

La proposta viabilistica può essere così riassunta.



Figura 68 – Proposta viabilistica

Questo scenario è compatibile anche con uno scenario più ampio che prevede, in aggiunta alle opere/regolamentazioni già proposte, l'eliminazione dell'impianto semaforico esistente tra le vie Miola e Parini, con riorganizzazione generale dei sensi di marcia della zona residenziale posta tra via Miola e Via Manzoni, con l'intento di preservarla da flussi di transito ma garantire al contempo buona fruibilità da parte dei residenti.

Non sono possibili valutazioni modellistiche, ma le scelte permettono di poter utilizzare anche via Roma, a sud, come punto di accesso alla zona residenziale, sgravando parte della viabilità nord. Via Parini potrebbe essere a senso unico in direzione ovest fino a via Visconti e mantenere l'attuale regolamentazione da via Manzoni. Vengono poi confermati i restanti sensi di circolazione in quanto permettono di raggiungere le zone residenziali da qualsiasi direzione ed allontanarsi dalle stesse agevolmente. L'organizzazione della circolazione non porterà presumibilmente ad aggravii di flussi determinati da veicoli di passaggio, in quanto vengono scoraggiati itinerari di più lunga percorrenza.



Figura 69 – Proposta viabilistica – completamento sud

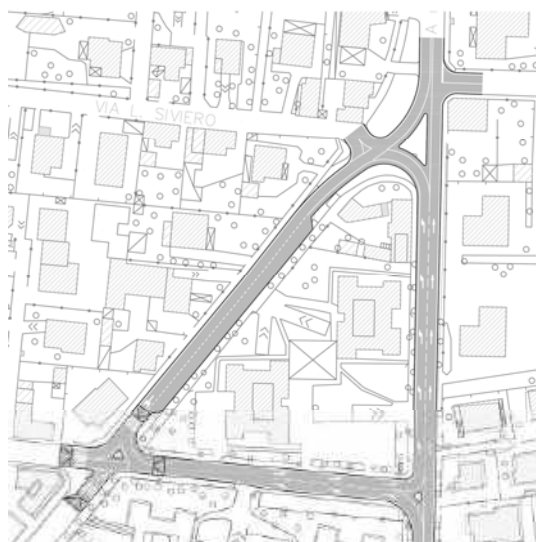


Figura 70 – Intervento viabilistico: modifica viabilità via Stoppani / via Frua / via Miola



Figura 72 – Intervento viabilistico: nuova rotondella via Miola / via Marzorati



Figura 71 – Intervento viabilistico: nuova rotondella via Miola / via Mazzolari e spartitraffico via Miola / via S. Dalmazio



Figura 73 – Intervento viabilistico: nuova rotondella via Marzorati / via del Cotone



Figura 74 – Intervento viabilistico: nuova viabilità all'interno del PA



Figura 75 – Intervento viabilistico: modifica sensi unici via Bergamo e via Marzorati

3.3 LOCALIZZAZIONE DEGLI ACCESSI

Da un punto di vista dell'accessibilità viabilistica, il nuovo intervento risulta ben inserito all'interno della maglia viabilistica presente/prevista al contorno dell'area di intervento, nonché adeguatamente collegata ad essa. I punti di accesso agli edifici commerciali sono localizzati su via Miola e su via Marzorati, tramite nuova viabilità interna al comparto. Il comparto commerciale posto ad est di Via Miola sarà dotato anche di un accesso supplementare localizzato su via Bergamo est, sono in ingresso per i veicoli che provengono da Ceriano. La residenza ed il comparto Terziario avranno punti di accesso posizionali lungo via della Seta.

E', altresì assicurato, all'interno dei comparti commerciali, l'accumulo dei veicoli in ingresso ed in uscita all'interno della proprietà o su viabilità secondaria, questa particolarità permette di non ostacolare il flusso veicolare in transito sulla viabilità principale – via Miola.

Rispetto alla situazione iniziale preventivata, l'aggiornamento del masterplan ha portato ad aggiungere un nuovo accesso al comparto commerciale da via Bergamo est. Questo ulteriore accesso sarà solo in ingresso e sgraverà la rotatoria tra le vie Miola / Bergamo / Ceriano dalla quota parte di veicoli aggiuntivi diretti verso il comparto stesso. Nelle analisi effettuate nel proseguo, tale accesso non è stato considerato al fine di verificare la situazione più critica, ovvero che tutti i veicoli gravitino sulla rotatoria tra le vie Miola e Bergamo. L'immagine seguente schematizza gli ingressi (freccia rossa) e le uscite (freccia verde) dal nuovo comparto in progetto.



Figura 76 – Ingressi/Uscite comparto commerciale

3.4 PERCORSI VEICOLARI DI ACCESSO

In riferimento all'assetto viabilistico previsto nello scenario di intervento, di seguito vengono definiti i percorsi veicolari di accesso alla nuova area.

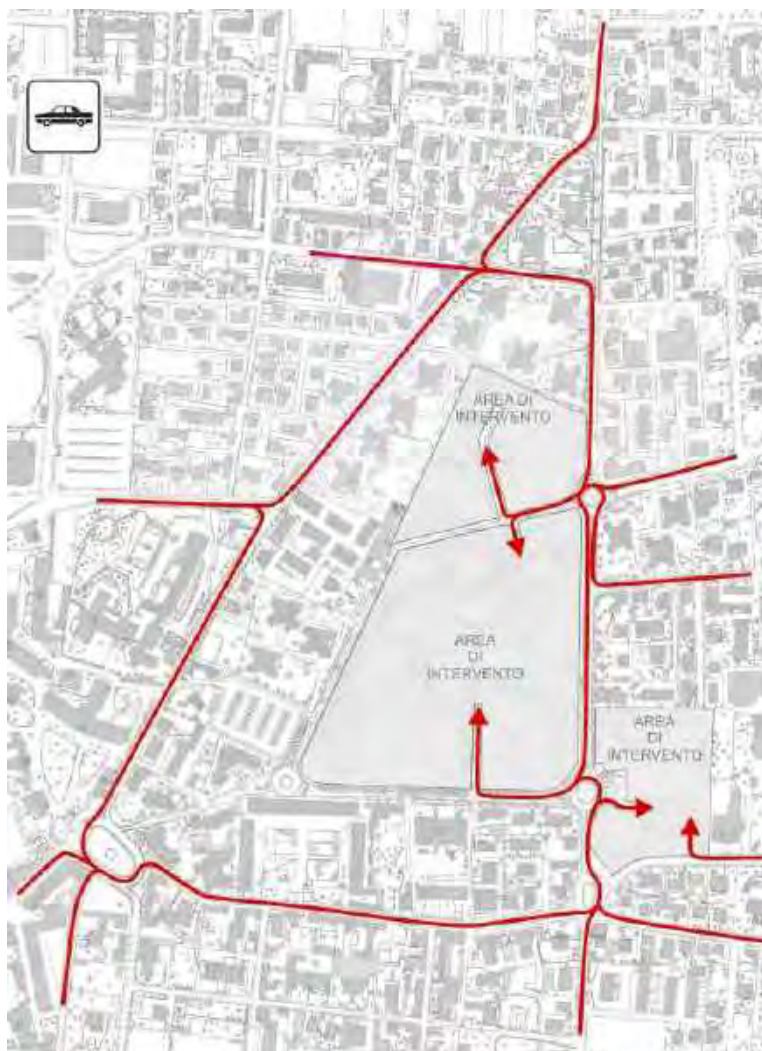


Figura 77 – Percorsi veicolari in ingresso

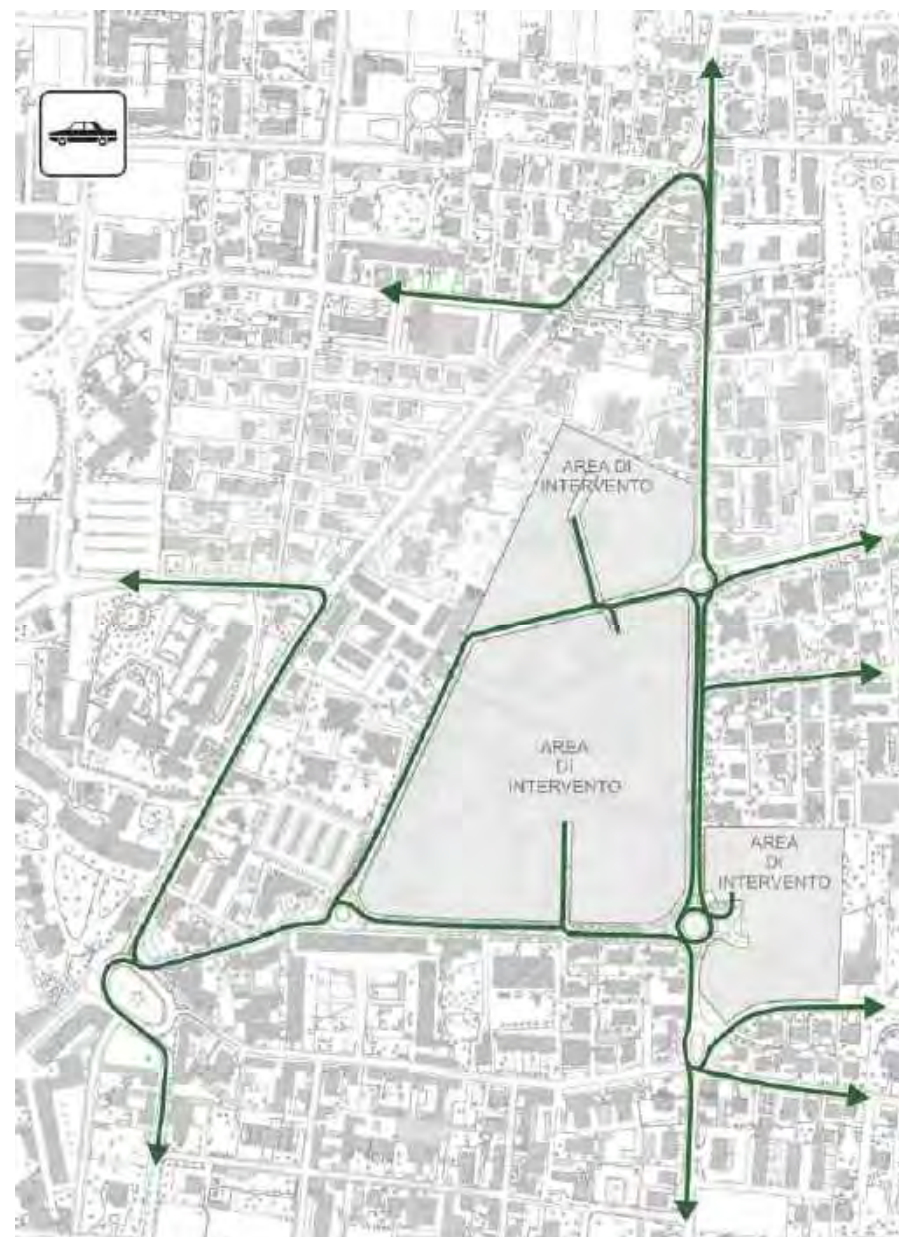


Figura 78 – Percorsi veicolari in uscita

3.5 PERCORSI UTENZE DEBOLI

Il PA prevede, al suo interno, il prolungamento dei percorsi ciclabili esistenti che, allo stato attuale, si sviluppano lungo il perimetro sud-est dell'area oggetto di studio.

In particolare l'immagine seguente mostra gli itinerari in progetto nell'area di intervento.



Figura 79 – Itinerari ciclopedonali previsti

3.6 AREE DI SOSTA

Il progetto prevede la realizzazione, all'interno dell'area di trasformazione, di aree dedicate alla sosta veicolare, per gli addetti e i clienti del commerciale, oltre che per i nuovi residenti e addetti del terziario.

Le aree di sosta saranno localizzate in parte a raso e in parti in interrato (tre piani di interrato).

Tutti i posti auto sono distribuiti in modo uniforme sull'intera area, sia commerciale che residenziale-terziaria, al fine di garantire ridotti spazi di percorrenza, e conseguentemente determinare una riduzione delle interferenze tra accessibilità pedonale e traffico veicolare, accrescendo la sicurezza dei pedoni.

3.7 LOGISTICA E APPROVVIGIONAMENTO MERCI

L'intervento in oggetto prevede anche la realizzazione di due Medie Superfici di Vendita e pertanto è necessario verificare la possibile interferenza del sistema di approvvigionamento merci sulla viabilità afferente i nuovi comparti.

E' possibile affermare che, per quanto riguarda i mezzi commerciali destinati all'approvvigionamento dei nuovi comparti, l'effetto da essi generato sul traffico è da considerarsi nulla nell'ora di punta individuata mediante la campagna di rilievo (venerdì sera dalle 18.00 alle 19.00) e pertanto non influisce sulla determinazione dello scenario di intervento futuro.

