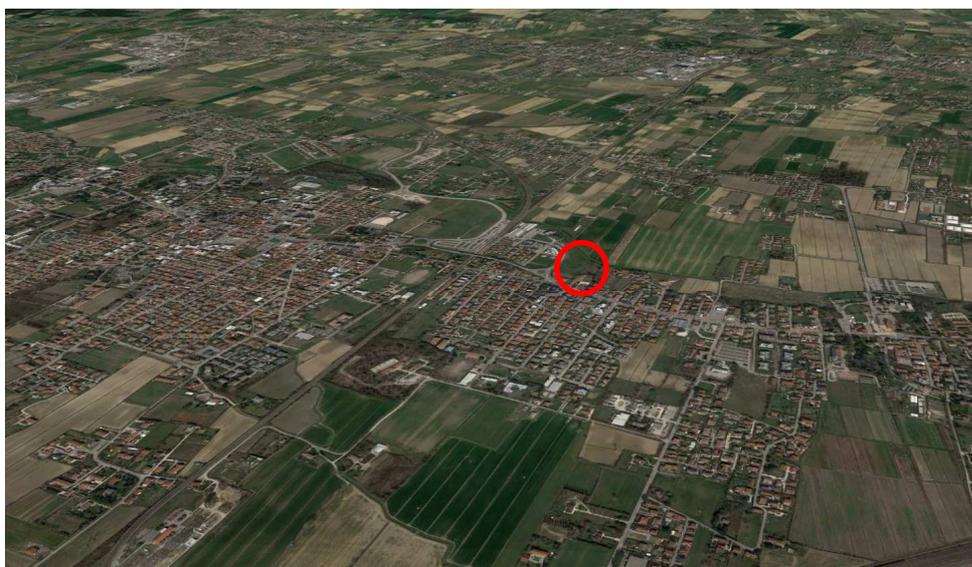


**Provincia di VENEZIA
Comune di Spinea**

Committente:
Berro & Sartori Ingegneria s.r.l.
Via Roma, 130 - 30030 PIANIGA VE



**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
P.U.A. DI DETTAGLIO "AP/11 - PIANO NORMA 29".
ZONA SITUATA TRA VIA ROMA E VIA PALLADIO A SPINEA (VE).
IMPATTO SULLA VIABILITA'**

RELAZIONE

Settembre 2018



Prof. Ing. Marco Pasetto

Via Curtatone e Montanara, 3 – 35141 PADOVA
tel./fax : 049/8711835 – Email: studiopasetto@tin.it

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA - P.U.A. DI DETTAGLIO
"AP/11 - PIANO NORMA 29". ZONA SITUATA TRA VIA ROMA E VIA PALLADIO A
SPINEA (VE). IMPATTO SULLA VIABILITA'.**

RELAZIONE

INDICE

INDICE	2
1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
1.1 Descrizione delle opere	3
1.2 Aspetti viabilistici correlati con l'intervento	6
2 LA RETE VIARIA	7
2.1 Inquadramento generale della rete viaria attuale	7
2.2 Inquadramento della grande viabilità (rete primaria/principale)	8
2.3 Inquadramento della rete viaria secondaria/locale	9
3 FLUSSI DI TRAFFICO	10
3.1 Monitoraggio dello stato di fatto	10
3.2 Ipotesi dello stato di progetto	12
4 ELEMENTI TEORICI DI TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE	12
4.1 Definizioni	12
4.2 Capacità di una strada	14
4.3 I Livelli di servizio	15
4.4 Valutazione dei Livelli di servizio	16
4.5 Funzionalità delle rotatorie	17
5 CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO NELLA RETE MEDIANTE MODELLO DI MICROSIMULAZIONE	17
5.1 La microsimulazione dinamica: generalità	17
5.2 Definizione di scenari, zone, matrici O/D	23
5.3 Risultati della microsimulazione	28
6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	32
APPENDICE: MICROSIMULAZIONE DINAMICA DEL TRAFFICO	33

ALLEGATO: FLUSSI DI TRAFFICO

1. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

1.1. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'intervento si sostanzia nell'attuazione del P.U.A. di dettaglio "AP/11 - Piano Norma 29" in un'area ricompresa fra Via Palladio e Via Roma (S.P. n. 32) in località Graspò d'Uva in Comune di Spinea (VE), mediante la realizzazione di due nuovi fabbricati a nord della preesistente "Barchessa di Villa Pusterla".

Verso nord sarà costruito il cosiddetto Edificio A, costituito da:

- unità A.1, media struttura di vendita alimentare (Supermercato In'S), per una superficie netta di vendita di 800 m²;
- unità A.2, a possibile destinazione commerciale o direzionale che, con l'Unità A.1, darà luogo a una Superficie lorda dell'immobile di 1.723 m².

A sud sarà insediato un edificio McDonald's / McDrive, con superficie lorda dell'immobile di 445 m² ed una Superficie netta della sala ristorante di 150 m².

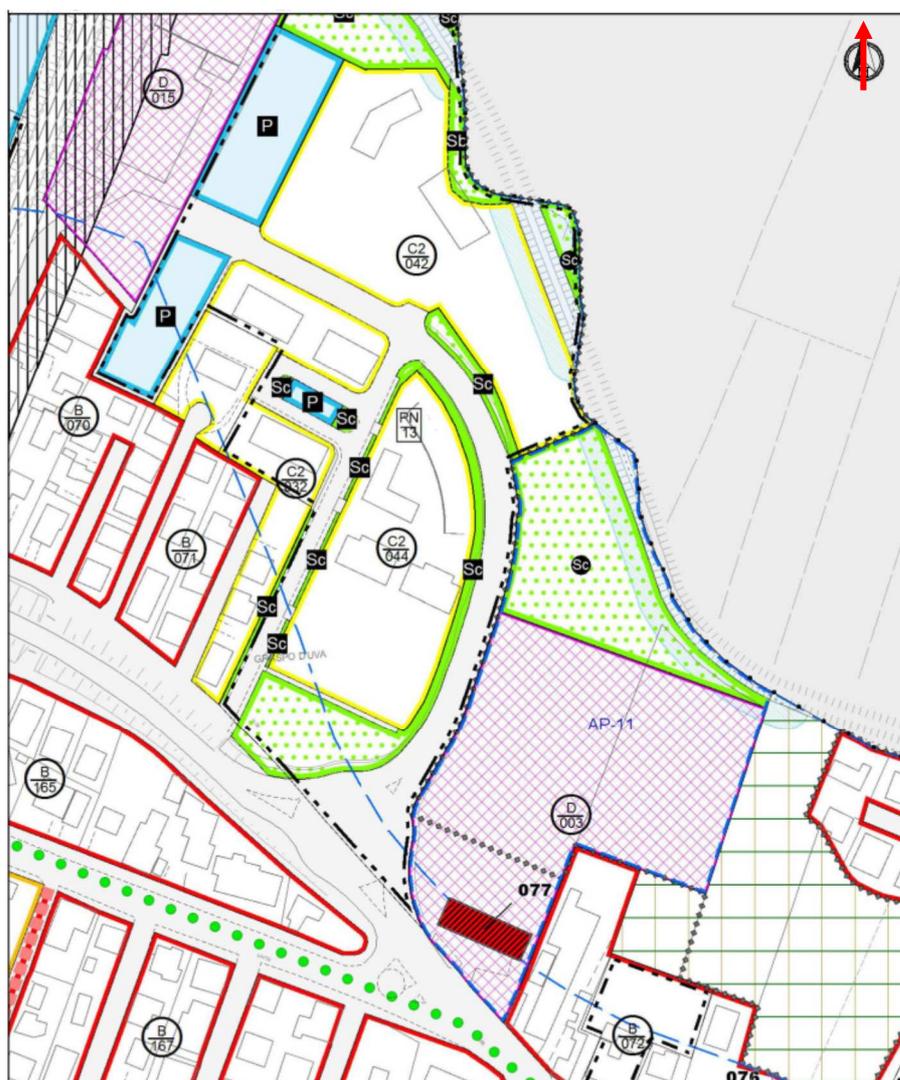


Localizzazione dell'intervento.

L'intervento si colloca ad est del centro abitato del capoluogo comunale, lungo la direttrice che salda Spinea con Venezia-Chirignago e Mestre/Marghera, ad est di Via Palladio. L'ambito costituisce

un nucleo di espansione del centro urbano, per la sua posizione intermedia tra le zone residenziali di recente costruzione della città di Spinea e il suo tessuto urbano consolidato. La posizione determina, inoltre, una linea progettuale favorevole a mettere in relazione i servizi e fabbricati esistenti con un sistema a circolazione leggera ciclo/pedonale.

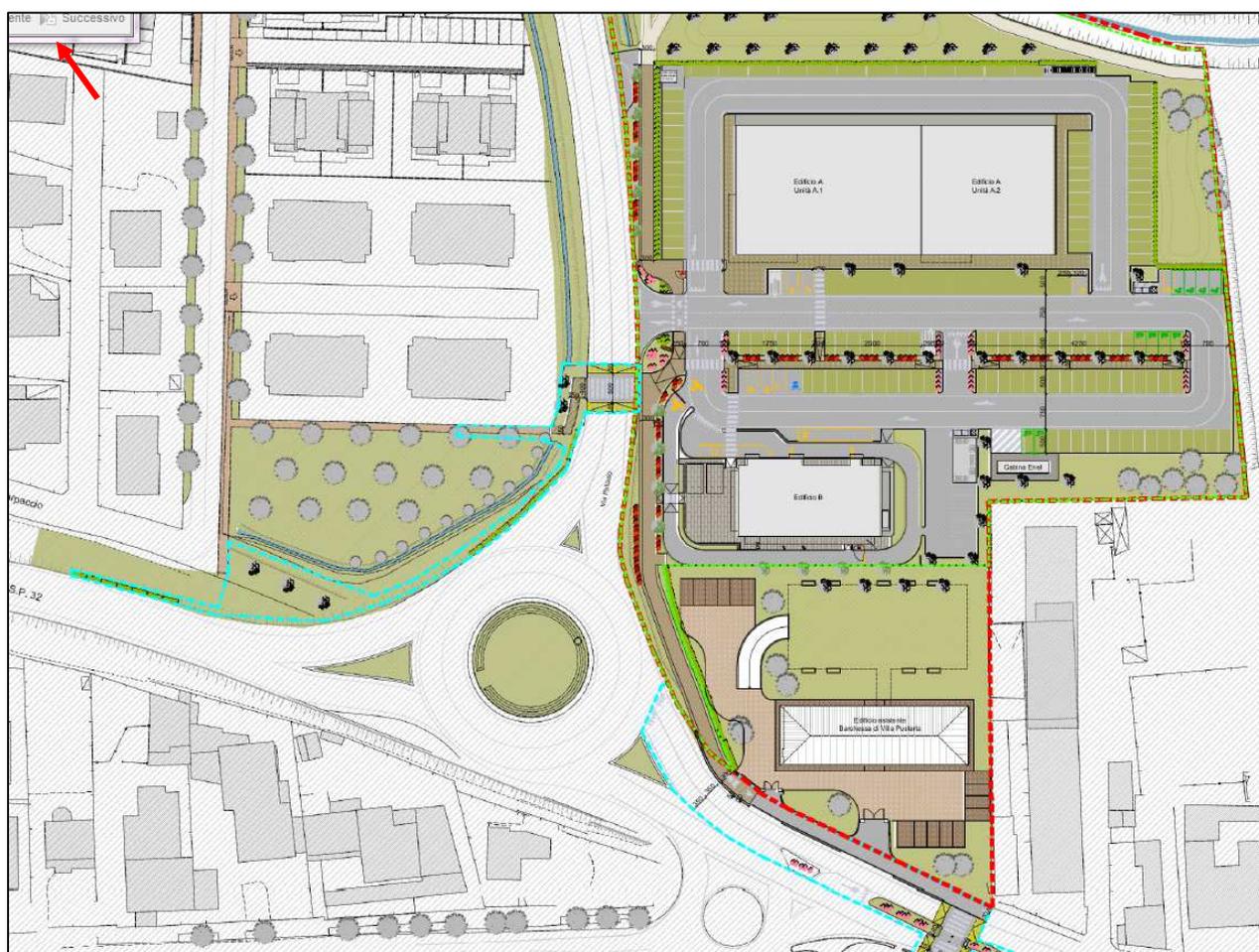
Come introdotto, l'intervento si pone come "cerniera" tra il consolidato tessuto urbano cresciuto ai margini della S.P. n. 32 (Via Roma) e una nuova area residenziale che si è sviluppata lungo l'asse di Via Palladio/Via Carpaccio (PN 13), connettendo il tessuto urbano di nuova espansione con la città di Spinea e ponendo come fulcro di questo collegamento la "Barchessa di Villa Pusterla", già oggetto nel passato di un intervento di ripristino tipologico ed attualmente sede di attività commerciali di carattere locale e di vicinato (cfr. *Relazione illustrativa generale* del Piano, elaborato RG).



Estratto dal Piano degli Interventi del Comune di Spinea.

L'area in esame (catastralmente inquadrata nel Foglio 9 C.T. del Comune di Spinea), sulla quale insiste il vincolo paesaggistico dettato dal Rio Cimetto, è incolta da numerosi anni ed è interclusa tra Via Palladio, realizzata dalla Regione Veneto in quanto strada di accesso alla stazione

della linea S.F.M.R.-Sistema Ferroviario Metropolitan Regionale poi ceduta al Comune di Spinea, la lottizzazione residenziale sviluppatasi nel suo intorno, Rio Cimetto e l'ambito pertinenziale della Barchessa di Villa Pusterla, prospiciente Via Roma. L'area ricade all'interno di un vincolo ambientale ai sensi dell'art. 142 lett. c) del D.Lgs. n. 42/2004, come "area di interesse paesaggistico", rientrando parzialmente nei 150 metri dalla sponda del Rio. Nel complesso, ai sensi della Variante Generale al Piano degli Interventi (adottata il 28/07/2017 e approvata con Deliberazione del Consiglio comunale n. 8 del 06/04/2018), l'area si colloca in Z.T.O. D/003 – AP11 (area a destinazione d'uso: attività artigianali di produzione, industrie, terziario diffuso).



Planimetria generale, Estratto d'uso del suolo (elaborato U07 PUA).

La programmazione urbanistica territoriale, antecedente la nuova Variante Generale al Piano degli Interventi, individuava l'area del "Progetto Norma 29" come area D1 "parti di territorio destinate a strutture ricettive alberghiere di cui alla L.R. n. 24/1988 e ss.mm.ii, mediante la ricomposizione urbanistica di insediamenti esistenti ovvero di nuova formazione". Essendo l'area in esame una realtà agricola compromessa dallo sviluppo residenziale del territorio limitrofo e dalla recente localizzazione della stazione S.F.M.R., avulsa dal contesto urbano e per di più non in linea con la destinazione prevista nelle previsioni urbanistiche precedenti ("Zona non compatibile con il PAT"),

la Proprietà ha proposto alla Pubblica Amministrazione di addivenire alla sottoscrizione di un accordo di co-pianificazione ex art. 6 della Legge Regionale 23 aprile 2004, n. 11. A seguito dell'accordo, l'area oggetto di intervento è stata ricalibrata, prevedendo al suo interno:

