

# STUDIO D'IMPATTO VIABILISTICO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA MEDIA STRUTTURA DI VENDITA NEL COMUNE DI SARONNO (VA)



Redatto da



Piazza IV novembre, 4  
20124 Milano (MI)  
Tel. 02 00 62 09 18

DICEMBRE 2019

Redatto per



<b>Gruppo di lavoro:</b>	
Ing. Carlo CARUSO	
Ing. Stefania MADEO	
Ing. Alessandra Di CARO	

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	OBIETTIVI E ATTIVITÀ DELLO STUDIO .....	5
3	STATO DI FATTO .....	6
3.1	Rilievi manuali del traffico veicolare .....	6
3.2	Rilievo cicli semaforici .....	15
3.3	Ricostruzione della domanda di mobilità .....	18
4	STATO DI PROGETTO .....	24
4.1	Stima dei flussi indotti .....	25
4.2	Bacino di provenienza degli indotti .....	26
4.3	Modifiche infrastrutturali .....	28
4.4	La matrice O/D dello stato di progetto .....	28
5	VERIFICHE MICROMODELLISTICHE .....	33
5.1	Le performances di sintesi .....	34
5.2	Analisi delle code .....	35
5.3	Immagini della microsimulazione .....	38
6	VERIFICA FUNZIONALE DELLE INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE .....	41
6.1	Metodologia di analisi .....	41
6.1.1	<i>Modulo di input</i> .....	41
6.1.2	<i>Modulo per la correzione dei volumi di traffico</i> .....	42
6.1.3	<i>Modulo del flusso di saturazione</i> .....	42
6.1.4	<i>Modulo dell'analisi della capacità</i> .....	44
6.1.5	<i>Modulo del livello di servizio</i> .....	45
6.2	Analisi di risultati .....	46
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	49

## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione è riportata l'analisi trasportistica effettuata nel comune di Saronno (VA) a supporto del progetto di realizzazione di una media struttura di vendita di tipo FOOD, compresa tra via San Francesco, via Sabotino e via San Giuseppe.

L'obiettivo di questo studio è quello di verificare la funzionalità della rete viaria esistente nell'ipotesi di incremento di traffico previsto a seguito della realizzazione della nuova struttura. Lo studio consente pertanto di valutare l'impatto della nuova struttura di vendita in progetto e la relativa coerenza con le infrastrutture esistenti.

Lo studio trasportistico si è articolato a partire dal rilievo dei flussi di traffico transitanti nelle rete prossima all'area d'intervento, utili alla ricostruzione della matrice origine/destinazione (O/D), per poi verificare, con diversi strumenti di modellizzazione del traffico, l'incidenza dell'intervento proposto sul traffico.

Nella seguente figura è indicata in giallo l'area di studio mentre in azzurro la superficie occupata dalla nuova struttura commerciale.



*Figura 1 – Inquadramento territoriale*

La nuova struttura di vendita sarà situata tra le vie Sabotino e San Francesco: essa occuperà una superficie lorda di pavimentazione (SLP) pari a 1.341 mq con una superficie di vendita (SdV) di 870 mq. Come si nota dall'immagine seguente, la struttura sarà accessibile sia da via San Francesco che da Via Sabotino.



Figura 2 – Inquadramento struttura di vendita

## 2 OBIETTIVI E ATTIVITÀ DELLO STUDIO

I principali obiettivi del presente studio di traffico possono essere così sintetizzati:

- Determinare i volumi di traffico, in funzione della realizzazione dell'intervento progettuale, al fine di poter valutare lo stato del traffico nell'area di studio;
- Verificare che la rete infrastrutturale sia in grado di smaltire la domanda di traffico complessiva.

Per raggiungere tali obiettivi sono state effettuate opportune analisi basate, per la domanda, sulla campagna d'indagine svolta nel mese di Novembre 2019 e, per l'offerta, sull'acquisizione delle caratteristiche geometriche e di esercizio (rilievo dei cicli semaforici) della rete infrastrutturale esistente.

Sono stati quindi considerati i seguenti scenari, elaborati modellisticamente per i giorni di venerdì e sabato nelle fasce orarie serali che rappresentano presumibilmente i momenti di massimo carico veicolare della struttura commerciale:

- Lo **scenario attuale** (*Stato di Fatto* o *SDF*): è determinato dalla domanda di traffico ad oggi presente sulla rete infrastrutturale esistente, così come rilevata dalle indagini e ricostruita modellisticamente;
- Lo **scenario progettuale** (*Stato di Progetto* o *SDP*): è determinato dalla domanda attesa, a fronte della nuova struttura di vendita, aggiunta completamente alla domanda attuale, sulla rete infrastrutturale esistente.

Le attività previste dallo studio di traffico sono state articolate nelle seguenti fasi, relative agli scenari descritti:

- Fase 1 → Effettuazione dei rilievi di traffico delle intersezioni limitrofe all'intervento in progetto ed elaborazione dei dati raccolti;
- Fase 2 → Calibrazione dei dati di traffico rilevati al fine di determinare le matrici o/d di domanda per lo scenario di riferimento;
- Fase 3 → Determinazione della domanda indotta dal comparto commerciale di progetto;
- Fase 4 → Costruzione del modello di traffico in scala microscopica ed esecuzione delle microsimulazioni degli scenari;
- Fase 5 → Verifica funzionale delle intersezioni semaforizzate presenti nell'area di studio, con un opportuno strumento di analisi.

In particolare, le microsimulazioni eseguite sono state condotte impiegando il software VISSIM, al fine di verificare in modo puntuale il funzionamento della rete, consentendo una descrizione estremamente dettagliata della geometria delle strade, delle regole di precedenza, nonché dei comportamenti medi di guida dei conducenti.

Queste simulazioni sono quindi in grado di fornire diversi indicatori sulle performance della rete in generale e delle intersezioni in particolare. Principalmente per ogni scenario è possibile verificare la capacità della rete di smaltire la domanda di traffico, calcolandone la velocità media, il tempo perso e gli accodamenti agli attestamenti delle intersezioni.

Relativamente alle intersezioni semaforizzate, mediante il metodo HCM, è possibile definire il ritardo medio per veicolo ad ogni attestamento e quindi fornire, attraverso il livello di servizio di ciascun ramo stradale, una misura qualitativa della circolazione.

L'analisi è stata condotta sugli scenari SDF e SDP per l'ora di punta serale del venerdì e del sabato.

### 3 STATO DI FATTO

Nella presente sezione è riportata la fase di indagine svolta nel comune di Saronno, al fine di definire le dinamiche di traffico attuali dell'area di studio.