3.8 ANALISI DEI FLUSSI POTENZIALMENTE INDOTTI

La realizzazione del progetto rappresenta un elemento di attrattività per il traffico veicolare. Si viene, infatti, a creare un nuovo punto di attrazione/generazione di traffico, di cui occorre stimare l'entità, per la successiva verifica della compatibilità con il sistema viabilistico dell'area.

In questo paragrafo viene calcolato, nell'ora di punta, l'incremento di traffico dovuto alle nuove funzioni previste nell'area in oggetto.

L'effetto sulla rete viaria contermina, nella situazione di maggior carico, si ottiene quantificando complessivamente le attrazioni/generazioni delle singole funzioni previste nell'ora di punta.

I capitoli seguenti riportano la stima del traffico indotto per le funzioni previste dal progetto dell'intervento.

3.8.1 TRAFFICO INDOTTO FUNZIONE RESIDENZIALE

La stima dei veicoli aggiuntivi generati ed attratti dall'intervento considerando gli edifici aventi funzione residenziale è stata effettuata utilizzando i seguenti parametri:

- SLP 34.755,75 mq
- 1 residente ogni 50 mq di slp;
- Il 60% dei residenti è considerato "attivo" e genera uno spostamento sistematico nelle fasce orarie di punta;
- 80% dei residenti attivi utilizza l'auto (considerando la presenza delle linee del TPL nei pressi dell'intervento e della centralità dell'area);
- 1,2 persone/veicolo (coefficiente di occupazione delle auto).

Secondo i parametri sopracitati si determinano, per l'ora di punta della sera, **193 spostamenti totali** così ripartiti:

- **165 auto attratte** (il 60% dei movimenti totali avviene in ingresso),
- **28 auto generate** (il 10% dei movimenti totali avviene in uscita).

3.8.2 TRAFFICO INDOTTO FUNZIONE TERZIARIA

La stima dei veicoli aggiuntivi generati ed attratti dall'intervento considerando gli edifici aventi funzione terziario/direzionale è stata effettuata utilizzando i seguenti parametri:

- SLP 3.939,69 mq
- 1 addetto ogni 30 mq di slp;
- 90% utilizzo dell'auto;
- 1,1 coefficiente di riempimento dei veicoli,
- 50% degli spostamenti avviene in uscita.

Secondo i parametri sopracitati si determinano, per l'ora di punta della sera, **54 spostamenti totali in uscita** dall'area.

3.8.3 TRAFFICO INDOTTO FUNZIONE COMMERCIALE

Nonostante l'intervento preveda la realizzazione di due Medie Strutture di Vendita, a titolo cautelativo, la stima del traffico attratto/generato viene effettuata sulla base dei criteri regionali contenuti nella d.g.r. 20 dicembre 2013 n. X/1193 – *"Disposizioni attuative finalizzate alla valutazione delle istanze per l'autorizzazione all'apertura o alla modificazione delle grandi strutture di vendita conseguenti alla d.c.r. 12 novembre 2013 n.10/187 "Nuove linee per lo sviluppo delle imprese del settore commerciale"" e successive modifiche.*

La stima veicoli generati / attratti viene effettuata in riferimento all'ora di punta del venerdì.

Di seguito si riportano le tabelle contenute nella normativa regionale vigente.

Superficie di vendita alimentare [mq]	Veicoli ogni mq di superficie di vendita alimentare			
	Venerdì (1)	Venerdì (2)	Sabato-Domenica (1)	Sabato-Domenica (2)
0 - 3.000	0,25	0,20	0,30	0,25
3.000 - 6.000	0,12	0,10	0,17	0,14
> 6.000	0,04	0,03	0,05	0,03

Tabella 22 – Veicoli generati/attratti ogni mq di SV alimentare (fonte: dgr n.10/1193)

Superficie di vendita non alimentare [mq]	Veicoli ogni mq di superficie di vendita non alimentare			
	Venerdì (1)	Venerdì (2)	Sabato-Domenica (1)	Sabato-Domenica (2)
0 - 5.000	0,10	0,09	0,18	0,15
5.000 - 12.000	0,08	0,06	0,14	0,12
> 12.000	0,05	0,04	0,06	0,04

Tabella 23 – Veicoli generati/attratti ogni mq di SV non alimentare (fonte: dgr n.10/1193)

I coefficienti indicati con il numero (1) vanno applicati per gli interventi localizzati nei comuni delle zone critiche, mentre per tutti gli altri casi trovano applicazione i valori indicati nelle colonne con il numero (2).

Inoltre la normativa regionale stabilisce che la ripartizione dei flussi aggiuntivi, per il calcolo del traffico monodirezionale, avvenga ipotizzando che il 60% dei movimenti sia in ingresso, ed il restante 40% sia in uscita dall'insediamento. Nel presente studio verranno applicati i parametri indicati con la nota "(1)", in quanto il Comune di Saronno risulta inserito all'interno dell'elenco dei comuni critici.

La generazione dei movimenti veicolari aggiuntivi fa riferimento a:

- Stima dell'indotto veicolare, calcolata secondo i coefficienti della Regione Lombardia;
- Stima del traffico attratto/generato sulla base di osservazioni di altri insediamenti analoghi.

Considerato che la stima dell'incremento di traffico effettuata applicando i coefficienti regionali per le medie strutture di vendita restituirebbe un risultato previsionale spropositato ed inverosimile rispetto al reale di traffico che si registrerà effettivamente dopo l'attivazione delle MSV (confrontando i dati di traffico stimati e quelli reali dopo l'apertura di numerosi insediamenti si è riscontrato un flusso attratto/generato di gran lunga inferiore alle stime), si ritiene di poter applicare un decremento pari ad almeno il 50% che considerata l'ubicazione e la tipologia dell'esercizio commerciale, costituisce comunque un quantitativo di traffico aggiuntivo comunque sovrastimato rispetto a quello che potrà essere generato/attratto in realtà.

A scopo cautelativo, nelle simulazioni effettuate, si sono considerati come aggiuntivi tutti i veicoli che potrebbero essere attratti dalla nuova superficie di vendita prevista, senza considerare che parte degli stessi sia già circolante sulla rete stradale limitrofa. Non sono stati applicati, infatti, i coefficienti di riduzione relativi al "cross – visits" ed al "pass – by". **Le ipotesi assunte per la stima dei potenziali flussi veicolari aggiuntivi risultano particolarmente cautelative in quanto non hanno considerato alcun parametro di riduzione e nessuna interconnessione tra le attività di vendita previste nel comparto.**

3.8.3.1 Clienti nuova struttura Commerciale

L'intervento commerciale prevede la realizzazione di:

- 2.500 mq SV afferente al settore merceologico alimentare;

- 2.500 mq SV afferente al settore merceologico non alimentare.

La stima dell'indotto veicolare può essere così riassunta.

• CATEGORIA ALIMENTARE

- o 625 veicoli/ora – totale auto generate/attratte;
- o 50% veicoli effettivamente aggiuntivi (riduzione del 50% che considera che l'intervento riguarda una MSV e non una GSV);
- o 80% veicoli effettivamente aggiuntivi (riduzione del 20% che considera l'ambito urbano e centrale dell'insediamento e quindi la quota parte di utenti che arrivano a piedi, in bici o tramite i mezzi pubblici).

Secondo i parametri sopracitati si determinano, per l'ora di punta della sera, **250 spostamenti totali** così ripartiti:

- **150 auto attratte** (il 60% dei movimenti totali avviene in ingresso);
- **100 auto generate** (il 40% dei movimenti totali avviene in uscita).

• CATEGORIA NON ALIMENTARE

- o 250 veicoli/ora – totale auto generate/attratte;
- o 50% veicoli effettivamente aggiuntivi (riduzione del 50% che considera che l'intervento riguarda una MSV e non una GSV);
- o 80% veicoli effettivamente aggiuntivi (riduzione del 20% che considera l'ambito urbano e centrale dell'insediamento e quindi la quota parte di utenti che arrivano a piedi, in bici o tramite i mezzi pubblici).

Secondo i parametri sopracitati si determinano, per l'ora di punta della sera, **100 spostamenti totali** così ripartiti:

- **60 auto attratte** (il 60% dei movimenti totali avviene in ingresso);
- **40 auto generate** (il 40% dei movimenti totali avviene in uscita).

3.8.3.2 Addetti nuova struttura Commerciale

Nell'ora di punta della sera non si stimano movimenti veicolari determinati dagli addetti, in quanto le attività commerciali saranno ancora in funzione e presumibilmente non saranno previsti cambi turno.

3.8.4 STIMA DELL'INDOTTO VEICOLARE COMPLESSIVO

La tabella seguente riporta il traffico indotto complessivo di tutte le funzioni previste nel nuovo comparto in analisi.

	FLUSSI AGGIUNTIVI		
	DESTINATI	ORIGINATI	TOTALE
COMMERCIALE ALIMENTARE	150	100	250
COMMERCIALE NON ALIMENTARE	60	40	100
RESIDENZA	165	28	193
TERZIARIO	0	54	54
TOTALE	375	222	597

Tabella 24 – Stima del traffico indotto totale– ora di punta serale

Complessivamente nell'ora di punta della sera, le funzioni previste si stima generino **597 veicoli/ora di cui 375 in ingresso e 222 in uscita**.

Le verifiche sono state effettuate considerando l'ora di punta serale del venerdì perché rappresenta la situazione più sfavorevole in termini di flusso di traffico, in quanto agli spostamenti casa – lavoro si sommano gli spostamenti generati – attratti dalle funzioni commerciali previste dal progetto.

3.9 DIRETTRICI E BACINO D'UTENZA

Il flusso aggiuntivo dei veicoli potenzialmente attratto/generato dall'intervento in progetto verrà caricato sulla rete viaria presente al contorno dell'area in esame, supponendo che i medesimi flussi si ridistribuiscono, come origine e destinazione, in maniera analoga ai flussi attuali ottenuti dai rilievi di traffico.

3.9.1 DEFINIZIONE DELLE DIRETTRICI

Sulla base dell'offerta di trasporto definita per lo scenario di intervento, dei percorsi di accesso all'area e della localizzazione del centro abitato e dei quartieri residenziali, sono state individuate le seguenti direttrici:

- 1B: da via Stoppani ovest;
- 2A: da via Miola nord;
- 6C: da via Miola sud;
- 6E: da via Bergamo est;
- 7B: da via S. Pellico.

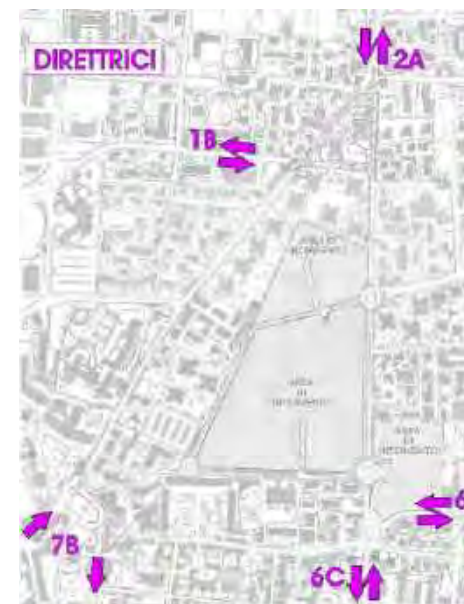


Figura 80 – Direttrici di accesso all'area di intervento

I rilievi di traffico hanno permesso di determinare il peso attrattore di ogni direttrice.

Tenendo conto delle caratteristiche del sito in esame, in rapporto alla presenza di altre strutture nell'area ed alle caratteristiche della rete stradale, la previsione della distribuzione degli utenti sulla rete stessa è riportata nelle tabelle seguenti.

Sezione	Strada	%	Traffico indotto COMM ALIM		
			DESTINATI	ORIGINATI	TOTALE
1B	Via Stoppani	30%	45	30	75
2A	Via Miola	24%	36	24	60
6C	Via Miola sud	20%	30	20	50
6E	Via Bergamo	10%	15	10	25
7B	Via Silvio Pellico	16%	24	16	40
		100%	150	100	250

Figura 81 – Percentuali direttrici veicoli aggiuntivi – funzione commerciale alimentare

Sezione	Strada	%	Traffico indotto COMM NON ALIM		
			DESTINATI	ORIGINATI	TOTALE
1B	Via Stoppani	30%	18	12	30
2A	Via Miola	24%	14	10	24
6C	Via Miola sud	20%	12	8	20
6E	Via Bergamo	10%	6	4	10
7B	Via Silvio Pellico	16%	10	6	16
		100%	60	40	100

Figura 82 – Percentuali direttrici veicoli aggiuntivi – funzione commerciale non alimentare

Sezione	Strada	%	Traffico indotto RESIDENZA		
			DESTINATI	ORIGINATI	TOTALE
1B	Via Stoppani	19%	32	6	38
2A	Via Miola	15%	25	4	30
6C	Via Miola sud	32%	53	9	62
6E	Via Bergamo	17%	28	5	33
7B	Via Silvio Pellico	16%	27	4	31
		100%	165	28	194

Figura 83 – Percentuali direttrici veicoli aggiuntivi – funzione residenza

Sezione	Strada	%	Traffico indotto TERZIARIO		
			DESTINATI	ORIGINATI	TOTALE
1B	Via Stoppani	19%	0	11	11
2A	Via Miola	15%	0	8	8
6C	Via Miola sud	32%	0	17	17
6E	Via Bergamo	17%	0	9	9
7B	Via Silvio Pellico	16%	0	9	9
		100%	0	54	54

Figura 84 – Percentuali direttrici veicoli aggiuntivi – funzione terziario

L'immagine seguente mostra la ripartizione dei flussi aggiuntivi sulla rete contermina all'area di intervento relativamente allo scenario di intervento.

