00)***	
	LOS GLOBALE INTERSEZIONE	***MASSIMA CODA SIMULATA (n° veicoli)***
INTERSEZIONE 1 (SS 140 – via del Sagittario)	B/C[6]	4.2
INTERSEZIONE 2 (SS 140 – SS 1)	B/C[6]	10.3
INTERSEZIONE 3 (rotatoria ferroviaria)	B	4.7

Figura 60 – Scenario attuale: LOS delle intersezioni

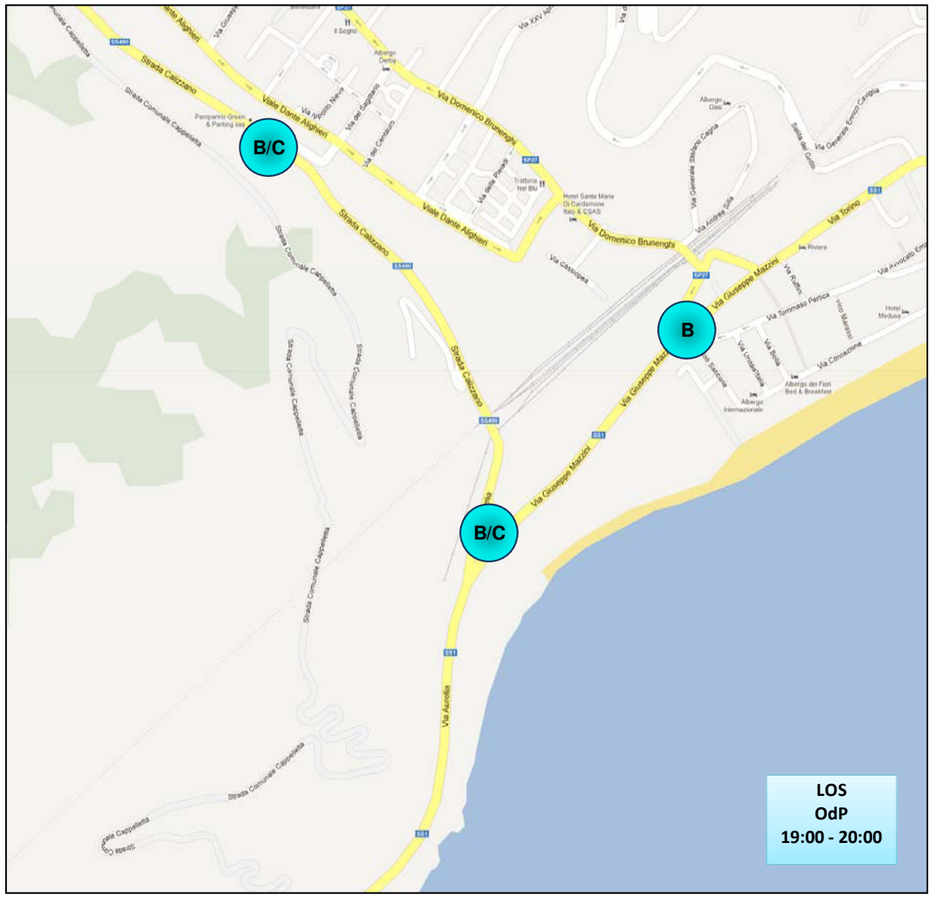


Figura 61 – Scenario attuale: Intersezione 1

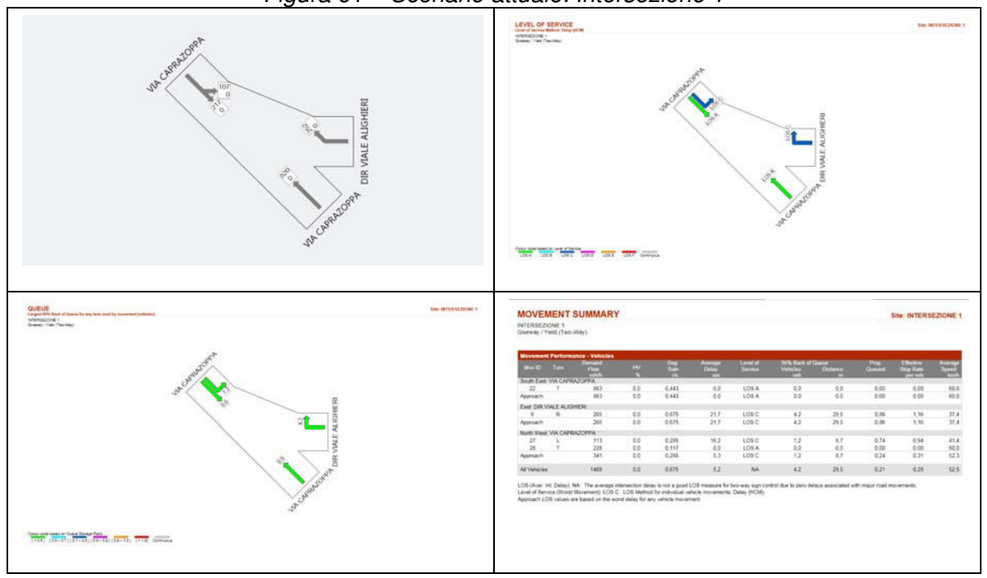
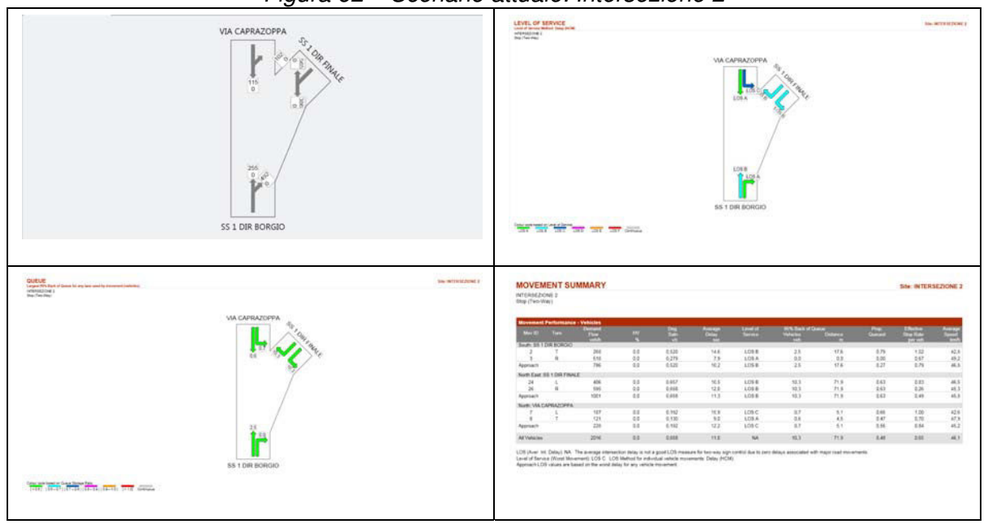