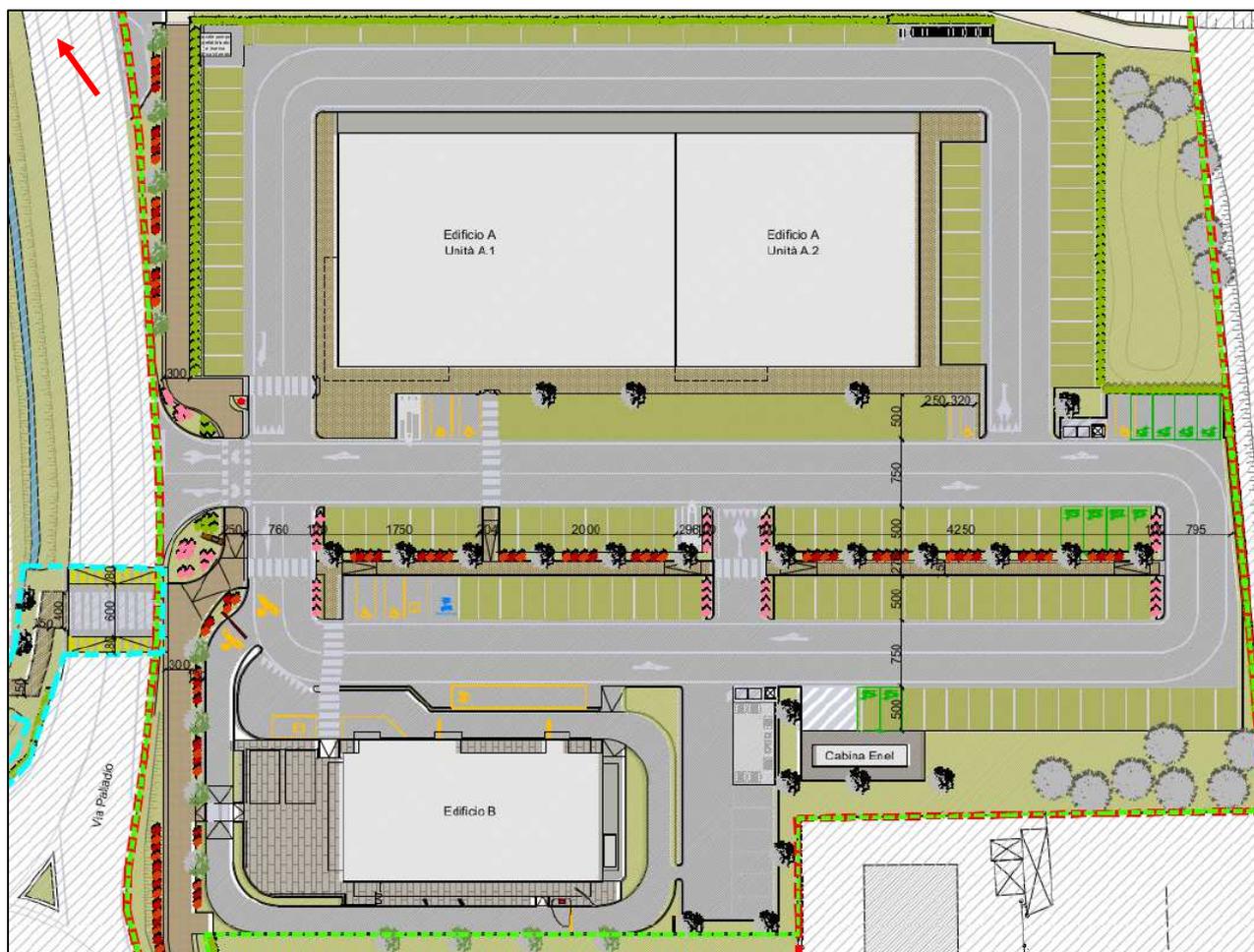
- a. la realizzazione di una minore volumetria edificata rispetto a quella prevista dal precedente strumento urbanistico;
- b. la realizzazione di opere di urbanizzazione, standard e viabilità necessari a completare l'infrastrutturazione dell'area per connettere l'intervento proposto al contesto territoriale di riferimento;
- c. la realizzazione di collegamenti ciclo pedonali e altre dotazioni patrimoniali da acquisire al patrimonio Comunale (Opere extra Piano) da realizzarsi in buona parte fuori dall'ambito del "Progetto Norma 29", dirette a riqualificare l'area urbana adiacente anche con opere a tutela delle utenze deboli, accentuare la valorizzazione del patrimonio storico-edilizio esistente, contestualizzare l'opera rispetto alla situazione urbana di località Graspò d'Uva, individuare un corridoio ecologico ciclabile-pedonale lungo l'argine del Cimetto;
- d. l'acquisizione al demanio comunale di una superficie sulla quale sono stati realizzati i collegamenti ciclo-pedonali necessari a collegare il vicino Progetto Norma 13 (residenziale) al contesto urbano sviluppato lungo via Roma, e al contempo collegare quest'ultimo all'area di nuova urbanizzazione, dalla quale si ha accesso anche alla stazione ferroviaria S.F.M.R.

L'area oggetto di intervento, si innesta all'interno dell'edificato esistente andando a colmare una mancanza in termini di creazione di percorsi protetti, di spazi per il tempo libero (parco urbano) e di attività commerciali a servizio della destinazione residenziale. Un ulteriore elemento relazionale dalle potenzialità di connessione diretta tra gli ambiti è costituito dal Rio Cimetto che segue e congiunge gli spazi verdi dell'area di intervento al verde esistente nella lottizzazione residenziale adiacente.

1.2. ASPETTI VIABILISTICI CORRELATI CON L'INTERVENTO

L'area di progetto è servita da una strada comunale (Via Palladio), che costituisce collegamento fra la Strada Provinciale n. 32 (Via Roma) e la stazione S.F.M.R. di recente realizzazione, nonché il vicino quartiere residenziale. Su Via Palladio si innesterà la nuova viabilità a servizio dell'area, composta da un anello centrale bidirezionale e da due anelli laterali, a nord e sud, a servizio dei due edifici.

L'anello centrale funge, oltre che da infrastruttura per lo smistamento dei flussi fra i fabbricati dell'area, da strada di servizio per la manovra da/per i parcheggi collocati al suo interno ed esterno. L'anello nord è parimenti perimetrato da stalli di sosta, mentre l'anello sud, destinato al McDrive, serve solo per la circolazione dei veicoli diretti al drive in.



Dettaglio della viabilità pertinenziale: strada di accesso, corsie di manovra, stalli (elaborato U07 PUA).

Gli stalli complessivamente previsti sono: 64 nell'isola centrale, 17 a sud, 59 a nord, comprensivi di posti riservati a categorie tutelate (es. disabili) ed addetti delle strutture.

La viabilità interna all'ambito si connette con Via Palladio mediante intersezione lineare a raso del tipo "a T" (a tre rami), mentre la strada comunale si innesta su Via Roma mediante rotatoria. La distanza fra rotatoria ed ingresso all'ambito P.U.A. (circa 50 m) garantisce la mancanza di interferenze fra mobilità da/per i due fabbricati di progetto e la rete viaria principale esterna.

2. LA RETE VIARIA

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE DELLA RETE VIARIA ATTUALE

L'ambito di intervento si colloca a est di Spinea, in località Graspò d'Uva, ai margini del centro abitato, da cui è fisicamente separato dalla linea ferroviaria Trento-Venezia che, a pochi metri dall'area di studio (circa 300 m) presenta la stazione comunale, progettata per il S.F.M.R. Il principale elemento viario della zona è la Strada Provinciale n. 32 "Miranese" (Mestre - S. Maria di Sala) che attraversa il comune da nord-ovest a sud-est. Su di essa si innesta la fitta viabilità locale,

mobilità da esso indotta. Non si individuano, invece, strade attribuibili alla rete “principale”, avente funzioni di *distribuzione dalla rete “primaria” alla “secondaria” e alla “locale” sulle medie distanze*, costituita da strade extraurbane principali od urbane di scorrimento (a carreggiate separate), con funzioni di spostamento extraurbano interregionale e regionale ovvero di spostamento veloce interquartiere in ambito urbano.

2.3. INQUADRAMENTO DELLA RETE VIARIA SECONDARIA/LOCALE

Nell’ambito esaminato, la viabilità è costituita da un asse stradale inquadrabile nella rete “secondaria”, di *penetrazione verso la rete locale*, destinata a spostamenti su distanze ridotte per tutte le componenti di traffico. Si tratta della:

- Strada Provinciale n. 32 “Miranese” (Via Roma), che attraversa tutto il centro abitato, collegando S. Maria di Sala (a ovest) a Chirignago (ad est) per proseguire sino a Venezia Mestre; a ovest dell’innesto di Via Palladio, nel sovrappasso ferroviario, la strada ha una sezione bidirezionale a due corsie, ed è larga 7,50 metri, con ridotte banchine pavimentate laterali; a est, in area residenziale, la sezione è variabile per la presenza di corsie di accumulo e di manovra.



Dettaglio della rete viaria locale presso l’ambito di studio.

Le rimanenti strade possono essere attribuite alla rete locale, funzionale all'*accessibilità ai singoli insediamenti*, mediante spostamenti su brevi distanze, di carattere interlocale e comunale. Si tratta di strade con caratteristiche geometriche e compositive sostanzialmente limitate ed idonee a volumi di traffico modesti, anche se a tratti strutturate con ampiezza idonea al transito anche di mezzi pesanti. Fra queste si citano:

- Via Palladio, strada che collega la Stazione ferroviaria con Via Roma; la carreggiata è di 7,00 metri e presenta banchine pavimentate di 1,50 metri ai lati;
- Via Unità, primitivo collegamento fra Spinea centro e Graspò d'Uva, sostituito dal sovrappasso ferroviario attuale di Via Roma; la carreggiata è di circa 6 metri, fiancheggiata da stalli di sosta e da percorsi dedicati a utenze deboli;
- Via Lavezzari, Via Giorgione e Via Mantegna a sud di Via Roma;
- Via XI Settembre 2001, che serve il nuovo parcheggio della stazione S.F.M.R. ad est della ferrovia e che permette di by-passare il centro urbano del capoluogo raggiungendo Asseggiano o il territorio a nord del comune; nel tratto iniziale presenta una carreggiata di 8 metri con banchine pavimentate di larghezza variabile;
- Numerose strade comunali che costituiscono traverse di Via Roma e servono i retrostanti quartieri.

3. FLUSSI DI TRAFFICO

3.1. MONITORAGGIO DELLO STATO DI FATTO

Analizzate le caratteristiche geometrico-funzionali della rete viaria interessata dal progetto, si è proceduto a caratterizzare dal punto di vista qualitativo e quantitativo il traffico veicolare nell'ambito di studio.

Considerando l'attuale struttura viaria, si è ritenuto di fissare l'attenzione sulle strade ed intersezioni relativamente prossime, o comunque funzionali al regolare esercizio della mobilità generata/attratta dall'ambito in oggetto, poiché saranno destinate a raccogliere e smistare il volume di traffico correlato con l'attuazione dell'intervento.

Pertanto, si è proceduto al monitoraggio dei flussi nelle intersezioni:

1. tra S.P. n. 32 e Via Palladio;
2. tra S.P. n. 32, Via Unità e Via Lavezzari;
3. tra S.P. n. 32 e Via XI Settembre 2001.

- in direzione opposta si contano 7.439 passaggi nelle ore diurne, variabili da 408 a 811 veicoli/ora; il traffico commerciale pesante è irrilevante, gli autobus ammontano al 2%; l'ora di punta è serale (19.00-20.00);
- lungo Via Palladio, nel giorno ferialo, i movimenti giornalieri sono solo 336, costituiti da veicoli pesanti per solo l'1%; nel giorno prefestivo i flussi si riducono nell'intera giornata a 265 movimenti;
- in Via XI Settembre 2001, nel giorno ferialo il traffico diurno ammonta a 2.485 transiti, con l'1% di mezzi pesanti e l'1% di autobus; il picco orario è di 315 veicoli/ora, pomeridiano.

3.2. IPOTESI DELLO STATO DI PROGETTO

Al fine di analizzare le condizioni di esercizio della rete in seguito all'attuazione dell'intervento, si è fatto riferimento a quanto indicato dai gestori delle attività insediande nell'area.

Per il McDonald's / McDrive si stima, sulla base di esercizi della stessa catena di vendita, che il numero di auto di clienti diretti al ristorante sia pari a 170 veicoli/giorno, di cui 20 dopo le 22.00 (ma prima delle 6.00); il numero di auto dirette al drive in sono 80 veicoli/giorno, di cui 35 dopo le 22 (ma prima delle 6.00).

Per il Supermercato In'S, la quantificazione dell'indotto è eseguita considerando, per le aree commerciali, gli elementi parametrici forniti dalla Regione Veneto, Dipartimento Commercio e Mercati, mediante appositi abachi e tabelle, da cui si ricava un traffico non superiore a 179 veicoli/ora per una superficie di vendita pari a 800 m² (assumendo una mobilità indotta di 0,224 auto/m² nell'ora di punta, per media struttura con offerta generica). Diverse deduzioni effettuate sulla base delle rette interpolatrici di Tabella 9 e 5 del citato documento abbattano il traffico nell'ora di punta sino a 150 e 135 veicoli/ora rispettivamente. Ciò considerato, si assume come traffico di progetto un movimento di 180 veicoli/ora, comprensivo dell'incerta mobilità determinata dal completamento dell'edificio a nord, in cui la destinazione d'uso dell'unità A.2 non risulta definita.

Il traffico di Mc Donald's e McDrive viene stimato cautelativamente in 50 veicoli/ora, dato che, rapportato con le stime dei gestori sulla ripartizione dei flussi, appare ampiamente cautelativo.

I flussi sono ripartiti percentualmente fra le diverse zone di origine e destinazione, secondo quanto espresso nella matrice O/D di progetto.

4. ELEMENTI TEORICI DI TECNICA DELLA CIRCOLAZIONE

4.1. DEFINIZIONI

Le condizioni di deflusso in un tronco stradale vengono usualmente valutate sulla base del rapporto che si instaura fra la domanda di trasporto espressa dal traffico veicolare e l'offerta determinata dalle proprietà tecnico-funzionali della piattaforma. L'una e l'altra richiedono opportuni parametri per una corretta esplicitazione.

Il traffico può essere caratterizzato mediante diverse grandezze (numero di veicoli circolanti, composizione del parco veicolare, quantità di merci trasportate, numero di viaggiatori, peso totale del trasporto, velocità dei mezzi ...), riferite, comunque, ad una prefissata unità temporale e disaggregate in funzione di tipologia e modalità di trasporto, ovvero correlate alla lunghezza dell'itinerario percorso o del tronco esaminato.

L'infrastruttura viene usualmente caratterizzata mediante la cosiddetta *capacità*, che esprime la sua attitudine a smaltire in condizioni di "sufficiente" regolarità i flussi veicolari. Per addivenire alla quantificazione della capacità di un asse stradale devono, però, essere preventivamente quantificati alcuni parametri, necessari per rappresentarne le correnti condizioni di esercizio:

- *Volume di traffico orario o flusso orario Q (veic/h)*: numero di veicoli che transitano, in un'ora, attraverso una data sezione stradale; il volume può essere definito dal numero di veicoli che passano nella singola corsia o senso di marcia ovvero nei due sensi, e può essere qualificato per tipologia veicolare; il volume orario *medio* è il rapporto fra il numero di veicoli censiti in una sezione stradale ed il numero di ore in cui è durato il rilevamento.
- *Flusso di servizio Q_s (veic/h per corsia)*: secondo l'H.C.M. (Highway Capacity Manual del Transportation Research Board statunitense), massimo valore del flusso orario dei veicoli che transitano attraverso una singola corsia o sezione stradale, in prefissate condizioni di esercizio; tale flusso è espresso come il volume massimo che transita nel periodo di 15 minuti, ma rapportato all'ora. Il rapporto tra volume orario e volume massimo in 15 minuti riferito all'ora si definisce *Fattore dell'ora di punta (PHF)*.

Sulla base del flusso di servizio Q_s si può determinare la:

- *Densità di traffico D (veicoli/km/corsia)*: numero di veicoli che, per corsia, si trova nello stesso istante in un definito tronco stradale. La Densità è correlata a flusso di servizio e velocità media di deflusso V_m dalla relazione $Q_s = V_m \times D$.

Le condizioni di deflusso di una corrente di traffico (quantificata come sopra) sono determinate da diversi fattori, e, in particolare, dalle interazioni reciproche fra i veicoli e dalle caratteristiche della piattaforma stradale lungo la quale avviene il transito.

Una corrente veicolare si dice di tipo *ininterrotto* quando le condizioni interne ed esterne della corrente stessa sono tali da non determinare interruzioni nella circolazione o imporre variazioni di velocità nei mezzi.

Viceversa, il traffico si dice *interrotto* se sussistono, lungo la strada, elementi tali da produrre interruzioni periodiche nella corrente (incroci semaforizzati, intersezioni), o determinare significativi rallentamenti e riduzioni di velocità.

Per una corretta analisi delle condizioni di movimento di una corrente veicolare su una data arteria occorre stimare il massimo volume di traffico, in veicoli all'ora, che si può raggiungere nella medesima. Questo valore massimo, riferito alla singola corsia e al singolo tronco - con caratteristiche di uniformità - costituisce la *capacità della strada*.

4.2. CAPACITÀ DI UNA STRADA

Il valore della capacità, che può chiamarsi *ideale* (C_i), deve corrispondere a precise condizioni operative riguardanti la geometria della medesima, il traffico e i dispositivi di regolazione e controllo della circolazione. La capacità, inoltre, si riferisce sempre al flusso relativo ad un intervallo di tempo limitato (15 minuti), nel quale può ammettersi costanza di condizioni, salvo poi rapportare tale indicazione all'ora intera.

Se il traffico è ininterrotto (es. strada con carreggiata a più corsie separate da spartitraffico), le condizioni ideali di deflusso assunte dall'Highway Capacity Manual per un ambito sub-urbano (Cap. 3), possono essere le seguenti:

1. caratteristiche della strada:

- velocità di progetto $V=112$ km/h (70 miglia/h);
- larghezza minima di corsia di 3.66 m (12 ft);
- distanza minima di ostacoli dai cigli di 1.80 m (6 ft);

2. traffico costituito solo da autovetture.