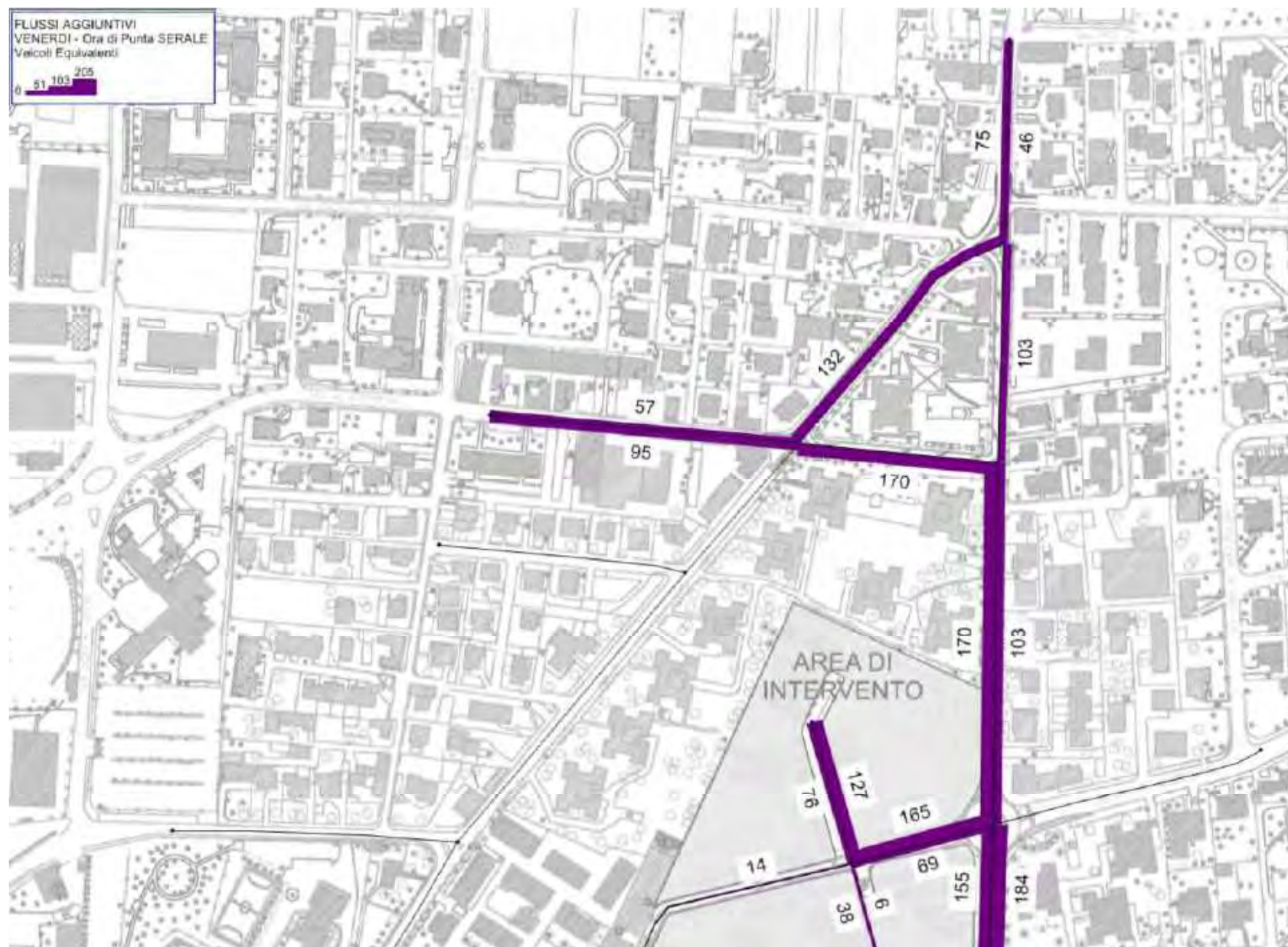


Figura 85 – Flussogramma traffico indotto – ora di punta serale – parte nord

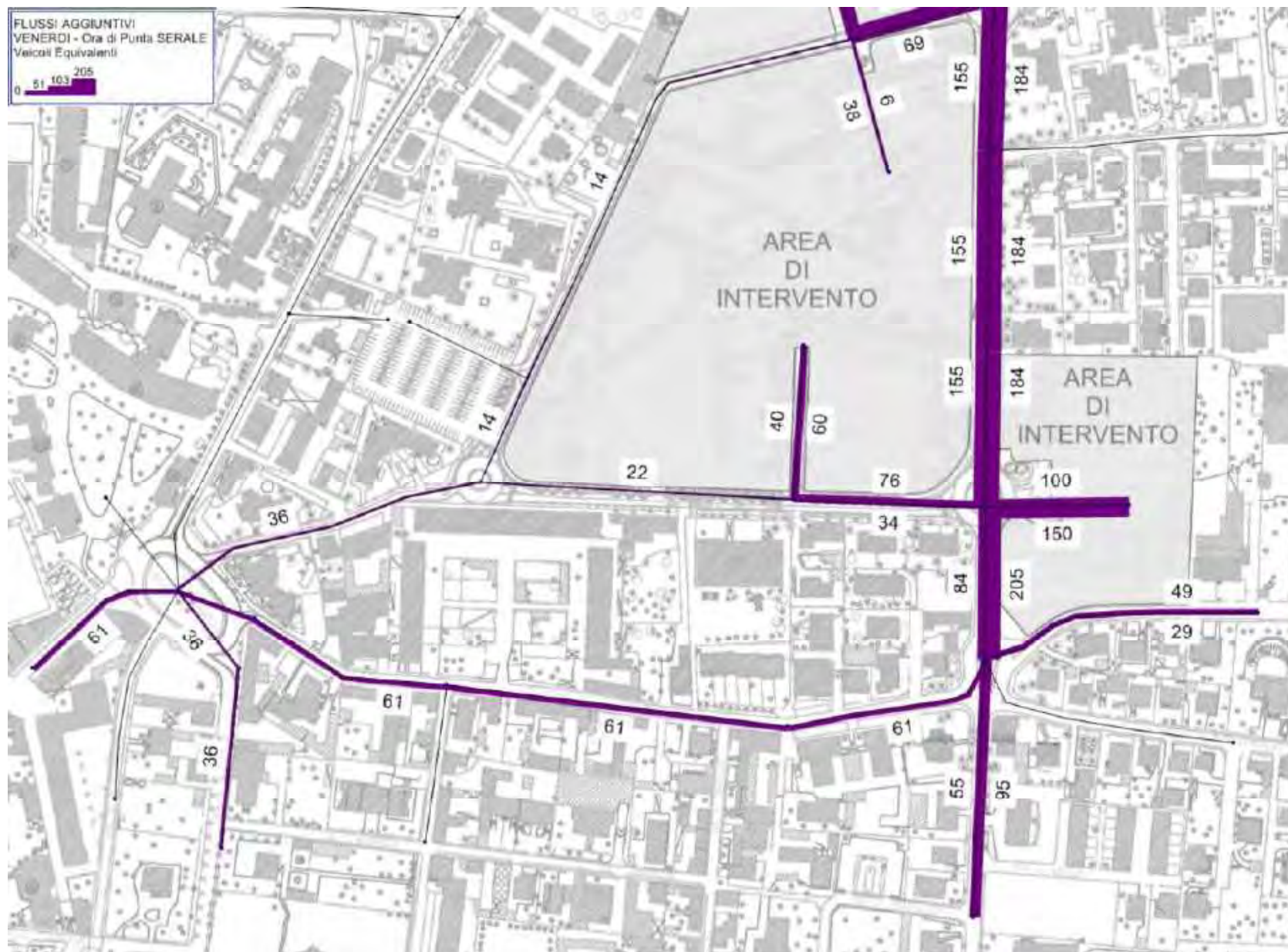


Figura 86 – Flussogramma traffico indotto – ora di punta serale – parte sud

3.9.2 IDENTIFICAZIONE DELLO SCENARIO DI INTERVENTO

Sulla base della rete viabilistica considerata, dei rilievi di traffico effettuati e del calcolo del traffico indotto esposto nei paragrafi precedenti, si stima che i flussi di traffico relativi allo scenario di intervento siano distribuiti come mostrato nell'immagine seguente. Sulla base di tale distribuzione dei flussi veicolari sulla rete verranno effettuate le analisi micro modellistiche.

Il flussogramma riportato in seguito evidenzia i seguenti aspetti:

- la nuova conformazione delle intersezioni tra le vie Miola e Stoppani eliminerà i punti di conflitto ed il perditempo dovuto al semaforo, agevolando il transito dei flussi nord→sud, e viceversa, e le svolte da parte dei veicoli provenienti da via Stoppani. Tale viabilità potrà anche essere usata come alternativa per i veicoli che, provenienti da sud e da est, volessero spostarsi verso ovest senza passare per l'ospedale e per via Frua;
- la nuova viabilità interna al comparto permetterà ai veicoli provenienti da nord e diretti a sud di by-passare la rotonda tra via Miola e Bergamo, spostando così traffico dall'asse principale di via Miola. Questo spostamento aumenterà la fluidità dei flussi lungo l'asse principale;
- l'introduzione dello spartitraffico lungo via Miola vieta le svolte a sinistra in ingresso ed uscita da via S. Dalmazio: i veicoli dovranno quindi utilizzare le due nuove rotonde poste a nord ed a sud come "biella", per effettuare i torna-indietro e proseguire verso la propria destinazione. E' verosimile affermare però che molti di questi veicoli modificheranno il proprio percorso utilizzando esclusivamente la nuova rotonda tra via Miola e via Mazzolari, che permetterà così tutte le manovre;
- i flussi aggiuntivi transitanti sulla viabilità ad ovest del comparto, in particolare lungo via Frua, resteranno esigui, pertanto è possibile affermare che la situazione rilevata durante i rilievi resterà costante anche durante lo scenario di intervento, senza subire modifiche.