L'indagine è stata eseguita da operatori sul campo che hanno effettuato dei conteggi manuali rilevando le manovre di svolta nelle intersezioni presenti in prossimità dell'area di intervento, nelle fasce orarie serali di venerdì e di sabato, che rappresentano il momento di massimo picco della rete in relazione al futuro intervento insediativo.

Tali rilievi manuali sono stati integrati, inoltre, da videoriprese, al fine di censire anche i cicli semaforici che regolamentano 3 intersezioni presenti nell'area di studio.

#### 3.1 Rilievi manuali del traffico veicolare

Le indagini di traffico effettuate per il presente studio sono state svolte tramite conteggi manuali e sono state finalizzate ad ottenere la ricostruzione degli spostamenti che caratterizzano l'area in esame nello scenario attuale.

Tali rilievi sono stati eseguiti da operatori sul campo che, muniti dell'apposita strumentazione, hanno rilevato le manovre di svolta in 6 intersezioni nelle giornate di **venerdì 29 novembre tra le ore 17:00 e le ore 19:00** e di **sabato 30 novembre 2019 tra le ore 16:00 e le ore 18:00**.

Le intersezioni di rilievo, indicate in giallo in figura, sono:

- **INT A** (intersezione semaforizzata): via Prealpi (SP30) / via San Francesco / via Monte Pasubio;
- **INT B**: via San Francesco / via Sabotino;
- **INT C** (intersezione semaforizzata): via San Francesco / via San Giuseppe;
- **INT D** (intersezione semaforizzata): via San Francesco / via Bellavita / via Alessandro Volta;
- **INT E**: via Gioacchino Rossini / via San Giuseppe;
- **INT F**: via Gioacchino Rossini / via Sabotino.

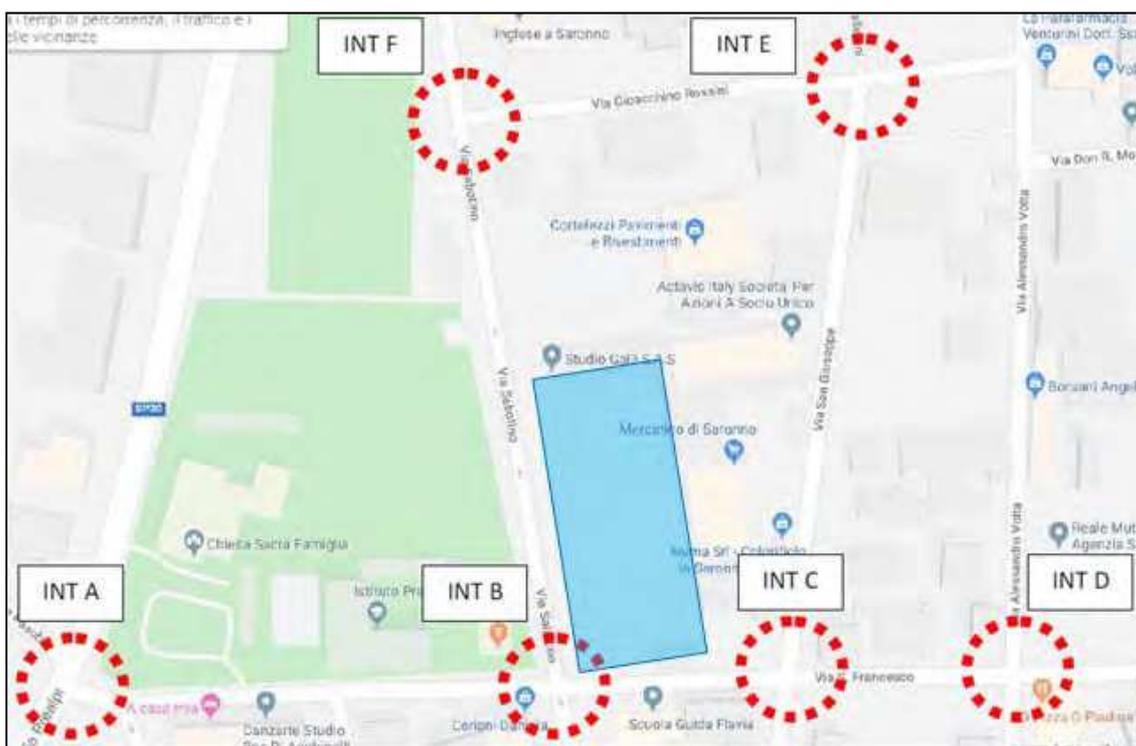


Figura 3 – Localizzazione punti di rilievo manuale

Si vuole precisare che la scelta di estendere l'area di indagine ai nodi indagati è strettamente correlata alla volontà di cogliere anche il traffico già presente generato e attratto dalle principali strutture di vendita esistenti nell'area di studio (identificate nella successiva immagine); si ritiene comunque che oltre tale area la presenza dei flussi indotti dal progetto in esame possa essere ritenuta più che trascurabile.



Figura 4 – Localizzazione altre strutture di vendita già esistenti

Di seguito si riportano gli andamenti complessivi delle manovre rilevate, da cui si desumono le ore di punta serale:

- **Venerdì dalle 17:00 alle 18:00;**
- **Sabato dalle 16:00 alle 17:00.**

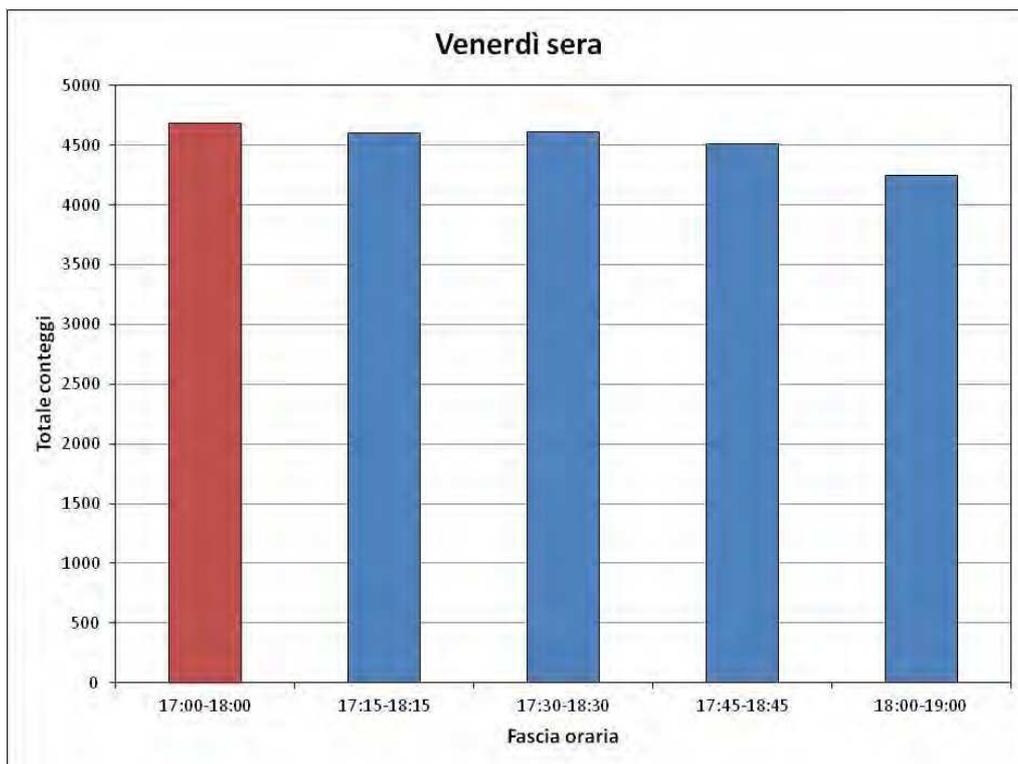


Figura 5 – Venerdì sera: andamento orario flussi rilevati

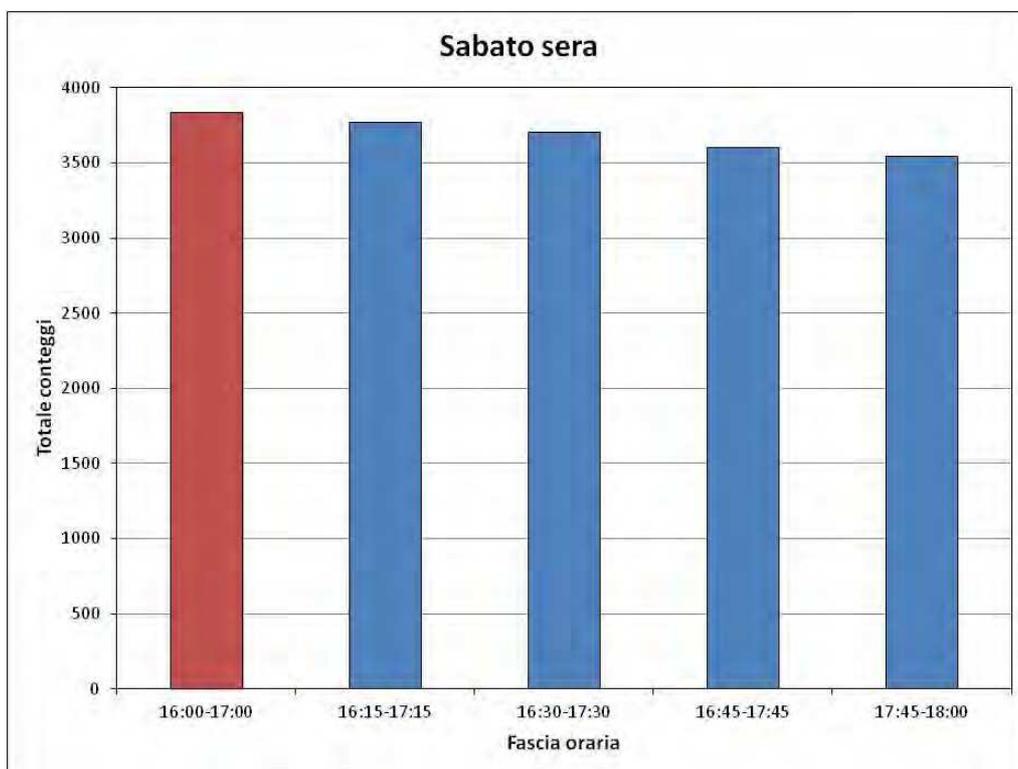


Figura 6 – Sabato sera: andamento orario flussi rilevati

Nel dettaglio, si riportano in forma tabellare, per ciascuna intersezione, i veicoli totali rilevati, che compiono determinate manovre, nelle ore di punta della sera del venerdì e del sabato.

### Intersezione INT A

Intersezione semaforizzata tra via Prealpi (SP 30), via San Francesco e via Monte Pasubio.

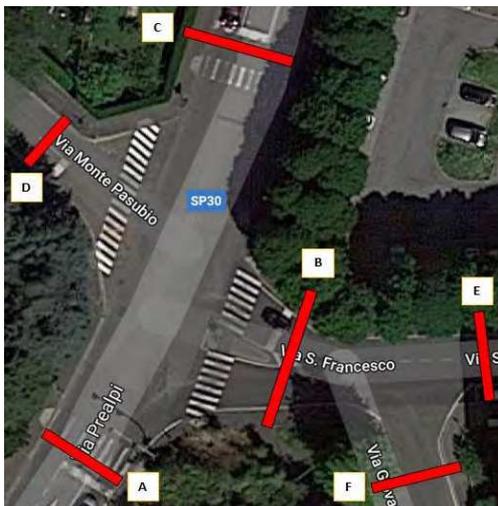


Figura 7 – Intersezione INT A: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTA_CB	116
INTA_CA	294
INTA_CD	27
INTA_DC	1
INTA_DB	39
INTA_DA	17
INTA_BC	43
INTA_BD	73
INTA_BA	263
INTA_AB	286
INTA_AC	237
INTA_BF	55
INTA_EF	30

Tabella 1 – INT A: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTA_CB	70
INTA_CA	264
INTA_CD	16
INTA_DC	2
INTA_DB	28
INTA_DA	7
INTA_BC	41
INTA_BD	58
INTA_BA	256
INTA_AB	230
INTA_AC	220
INTA_BF	53
INTA_EF	7

Tabella 2 – INT A: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Intersezione INT B

Intersezione non semaforizzata tra via San Francesco e via Sabotino, in cui gli attestamenti A e C sono solo in uscita dall'intersezione.



Figura 8 – Intersezione INT B: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTB_BC	72
INTB_BD	292
INTB_BA	26
INTB_DC	7
INTB_DB	380
INTB_DA	34

Tabella 3 – INT B: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTB_BC	58
INTB_BD	197
INTB_BA	21
INTB_DC	4
INTB_DB	340
INTB_DA	14

Tabella 4 – INT B: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Intersezione INT C

Intersezione semaforizzata tra via San Francesco e via San Giuseppe.