In queste condizioni la capacità è pari a $C_i=2.000$ veic/h per corsia, e si riduce a 1.900 veic/h se la velocità di progetto è inferiore a quanto previsto (80 km/h, ovvero 50 miglia/h). Se le ipotesi predette non sono rispettate si deve ricorrere all'utilizzo di coefficienti correttivi per rendere attendibile la valutazione.

Nel caso di strade a carreggiata unica a due corsie (H.C.M. Chapter 8 – *Rural Highways, two lane highway*), in condizioni "ideali", la capacità, riferita al *volume totale* nei due sensi, si può assumere pari a 2.800 veic/h.

In questo caso, le condizioni "ideali" sono le seguenti:

1. velocità di progetto maggiore o uguale a 96 km/h (60 miglia/h);
2. larghezza di corsia di almeno 3.66 m (12 ft);
3. larghezza della banchina di almeno 1.80 m (6 ft);
4. nessun attraversamento o altro condizionamento nel tronco in esame;
5. circolazione di sole autovetture;
6. volume di traffico uguale nei due sensi di marcia.

Nel caso di strade a carreggiata unica a due o quattro corsie in ambito urbano, considerando le interferenze tra flussi veicolari determinate dalla ridotta velocità di circolazione, dalla presenza di accessi carrabili, immissioni, attraversamenti pedonali... diventa difficile attribuire al parametro *capacità* una valenza decisiva agli effetti della caratterizzazione delle condizioni di deflusso, per quanto "ininterrotto" questo possa essere.

In tali evenienze può essere interessante valutare, proprio in base ai valori di densità veicolare sui singoli tronchi, quali siano le più probabili condizioni di esercizio (che si esprimeranno in termini

di *Livelli di Servizio*), anche se rapportate a condizioni meramente teoriche di utilizzo dell'infrastruttura.

4.3. I LIVELLI DI SERVIZIO

Il *livello di servizio (LdS)* si definisce come misura dell'attitudine di una strada a smaltire il traffico veicolare. I livelli di servizio, indicati con lettere tra A ed F, schematizzano tutte le possibili condizioni di circolazione: il livello A rappresenta le condizioni operative migliori, il livello F quelle peggiori. Intuitivamente, i vari livelli di servizio definiscono i seguenti stati di circolazione:

- *LdS A*: circolazione libera. Ogni veicolo si muove senza alcun vincolo e in libertà assoluta di manovra entro la corrente di appartenenza: massimo comfort, flusso stabile;
- *LdS B*: circolazione ancora libera, ma con modesta riduzione della velocità. Le manovre cominciano a risentire della presenza di altri utenti: comfort accettabile, flusso stabile;
- *LdS C*: la presenza di altri veicoli determina vincoli sempre maggiori sulla velocità desiderata e la libertà di manovra. Si hanno riduzioni di comfort, anche se il flusso è ancora stabile;
- *LdS D*: il campo di scelta della velocità e la libertà di manovra si riducono. Si ha elevata densità veicolare nel tratto stradale considerato ed insorgono problemi di disturbo: si abbassa il comfort ed il flusso può divenire instabile;
- *LdS E*: il flusso si avvicina al limite della capacità compatibile e si riducono velocità e libertà di manovra. Il flusso diviene instabile (anche modeste perturbazioni possono causare fenomeni di congestione);
- *LdS F*: flusso forzato. Il volume si abbassa insieme alla velocità e si verificano facilmente condizioni instabili di deflusso fino alla paralisi.

Nelle strade a carreggiata unica è di grande importanza l'influenza, sul livello di servizio, dell'andamento plano-altimetrico del tracciato, specialmente se nella corrente di traffico è sufficientemente elevato il numero di veicoli pesanti.

In queste strade, infatti, il flusso di servizio e la circolazione risultano vincolati dalla possibilità di effettuare sorpassi e, conseguentemente, dalla differenziazione dei flussi di traffico nei due sensi, dato che la corrente di una direzione risulta condizionata, talvolta in maniera determinante, da quella che si sviluppa in senso opposto.

Questi motivi hanno portato a definire la qualità del servizio usando parametri specifici, diversi da quelli utilizzati per altri tipi di strada, e cioè:

- velocità media commerciale;
- percentuale del tempo di ritardo;
- utilizzazione della capacità potenziale.

Il *tempo di ritardo*, che risulta dipendente dalla mobilità, è rappresentato dalla percentuale media di tempo che i veicoli sono costretti a perdere, rispetto a quello teoricamente necessario, per difficoltà legate al transito e all'esecuzione di sorpassi (con conseguente formazione di code).

4.4. VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI SERVIZIO

Per le strade sub-urbane a 2 corsie, i vari livelli di servizio in condizioni ideali risultano così distinti:

LdS. A: la velocità media si mantiene prossima a 90-95 km/h, il flusso massimo totale nei due sensi non supera 420 veicoli equivalenti/h;

LdS. B: si può raggiungere la velocità di 90 km/h, il perditempo determinato dal traffico pesante è valutato intorno al 45%, il flusso massimo nei due sensi è pari a circa 750 veicoli/h;

LdS. C: la velocità media in pianura è di 80-85 km/h, il perditempo è pari al 60%, il flusso massimo nei due sensi di 1200 veicoli/h;

LdS. D: il flusso è instabile con formazione di code, la velocità media minore di 80 km/h, il tempo perduto circa del 75%, il flusso massimo totale risulta di circa 1800 veicoli/h;

LdS. E: velocità molto ridotta e variabile (30-45 km/h), il flusso è molto instabile con possibilità di formazione di lunghe code di automezzi;

LdS. F: flusso congestionato ed imprevedibile.

Il fattore dell'ora di punta (PHF) influenza in modo non trascurabile la qualità del deflusso; i relativi valori si possono dedurre da tab. 8.3 H.C.M. (*Peak hour factor for two-lane highways based on random flow*), quando non calcolati direttamente.

Il flusso di servizio complessivo Q_s per i due sensi di marcia è dato dall'espressione:

$$Q_s = 2800 \cdot (Q/C)_i \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3$$

essendo:

- $(Q/C)_i$ il rapporto tra flusso e capacità in condizioni ideali per un dato livello di servizio;
- f_1 fattore correttivo per la distribuzione del traffico per direzione di marcia;
- f_2 fattore correttivo per riduzione della larghezza di corsia o delle banchine;
- f_3 fattore correttivo per la presenza del traffico pesante.

Tab. 8.4 dell'H.C.M. (*Adjustment factor for directional distribution on general terrain segments*) fornisce i valori del primo indice di correzione (f_1), dipendente dalla ripartizione dei flussi tra le direzioni di marcia, per distribuzioni tra 100/0 (tutto il traffico incanalato in unica direzione) e 50/50 (traffico egualmente distribuito nei due sensi di marcia).

f_2 si ricava da tab. 8.5 H.C.M. (*Adjustment factors for the combined effect of narrow lanes and restricted shoulder width*), tenendo conto dell'effetto combinato di larghezza delle corsie e delle banchine.

Infine, tab. 8.6 H.C.M. (*Average passenger-car equivalents for trucks on two lane highways over general terrain segments*) fornisce la definizione del numero equivalente di autovetture per mezzi pesanti (E_T), in ragione della situazione plano-altimetrica del tracciato.

Il coefficiente f_3 è dato da:

$$f_3 = 1 / [1 + P \cdot (E_T - 1)]$$

essendo P la percentuale di veicoli commerciali.

Usualmente, si conviene anche un'ulteriore correlazione, atta a definire il Livello di servizio di una certa arteria. Si ipotizza che, per strade a due corsie, con Densità inferiori a 7,5 veicoli/km e corsia il Livello di servizio sia A, per valori inferiori a 12,5 sia B, per valori inferiori a 19 sia C, per valori inferiori a 26 sia D, per valori inferiori a 42 sia E; se superiori, il Livello di servizio è F.

I livelli di servizio (LdS), nelle condizioni ideali ipotizzate per strade a 4 corsie, vengono calcolati con procedure analoghe a quelle evidenziate per strade a 2 corsie, assumendo gli appropriati valori di capacità ideale C_i (cfr. par. 4.2). Analogamente, per lo studio di diversi elementi dei tracciati stradali, quali intersezioni semaforizzate o meno.

4.5. FUNZIONALITA' DELLE ROTATORIE

In presenza di intersezioni regolamentate con rotatoria, la metodologia seguita nella determinazione della relativa funzionalità – sulla base del parametro “capacità” - si basa su rilievi sperimentali condotti su una serie di rotonde in condizioni di congestione, effettuando l'analisi della mobilità in intervalli temporali piccolissimi e trattando in forma statistica le relazioni esistenti tra il flusso in ingresso, quello circolante e quello in uscita dallo stesso braccio e le variabili geometriche dell'intersezione (larghezza all'ingresso, larghezza dell'isola spartitraffico e dell'anello).

Si fa riferimento a tre approcci, maggiormente condivisi a livello scientifico, di cui due Francesi e l'altro Svizzero (SETRA, CETUR, Guide Suisse des Giratoires), i quali peraltro utilizzano formulazioni analitiche più complete e adattabili alla realtà del nostro paese. Tutti e 3 trattano le rotatorie con “precedenza all'anello”. Tuttavia, si rammenta che per rotatorie di grande diametro, il dimensionamento viene fatto sulla base del principio dei “tronchi di scambio”, ciò rendendo meno attendibili le verifiche secondo le procedure menzionate.

Le tre metodologie sopra indicate portano a calcolare la capacità, intesa come stima del flusso oltre il quale il singolo ramo entra in condizioni di congestione; vista la variabilità dei parametri in gioco, tale valore deve essere assunto come riferimento di “collaudo” della rotatoria e non come base di dimensionamento. In quest'ultimo caso, è più corretto far riferimento a una “capacità pratica Q_p ”, legata alla capacità del ramo in ingresso da formule correttive del tipo: $Q_p=0,8 \times Q_e$ o $Q_p=Q_e-150$.

5. CARATTERIZZAZIONE DELLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO NELLA RETE MEDIANTE MODELLO DI MICROSIMULAZIONE

5.1. LA MICROSIMULAZIONE DINAMICA: GENERALITA'

Per effettuare lo studio di impatto sulla viabilità determinato dall'intervento progettuale in esame si è utilizzata una procedura basata sulla *microsimulazione dinamica* del traffico. Questo approccio ha consentito di valutare gli impatti correlati con l'attuazione di diversi scenari, corrispondenti allo stato di fatto ed di progetto.

Le valutazioni sono state condotte mediante il software Quadstone Paramics rel. 6.9.3, sofisticato strumento di microsimulazione dinamica del traffico, con il quale si è provveduto a determinare:

1. i flussi di traffico che attraversano le infrastrutture nei vari scenari analizzati;
2. lo stato di congestione della rete;
3. il numero dei veicoli in coda ed i tempi di attesa alle intersezioni, nonché le velocità di deflusso ed altri indicatori, utili a confrontare gli scenari.

La microsimulazione dinamica si distingue dalle metodologie classiche d'analisi e di simulazione dei fenomeni di mobilità per una serie di motivi:

- a) precisione: permette di effettuare una simulazione ad un livello di dettaglio "microscopico" (per ciascun veicolo separatamente), con estrema aderenza alla realtà;
- b) flessibilità: in virtù del maggiore dettaglio consente maggiore possibilità di interazione ed adattamento a singoli e diversi scenari;
- c) chiarezza: la rappresentazione è utile nell'esplicitare le dinamiche di traffico in modo intuitivo, oltre che analitico;
- d) estensibilità: Paramics permette di personalizzare in massima misura le caratteristiche del comportamento di guida;
- e) approccio per sistemi: il Programmer Module (API) permette l'interazione dinamica con altri hardware e software.

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 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.

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.

In base alla “teoria dell’inseguitore” (Car-Following), 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 per sorpassarlo. 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.

In base al “modello di cambio corsia” (Lane-Changing), 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.

In base al modello di “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 esista l’intervallo temporale minimo necessario per la manovra, sulla base delle velocità relative degli altri veicoli.

La micro-simulazione fornisce una visione dinamica del fenomeno traffico, in quanto 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.).

Il modello di micro-simulazione richiede, come precisato, oltre alla codifica della rete stradale in esame, informazioni dettagliate sulle caratteristiche dinamiche dei veicoli e sullo stile di guida dei conducenti. In linea generale vengono inserite 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 diverse, corrispondenti ad auto utilitarie, auto di media cilindrata ed auto di grossa cilindrata. Per i veicoli commerciali vengono implementate almeno due classi: gli autocarri e i mezzi pesanti.

DIMENSIONE TIPO VEICOLI	LUNGHEZZA [m]	LARGHEZZA [m]	ALTEZZA [m]	PESO [t]
Auto	4.00	1.60	1.50	0.80
Commerciali Leggeri	6.00	2.30	2.60	2.50
Mezzi Pesanti	8.00	2.40	3.60	15.00
Autoarticolati	11.00	2.50	4.00	38.00
Pullman	10.00	2.50	3.00	12.00
Bus	10.00	2.50	4.00	12.00

Caratteristiche dimensionali dei veicoli utilizzati nella microsimulazione.

Veicoli	ACCELERAZIONE MASSIMA [m/s ²]	DECELERAZIONE MASSIMA [m/s ²]	VELOCITA' MASSIMA [km/h]	VELOCITA' CON SCORRIMENTO LIBERO [km/h]	POTENZA [CV]
Auto	2.50	4.50	160.0	80.5	100
Comm. leggeri	1.80	3.90	130.0	64.4	80
Mezzi Pesanti	1.10	3.20	105.0	48.3	260
Autoarticolati	1.40	3.70	120.0	32.2	350
Pullman	1.20	3.70	130.0	48.3	260
Bus	0.90	3.20	65.0	48.3	260

Caratteristiche dinamiche dei veicoli utilizzati nella microsimulazione.

I parametri comportamentali dei conducenti vengono impostati per riprodurre il reale comportamento degli utenti italiani, così come da sperimentazioni e ricerche condotte (tempo di reazione, esperienza di guida, aggressività, grado di conoscenza della rete stradale...). L'insorgere delle code viene segnalato dal modello allorché la distanza tra i veicoli risulta inferiore ad un prefissato valore (headway generalmente inferiore a 10 metri) e la velocità scenda al di sotto di un valore di riferimento, solitamente pari a 7 Km/h.

Il microsimulatore 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
- flussi medi sulla rete nell'intervallo di simulazione (intervallo minimo 1 min)
- 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

- tracciato dei percorsi alternativi
- tempo minimo, medio e massimo dei viaggi

Informazioni sugli archi stradali e le intersezioni

- flussi orari
- flussi nell'intervallo di simulazione (intervallo minimo 1 min)
- flussi di manovra alle intersezioni
- densità veicolari
- velocità media di percorrenza
- tempo medio di ritardo
- percentuale di ritardo medio
- lunghezza media e massima della coda (numero di veicoli)
- tempo medio di arresto
- Livello di Servizio



Esempio di schematizzazione della rete, dei veicoli e della segnaletica.



Esempio di schematizzazione del traffico in nodi complessi.

Tali parametri vengono calcolati dal modello di micro-simulazione con i criteri indicati nell'Highway Capacity Manual (edito dal TRB statunitense). Così, ad esempio, ai sensi dell'HCM, i

Livelli di servizio – rappresentativi della qualità del deflusso - sono correlati col tempo di ritardo, secondo la seguente tabella:

Livello di Servizio correlato con il Tempo di ritardo (s)		
LdS	Intersezione Semaforizzata [s]	Intersezione non Semaforizzata [s]
A	0 – 10	0 – 10
B	10 – 20	10 – 15
C	20 – 35	15 – 25
D	35 – 55	25 – 35
E	55 – 80	35 – 50
F	> 80	> 50

Livello di Servizio in funzione del tempo di ritardo, per intersezioni semaforizzate o meno.

Giova sottolineare che l'applicazione della microsimulazione 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.



Rappresentazione di un fenomeno di accodamento con veicoli diversificati.

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.

Con riferimento poi al Livello di Servizio (LdS), 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 Livello di Servizio orario sulle varie tratte di una stessa direttrice stradale valori differenti.

Le micro-simulazioni vengono condotte con riferimento ai volumi di traffico di specifico interesse.

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

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.

Nello scenario di valutazione, i traffici attesi vengono assegnati dal modello sulla base della nuova viabilità prevista, e quindi dei nuovi percorsi presenti sulla rete.