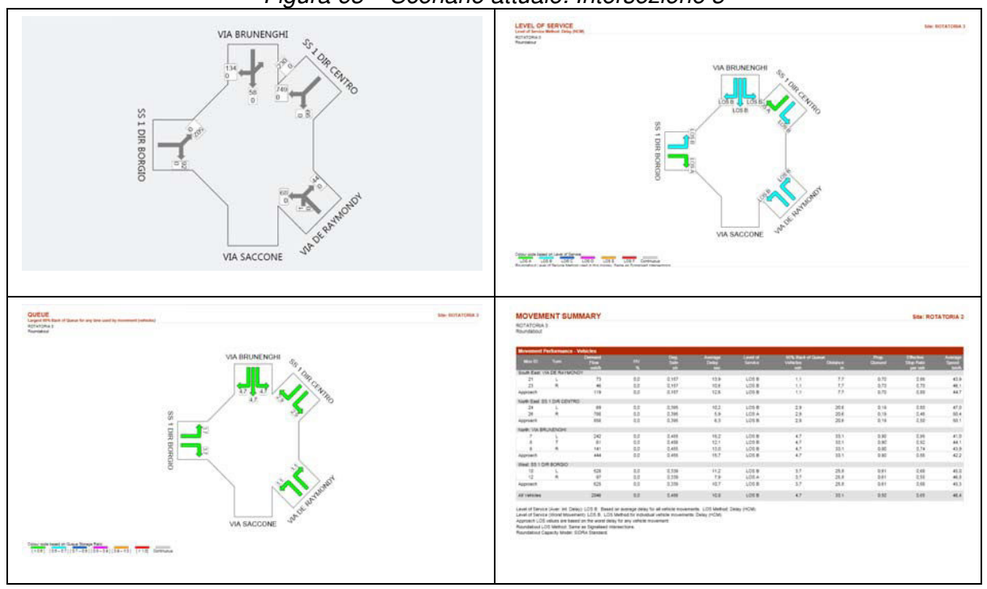
Figura 62 – Scenario attuale: Intersezione 2



[6] LOS poco significativo

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 63 – Scenario attuale: Intersezione 3



9.5.4 Ora di punta della sera (19 - 20) - Scenario di progetto

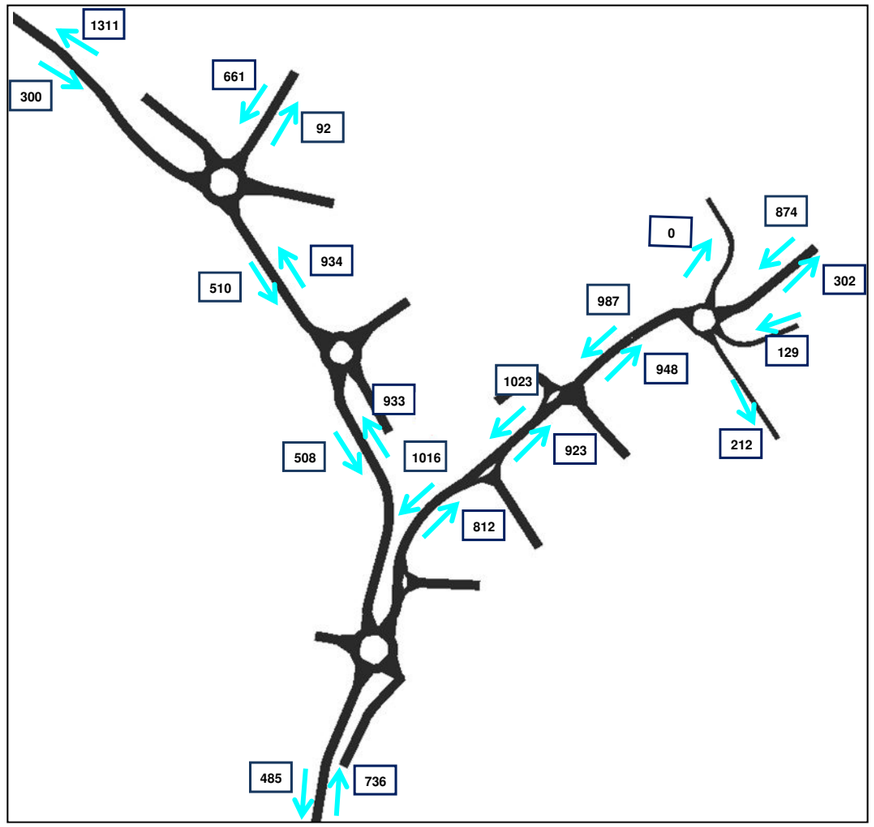
Nella simulazione della sera gli aumenti di flusso veicolare più consistenti si registrano lungo:

- strada Calizzano, nel tratto a nord della nuova rotatoria in direzione sud, che dai 215 veicoli passa a circa 500;
- strada Calizzano, nel tratto a nord della nuova rotatoria in direzione autostrada, che dai 1.072 veicoli passa a circa 1.300;
- Ponte sul torrente Pora, in direzione ovest, che dai 252 veicoli passa a circa 661;
- via Mazzini che dai 594 veicoli passa a circa 940 in direzione est;
- via Mazzini che dai 951 veicoli passa a circa 1.000 in direzione ovest.

Come nel caso precedente, le caratteristiche geometriche delle sezioni stradali maggiormente sollecitate garantiscono un'adeguata fluidità veicolare.

In Figura 65 si può notare come le code massime vengano registrate lungo gli assi caratterizzati da un maggior numero di veicoli, e soltanto nella direzione verso l'autostrada. Tale fenomeno è dovuto alla presenza del numeroso traffico turistico di rientro, diretto verso l'Autostrada dei Fiori.