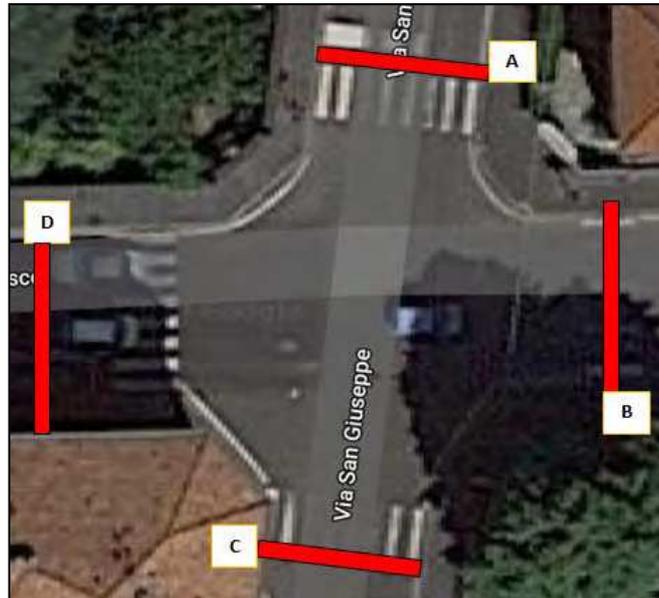


Figura 9 – Intersezione INT C: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTC_BC	123
INTC_BD	293
INTC_BA	12
INTC_CB	43
INTC_CA	80
INTC_CD	42
INTC_DC	38
INTC_DB	239
INTC_DA	14
INTC_AD	85
INTC_AC	83
INTC_AB	12

Tabella 5 – INT C: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTC_BC	116
INTC_BD	254
INTC_BA	9
INTC_CB	26
INTC_CA	54
INTC_CD	38
INTC_DC	23
INTC_DB	160
INTC_DA	14
INTC_AD	66
INTC_AC	70
INTC_AB	14

Tabella 6 – INT C: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Intersezione INT D

Intersezione semaforizzata tra via San Francesco, via Bellavita e via Alessandro Volta, in cui l'attestamento in A è solo in ingresso all'intersezione.



Figura 10 – Intersezione INT D: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTD_AB	25
INTD_AC	34
INTD_AD	32
INTD_DB	373
INTD_DC	36
INTD_BD	274
INTD_BC	20
INTD_CB	31
INTD_CD	71

Tabella 7 – INT D: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTD_AB	27
INTD_AC	47
INTD_AD	19
INTD_DB	329
INTD_DC	19
INTD_BD	188
INTD_BC	11
INTD_CB	24
INTD_CD	61

Tabella 8 – INT D: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Intersezione INT E

Intersezione non semaforizzata tra via Gioacchino Rossini e via San Giuseppe.

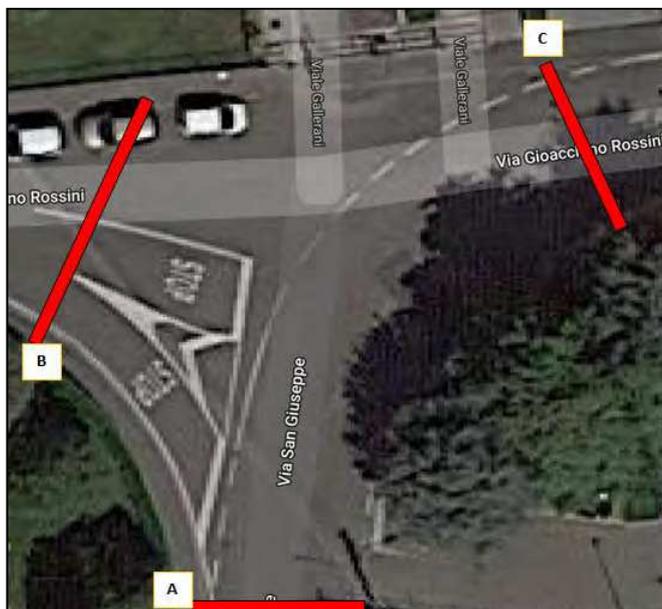


Figura 11 – Intersezione INT E: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTE_AB	0
INTE_AC	107
INTE_BA	74
INTE_BC	18
INTE_CA	108
INTE_CB	15

Tabella 9 – INT E: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTE_AB	0
INTE_AC	77
INTE_BA	58
INTE_BC	14
INTE_CA	91
INTE_CB	9

Tabella 10 – INT E: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Intersezione INT F

Intersezione non semaforizzata tra via Gioacchino Rossini e via Sabotino.

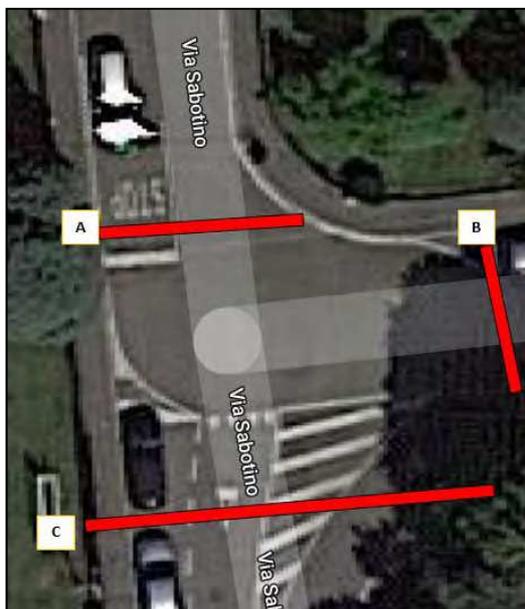


Figura 12 – Intersezione INT F: sezioni di rilievo

MANOVRA	VENERDI' SERA
INTF_BA	15
INTF_CA	7
INTF_AB	20
INTF_CB	72

Tabella 11 – INT F: flussi rilevati nell'ora di punta del venerdì sera [veicoli totali]

MANOVRA	SABATO SERA
INTF_BA	9
INTF_CA	4
INTF_AB	14
INTF_CB	58

Tabella 12 – INT F: flussi rilevati nell'ora di punta del sabato sera [veicoli totali]

### Composizioni veicolari

Le composizioni veicolari desumibili dalla campagna dei rilievi manuali sono rappresentate nella seguente figura, ed emerge come l'area, per le ore analizzate, sia interessata principalmente dal transito di veicoli leggeri con una piccola percentuale di mezzi pesanti, trattandosi di un contesto prettamente urbano.