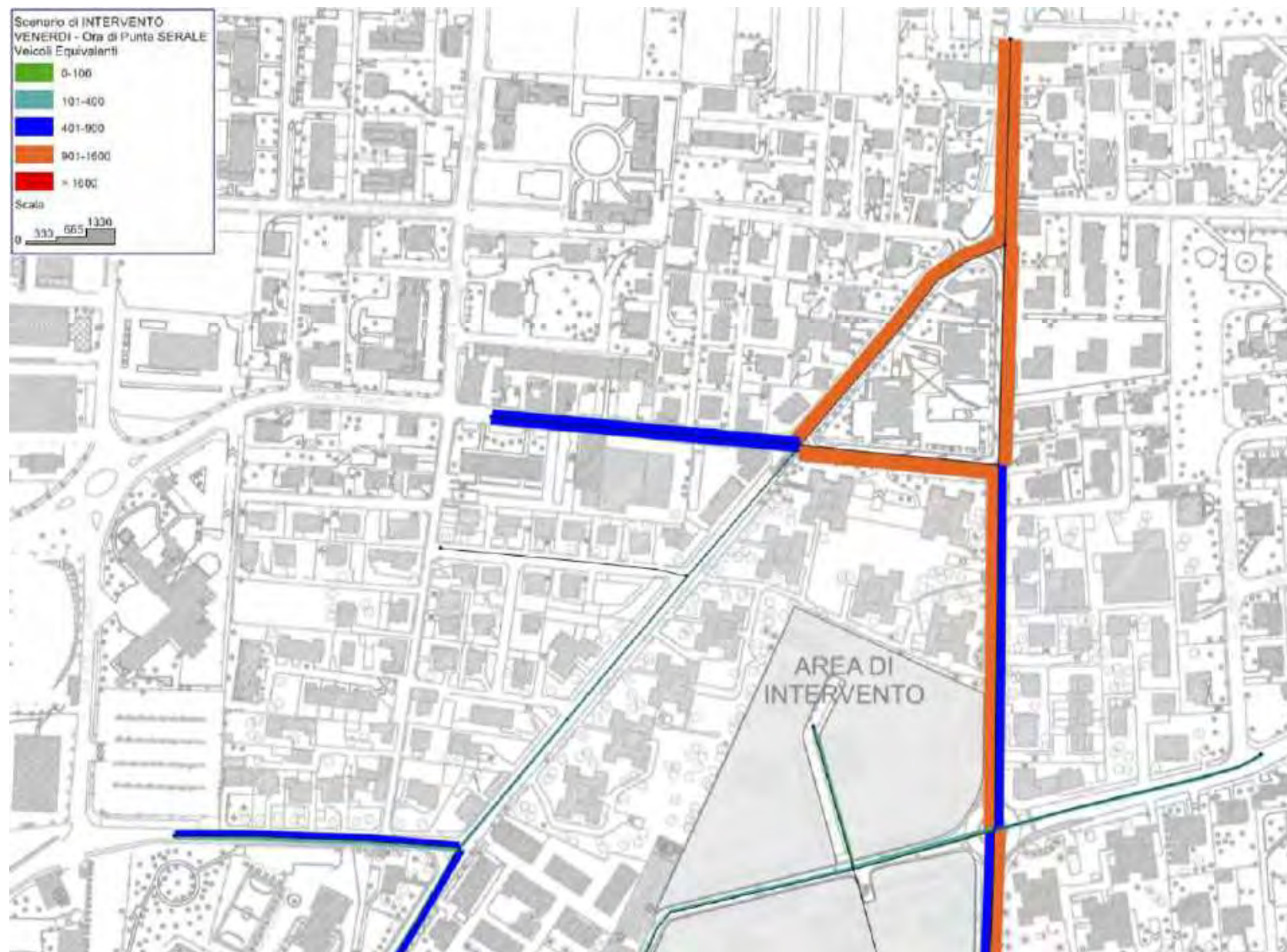


Figura 87 – Flussogramma scenario di intervento – ora di punta serale – parte nord

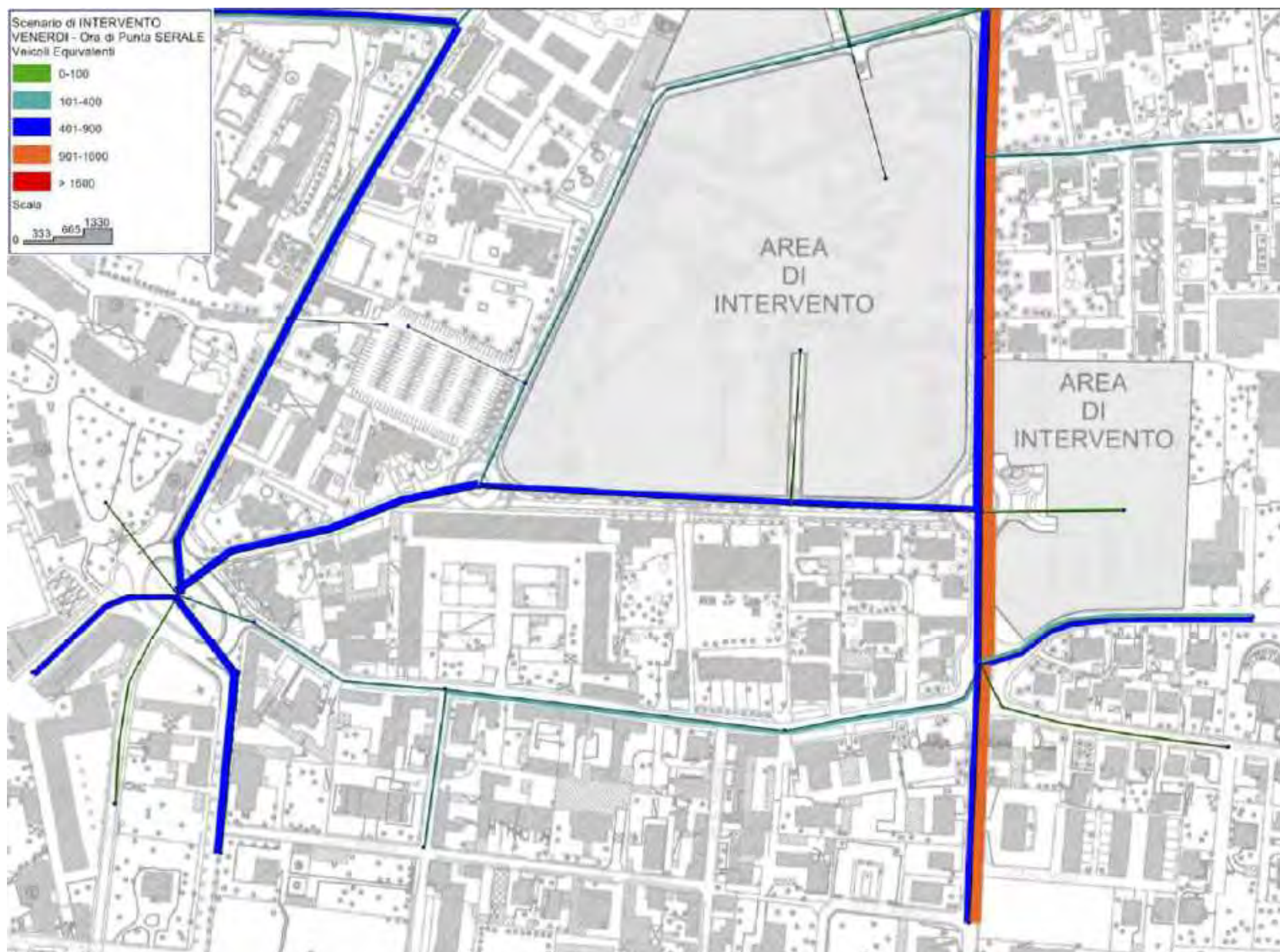


Figura 88 – Flussogramma scenario di intervento – ora di punta serale – parte sud

4 ANALISI CONDIZIONI DEFLUSSO VIABILITA'

Generalmente, per valutare l'effettivo impatto indotto dai flussi di traffico che circolano su di una porzione di rete stradale, è necessario avvalersi dell'ausilio di appositi modelli di microsimulazione: i parametri prestazionali derivanti dalle analisi macro modellistiche infatti, non consentono di descrivere l'effettivo funzionamento dei nodi e degli archi della rete se non attraverso parametri indicativi quali, ad esempio, il rapporto flusso – capacità. Per meglio comprendere, invece, le mutue interferenze tra i veicoli presenti sulla rete, è necessario avvalersi di specifici modelli in grado di verificare il comportamento di ogni singolo binomio conducente-veicolo e le eventuali interazioni tra più mezzi. Generalmente i modelli di microsimulazione vengono definiti microscopici perché simulano il movimento di ogni singolo veicolo al quale vengono associate caratteristiche dimensionali (lunghezza, larghezza, velocità massima, accelerazione, ecc.) e comportamentali (relative alla guida dei conducenti: rispetto dei limiti di velocità, aggressività, ecc.). Questi modelli normalmente vengono utilizzati in molti casi, dalla progettazione di nuove infrastrutture (strade, rotatorie, svincoli, ecc.) alla quantificazione delle emissioni inquinanti, alla gestione di sistemi di controllo semaforico, di sensi unici di marcia, di zone a traffico limitato, ecc; il loro utilizzo consente inoltre di valutare il funzionamento della rete in presenza di eventi eccezionali, quali incidenti, cantieri, ecc., che provocano una temporanea diminuzione della capacità delle sezioni stradali e, quindi, hanno un impatto non trascurabile sulle condizioni del traffico. I modelli microscopici, a differenza di quelli macroscopici, riescono a descrivere nel dettaglio il regime di circolazione veicolare attraverso la definizione di impianti semafori, incroci, rotatorie, corsie di interscambio etc; rispetto ai modelli macroscopici, questi richiedono un'elevata quantità di dati, poiché si deve supporre di conoscere in ogni istante la posizione e la velocità di ogni singolo veicolo.

Questo problema, insieme all'indiscutibile complessità computazionale, contribuisce a limitare l'uso dei modelli microscopici ai casi in cui la rete stradale sia limitata ad aree circoscritte.

Le verifiche micromodellistiche riportate nei paragrafi successivi sono state eseguite considerando l'ora di punta di massimo carico sulla rete, ovvero l'ora di punta serale (18:00-19:00). Queste analisi verranno effettuate attraverso l'utilizzo del software di microsimulazione **Dynasim**.

4.1 CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE DI MICROSIMULAZIONE

4.1.1 CAR FOLLOWING

Per la simulazione di veicoli che viaggiano sulla medesima corsia, Cube Dynasim utilizza modelli di Car - Following basati su due metodologie alternative:

- MGA: è un algoritmo sviluppato da MIT e riadattato in Cube Dynasim;
- PLP7: è un semplice modello di accelerazione adatto ad ambiti urbani.

In particolare, il modello PLP7 è il più utilizzato; il suo principio di funzionamento è il seguente: l'accelerazione del veicolo 2, che segue il veicolo 1, dipende dalla velocità e dalla distanza dal veicolo che lo precede, secondo la formula:

$$A_2(t + 0,25) = \alpha \times [V_1(t) - V_2(t)] + \beta \times [X_1(t) - X_2(t) - \tau \times V_2(t) - L]$$

Dove: X_i posizione dell'i-esimo veicolo al tempo t ;
 V_i velocità dell'i-esimo veicolo al tempo t ;
 A_i accelerazione dell'i-esimo veicolo al tempo t ;
 α, β, τ coefficienti, il cui valore è funzione dell'accelerazione del veicolo 1:

- se $A_1(t) < -0,6 \text{ m/s}^2$, allora $\alpha = 0,7$; $\beta = 0,03$; $\tau = 1,82$;
- se $A_1(t) [-0,6 \text{ m/s}^2; 0,6 \text{ m/s}^2]$, allora $\alpha = 1,1$; $\beta = 0,2$; $\tau = 0,52$;
- se $A_1(t) > 0,6 \text{ m/s}^2$, allora $\alpha = 0,36$; $\beta = 0,03$; $\tau = 1,82$.

L'accelerazione del veicolo 1 è aggiornata ogni 0,25 secondi, in funzione dell'accelerazione massima del veicolo stesso. L'accelerazione del veicolo seguente (veicolo 2) è anch'essa aggiornata ogni 0,25 secondi, in rapporto all'equazione sopra esposta.

4.1.2 GAP ACCEPTANCE

Cube Dynasim utilizza specifiche regole di precedenza (come per esempio segnali di stop o di precedenza) per gestire i movimenti dei veicoli che si

trovano su traiettorie conflittuali. In particolare, le regole di precedenza si basano sulla teoria del "Gap-Acceptance", secondo la quale in un punto di conflitto un veicolo senza diritto di precedenza prima di eseguire la manovra deve verificare che il gap tra i veicoli sulla corrente conflittuale sia sufficiente. È possibile associare una distribuzione dei tempi di gap ad una specifica regola di precedenza come ad esempio:

- Ingresso in una rotatoria;
- Uscita da una rotatoria;
- Stop;
- Svolta a sinistra.

Cube Dynasim attribuisce ai veicoli i tempi di gap in modo stocastico (casuale), scegliendo tra i tempi di gap disponibili per ciascuna classe veicolare, secondo quanto definito nelle rispettive distribuzioni.

Come risultati finali, Dynasim produce due tipologie di dati: numerici e animazioni. I dati numerici possono essere rappresentati su grafici o con tabelle, mentre le animazioni possono essere visualizzate su una mappa di sfondo in formato 2D, oppure 3D.

Data la natura microscopica e stocastica di Cube Dynasim, ogni simulazione assegna in modo casuale i valori dei vari parametri. Questa aleatorietà produce risultati differenti ad ogni simulazione, sebbene i dati di input siano i medesimi. Queste differenze simulano le variazioni di traffico che possono avvenire da un giorno all'altro su una rete reale. **In Cube Dynasim è possibile eseguire più simulazioni ed ottenere dei risultati numerici mediando i valori ottenuti a ogni iterazione.**

In particolare, i risultati che possono essere raccolti da Cube Dynasim sono:

- Flusso istantaneo;
- Massimo numero di veicoli;
- Numero medio di veicoli;
- Tempo medio di percorrenza;
- Massima velocità;
- Velocità media.

Inoltre, per ogni dato raccolto, è possibile ottenere le relative statistiche, quali:

- Media;
- Deviazione standard;
- Intervallo di confidenza;
- Valore massimo;
- Valore minimo;

- 25° percentile;
- 50° percentile;
- 75° percentile.