Figura 64 - Scenario di progetto: Flussi totali simulati



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 65 - Scenario di progetto: Code massime

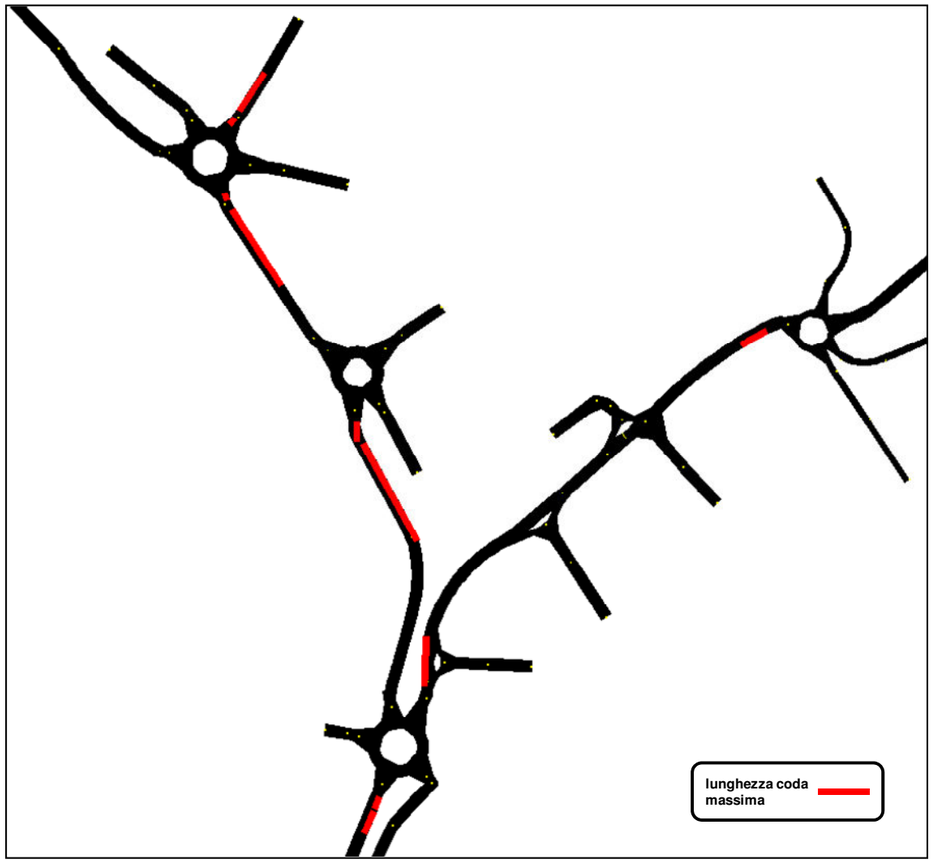


Figura 66 – Scenario di Progetto: LOS delle intersezioni oggetto di analisi

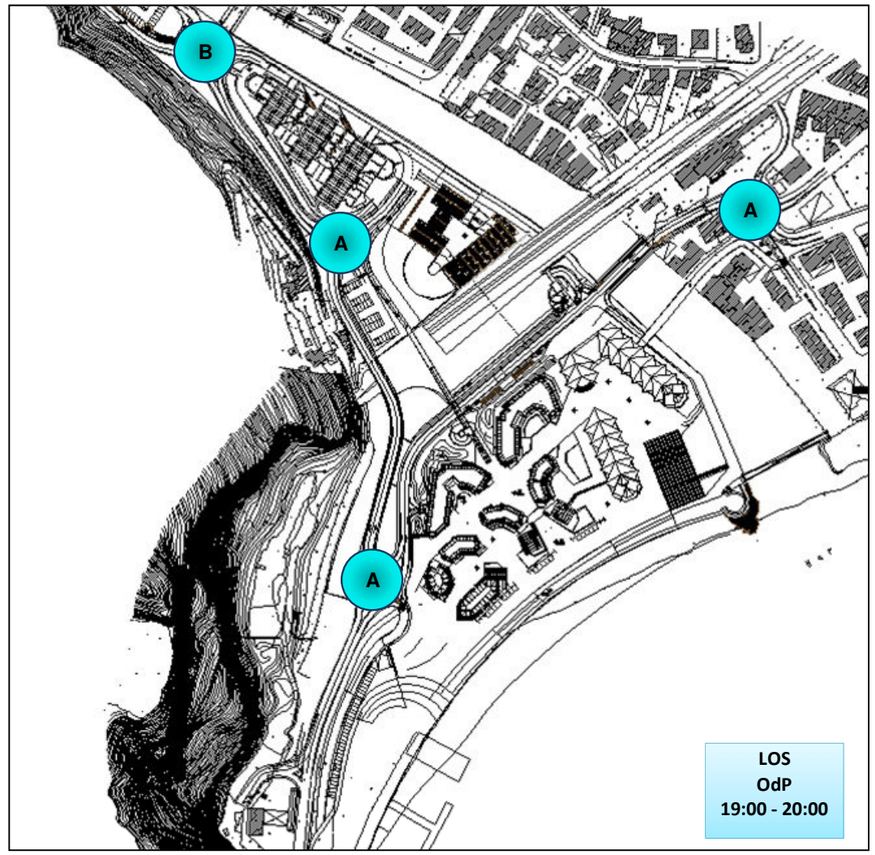


Tabella 8 – Scenario di progetto: Livelli di servizio e code massime simulate

INTERSEZIONI	***SCENARIO DI PROGETTO(OdP 19:00 -20:00)***	
	LOS GLOBALE INTERSEZIONE	***MASSIMA CODA SIMULATA (n° veicoli)***
INTERSEZIONE 1 (SS 140 – via del Sagittario)	B	10.4
INTERSEZIONE 2 (SS 140 – SS 1)	A	7.7
INTERSEZIONE 3 (rotatoria ferroviaria)	A	4.2
INTERSEZIONE 4 (nuova rotatoria SS140)	A	5.6

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 67 – Scenario di progetto: Intersezione 1