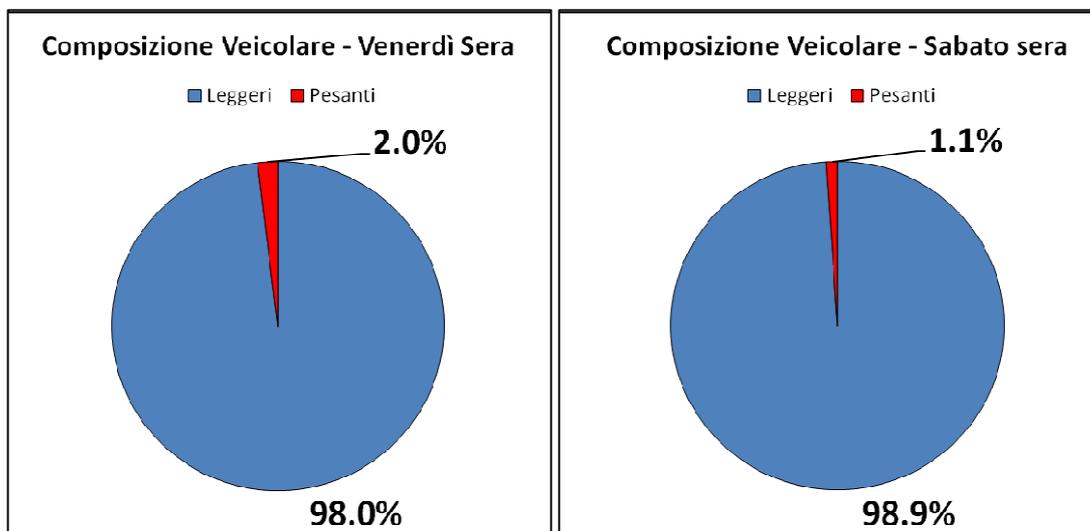


Figura 13 – Composizioni veicolari rilevate nelle Odp di venerdì e sabato sera

### 3.2 Rilievo cicli semaforici

I rilievi di traffico sono stati integrati dal censimento dei tempi semaforici delle intersezioni INT A, INT C e INT D presenti nell'area di studio.

Come si noterà nelle immagini seguenti che riportano lo schema dei cicli semaforici, ogni fase regolata dalle lanterne è caratterizzata da un tempo di tutto rosso dalla durata di pochi secondi per permettere la conclusione delle manovre in sicurezza e quindi la liberazione dello spazio di intersezione.

Il ciclo semaforico della INT A tra via Prealpi (SP 30), via San Francesco e via Monte Pasubio è regolato da 5 lanterne semaforiche, di cui una dedicata alla sola svolta in destra per i veicoli provenienti da sud in via Prealpi, e presenta un ciclo semaforico di 80 secondi.

Sono ammesse tutte le manovre di svolta, ad eccezione della svolta in sinistra da via Prealpi sud a via Monte Pasubio che è vietata sia da segnaletica orizzontale che dalla lanterna semaforica.

Le lanterne 1 e 3, che regolano il flusso principale di via Prealpi, procedono contemporaneamente e la svolta in destra, avente una lanterna dedicata (1\_dx) presenta un tempo di verde più lungo che si sovrappone alla lanterna 2, regolando manovre non conflittuali tra loro. La lanterna 4 invece è caratterizzata da una propria fase esclusiva con un tempo di verde molto ridotto (9 secondi) dato lo scarso flusso che interessa l'attestamento.

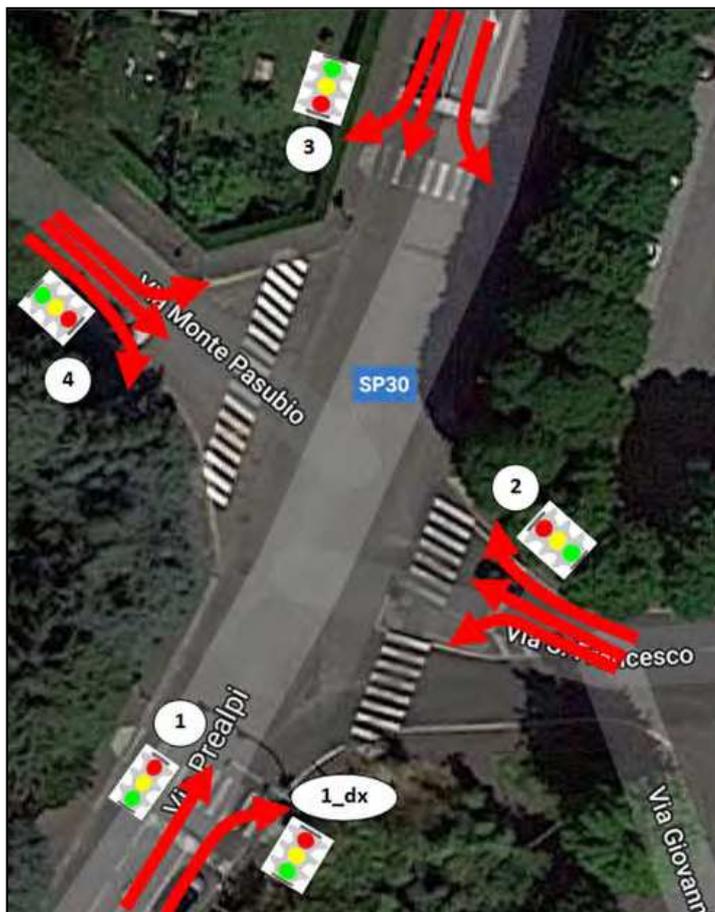


Figura 14 – Lanterne semaforiche INT A

Di seguito viene riportato lo schema del ciclo semaforico dell'intersezione INT A.

LANTERNA	10	20	30	40	50	60	70	80
1	Red							
1_dx	Green							
2	Green							
3	Red							
4	Red							

Figura 15 – Ciclo semaforico INT A

Il ciclo semaforico della INT C tra via San Francesco e via San Giuseppe è regolato da 4 lanterne semaforiche con un ciclo semaforico di 74 secondi.

Sono ammesse tutte le manovre di svolta regolarizzate dal semaforo. Le lanterne 1 e 3, che regolano il flusso su via San Giuseppe nord-sud, procedono contemporaneamente tra loro, così come le lanterne 2 e 4 su via San Francesco est-ovest: queste ultime hanno un tempo di verde maggiore di 10 secondi rispetto alle precedenti lanterne poiché regolano la direttrice di flusso principale.