Le valutazioni sui risultati del modello di microsimulazione sono state effettuate considerando i seguenti parametri:

- **il ritardo medio veicolare:** definito un certo tronco stradale, si qualifica ritardo o perditempo la differenza tra il tempo necessario a percorrere il tratto analizzato nelle reali condizioni di rete carica ed il tempo di percorrenza dello stesso tratto a rete scarica e senza i perditempo indotti dai semafori: è una misura del disagio e del costo generalizzato a carico dell'utente;
- **il livello di servizio:** rappresentato da una lettera in una scala di valori che va da A ad F, dove A rappresenta il livello migliore in termini di prestazione della rete, secondo quanto prescritto dall'Highway Capacity Manual, descrive in modo quantitativo il funzionamento di una intersezione;
- **la lunghezza degli accodamenti:** calcola la lunghezza dell'eventuale coda che si crea su una corsia. Un veicolo è considerato in coda se la distanza dal veicolo precedente è inferiore a un valore limite (15 metri) e se la sua velocità è inferiore a un valore limite (10 km/h), ed è considerato in coda fino a quando la sua velocità non supera un valore limite (20 km/h).

4.2 LIVELLO DI SERVIZIO

Al fine di descrivere in modo oggettivo gli scenari di valutazione analizzati, si è proceduto attraverso il calcolo di una serie di indicatori caratteristici del regime di circolazione registrato.

I parametri di valutazione viabilistica sono espressi in termini di: lunghezza massima degli incolonnamenti registrati, ritardo medio veicolare e livello di servizio al nodo, secondo quanto prescritto dall'Highway Capacity Manual.

Il livello di servizio per le **intersezioni semaforizzate** è definito in termini di ritardo, che è la misura del disagio e della frustrazione del guidatore, del consumo del carburante e del tempo di viaggio perso.

Si tratta sostanzialmente del tempo medio di stazionamento di un veicolo all'incrocio.

La valutazione del ritardo è una misura complessa e dipende da un numero di variabili che comprendono:

- la qualità della progressione;
- la lunghezza del ciclo;
- il rapporto tra flusso e capacità per un dato gruppo di corsie.

I perditempo considerati per la verifica dei Livelli di Servizio, calcolati mediante i software di micro simulazione utilizzati si diversificano in base allo scenario considerato:

- **perditempo a rete scarica:** è stata utilizzata una matrice caricata con pochi veicoli solo nelle manovre effettivamente conteggiate così che il tempo impiegato per percorrere il tratto in esame sia dato semplicemente dalla formula del moto rettilineo uniforme, senza cioè che il veicolo subisca ritardi e/o impedimenti dovuti al traffico o ai cicli semaforici;
- **perditempo a rete carica:** è stata utilizzata la matrice caricata con i flussi rilevati direttamente durante l'ora di punta rilevata; in questo caso il veicolo per percorrere lo stesso tratto ha impiegato più tempo rispetto allo scenario a rete scarica, in quanto sottoposto ai cicli semaforici, alle esigenze del traffico e ad eventuali imprevisti.

La differenza tra i perditempo considerati (rete scarica, rete carica /scenari futuri), per ogni arco analizzato, restituisce il perditempo aggiuntivo che l'utente impiega per percorrere il tratto dell'arco in esame.

A questo perditempo corrisponde un livello di servizio, definito come il grado con il quale il traffico presente sull'arco vincola il conducente durante la marcia.

Intersezioni Semaforizzate	
LOS	Perditempo [sec]
A	< 10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	> 80

Tabella 25 – LdS Intersezioni Semaforizzate (fonte: HCM)

In maniera generica, ad ogni livello di servizio è possibile associare le seguenti condizioni di circolazione:

- **LOS A:** caratterizzato da un limitato flusso di veicoli che entrano nell'intersezione, la maggior parte degli stessi arriva durante il periodo di verde e attraversano l'intersezione senza fermarsi;
- **LOS B:** caratterizzato da un flusso di veicoli ancora limitato, ma rispetto alla situazione che si verifica nel LOS A, si arrestano più veicoli;
- **LOS C:** in questo livello si potrebbero avere veicoli che non riescono ad attraversare l'intersezione dopo un ciclo semaforico; il numero di veicoli che si fermano inizia ad essere significativo anche se molti di essi attraversano l'intersezione senza fermarsi;
- **LOS D:** caratterizzato da un'elevata densità, molti veicoli si fermano, le code si smaltiscono lentamente e i tempi di attesa cominciano ad essere significativi;
- **LOS E:** caratterizzato da un flusso veicolare in arrivo all'intersezione elevato, le code si smaltiscono più lentamente e sempre più veicoli non riescono ad attraversare l'intersezione durante un ciclo semaforico;
- **LOS F:** caratterizzato da un flusso molto elevato, il tempo di smaltimento delle code è eccessivamente alto e molti veicoli non attraversano l'intersezione durante il ciclo semaforico.

Le **intersezioni non semaforizzate** sono percepite con maggior incertezza da parte degli utenti, poiché il ritardo è meno determinabile rispetto alle intersezioni semaforizzate e questo può ridurre la tolleranza degli utenti rispetto ai tempi di attesa.

In queste categorie vengono considerate anche le **intersezioni a rotatoria** che secondo l'HCM, sono dotate di una procedura di calcolo dei ritardi molto simile a quella utilizzata nelle intersezioni a due e più braccia:

- **LOS A:** racchiude le situazioni con bassissimi ritardi, cioè minori di 10 sec. per veicolo ed una riserva di capacità superiore ai 400 veicoli/ora;
- **LOS B:** caratterizzato da tempi di attesa ancora molto bassi compresi tra i 10 e i 15 sec. per veicolo ed una riserva di capacità compresa tra i 300 e i 400 veicoli/ora;
- **LOS C:** descrive le situazioni con ritardo medio crescente e compreso tra 15-25 sec. per veicolo. Il numero di veicoli che si

fermano è significativo sebbene molti di essi possano ancora transitare per l'intersezione senza arrestarsi;

- **LOS D:** comprende tempi di attesa compresi tra 25 e 35 sec/veicolo. Gli utenti cominciano ad avvertire gli effetti della congestione;
- **LOS E:** caratterizzato da ritardi variabili tra i 35 e 50 sec/veicolo e dotato di una riserva di capacità molto bassa con valori al di sotto di 100 veicoli/ora;
- **LOS F:** comprende tempi di attesa per maggiori di 50 sec./veicolo. Si verificano situazioni in cui i flussi di traffico superano la capacità della corsia, si evidenziano notevoli ritardi e accodamenti in grado di produrre condizioni critiche di congestione. In questo livello si possono anche verificare problemi relativi alla sicurezza dovuti ai comportamenti dei veicoli sulla strada secondaria che scelgono tempi di immissione inferiori a quelli critici.

Di seguito si riporta la tabella dei livelli di servizio validi sia per le intersezioni non semaforizzate che per le rotatorie:

Intersezioni NON Semaforizzate e Rotatorie	
LOS	Perditempo [sec]
A	< 10
B	10 - 15
C	15 - 25
D	25 - 35
E	35 - 50
F	> 50

Tabella 26 – LdS Intersezioni Non Semaforizzate e Rotatorie (fonte: HCM)

4.3 SCENARIO ATTUALE – CALIBRAZIONE DEL MODELLO

Il primo passo è stato quello di verificare la correttezza dei comportamenti e delle code restituite dal modello di micro simulazione con la situazione reale fotografata durante la campagna di indagine. Questo ha permesso di calibrare il più fedelmente possibile i flussi sulla base dei percorsi O/D ipotizzati/rilevati. Particolare attenzione è stata posta sull'asse di via Miola e via Frua, per le quali sono state modellizzate le caratteristiche fisiche e le regolazioni, con l'intento di riprodurre i comportamenti dei conducenti dei veicoli, osservati durante la campagna di indagine. Tra i parametri di riferimento, sono stati considerati gli aspetti osservati in occasione dei rilievi di traffico. La base geometrica rilevata durante la campagna di indagine è riportata nell'immagine seguente.

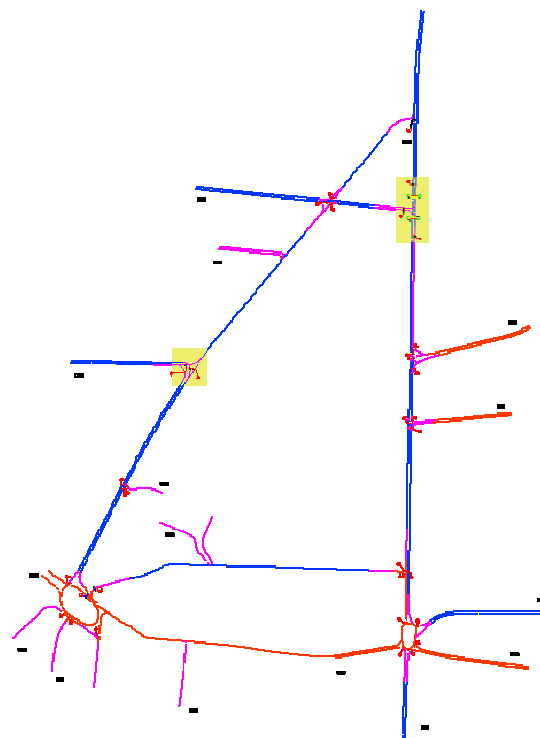


Figura 89 – Modello di microsimulazione – SDF – Rete stradale

Di seguito vengono riportati i risultati del modello di microsimulazione per lo scenario analizzato (SDF - ora di punta della sera), con particolare attenzione ai valori di **perditempo** registrati in ingresso per ogni ramo delle intersezioni a rotatoria presenti nell'intorno del comparto, i valori degli **accodamenti medi e massimi** e, di conseguenza, i **livelli di servizio** ottenuti.

Si sottolinea che è stata analizzata un'area più vasta, al fine di poter analizzare anche le mutue interferenze tra le intersezioni limitrofe e il funzionamento della rete. Verranno poi riportate alcune istantanee relative ai momenti più significativi registrati durante la simulazione.

A ciascuna sezione di rilievo delle code è stato associato anche il calcolo del perditempo medio veicolare; tale parametro rappresenta il valore di riferimento utilizzato dall'HCM per definire il livello di servizio dell'intersezione in una scala che va, in ordine decrescente di prestazioni, dalla A alla F.

Le analisi hanno riguardato i rami di ingresso nelle intersezioni analizzate precedentemente e, per maggior chiarezza, riportate graficamente nell'immagine seguente.

I dati ottenuti derivano inoltre da un'assegnazione in modalità multirun, in questo modo il modello esegue l'assegnazione più volte variando i parametri stocastici che caratterizzano gli algoritmi con cui i veicoli vengono immessi sulla rete oggetto di analisi.

I risultati così ottenuti sono rappresentativi di un set di fenomeni dovuti alle mutue combinazioni delle influenze tra i veicoli e dei comportamenti di guida dei loro conducenti (ottenute attraverso la componente stocastica dell'algoritmo) che possono verificarsi nello scenario reale e rappresentativi delle probabili condizioni che possono verificarsi sulla rete.