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

Sulla base delle precedenti considerazioni, si è quindi proceduto all'applicazione della micro-simulazione al caso di studio, secondo i seguenti passi:

- a. definizione dell'area di studio;
- b. analisi dei flussi di traffico attuali;
- c. definizione degli Scenari di analisi;
- d. codifica del grafo stradale;
- e. definizione delle zone di origine e destinazione degli spostamenti e costruzione delle matrici di traffico (leggero e pesante);
- f. definizione di parametri di simulazione e indicatori prestazionali della rete;
- g. calibrazione del modello ed assegnazioni del traffico (verifica del fatto che il traffico monitorato coincida con il traffico simulato);
- h. valutazione dei risultati delle simulazioni e dei parametri prestazionali di rete.

5.2. DEFINIZIONE DI SCENARI, ZONE, MATRICI O/D

L'ambito interessato dalla presente analisi è situato nel Comune di Spinea. Le vie principali nella rete in esame sono Via Roma, Via XI Settembre 2001, Via Palladio, Via Unità e Via Lavezzari. Le intersezioni esaminate tra Via Roma e Via XI Settembre 2001 e tra Via Roma e Via Palladio sono regolate da rotonda mentre l'intersezione tra Via Roma, Via Unità e Via Lavezzari è regolata a precedenza.

Poiché il presente studio ha lo scopo di indagare l'impatto sulla viabilità determinato dall'attuazione delle opere previste in P.U.A., si è riprodotta anche la rete viaria futura, che però strutturalmente, nel suo impianto generale, resta immutata rispetto all'attuale, fatta eccezione per l'innesto della nuova area su Via Palladio.

L'applicazione della micro-simulazione al caso di studio è stata articolata negli step di analisi innanzi descritti.

Gli scenari di cui si è prevista l'analisi sono i seguenti:

- *Stato di Fatto (SDF)*: simulazione del traffico attuale dell'ora di punta serale del giorno feriale (17:45-18:45), utilizzando flussi ottenuti da rilievi effettuati in loco (2018);
- *Stato di Progetto (SDP)*: simulazione effettuata sulla rete viaria di cui sopra, caricandola con i flussi previsti a seguito della realizzazione dell'intervento, nella fascia oraria serale.

L'ora di punta è stata determinata computando i flussi complessivi in entrata nell'ambito di studio per intervalli di 1 ora, per ogni quarto d'ora successivo all'inizio del rilievo (8:00-9:00, 8:15-9:15, ecc.) per entrambi i giorni analizzati. Il picco di traffico è stato individuato nella fascia 17:45-18:45 della giornata di venerdì e supera il volume orario degli altri periodi considerati. Tale fascia è considerata altamente significativa anche per l'attività commerciale correlata col progetto, per cui è stata assunta come base di calcolo.

Per ciascuno scenario analizzato si è costruito il grafo della rete e sono state determinate le matrici O/D del traffico veicolare (leggero e pesante), sviluppando le attività propedeutiche alla microsimulazione del modello (vd. sopra). In particolare, sono state definite 6 zone di Origine/Destinazione per lo stato di fatto, cui sono state aggiunte due ulteriori zone (McDonald's-McDrive e supermercato In'S) nello stato di progetto, con cui sono state costruite le matrici O/D degli spostamenti per traffico leggero e pesante.

Le zone utilizzate nel modello sono le seguenti:

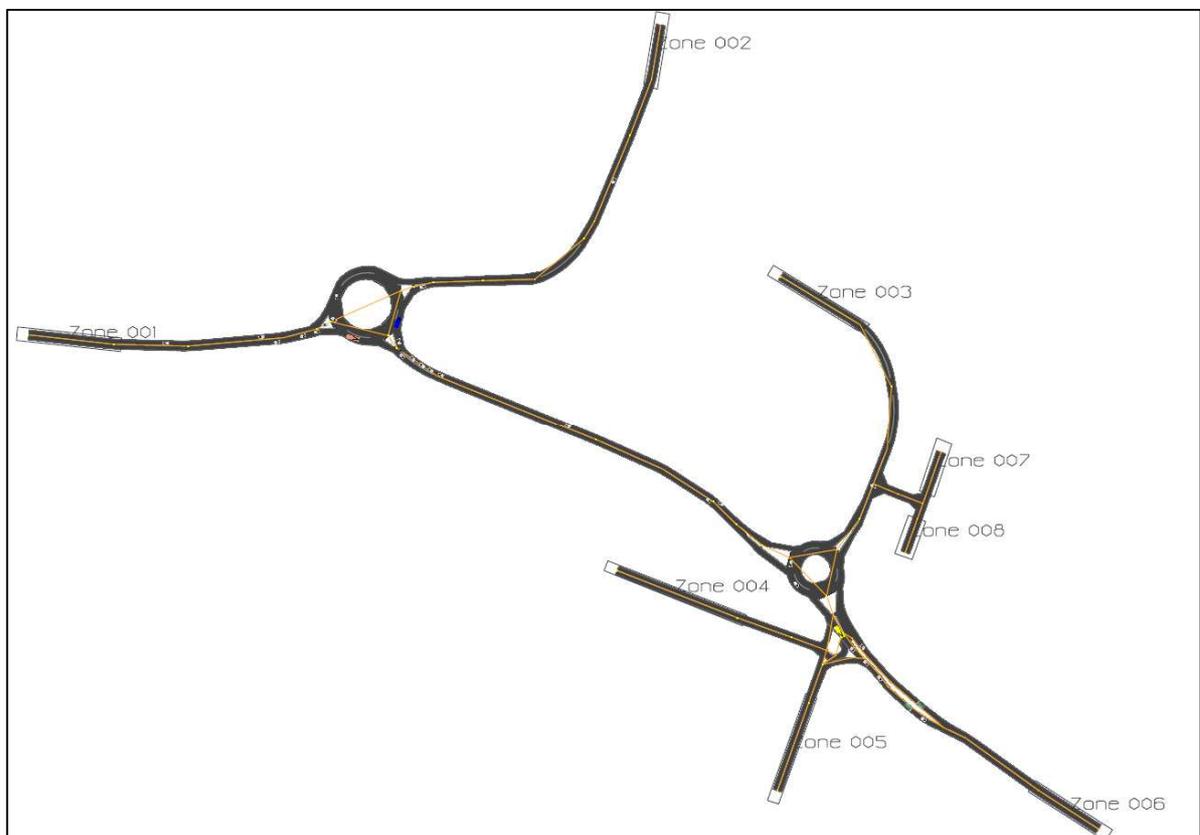
1. S.P. n. 32 – Via Roma, lato Spinea centro
2. Via XI Settembre 2001
3. Via Palladio
4. Via Unità
5. Via Lavezzari
6. S.P. n. 32 – Via Roma in Graspò d'Uva, lato Chirignago

La rete è stata schematizzata mediante 53 nodi e relativi link di collegamento, per un'estensione complessiva di 4,125 km.

Di seguito, le matrici Origini/Destinazioni.



Zone di Origine/Destinazione degli spostamenti nello Stato di Fatto



Zone di Origine/Destinazione degli spostamenti nello Stato di Progetto

VENERDI' Stato di Fatto (traffico leggero)

O/D	1	2	3	4	5	6
1	0	271	27	53	13	602
2	252	0	1	3	1	38
3	27	2	0	2	1	17
4	8	1	1	0	1	6
5	6	1	0	0	0	3
6	604	100	28	0	0	0

VENERDI' Stato di Fatto (traffico pesante)

O/D	1	2	3	4	5	6
1	0	1	1	0	0	11
2	3	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	14	3	1	0	0	0

SABATO Stato di Fatto (traffico leggero)

O/D	1	2	3	4	5	6
1	0	0	7	50	8	660
2	0	0	0	0	0	0
3	22	0	0	1	0	6
4	9	0	1	0	0	25
5	2	0	0	0	0	4
6	757	0	29	0	0	0

SABATO Stato di Fatto (traffico pesante)

O/D	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	13
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	13	0	0	0	0	0

VENERDI' Stato di Progetto (traffico leggero)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	271	19	53	13	610	42	11
2	252	0	1	3	1	38	0	0
3	27	2	0	2	1	17	0	0
4	8	1	1	0	1	6	3	2
5	6	1	0	0	0	3	3	1
6	596	100	36	0	0	0	42	11
7	42	0	0	3	3	42	0	0
8	11	0	0	2	1	11	0	0

VENERDI' Stato di Progetto (traffico pesante)

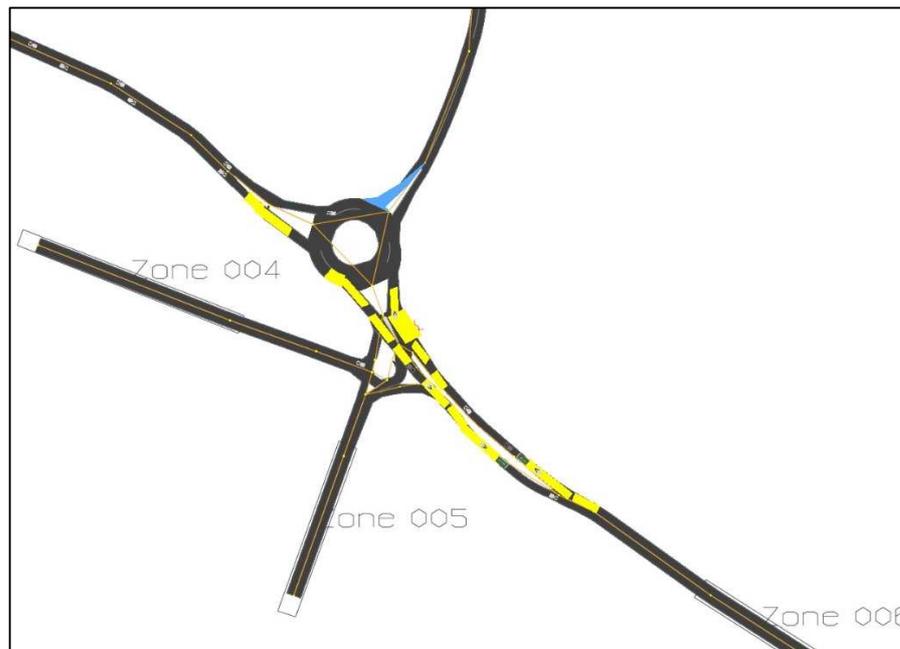
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	1	0	0	11	0	0
2	3	0	0	0	0	2	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	14	3	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0

La microsimulazione è stata approfondita limitatamente alla giornata di venerdì a causa del peggiore funzionamento osservato nella rete stradale, quando le condizioni di esercizio sono apparse marcatamente più critiche.

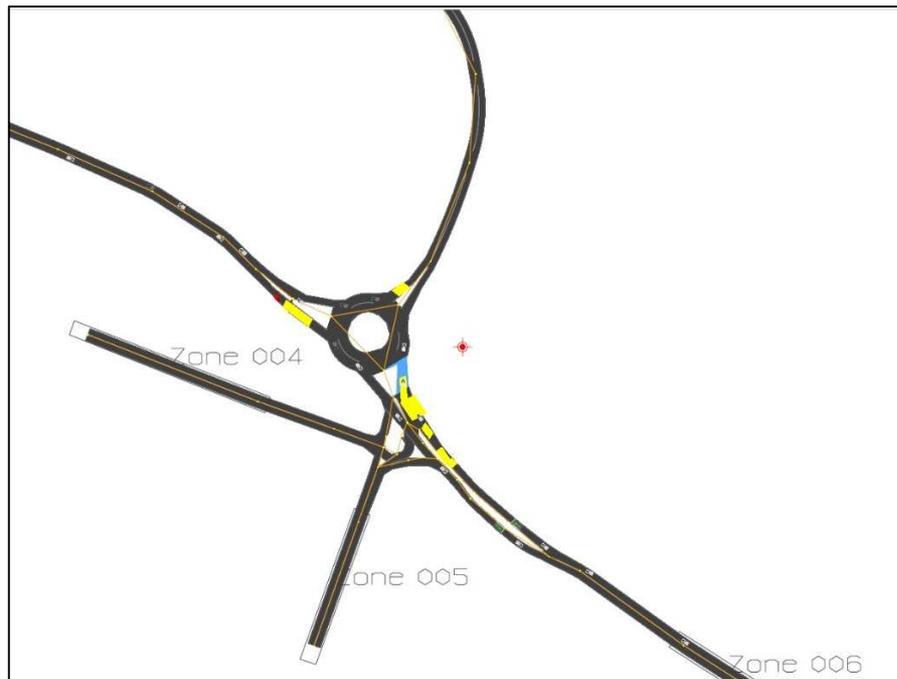
Fissando l'attenzione sul nodo stradale prossimo all'ambito di intervento, si può osservare come la lunghezza delle code sia superiore per la giornata di venerdì così come maggiori sono i ritardi in corrispondenza dell'intersezione. La successiva tabella pone a confronto il tempo di ritardo determinato nelle principali strade interessate dalla microsimulazione nel giorno feriale e in quello prefestivo e conferma quanto sopra asserito. Analisi conclusioni si possono trarre dalla disamina grafica delle lunghezze delle code nei due giorni.

Di conseguenza lo scenario di progetto è stato implementato tenendo in considerazione l'ora di punta del solo venerdì, individuata nel periodo 17:45 18:45.

COMPARAZIONE CONDIZIONI DI DEFLUSSO TRA VENERDI' E SABATO				
			VENERDI'	SABATO
RAMO/SEZIONE	Direz.	Link	Ritardo [s]	Ritardo [s]
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Ovest	47-30-29-23b	2,2	1,7
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Est	20-21-22-23a	1,4	1,4
Via Palladio presso intersezione Via Roma	Sud	25-24-23c	3,4	2,9
Via Roma presso intersezione Via Lavezzari, Via Unità	Est	23b-29-30	1,2	1,0
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Nord	35-36-48-49-30-29	11,3	8,5
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Est	35-36-52-53-23	5,4	4,6
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Nord	33-51-48-49-30-29	9,2	8,5
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Est	33-51-52-53-23	4,4	4,4



Dettaglio delle lunghezze massime delle code (in giallo), per la giornata di venerdì.
Intersezione Via Roma - Via Palladio



Dettaglio delle lunghezze massime delle code (in giallo) per la giornata di sabato.
Intersezione Via Roma - Via Palladio

5.3. RISULTATI DELLA MICROSIMULAZIONE

I risultati della simulazione sono evidenziati nelle tavole allegate in appendice, in cui si rappresentano graficamente ed a livello qualitativo:

1. Flussi circolanti secondo la simulazione;
2. Densità veicolari sui singoli tratti della rete;
3. Velocità di deflusso;
4. Tempo di ritardo;
5. Lunghezza degli accodamenti;
6. Livello di Servizio sui singoli tratti della rete;
7. Tempo di spostamento lungo ogni link;
8. Tempo di spostamento massimo fra zona e zona.

Una volta costruito il grafo della rete oggetto della valutazione, ed implementate le zone di origine e destinazione del traffico, si è provveduto all'assegnazione dei traffici attuali ed alla calibrazione del grafo, al fine di riprodurre i reali flussi veicolari esistenti nell'area. Le tabelle seguenti mostrano i valori simulati per il traffico dell'ora di punta, ritenuti significativi ai fini della calibrazione della rete (ossia flussi maggiori di 50 veic/h). Dai risultati si evince una sostanziale convergenza dei dati simulati e misurati. Infatti, le variazioni fra simulato e misurato sono limitate entro il 10%.

La normale prevalenza del valore del flusso simulato rispetto al flusso misurato rappresenta una condizione cautelativa per le simulazioni (è in ogni caso usuale che gli scostamenti maggiori si abbiano in presenza di volumi veicolari ridotti, meno significativi).

CALIBRAZIONE IN ORIGINE NELL'ORA DI PUNTA VENERDI'				
RAMO/SEZIONE	DIREZIONE	SIMULATI	RILEVATI	DIFF. %
Via Roma	Est	774	740	+4.59
	Ovest	776	732	+6.00
Via XI Settembre 2001	Sud	314	295	+6.44

CALIBRAZIONE IN DESTINAZIONE NELL'ORA DI PUNTA VENERDI'				
RAMO/SEZIONE	DIREZIONE	SIMULATI	RILEVATI	DIFF. %
Via Roma	Est	689	674	+2.23
	Ovest	786	751	+4.66
Via XI Settembre 2001	Sud	370	375	-1.33

Per esprimere un giudizio sulle condizioni di circolazione attese a regime, si ricorre ai parametri di usuale impiego a livello internazionale. In particolare si utilizza il "Livello di Servizio" che fornisce un indice globale che sintetizza il rapporto offerta/domanda di spostamento nella rete in esame. Come è noto, il Livello di Servizio A rappresenta le condizioni ottimali di circolazione (deflusso libero), mentre il Livello F rappresenta le condizioni peggiori (congestione). Si ricorda che il modello utilizzato, secondo un approccio consolidato e accettato a livello internazionale, correla il Livello di Servizio con il parametro "tempo di ritardo". Il tempo di ritardo rappresenta il tempo che i veicoli perdono, rispetto a quanto teoricamente necessario in presenza di deflusso libero, per difficoltà legate al transito e all'esecuzione di sorpassi e manovre (con conseguente formazione di code).