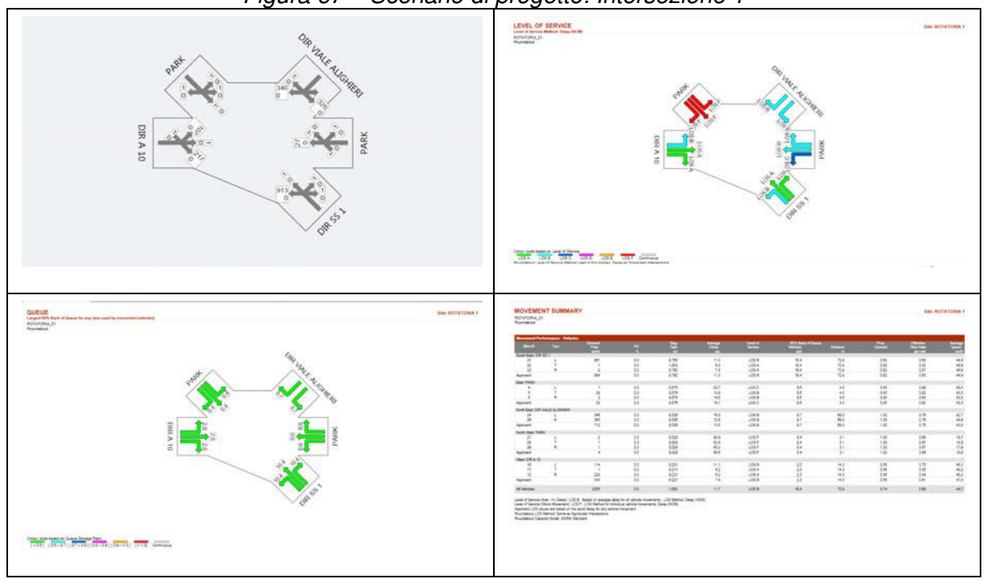


Figura 68 – Scenario di progetto: Intersezione 2

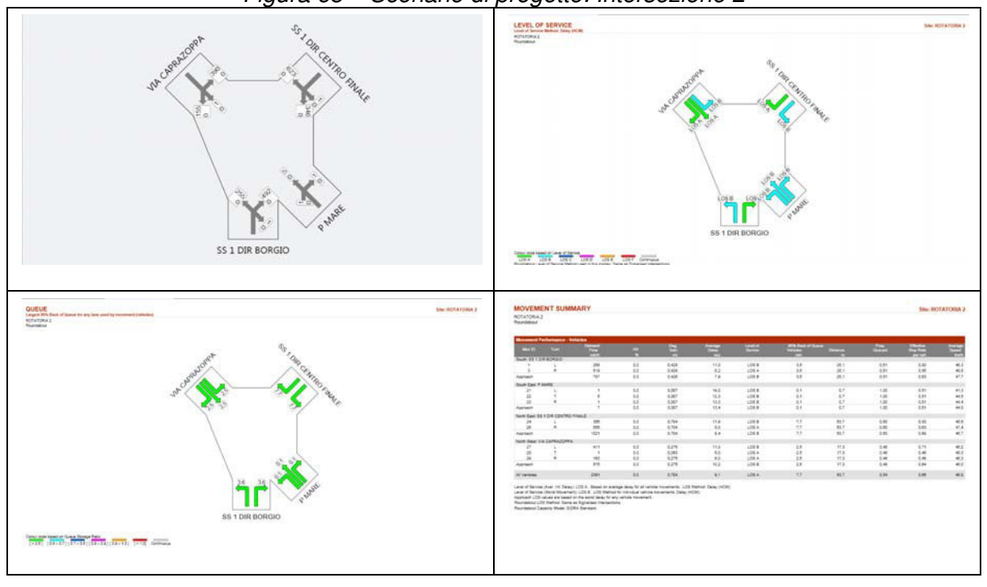


Figura 69 – Scenario di progetto: Intersezione 3

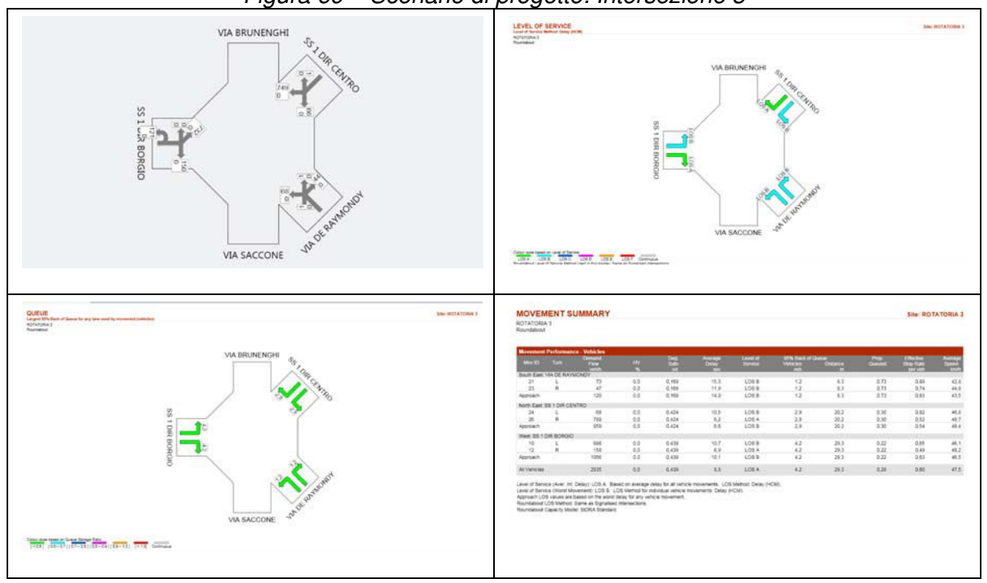
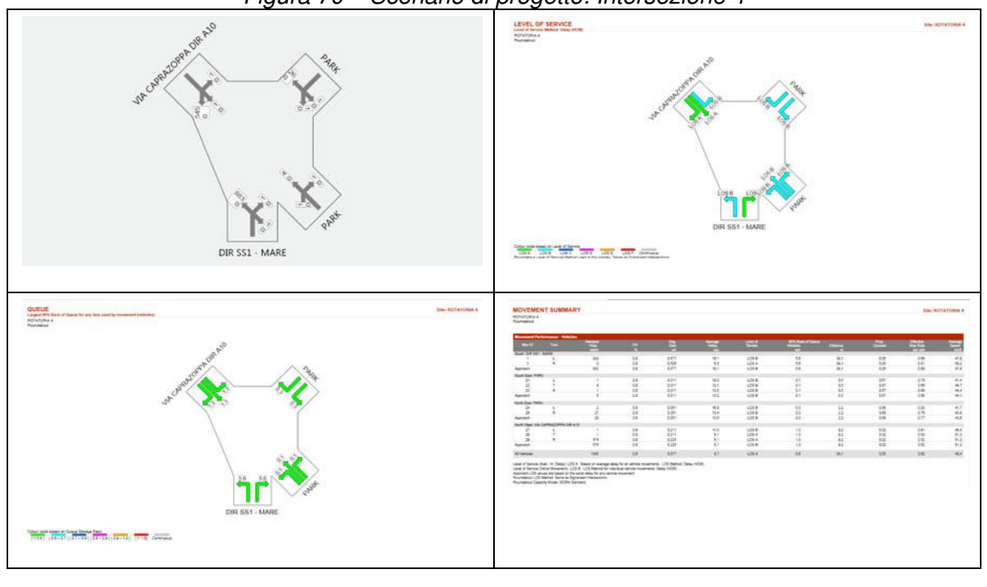