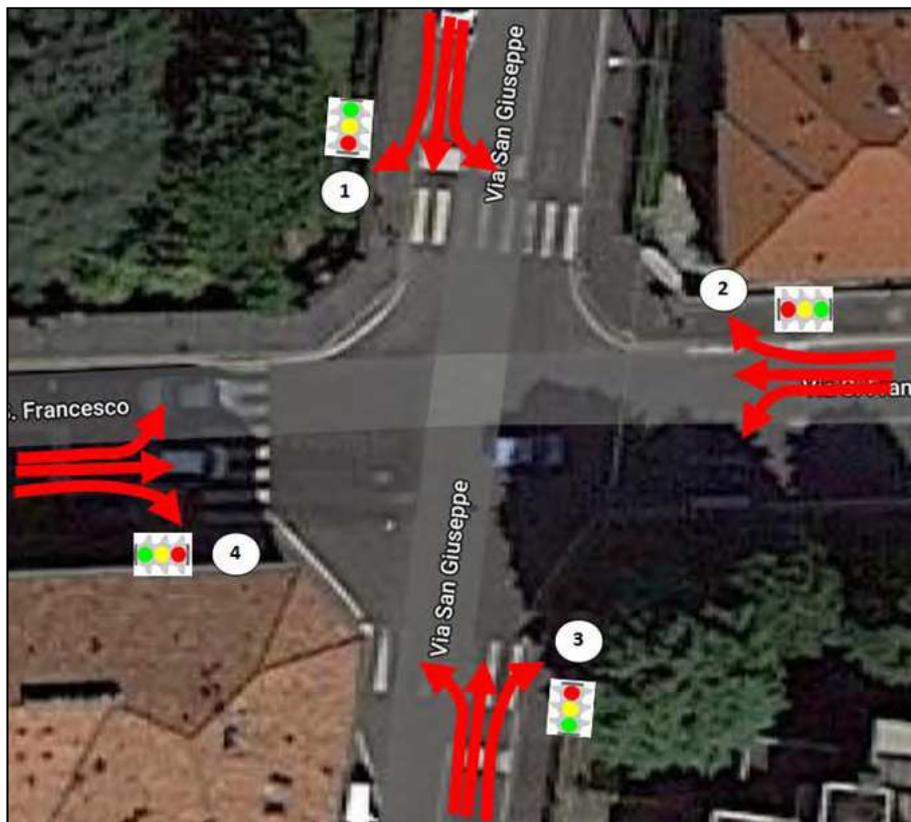


Figura 16 – Lanterne semaforiche INT C

Di seguito viene riportato lo schema del ciclo semaforico dell'intersezione INT C.

LANTERNA	10	20	30	40	50	60	70	74
1	Green							
2	Red							
3	Green							
4	Red							

Figura 17 – Ciclo semaforico INT C

Infine, il ciclo semaforico della INT D tra via San Francesco, via Bellavita e via Alessandro Volta è regolato anch'esso da 4 lanterne semaforiche con un ciclo semaforico di 74 secondi. Tale impianto risulta essere sincronizzato con quello presente nella INT C essendo questi consecutivi e distanti circa 70 m. Pertanto, le lanterne 2 e 4, che regolano il flusso principale su via San Francesco e via Bellavita est-ovest, sono caratterizzate dallo stesso tempo di verde delle analoghe lanterne 2 e 4 della INT C e quindi si attivano simultaneamente, generando la cosiddetta onda verde di flusso. Di contro, le lanterne 1 e 3 su via Alessandro Volta corrispondono alle lanterne 1 e 3 su via San Giuseppe della INT C.



movimenti è ottenuta come produttoria di tutti gli elementi della matrice O/D, ovvero i movimenti tra ogni coppia di zone.

La formulazione matematica di questo problema è la seguente:

$$\min_t \gamma \sum_{w \in W} t_w \left\{ \log\left(\frac{t_w}{t_w^*}\right) - 1 \right\} + (1 - \gamma) \sum_{a \in A^*} v_a \left\{ \log\left(\frac{v_a}{v_a^*}\right) - 1 \right\} \quad (1)$$

con le variabili:  $t_w, v_a$

con i vincoli:

$$v_a = \sum_{w \in W} t_w p_{aw}$$

$$t_w \geq 0$$

ove  $\gamma$  è il coefficiente del livello di affidabilità dei dati della matrice O/D iniziale in relazione ai dati di misura dei flussi di traffico.

Tale problema di ottimizzazione vincolata ha una soluzione che può essere espressa in forma esplicita, attraverso le seguenti equazioni:

$$t_w = t_w^* \exp\left(-\sum_{a \in A^*} \lambda_a p_{aw}\right) \quad (2)$$

$$v_a = v_a^* \exp(\gamma \lambda_a / (1 - \gamma))$$

ove  $\lambda_a$ , con  $a \in A^*$ ,  $a$ , è univocamente determinato dal sistema di equazioni:

$$\sum_{w \in W} p_{aw} t_w - v_a = 0, a \in A^* \quad (3)$$

Tale sistema di equazioni risulta essere non lineare nelle incognite  $\lambda_a$ , e viene risolto con un procedimento iterativo.

Vengono di seguito riportate le matrici Origine/Destinazione (O/D) degli spostamenti, ricostruite mediante la metodologia descritta, che caratterizzano lo SDF per l'ora di punta della sera del venerdì e del sabato.

L'attendibilità dei risultati conseguiti in termini di verosimiglianza tra distribuzione simulata e distribuzione reale dei flussi sulla rete di analisi è stata verificata tramite la validazione dello scenario attuale.

Il metodo di verifica applicato è quello denominato dell'R2. Attraverso questa funzione statistica si misura la correlazione esistente tra la variabile indipendente (i flussi osservati) e la variabile dipendente (i flussi stimati) attraverso la costruzione di un modello di regressione lineare: l'R2 può assumere un valore compreso nell'intervallo 0 - 1, ove 1 indica una perfetta correlazione tra le variabili e 0 indica la loro totale indipendenza.

Convenzionalmente si tende a considerare come attendibili le risultanze dell'assegnazione di un modello di simulazione di traffico in grado di restituire una correlazione non inferiore a 0.8.

Nel caso in esame, il test dell'R2 evidenzia l'elevata attendibilità dei risultati derivanti dalle assegnazioni del modello implementato con valori di R2 significativamente superiori a 0.9. In particolare:

- Venerdì sera  $\rightarrow R2 = 0.983$ ;
- Sabato sera  $\rightarrow R2 = 0.983$ .

L'immagine seguente mostra il grafo rappresentante la rete infrastrutturale considerata per le analisi funzionali con indicate le relative zone di origine e destinazione degli spostamenti.