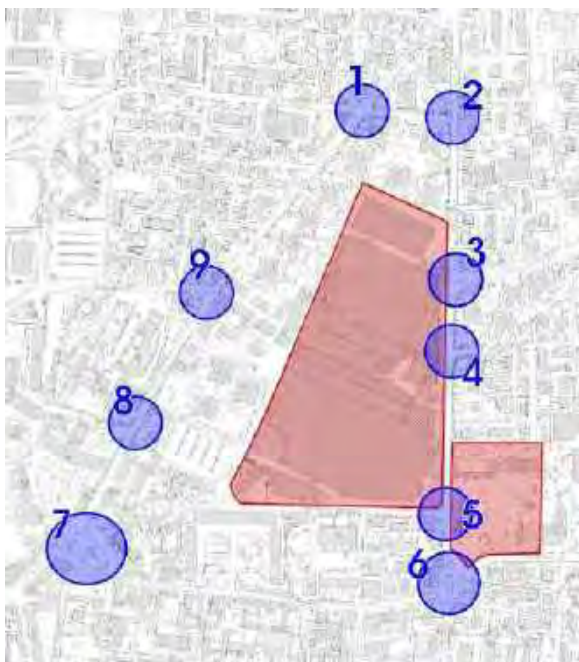


Figura 90 – Intersezioni analizzate – SDF - Microsimulazione

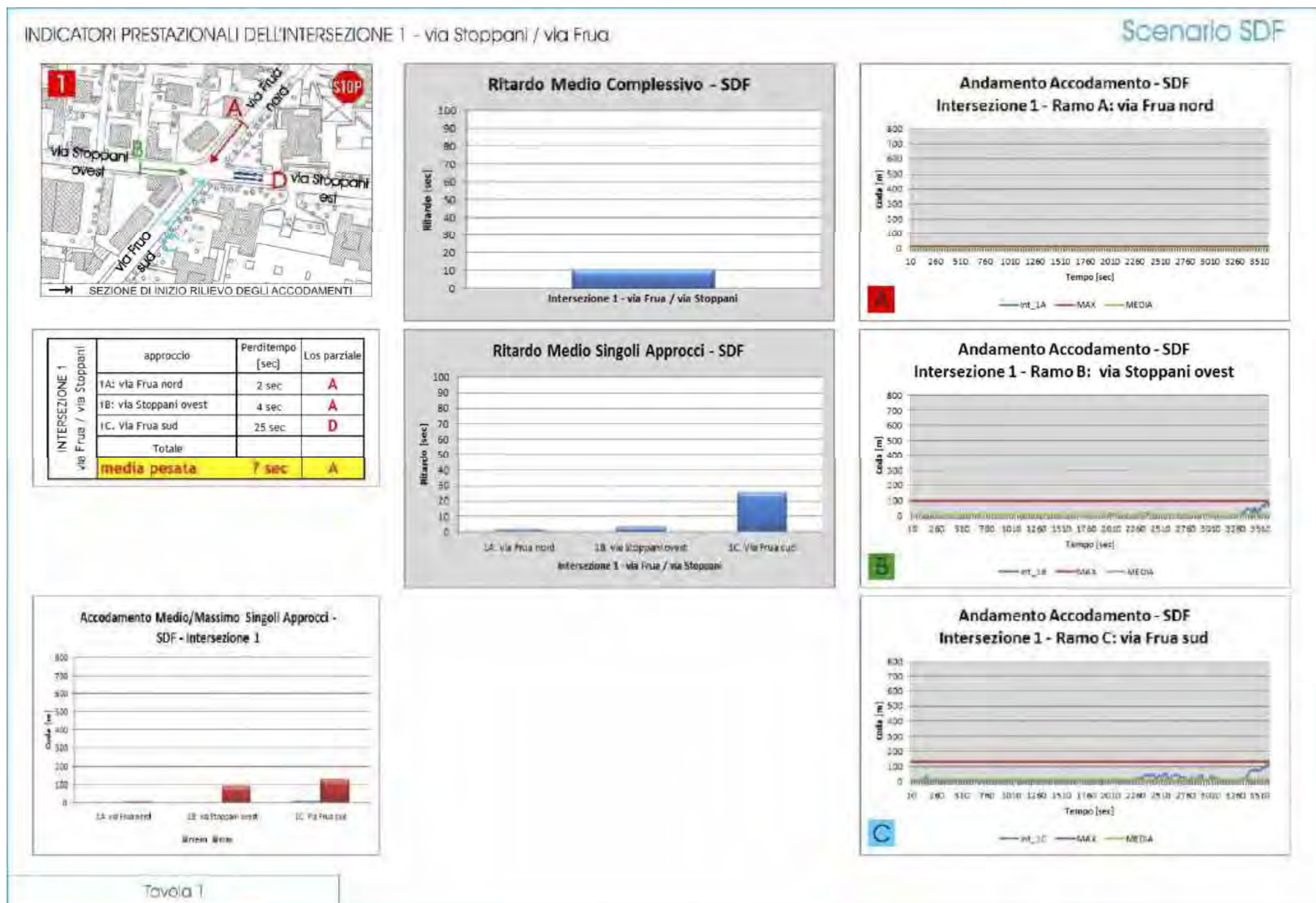


Figura 91 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 1

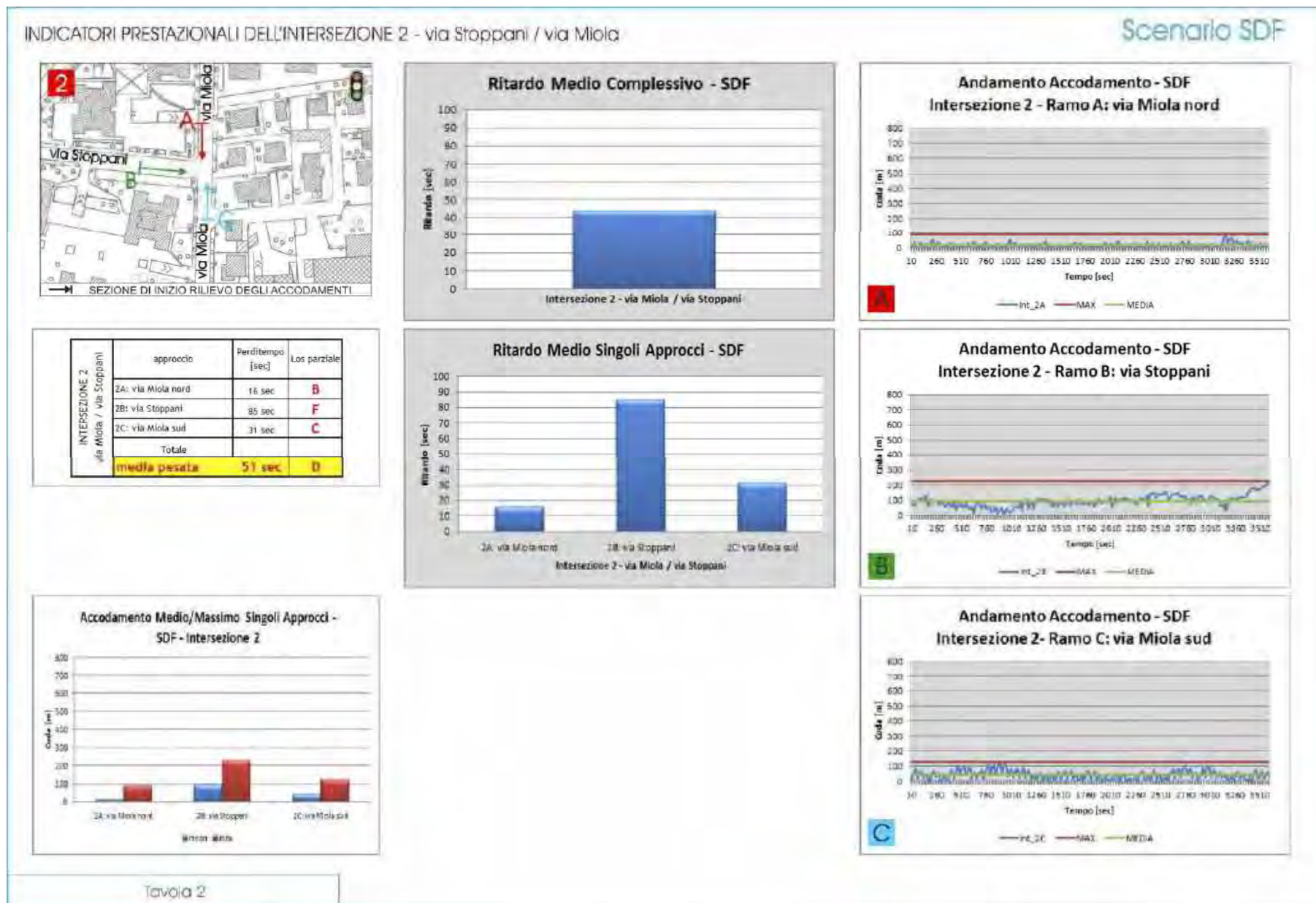


Figura 92 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 2

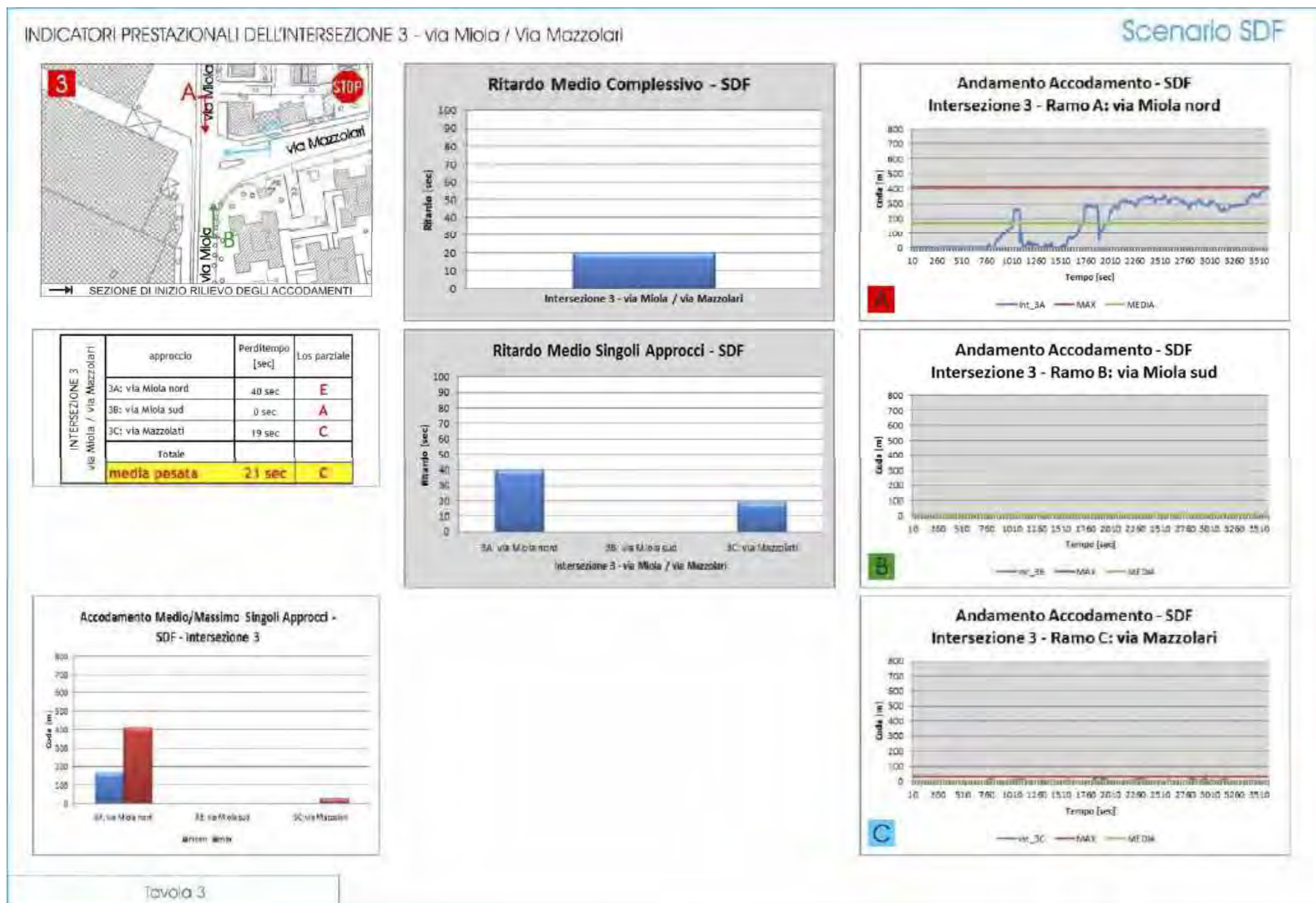


Figura 93 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 3

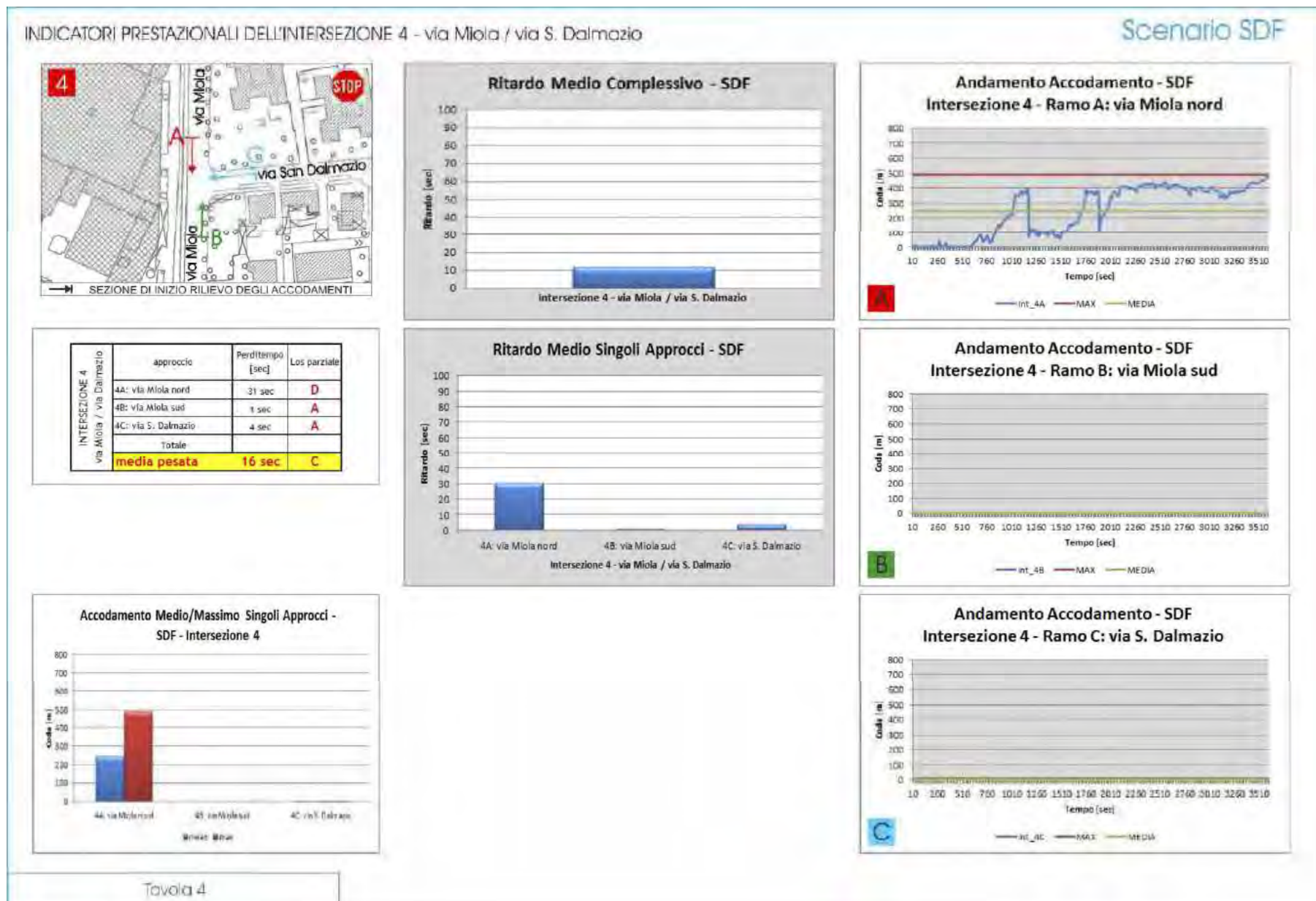


Figura 94 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 4

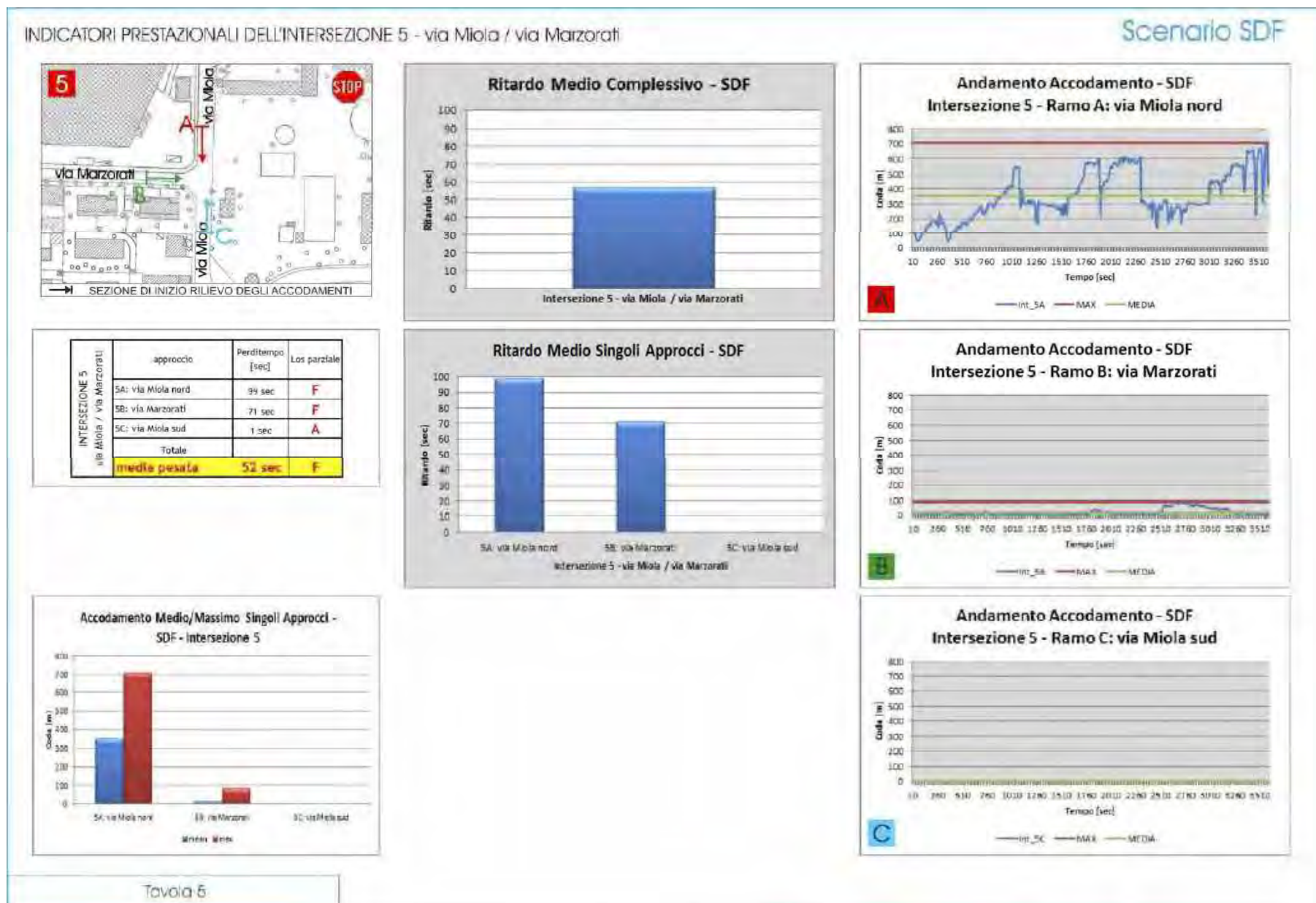


Figura 95 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 5

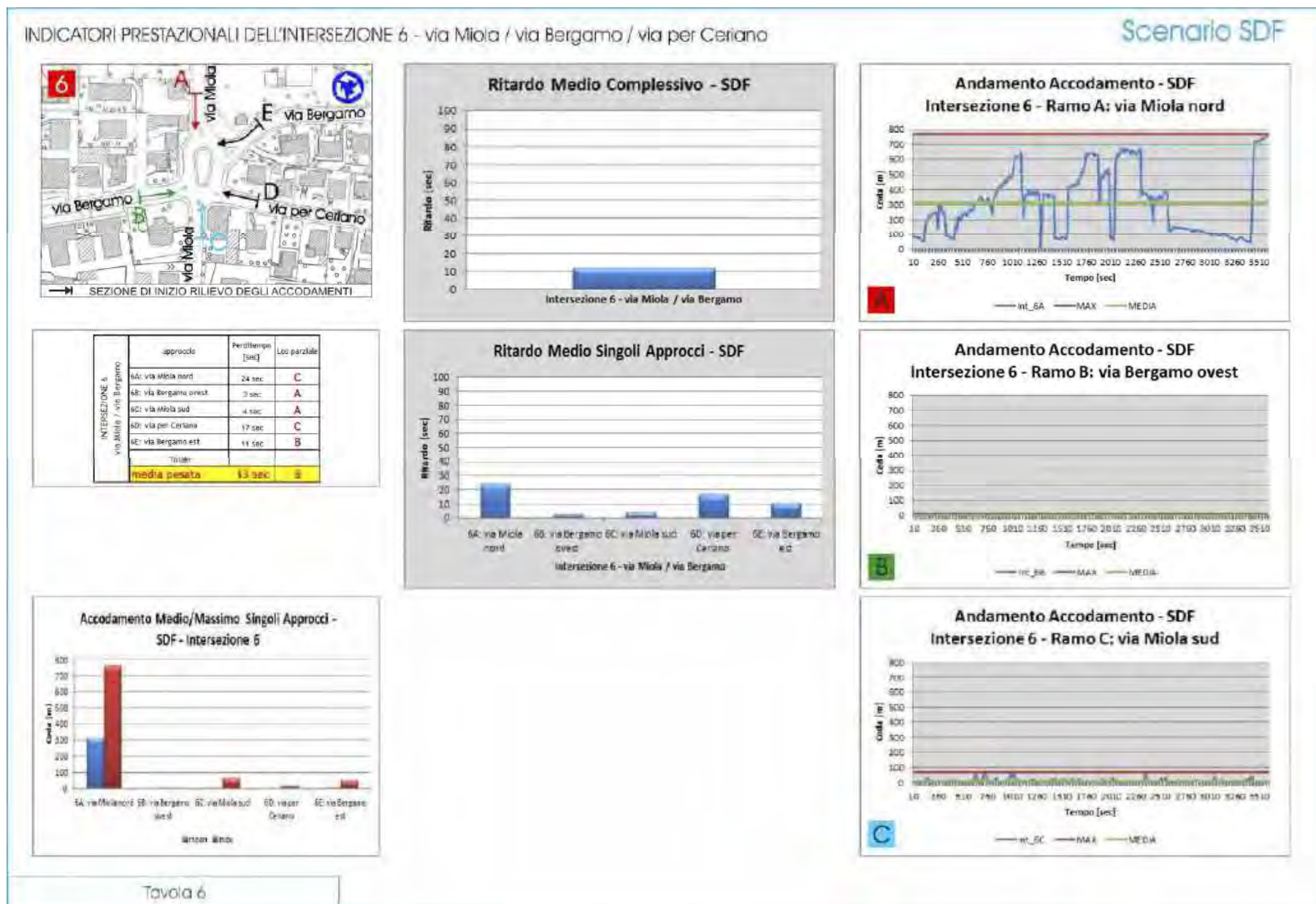