Figura 70 – Scenario di progetto: Intersezione 4



© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

9.6 CONFRONTO TRA GLI SCENARI SIMULATI (STATO ATTUALE / PROGETTO)

Per completare l'analisi dell'intera rete e fornire un confronto più immediato tra gli scenari di analisi, vengono riportati di seguito i diagrammi rappresentativi dell'andamento durante le ore di simulazione di alcuni parametri prestazionali calcolati su tutta la rete. Tali parametri fanno riferimento, per ogni minuto di simulazione, alla velocità media istantanea dei veicoli, ai tempi medi di viaggio e al numero di veicoli contemporaneamente presenti sulla rete.

Inoltre vengono riportati gli istogrammi di confronto delle velocità medie orarie dei due scenari di analisi.

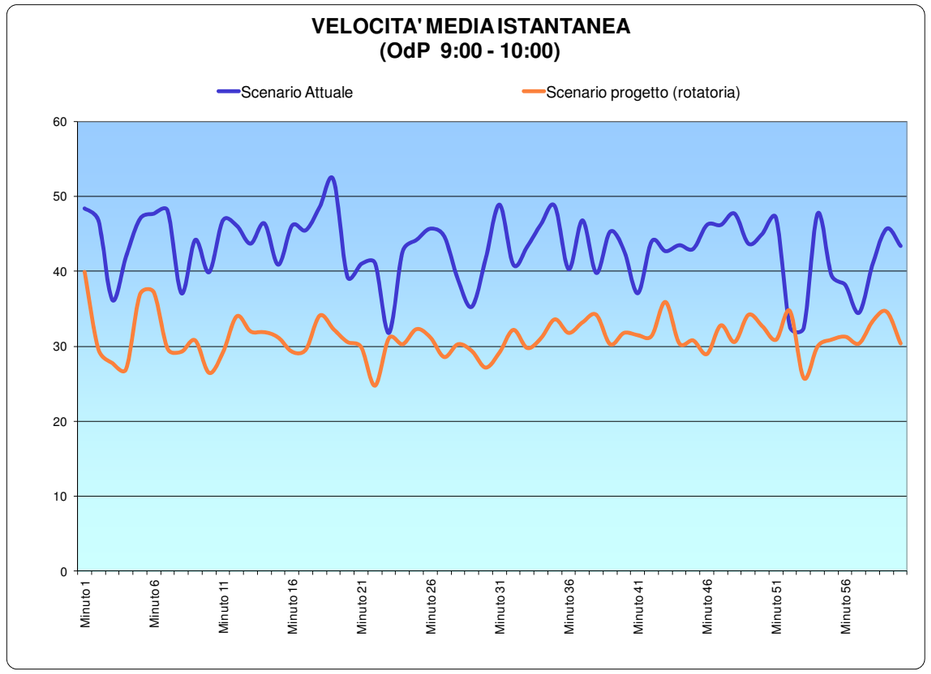
I grafici rappresentati in Figura 71 riportano il confronto tra le velocità medie istantanee di tutti i veicoli presenti sulla rete, ottenuto per ogni minuto di simulazione. Dall'analisi di tale parametro emerge come lo scenario attuale presenti delle velocità maggiori rispetto alle scenario di progetto. Nonostante il rallentamento globale registrato, sia nell'ora di punta della mattina che della sera, si può comunque affermare che i flussi indotti dal nuovo insediamento non producono rallentamenti degni di nota.

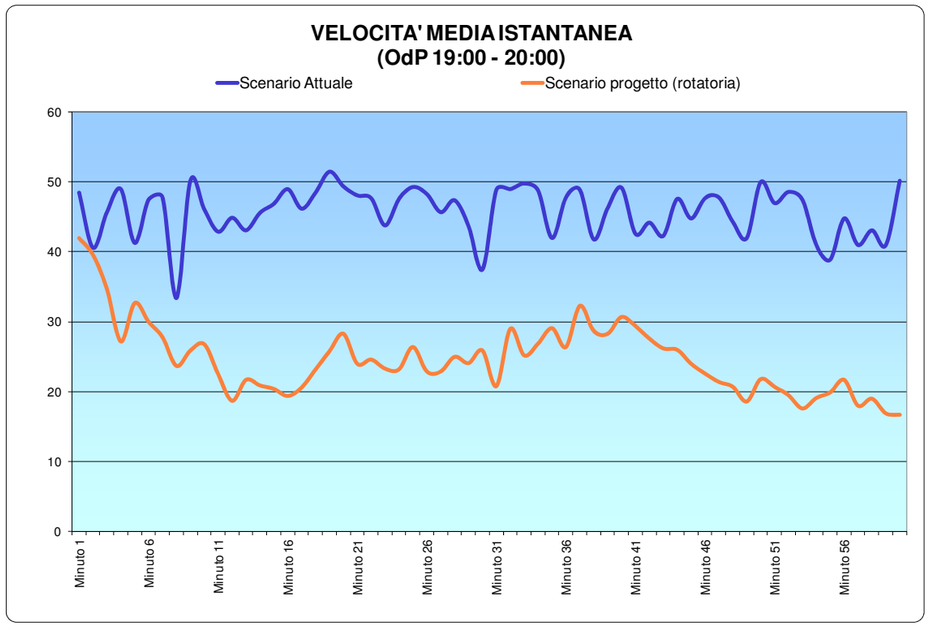
In Figura 72 si riportano i confronti dei tempi medi di viaggio durante le due ore di punta simulate. Si noti, anche in questo caso, come i tempi di viaggio abbiano in entrambi i casi un andamento simile; i tempi medi di viaggio nello scenario di progetto aumentano in relazione all'aumento del flusso veicolare all'interno della rete.