Di seguito si riporta la tabella relativa ai Livelli di Servizio, per i principali rami della rete, per la giornata di venerdì e l'ora di punta serale, per lo scenario dello Stato di Fatto.

Dalla tabella si evince che attualmente i volumi veicolari presentano criticità in alcuni punti della rete. In particolare, il maggior ritardo supera 11 secondi in corrispondenza del ramo di Via Lavezzari nell'incrocio a precedenza con Via Roma e Via Unità in direzione nord (livello di servizio B).

Nell'intersezione tra Via Roma e Via Palladio la tipologia di regolazione dell'incrocio (a rotatoria) favorisce il transito lungo la strada principale Via Roma: i flussi veicolari circolanti, pur di rilevante entità, subiscono ritardi trascurabili, ossia 2,2 secondi in direzione Ovest (livello di servizio A) e 1,4 secondi in direzione Est (livello di servizio A). Allo stesso tempo viene penalizzata la corrente di traffico circolante su Via Palladio; tuttavia, trattandosi di strade secondarie, il livello di servizio ottenuto (Lds B) rimane ampiamente accettabile.

Infine, tra Via Roma e Via XI Settembre 2001, si sono riscontrate condizioni di circolazione ottimali per gli approcci nell'intersezione (livello di servizio A).

Si rammenta che complessivamente i Livelli di servizio nella rete (in questo caso fino a B) vengono ritenuti ottimali ai fini della qualità della circolazione.

LIVELLI DI SERVIZIO – SDF				
RAMO/SEZIONE	Direz.	Link	Ritardo [s]	LdS
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Ovest	47-30-29-23b	2,2	A
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Est	20-21-22-23a	1,4	A
Via Palladio presso intersezione Via Roma	Sud	25-24-23c	3,4	A
Via Roma presso intersezione Via Lavezzari, Via Unità	Est	23b-29-30	1,2	A
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Nord	35-36-48-49-30-29	11,3	B
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Est	35-36-52-53-23	5,4	A
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Nord	33-51-48-49-30-29	9,2	A
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Est	33-51-52-53-23	4,4	A
Via Roma presso intersezione Via XI Settembre 2001, SP32	Ovest	18-17-16-10b	6,3	A
Via XI Settembre 2001 presso intersezione Via Roma, SP32	Ovest	6-7-8-9-10c	7,8	A
SP32 presso intersezione Via XI Settembre 2001, Via Roma	Est	13-14-15-10a	2,7	A

LIVELLI DI SERVIZIO – SDP				
RAMO/SEZIONE	Direz.	Link	Ritardo [s]	LdS
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Ovest	47-30-29-23b	3,1	A
Via Roma presso intersezione Via Palladio	Est	20-21-22-23a	2,3	A
Via Palladio presso intersezione Via Roma	Sud	25-24-23c	7,2	A
Via Roma presso intersezione Via Lavezzari, Via Unità	Est	23b-29-30	1,2	A
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Nord	35-36-48-49-30-29	13,6	B
Via Lavezzari presso intersezione Via Roma, Via Unità	Est	35-36-52-53-23	5,4	A
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Nord	33-51-48-49-30-29	10,7	B
Via Unità presso intersezione Via Roma, Via Lavezzari	Est	33-51-52-53-23	4,4	A
Via Roma presso intersezione Via 11 Settembre 2001, SP32	Ovest	18-17-16-10b	7,9	A
Via 11 Settembre 2001 presso intersezione Via Roma, SP32	Ovest	6-7-8-9-10c	9,7	A
SP32 presso intersezione Via 11 Settembre 2001, Via Roma	Est	13-14-15-10a	3,0	A

Fissando l'attenzione sui singoli link (porzioni di ramo) che compongono la rete, si osserva che le principali criticità attuali, nello scenario SDF, sono le seguenti:

- Link 17-16 (Via Roma verso l'entrata in rotatoria SP32–Via XI Settembre 2001) Livello F
- Link 8-9 (Via XI Settembre 2001 verso l'entrata in rotatoria SP32-Via Roma) Livello F
- Link 10a-15 (Uscita da rotatoria SP32-Via XI Settembre 2001) Livello F
- Link 48-49 (Via Lavezzari verso la rotatoria Via Roma-Via Palladio) Livello F
- Link 52-53 (Via Lavezzari verso Via Roma Est) Livello D

Nello scenario SDP sono invece:

- Link 17-16 (Via Roma verso l'entrata in rotatoria SP32–Via XI Settembre 2001) Livello F
- Link 8-9 (Via XI Settembre 2001 verso l'entrata in rotatoria SP32-Via Roma) Livello F
- Link 10a-15 (Uscita da rotatoria SP32-Via XI Settembre 2001) Livello F
- Link 48-49 (Via Lavezzari verso la rotatoria Via Roma-Via Palladio) Livello F
- Link 52-53 (Via Lavezzari verso Via Roma Est) Livello D
- Link 54-24 (Via Palladio, verso l'entrata in rotatoria) Livello C

Tali criticità caratterizzano soltanto il funzionamento, dal punto di vista del rapporto flusso/capacità, di alcuni tratti stradali della rete in esame e non il funzionamento delle intersezioni già caratterizzate in precedenza. Si può osservare che nello scenario progettuale aumenta il numero delle criticità in maniera quasi trascurabile; nello specifico, a causa del maggior flusso uscente dalla nuova area verso la rotatoria Via Palladio – Via Roma, il livello di servizio del tratto di strada direttamente interessata dal nuovo traffico aumenta da A a C.

Una sintesi dei dati complessivi riguardanti, rispettivamente, la velocità media, il ritardo complessivo e il ritardo medio sulla rete, la densità media e il tempo di viaggio negli scenari analizzati, è rappresentata nella tabella di seguito riportata.

	Velocità media [km/h]	Ritardo totale [s]	Ritardo medio sui rami [s]	Densità media [veic/km]	Tempo di viaggio totale [s]
SDF	48,80	53,99	0,61	26,85	298,91
SDP	38,00	71,38	0,72	28,33	325,95

Velocità media, ritardo complessivo e ritardo medio, densità media e tempo di viaggio negli scenari esaminati, riferiti all'ora di punta della sera

L'applicazione della microsimulazione allo scenario di progetto evidenzia alcune variazioni degli indicatori di funzionalità della rete, come è lecito attendersi in conseguenza dall'aumento dei flussi nell'ora di punta.

Nello scenario di progetto si assiste ad un lieve aumento del tempo di ritardo nella rete, con un leggero peggioramento delle condizioni di circolazione e quindi dei livelli di servizio che

comunque risultano ottimali. Si può dunque dedurre che l'intervento in esame determini un indotto del tutto tollerabile per le condizioni di circolazione della rete prossima all'ambito di intervento.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Riassumendo, l'analisi dell'impatto del traffico indotto dall'intervento progettuale in esame porta a concludere quanto segue:

1. allo stato attuale, gli indicatori di funzionalità della rete stradale non evidenziano condizioni critiche di circolazione (i Livelli di servizio variano da A a B) lungo il tratto di Via Roma e relative uscite/entrate. Le intersezioni analizzate non presentano particolari criticità, manifestandosi condizioni di circolazione da "ottime" a "molto buone";
2. l'attuazione del P.U.A. (McDonald's-McDrive e supermercato In'S) incrementerà i flussi circolanti rispetto alla situazione attuale, per quanto ciò non determini significative variazioni alle condizioni di deflusso.

In conclusione, sulla base dei dati raccolti e delle analisi eseguite, nonché delle considerazioni sopra effettuate, si può ritenere che l'intervento di *attuazione del P.U.A. AP/11 Piano Norma 29* sia destinato a produrre un incremento del flusso circolante tale da determinare un impatto non significativo sulle condizioni di esercizio della rete.

Prof. Ing. Marco Pasetto



**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA - P.U.A. DI DETTAGLIO
"AP/11 - PIANO NORMA 29". ZONA SITUATA TRA VIA ROMA E VIA PALLADIO A
SPINEA (VE). IMPATTO SULLA VIABILITA'.**