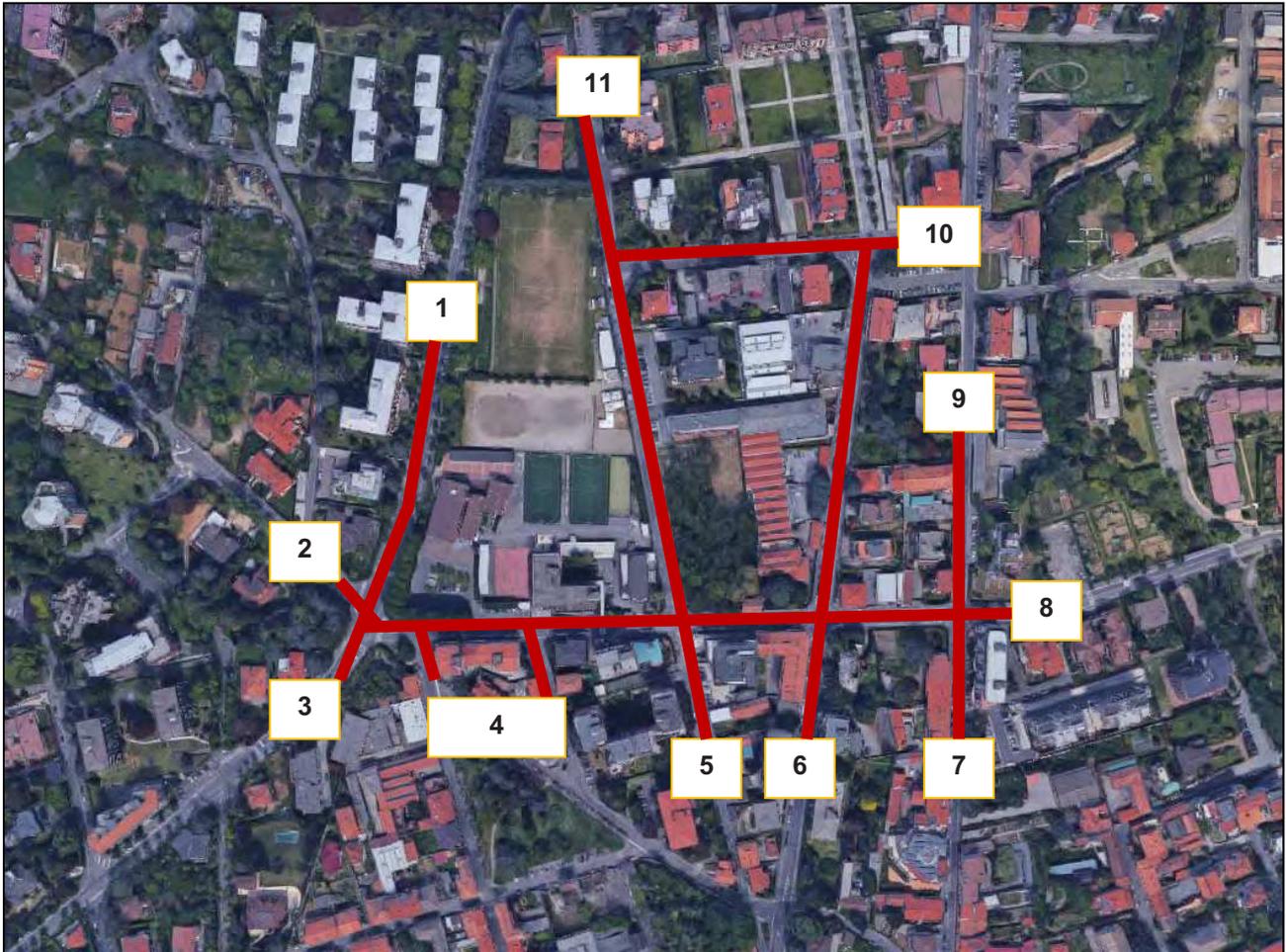


Figura 20 – Zone O/D dello SDF

Di seguito si riportano le matrici O/D della rete allo stato attuale per l'ora di punta della sera del venerdì e del sabato.

SDF_VEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOT
1	0	27	294	17	8	12	0	69	5	4	0	436
2	1	0	17	6	3	4	0	23	2	2	0	58
3	237	71	0	32	15	22	0	128	10	8	0	523
4	4	0	25	0	0	0	0	2	0	0	0	31
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	32	4	0	0	0	40	3	80	1	165
7	3	0	16	2	3	0	0	32	34	1	0	91
8	27	1	166	21	28	114	0	0	36	11	5	409
9	2	0	14	2	2	10	0	71	0	0	0	101
10	1	0	9	1	2	82	0	12	0	0	15	122
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18	0	19
TOT	280	99	573	85	61	245	0	377	90	124	21	1955

Figura 21 – SDF: Matrice O/D Venerdì sera [veicoli totali]

SDF_SAB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOT
1	0	16	264	14	5	6	0	39	2	4	0	350
2	2	0	7	5	2	2	0	15	1	1	0	35
3	220	58	0	34	13	15	0	95	6	9	0	450
4	3	0	18	0	0	0	0	1	0	0	0	22
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	32	1	0	0	0	24	1	54	1	118
7	3	0	20	1	1	0	0	19	47	1	0	92
8	26	0	167	5	11	108	0	0	19	8	3	347
9	2	0	12	0	1	8	0	61	0	0	0	84
10	1	0	6	0	0	70	0	13	0	0	9	99
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14
TOT	262	74	526	60	33	209	0	267	76	91	13	1611

Figura 22 – SDF: Matrice O/D Sabato sera [veicoli totali]

Le matrici O/D ottenute dal processo di correzione e calibrazione dello scenario dello stato di fatto sono state quindi assegnate alla rete prevista, per stimare i relativi carichi attesi sugli archi della rete di studio.

Il diagramma di carico, che costituisce uno dei risultati principali delle simulazioni effettuate, riporta l'entità del traffico su ciascun arco stradale della rete di trasporto complessiva, mediante una visualizzazione basata principalmente sulle etichette e sullo spessore delle bande che descrivono i flussi (flussogrammi): lo spessore delle barre è proporzionale al traffico sull'arco corrispondente.

Qui di seguito si riportano i diagrammi di carico degli scenari SDF in termini di veicoli totali, relativi alle ore di punta serali del venerdì e del sabato.