I diagrammi relativi all'andamento del numero di veicoli presenti sulla rete di Figura 73 denotano per gli scenari di progetto una maggior persistenza dei veicoli sulla rete, sintomo di una maggiore densità veicolare e della presenza di alcuni rallentamenti: tale fenomeno è la diretta conseguenza dell'aumento del flusso veicolare.

Infine, la Figura 74 rappresenta i confronti tra le velocità medie orarie calcolate al termine delle simulazioni: si può notare un calo delle velocità negli scenari di progetto, dovuto non solo all'incremento del traffico sull'intera rete, ma anche alle variazioni infrastrutturali previste, in particolar modo alla presenza delle tre rotatorie a breve distanza tra loro lungo strada Calizzano.

Figura 71- Velocità medie istantanee, grafici di confronto tra gli scenari





© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 72 - Tempi medi di viaggio, grafici di confronto tra gli scenari

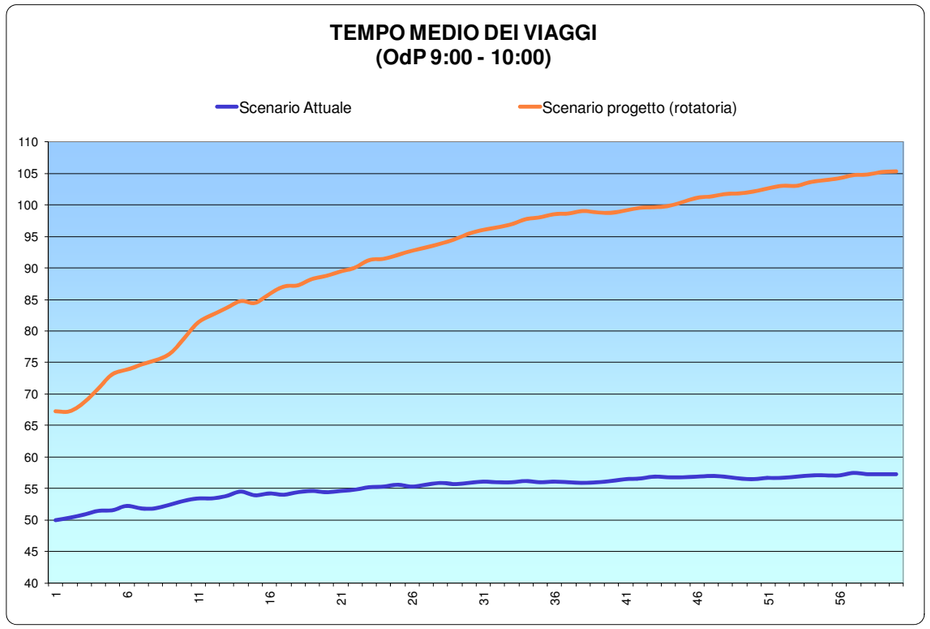
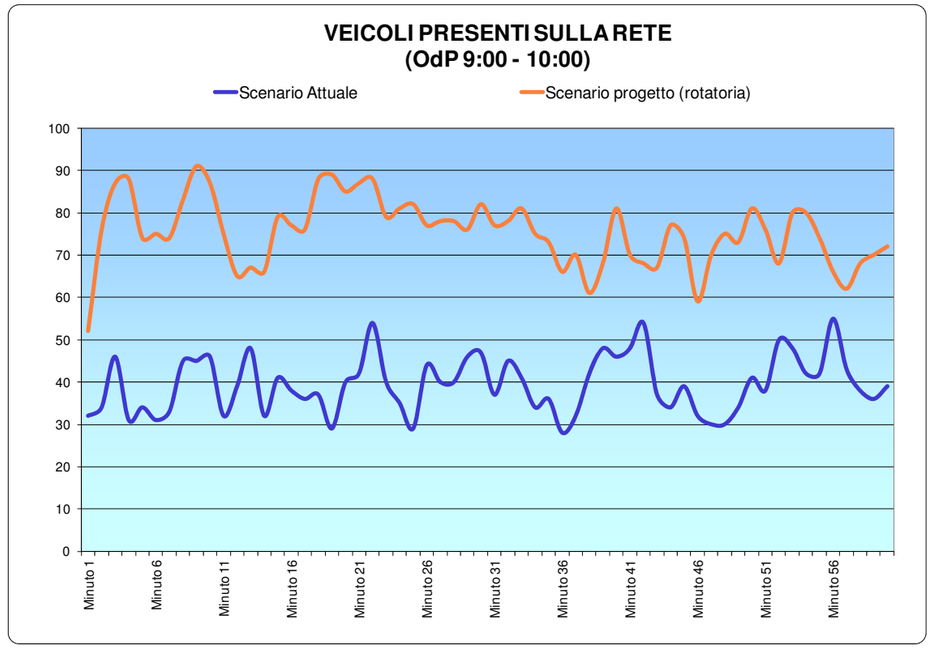
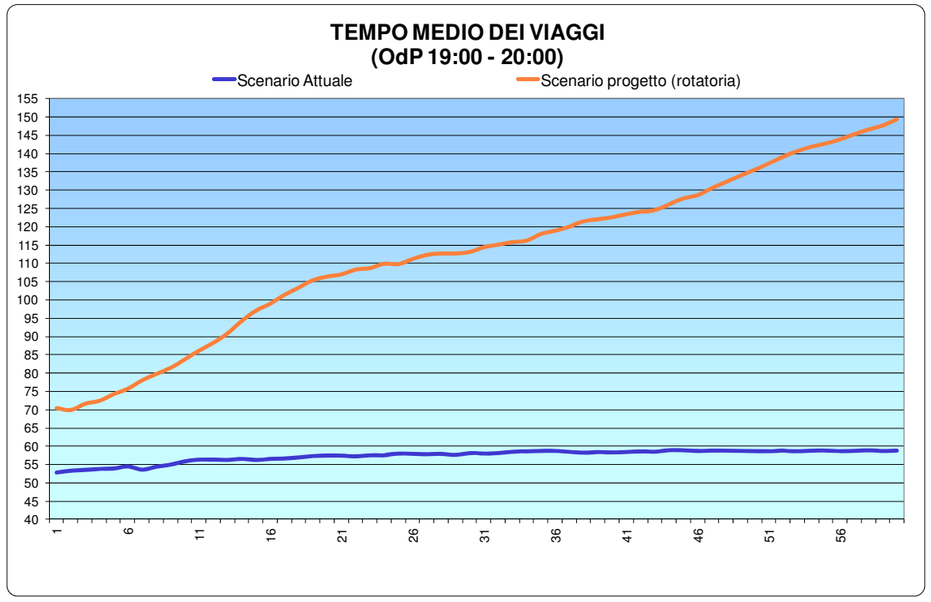
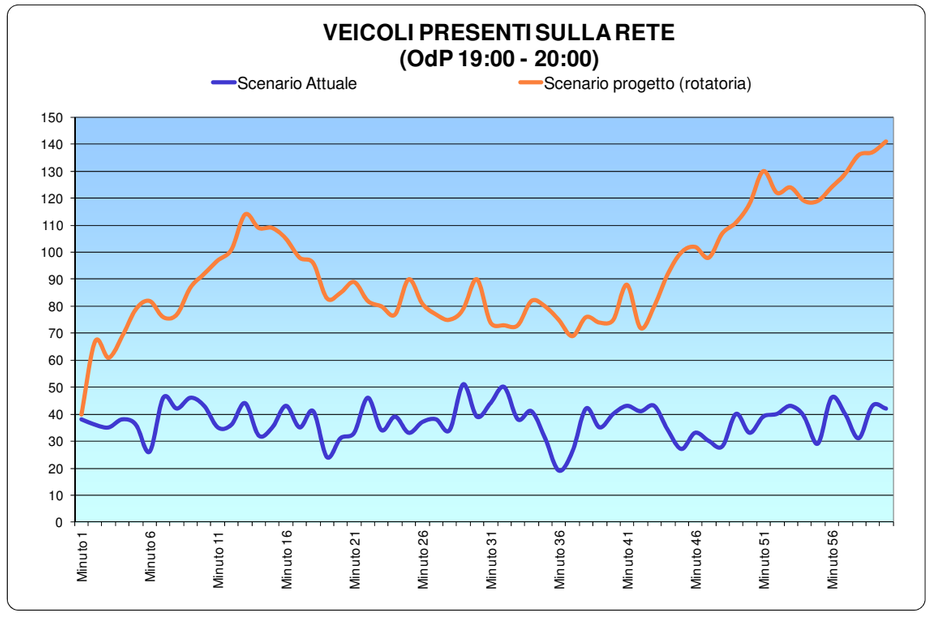