APPENDICE: MICROSIMULAZIONE DINAMICA DEL TRAFFICO

Grafo della rete stradale

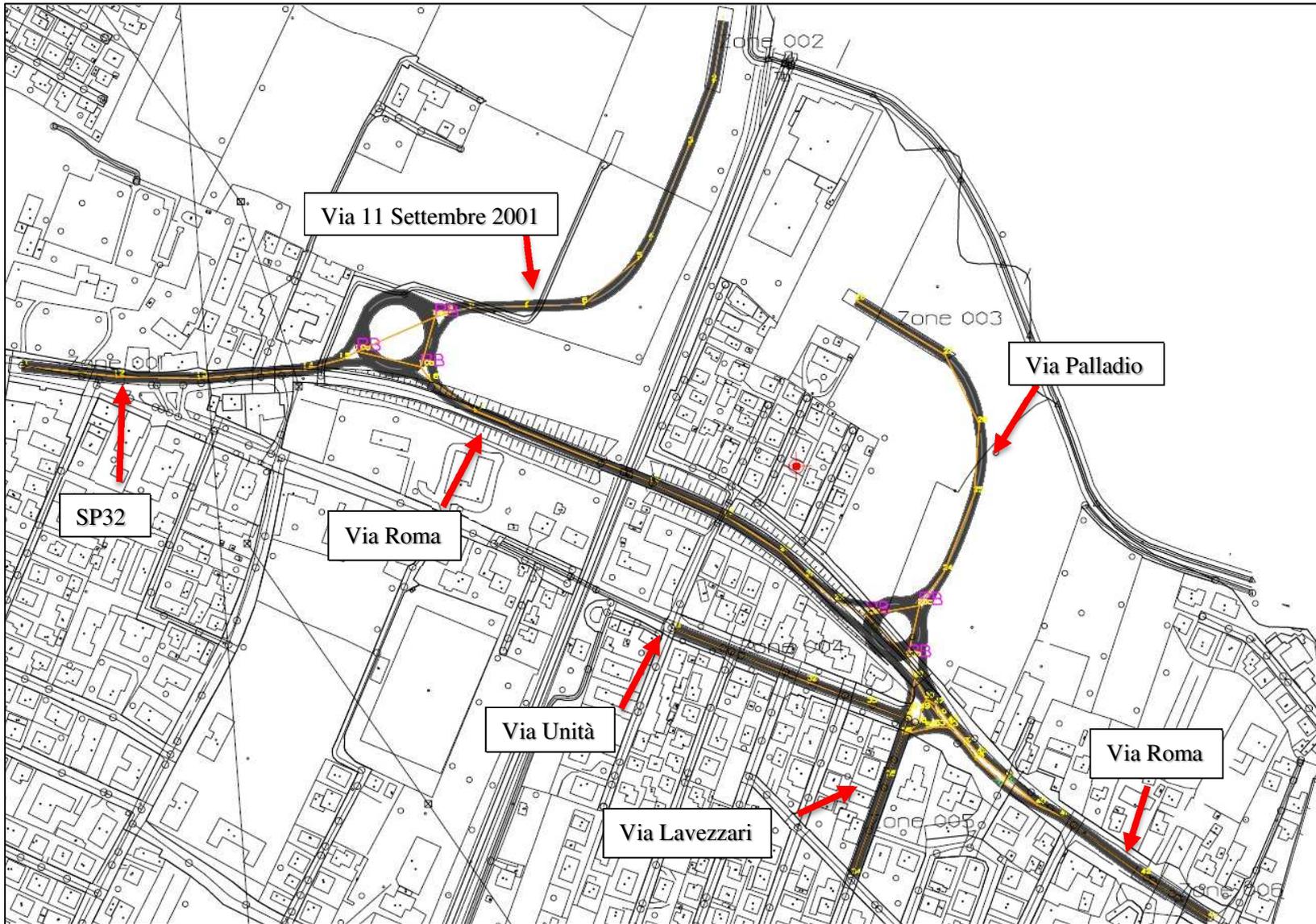
Stato di Fatto e di Progetto

Flussi veicolari e Densità

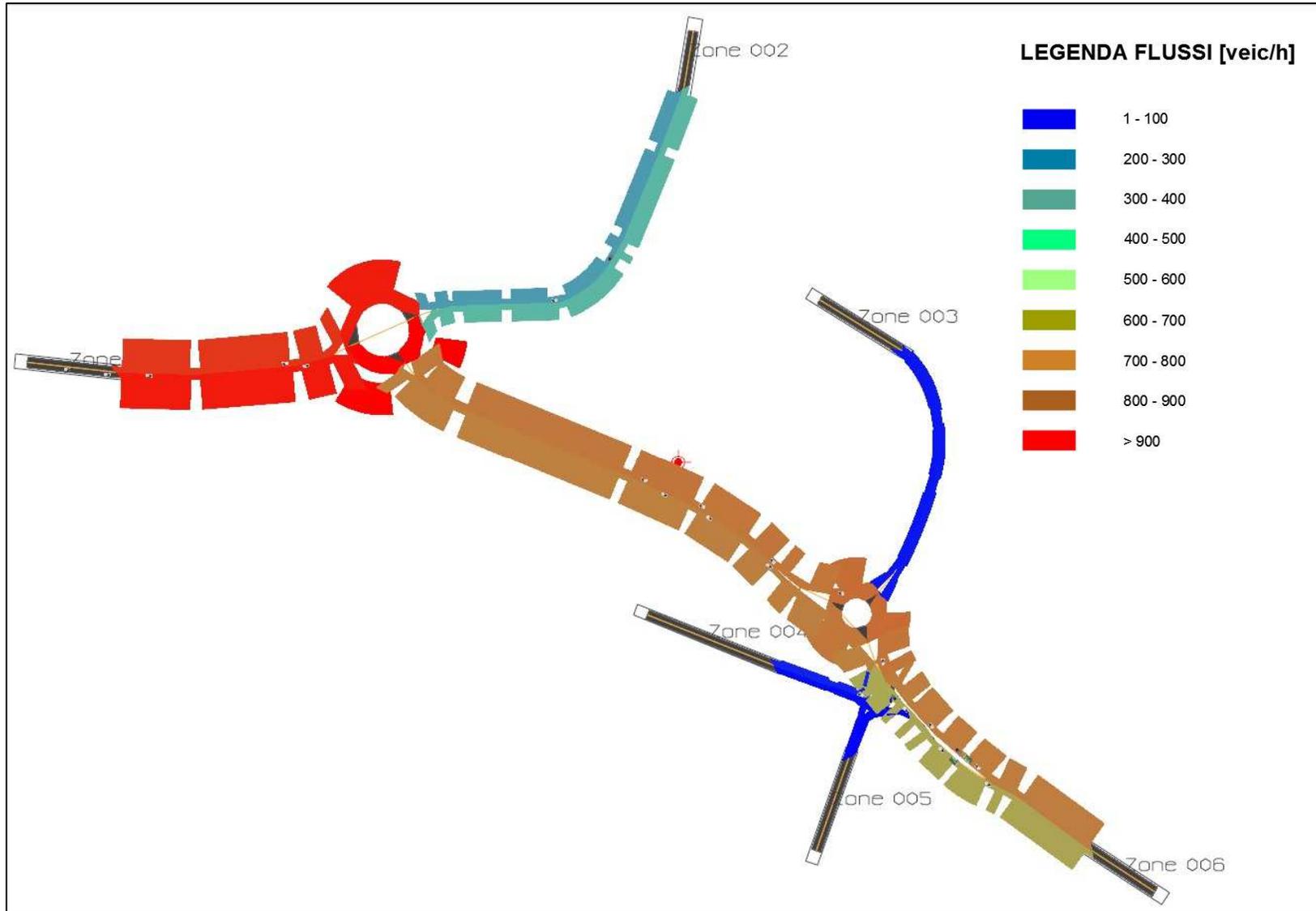
Velocità e Tempo di ritardo

Lunghezza media delle code e tempi di spostamento massimi complessivi

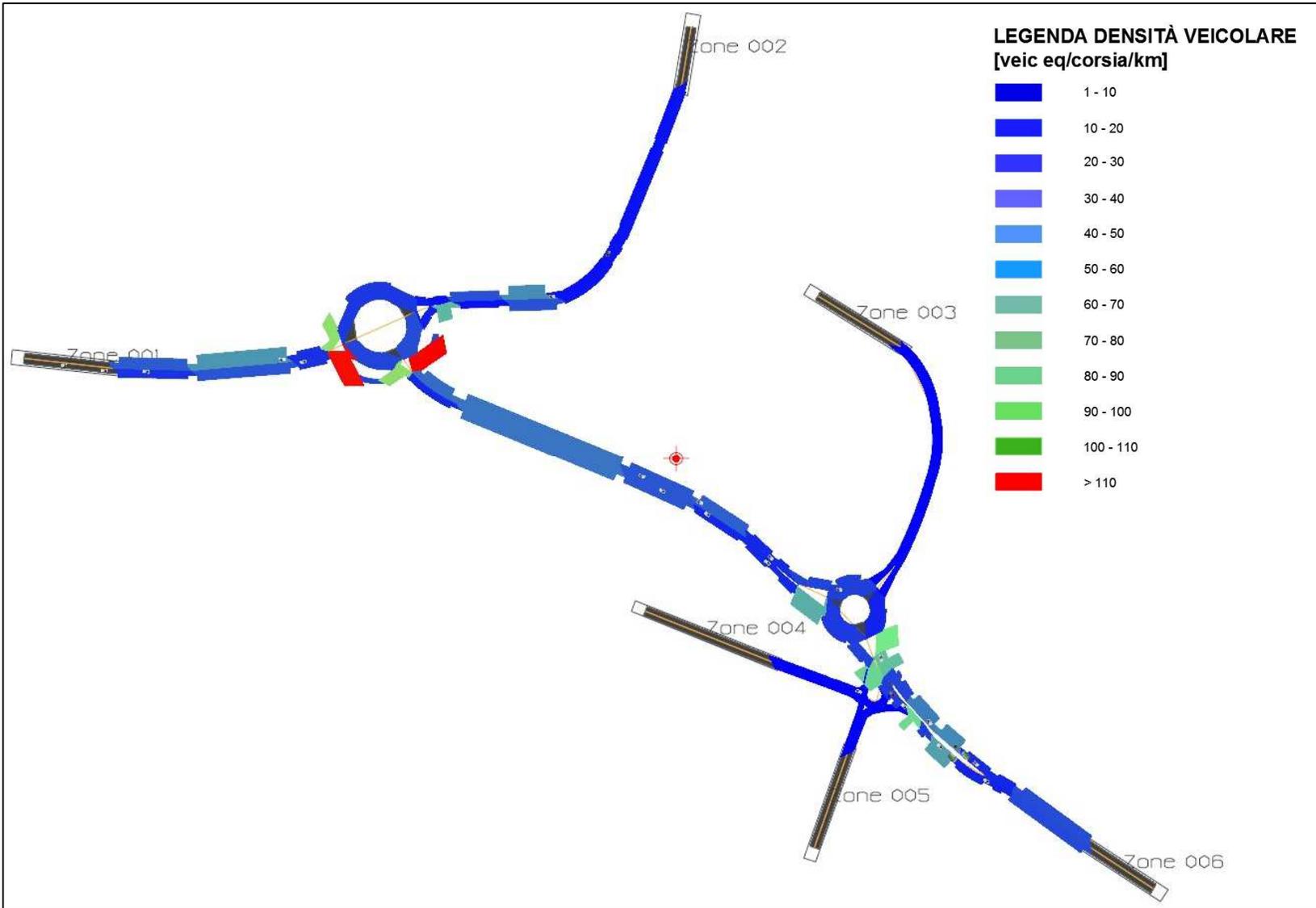
Livello di Servizio per ramo e tempo di percorrenza per ramo



Grafo della rete stradale nello Stato di fatto (con sfondo CTR)



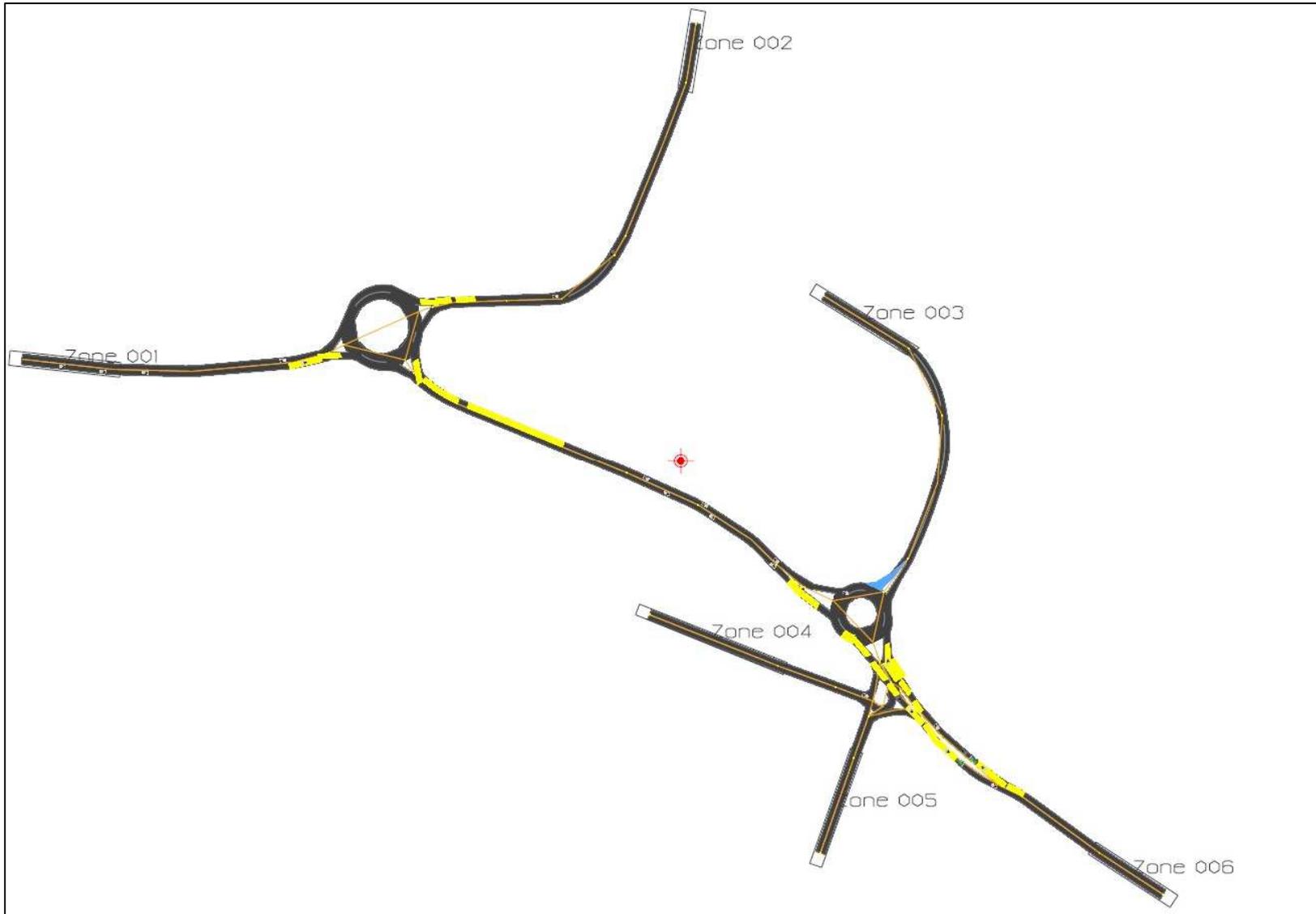
Stato di fatto: flussi veicolari (blu valore minimo, verde medio, rosso massimo)



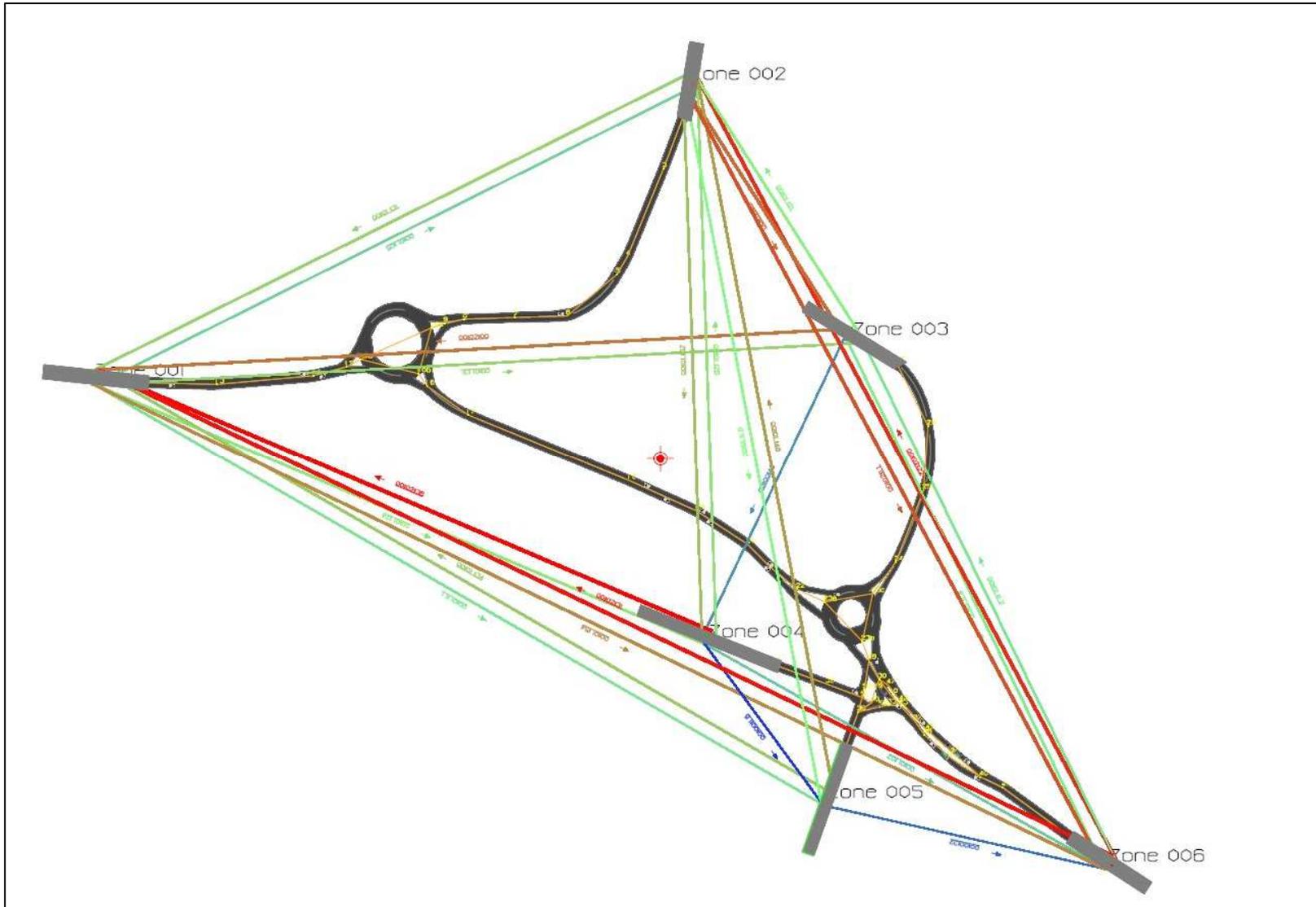
Stato di fatto: densità veicolare (blu valore minimo, verde medio, rosso massimo)



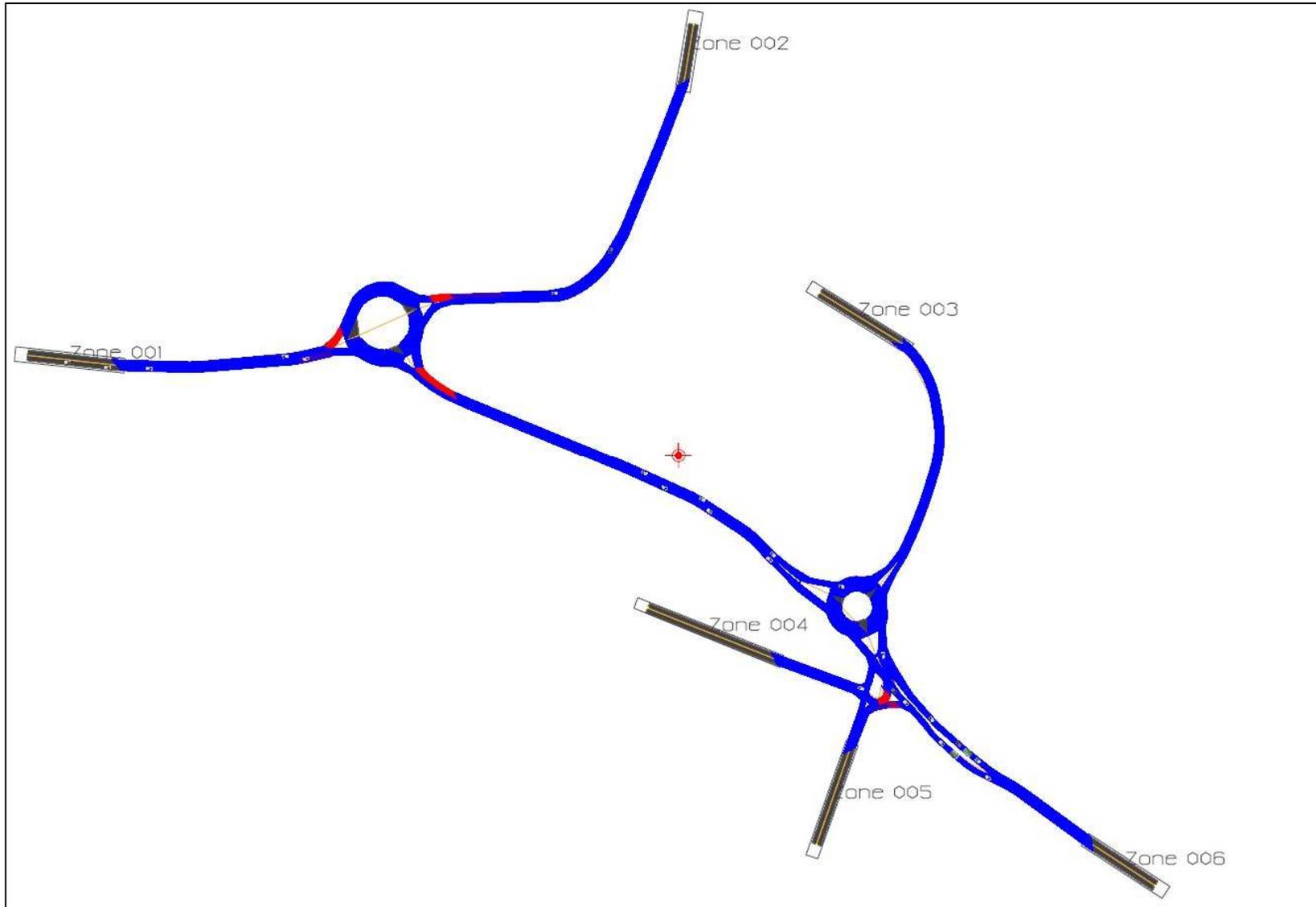
Stato di fatto: tempo di ritardo (blu < 2 s, verde < 3 s, marrone < 5 s, rosso < 10 s)