Figura 96 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 6 parte 1

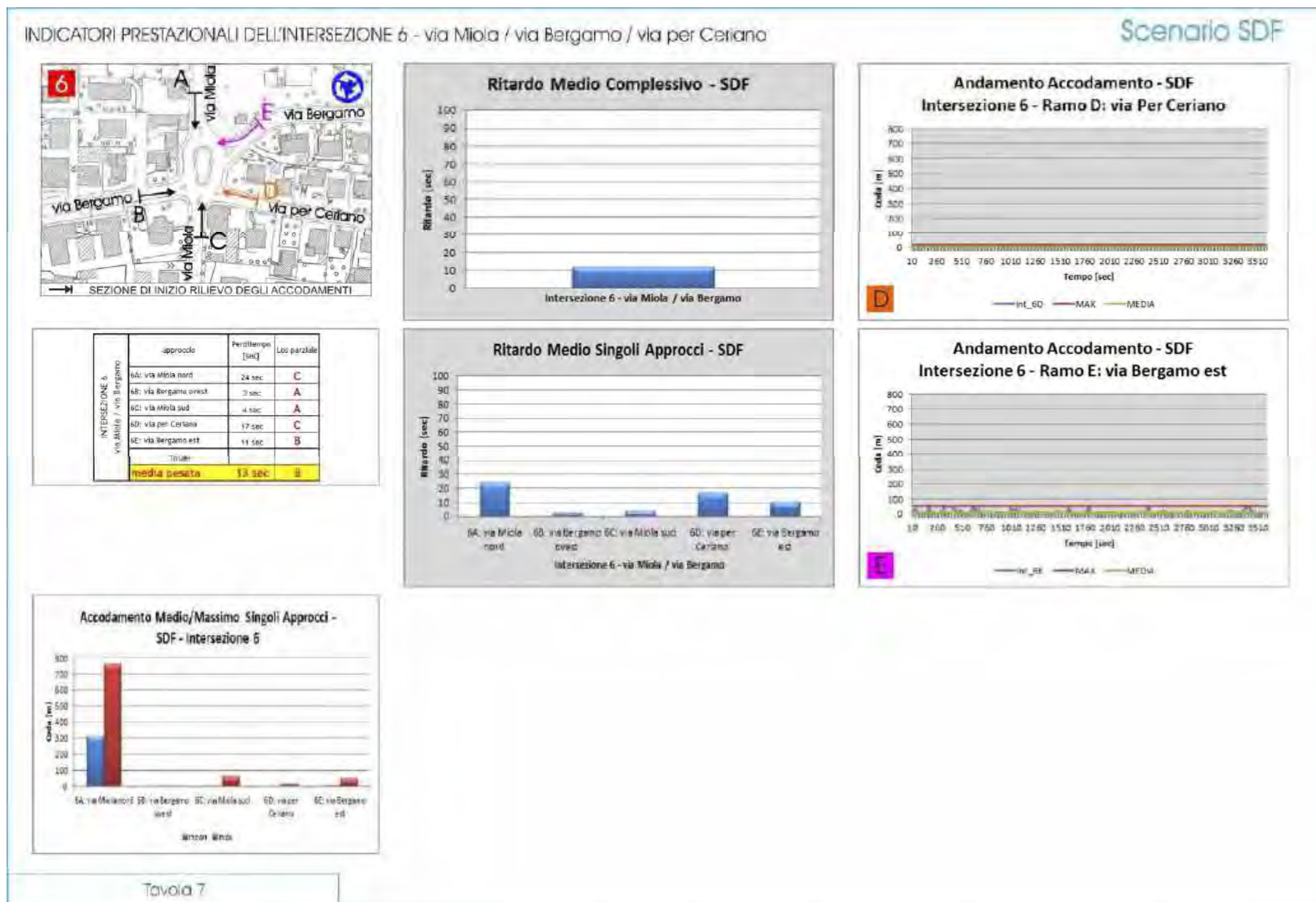


Figura 97 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 6 parte 2

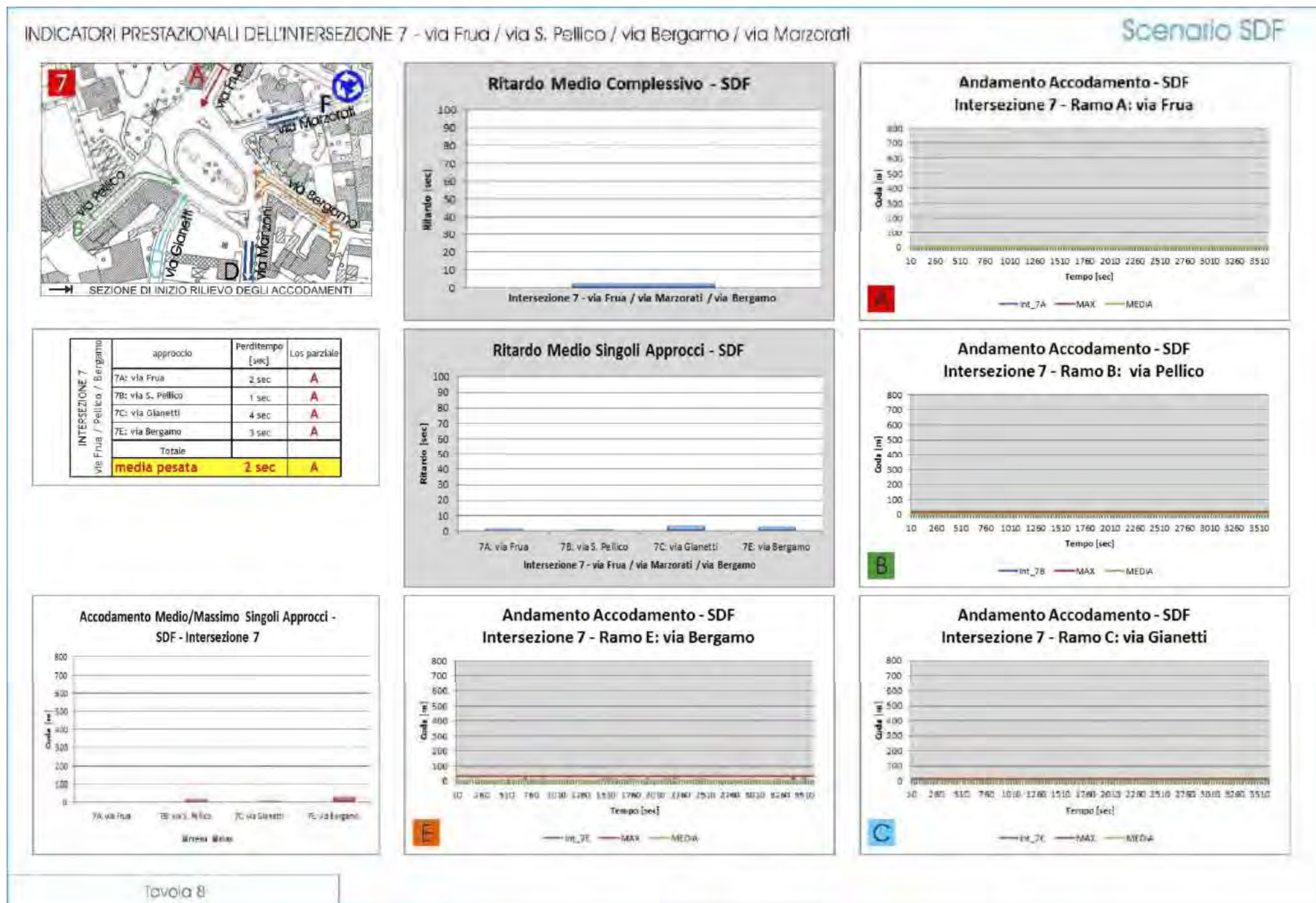


Figura 98 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 7

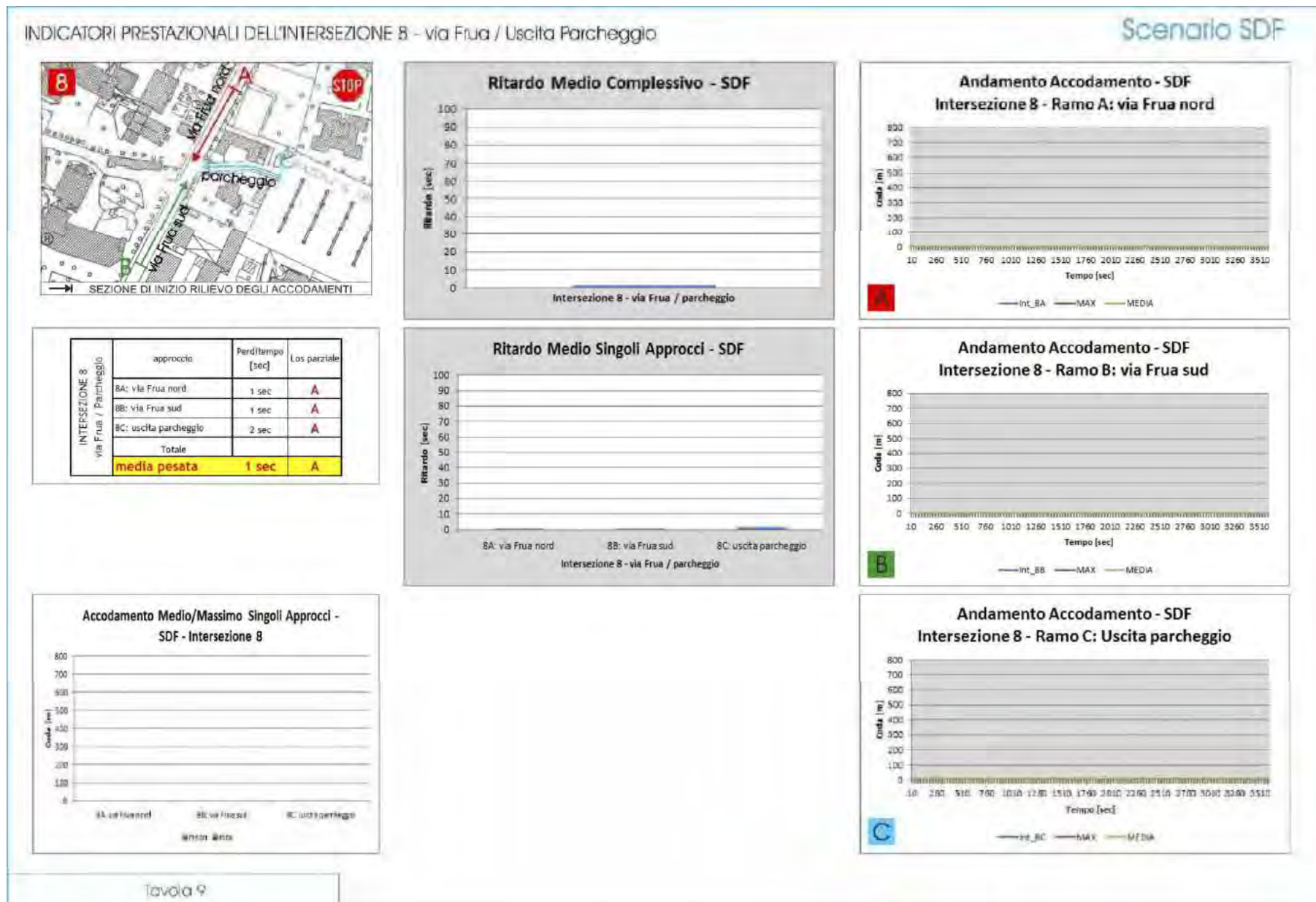


Figura 99 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 8

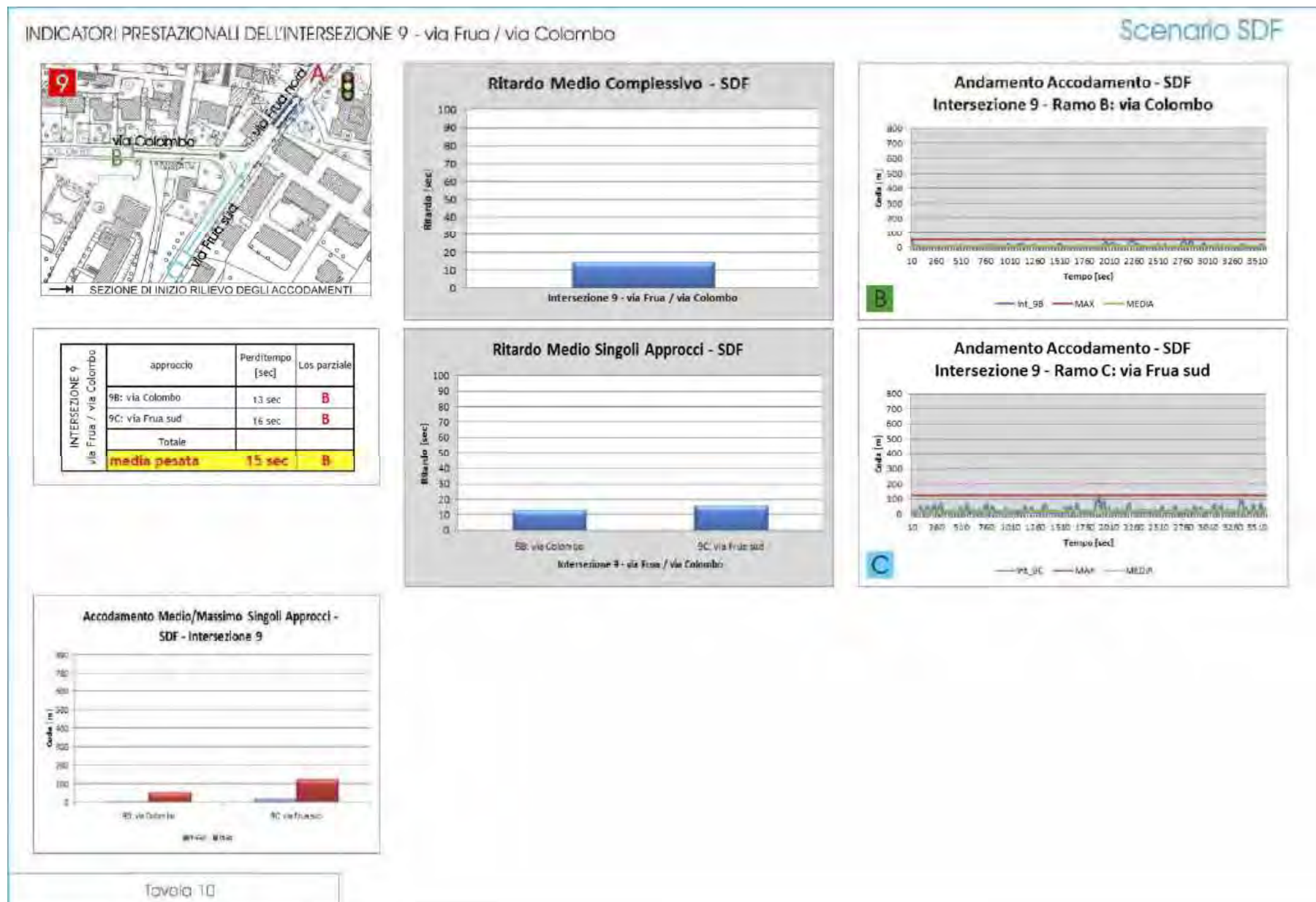


Figura 100 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Intersezione 9



Figura 101 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 05 minuti



Figura 102 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 10 minuti



Figura 103 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 15 minuti



Figura 104 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 20 minuti



Figura 105 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 25 minuti



Figura 106 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 30 minuti



Figura 107 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 35 minuti



Figura 108 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 40 minuti



Figura 109 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 45 minuti



Figura 110 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 50 minuti



Figura 111 – Tavola dei risultati del modello di microsimulazione – SDF – Istantanea di microsimulazione dopo 55 minuti