Figura 73 - Veicoli presenti sulla rete, grafici di confronto tra gli scenari

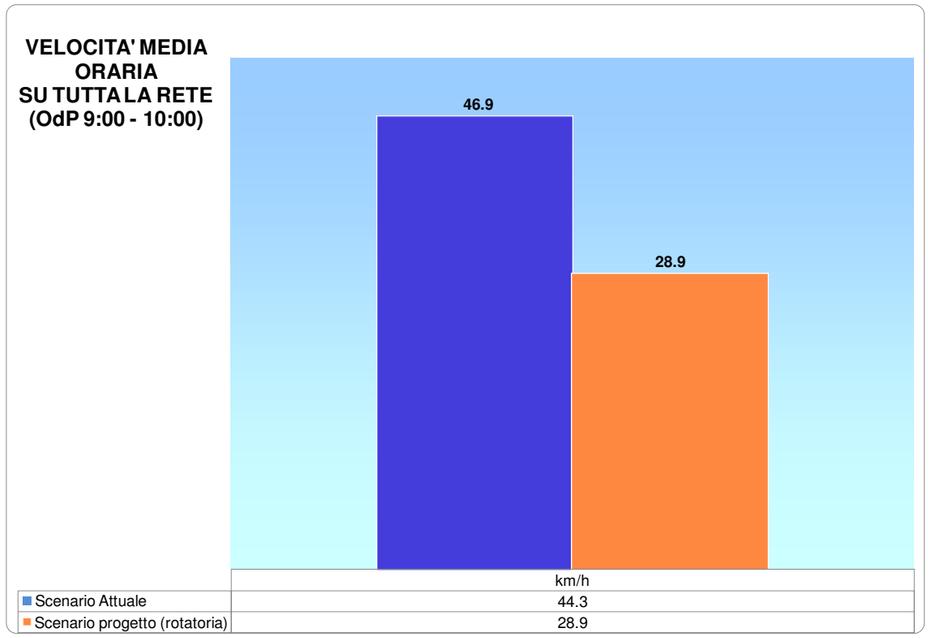


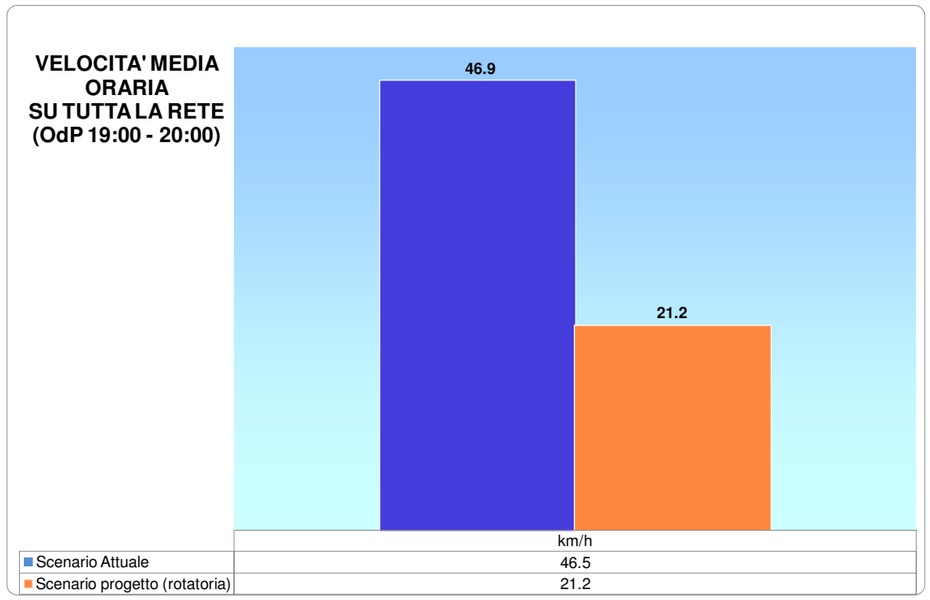




© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

Figura 74 - Velocità media nell'ora, grafico di confronto tra gli scenari





10 CONCLUSIONI

Il presente studio ha valutato l'impatto sulla viabilità generato dalla realizzazione di nuovi insediamenti previsti all'interno dell'Area Piaggio, a seguito della proposta di riqualificazione di tale area industriale.

Le simulazioni condotte con il micro-simulatore dinamico di traffico hanno evidenziato come, pur analizzando condizioni di traffico relative alle ore di massima punta stagionale (weekend di Luglio), l'incremento di traffico indotto dai nuovi insediamenti in progetto risulta compatibile con la viabilità prevista e le nuove infrastrutture in progetto.

Come ampiamente descritto in relazione, nello scenario di progetto la circolazione veicolare in ingresso ed uscita dalle aree di sosta risulta scorrevole, anche grazie ad un attento studio finalizzato a limitare il più possibile le interferenze con la circolazione ordinaria.

Tutto ciò premesso, si può evidenziare come la presenza delle nuove rotatorie generi l'insorgenza di alcuni rallentamenti ed accodamenti sulla S.S. 490, soprattutto in direzione del casello autostradale alla domenica sera. Dal punto di vista geometrico sarebbe possibile individuare alcuni accorgimenti progettuali nel disegno delle intersezioni volte a fluidificare ulteriormente la circolazione e ridurre le criticità evidenziate.

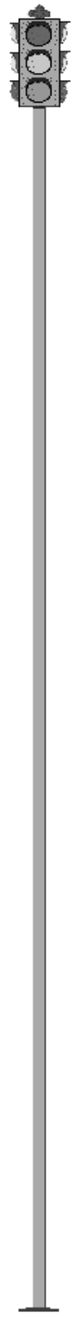
In particolare potrebbe essere utile introdurre uno sfiocco di svolta a destra dedicata agli utenti provenienti da via Mazzini e diretti vero la S.S. 490 in direzione nord e creare un allargamento del ramo di S.S. 490 in immissione sulla rotatoria localizzata in corrispondenza del nuovo ponte sul torrente Pora al fine di recuperare due corsie di affiancamento.

Inoltre, l'eliminazione della rotatoria localizzata lungo la S.S. 490 a servizio dei veicoli in ingresso/uscita dalle aree di sosta PK1 e PK 3, peraltro non compatibile con la normativa vigente, potrebbe apportare un ulteriore miglioramento alla situazione simulata.

Tali interventi infrastrutturali migliorativi sono in fase di studio sia dal punto di vista geometrico che funzionale; i risultati di tali valutazioni verranno presentate in una prossima integrazione.

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati

11 COPYRIGHT, DIRITTI D'AUTORE, CONDIZIONI D'USO E RESPONSABILITÀ