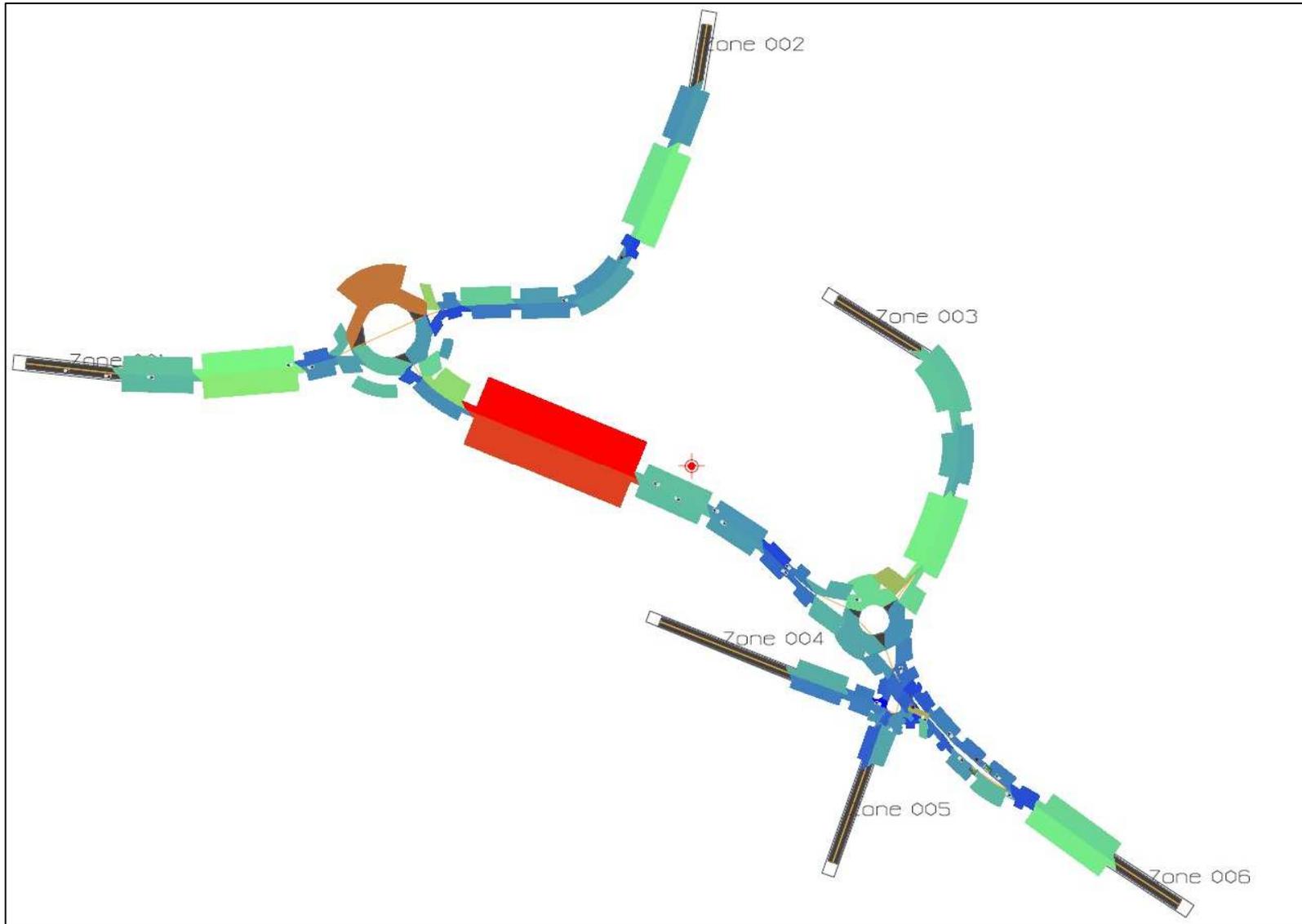
Stato di fatto: lunghezza massima code (in giallo)



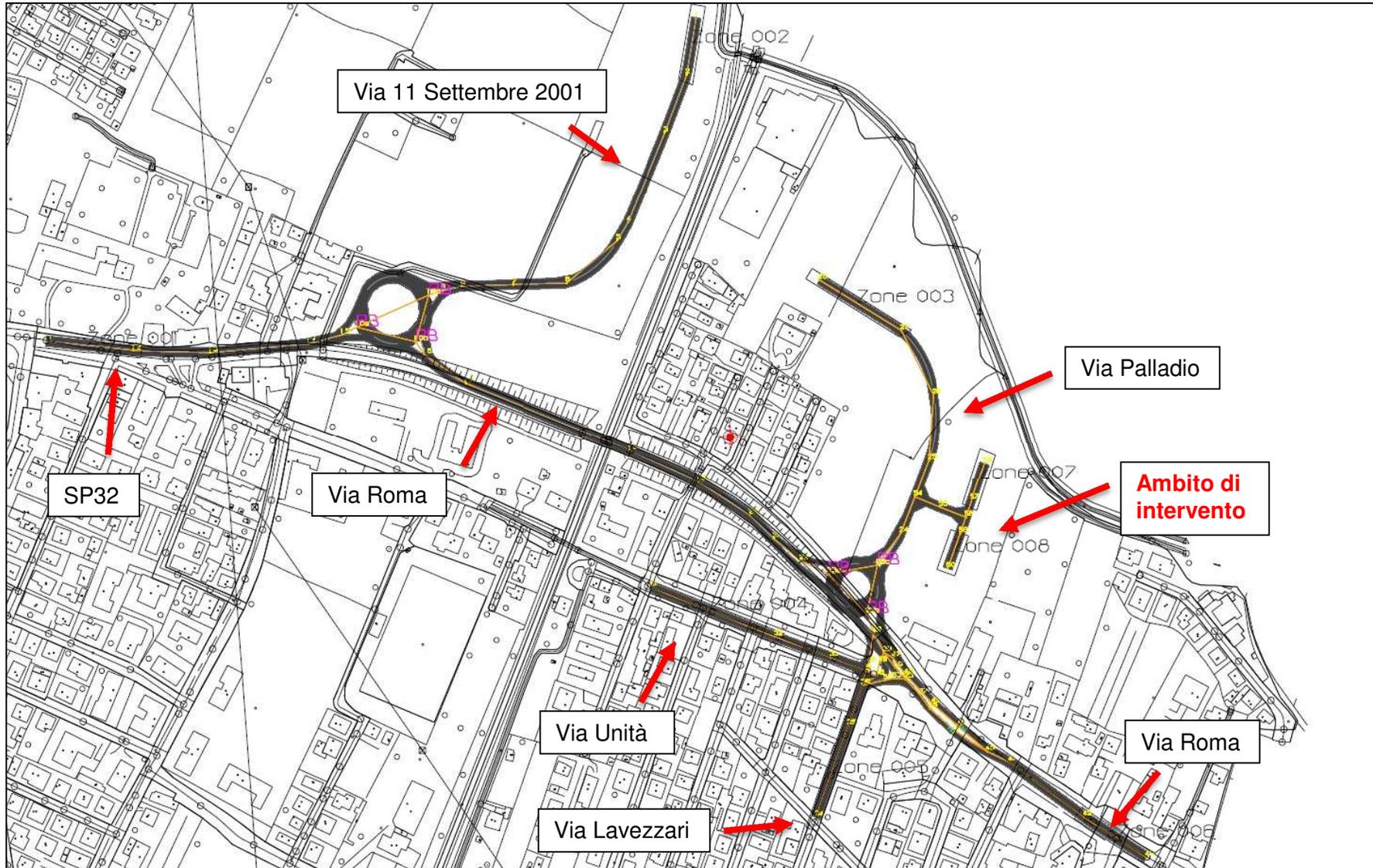
Stato di fatto: tempi di viaggio massimi complessivi (azzurro minimo, verde medio, rosso massimo)



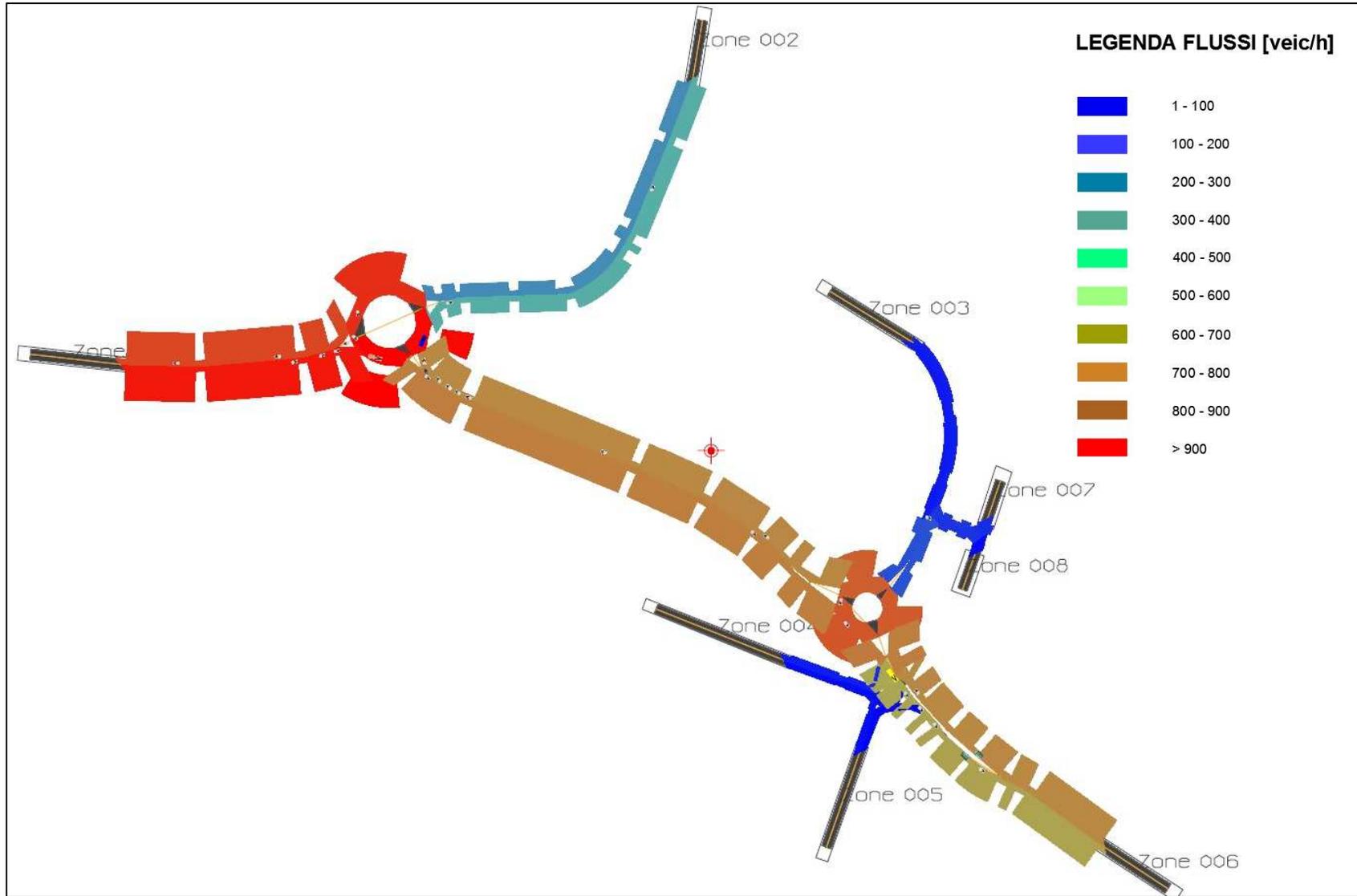
Stato di fatto: livello di Servizio per ramo (sopra: in peggioramento da blu a viola a rosso)



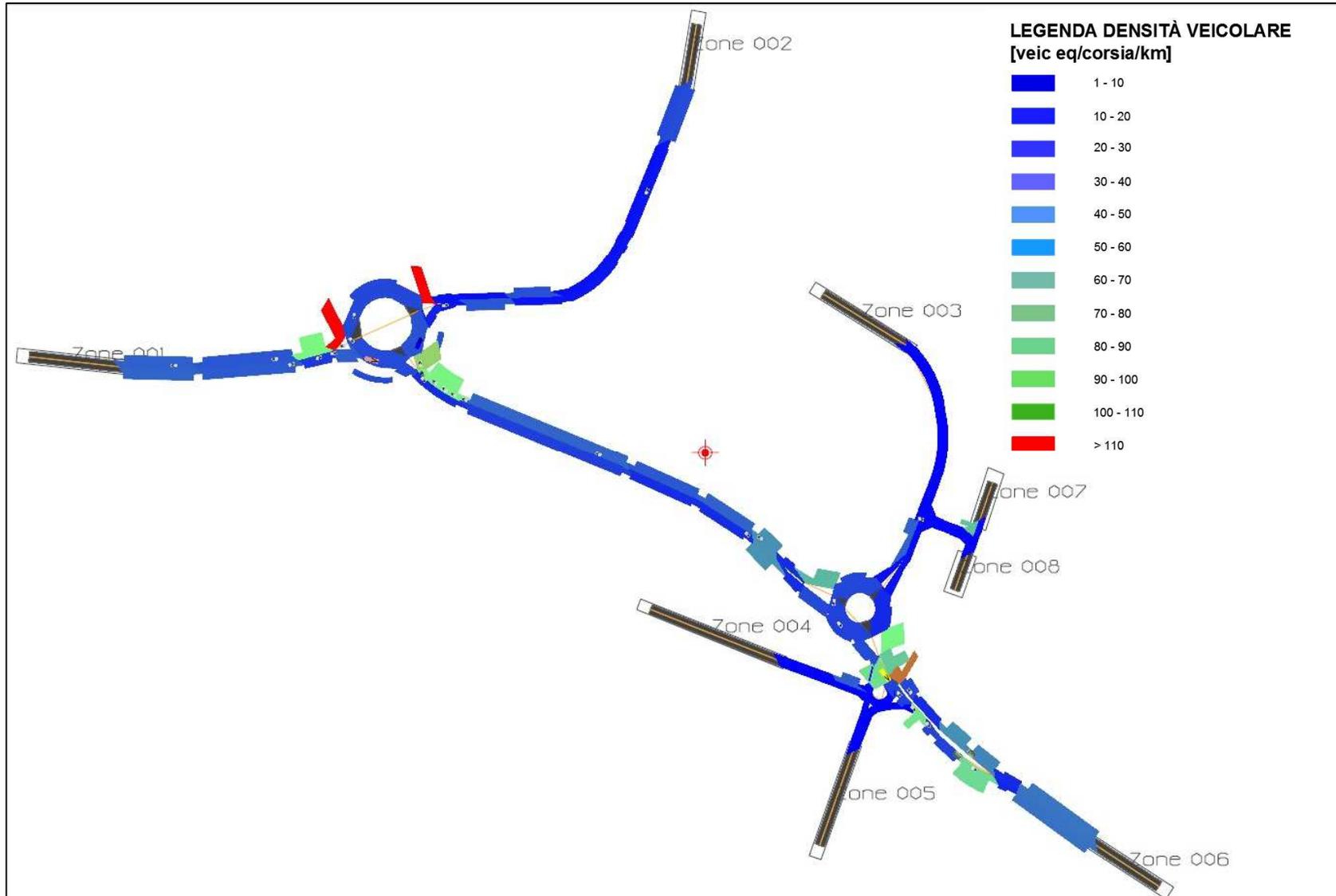
Stato di fatto: tempo di percorrenza per ramo (valori crescenti da blu a verde a rosso)



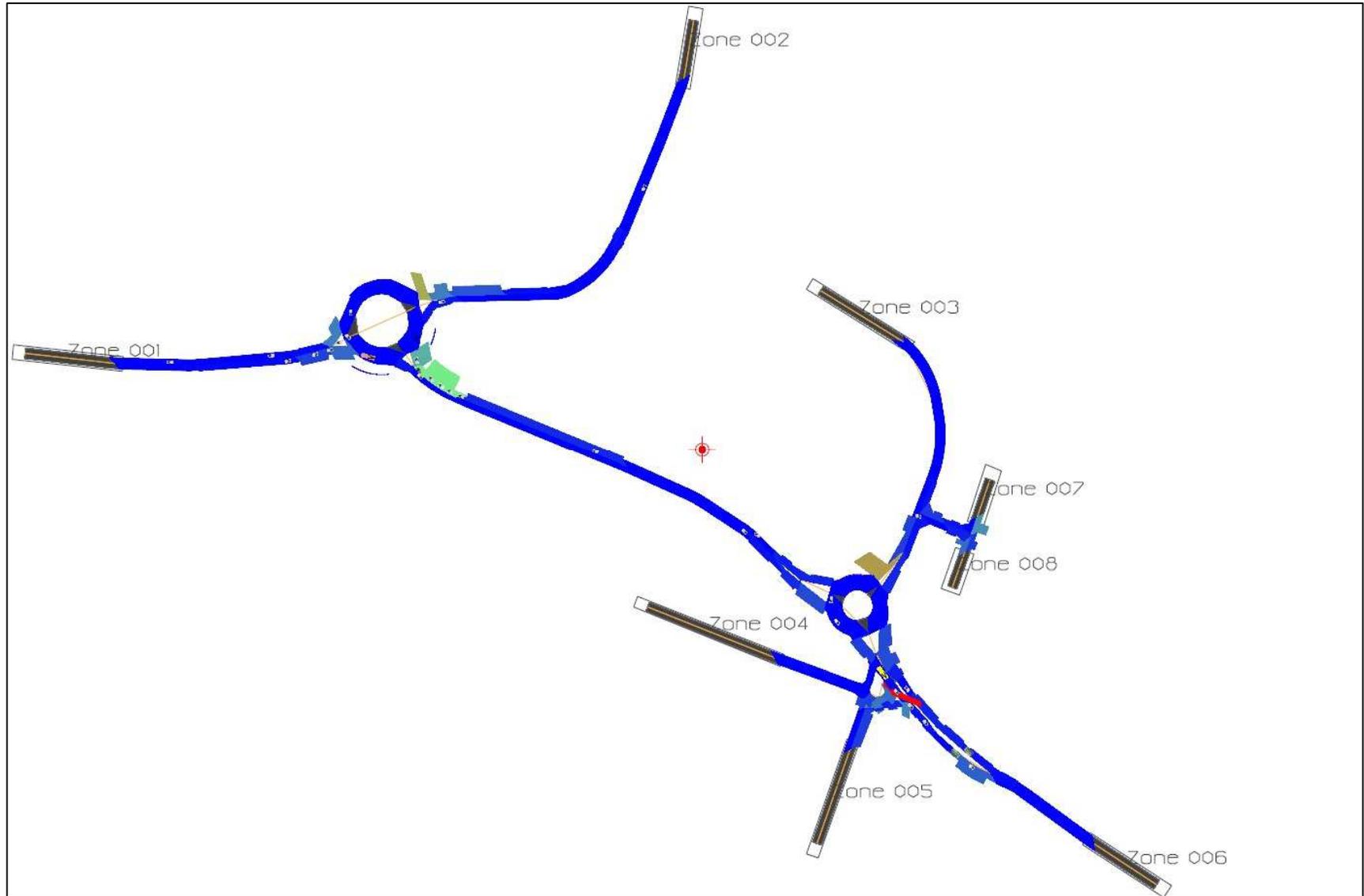
Grafo della rete stradale nello Stato di progetto (con sfondo CTR)