T.T.A. ha elaborato il presente documento per conto di Finalmare S.p.A. (Committente). Il contenuto rispecchia le opinioni ed i giudizi di T.T.A. tenendo conto delle informazioni disponibili durante la preparazione del documento.

Il presente documento e tutti gli eventuali allegati, elaborati e disegni prodotti da T.T.A. (in seguito per brevità indicati come elaborati) contengono informazioni, metodologie di calcolo, algoritmi e procedure di esclusiva proprietà della T.T.A.; essi costituiscono patrimonio intellettuale prezioso e riservato, sono pertanto protetti da Diritto d'autore (Copyright) sulla base della legge italiana n. 633/1941 e s.m., delle Direttive Comunitarie europee e del Diritto Internazionale.

Come protezione reciproca dei nostri clienti, di T.T.A. e di terzi, tutti gli elaborati prodotti sono presentati ad uso esclusivo e riservato del nostro Committente, per lo specifico progetto a cui fanno riferimento e per le finalità per cui è stato predisposto.

Gli elaborati di T.T.A., sia su supporto fisico che in digitale, non possono essere riprodotti, duplicati o copiati, neppure parzialmente, né possono essere trasmessi a terzi o divulgati senza l'espressa autorizzazione scritta di un responsabile di T.T.A..

Qualsiasi modifica e/o utilizzo del materiale prodotto da T.T.A. in disegni, piani, programmi, in qualsiasi forma di pubblicazione, nei media elettronici, siti web, ed altri canali è riservato e deve essere soggetto all'approvazione scritta da parte di un responsabile di T.T.A..

Gli elaborati di T.T.A. rispondono alle regole riportate nel manuale della qualità adottato in accordo con lo Standard ISO 9001:2008; in particolare, sono da considerare ufficiali i soli documenti che riportano il timbro della T.T.A. e la firma di un responsabile. Una copia originale degli elaborati sarà custodita presso gli uffici di T.T.A. e costituirà la versione ufficiale, con precedenza sulle eventuali copie elettroniche del documento o su qualsiasi estratto.

Qualsiasi uso che una terza parte potrebbe fare degli elaborati prodotti da T.T.A. od il loro uso come supporto alle decisioni implica la responsabilità di tale terza parte. La T.T.A. non assume alcuna responsabilità per qualsiasi tipo di danno subito da terzi in conseguenza a decisioni o azioni prese in base a questo documento.

Tutte le simulazioni di traffico del presente studio sono state effettuate con il modello di micro-simulazione ***Quadstone Paramics***[7] *della Quadstone Limited - Edinburgh (UK).*

Il modello di micro-simulazione implementato è disponibile presso gli uffici di Torino della T.T.A., che si rende disponibile a esibirlo in qualsiasi momento su richiesta degli Enti competenti.

[7] www.paramics.it

© Copyright T.T.A. - tutti i diritti riservati