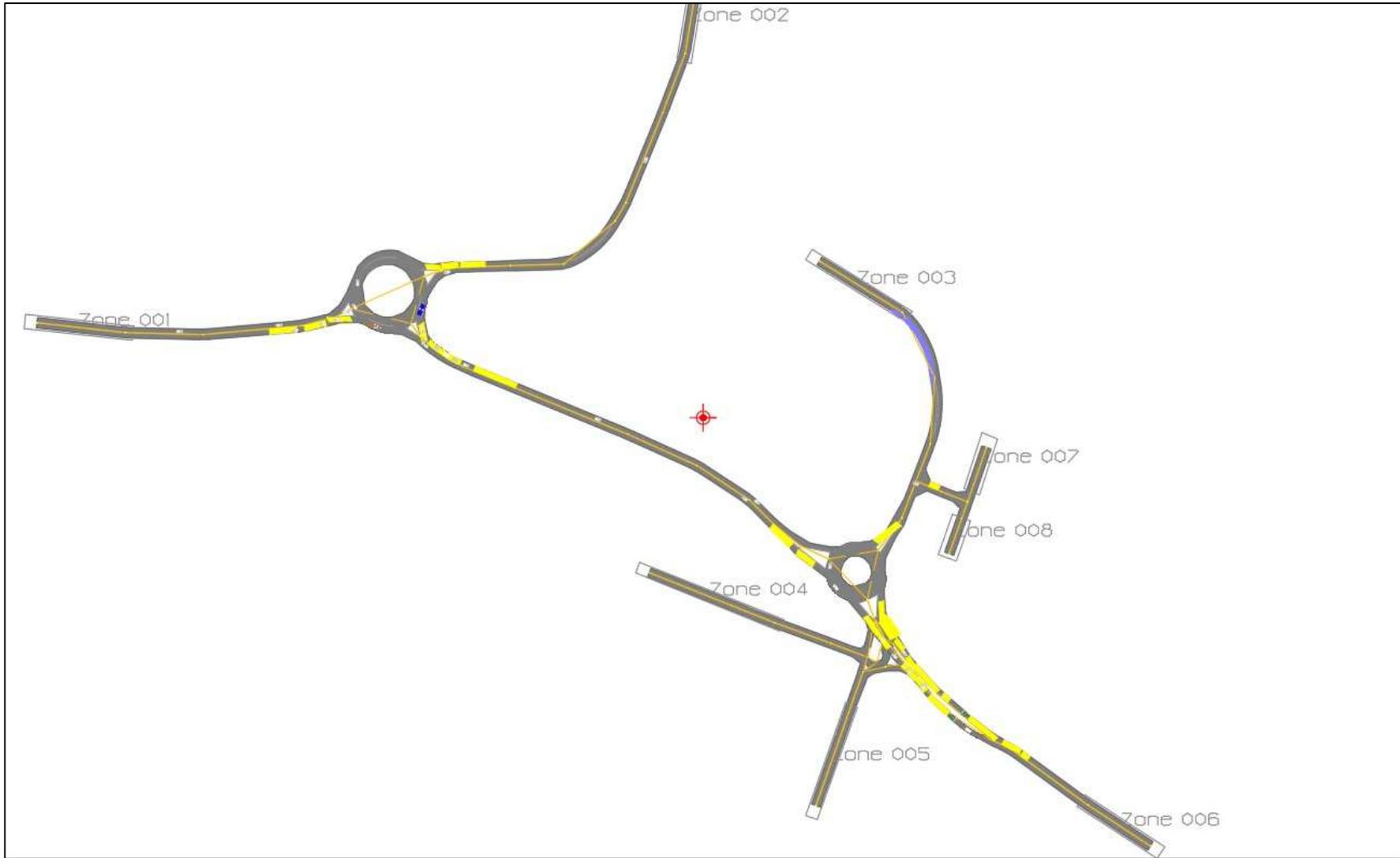
Stato di progetto: flussi veicolari (blu valore minimo, verde medio, rosso massimo)



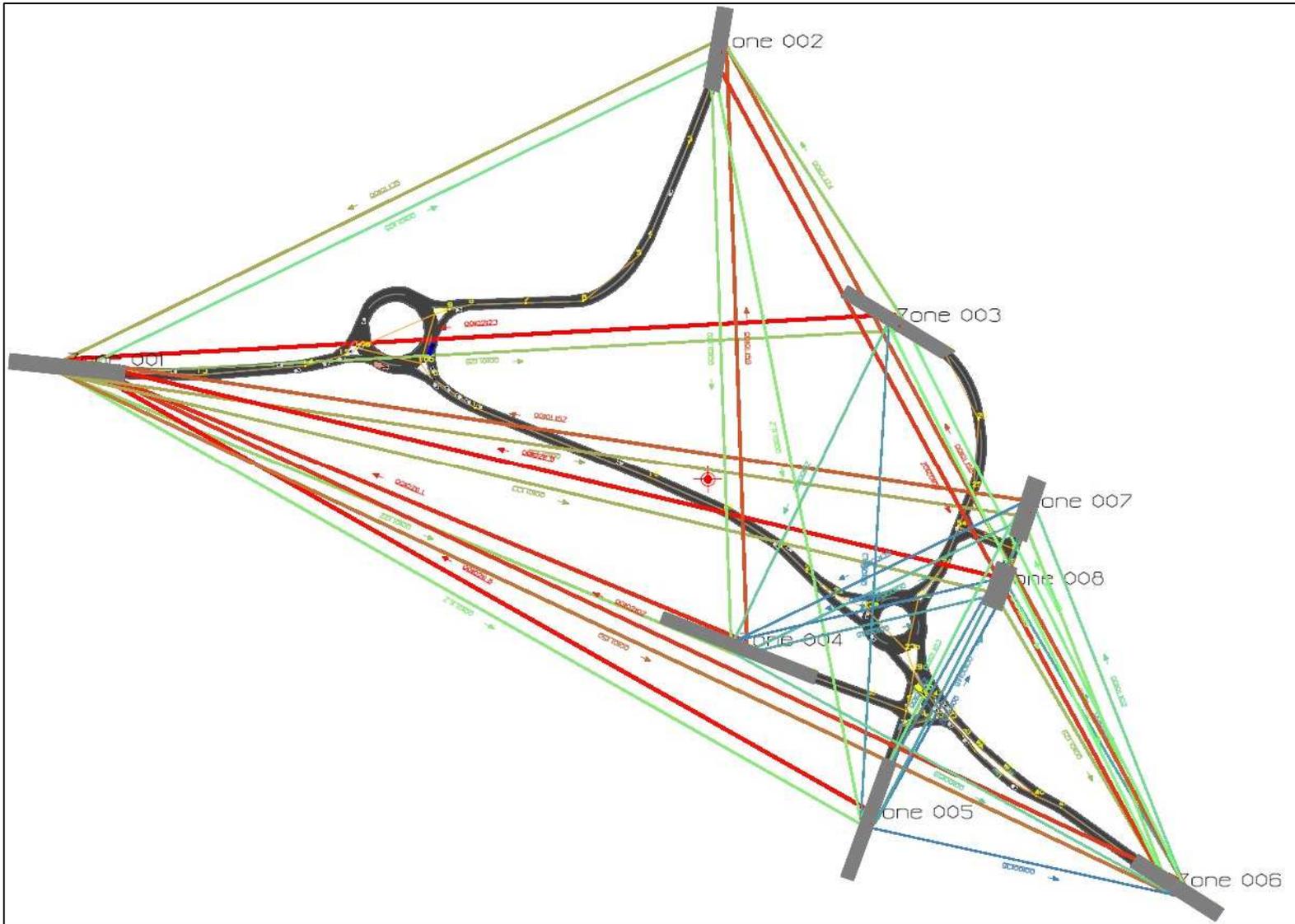
Stato di progetto: densità veicolare (blu valore minimo, verde medio, rosso massimo)



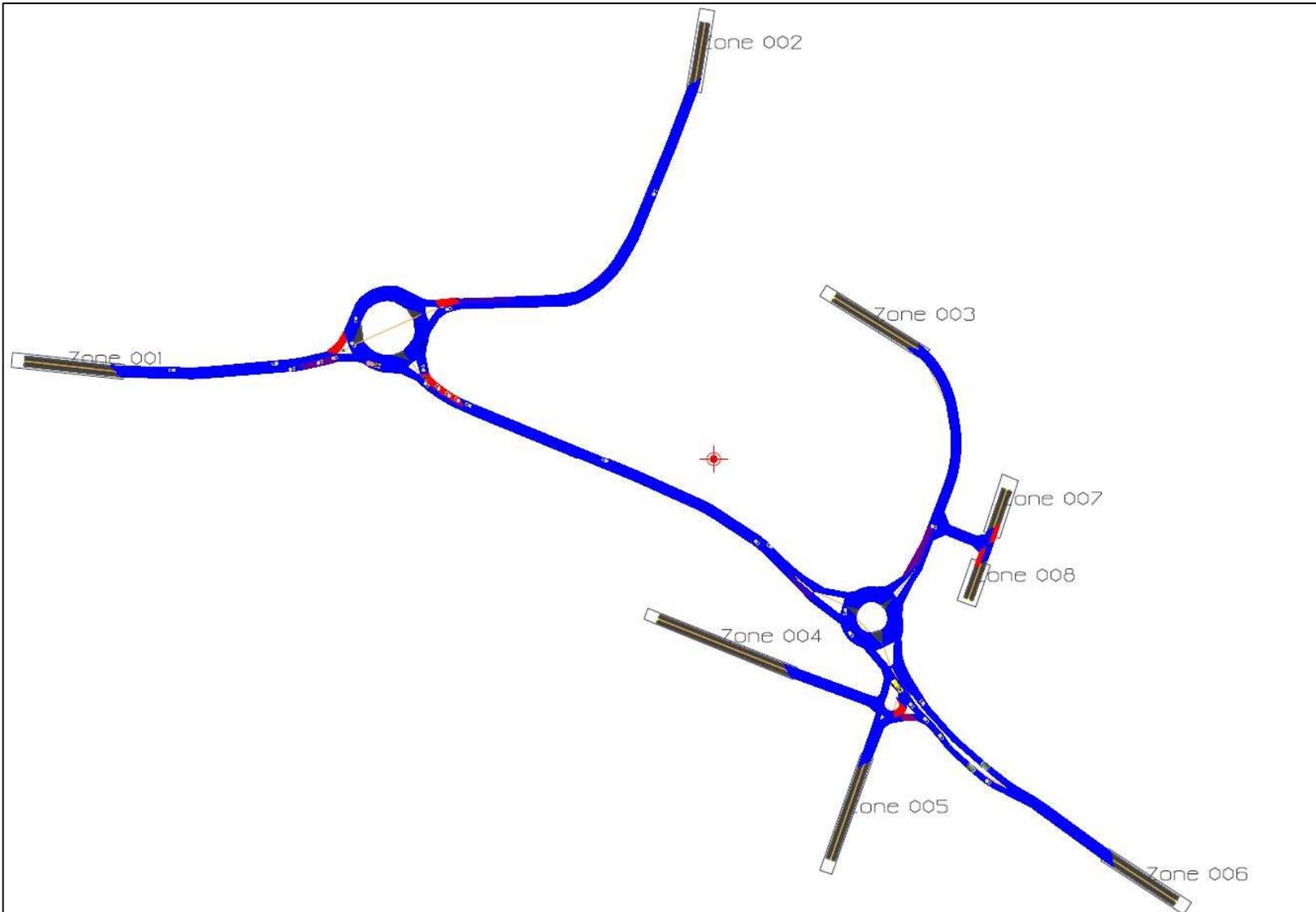
Stato di progetto: tempo di ritardo (blu < 3 s, verde < 5 s, marrone < 6 s, rosso < 10 s)



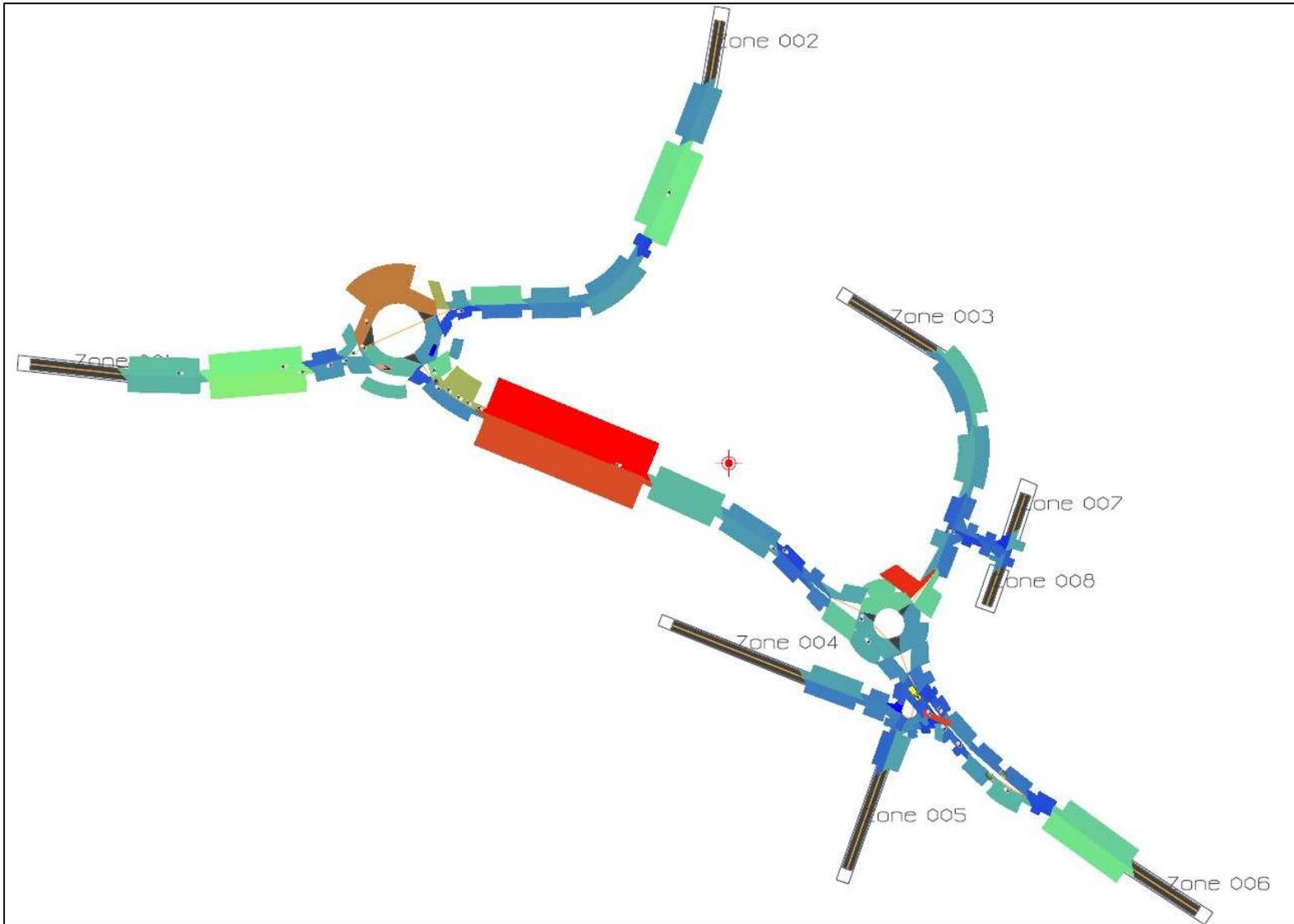
Stato di progetto: lunghezza massima code (in giallo)



Stato di progetto: tempi di viaggio massimi complessivi (azzurro minimo, verde medio, rosso massimo)



Stato di progetto: livello di Servizio per ramo (sopra: in peggioramento da blu a viola a rosso)



Stato di progetto: tempo di percorrenza per ramo (valori crescenti da blu a verde a rosso)