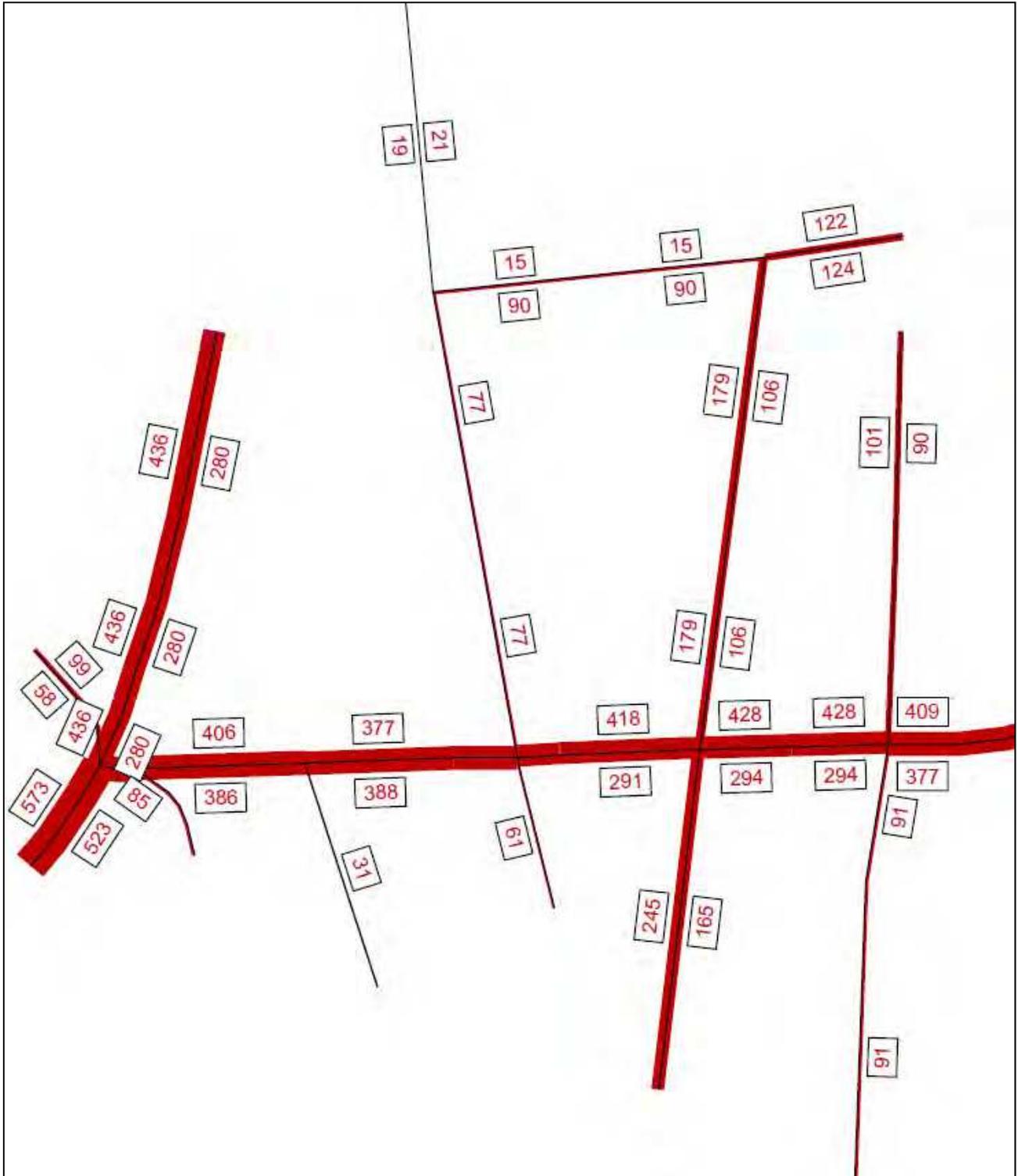


Figura 23 – SDF: flussogramma Odp venerdì sera [veicoli totali]

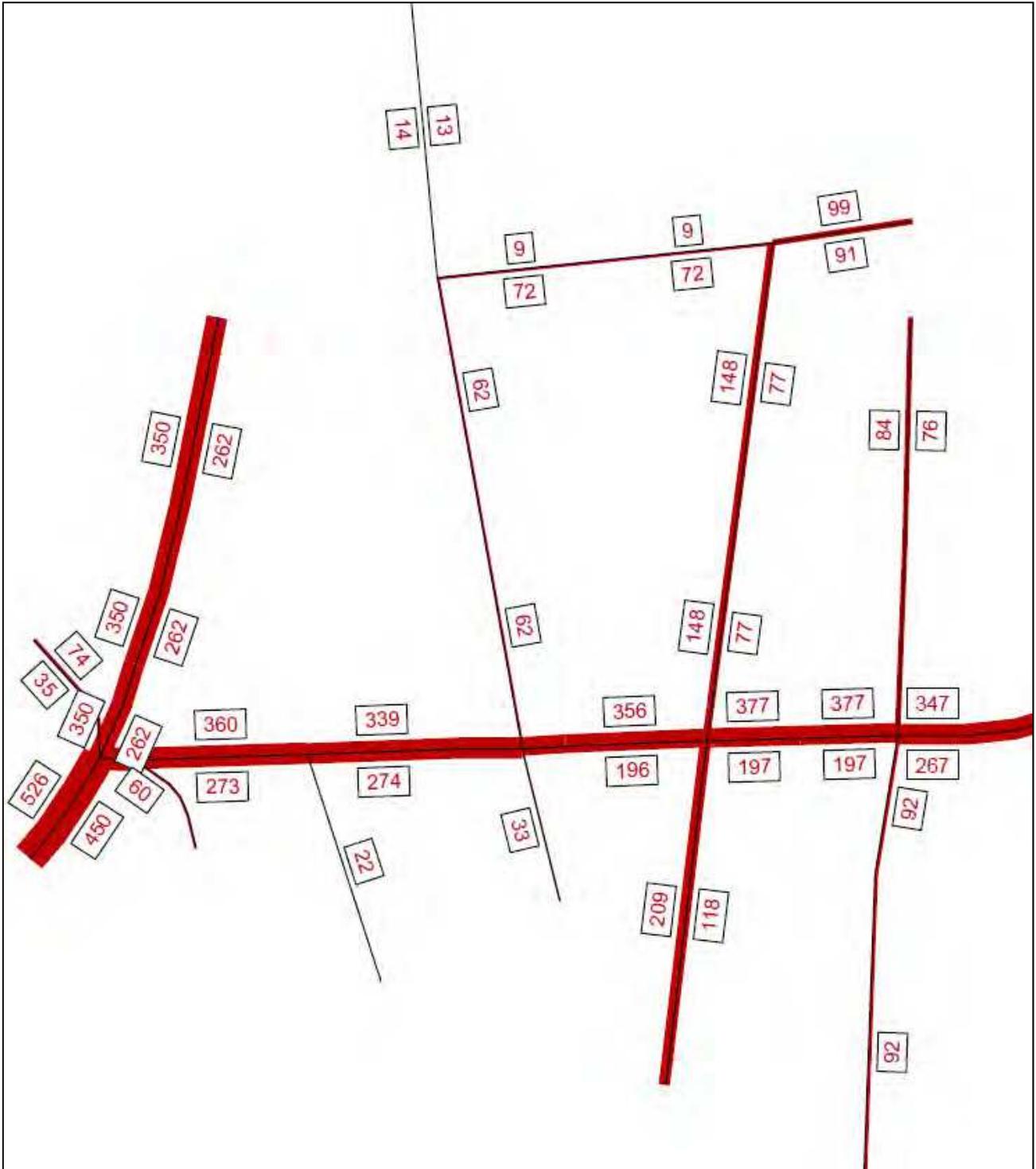


Figura 24 – SDF: flussogramma Odp sabato sera [veicoli totali]

## 4 STATO DI PROGETTO

Nel seguente capitolo viene analizzato lo scenario di progetto.

Come detto precedentemente, si tratta della realizzazione di una media struttura di vendita, con superficie lorda di pavimentazione (SLP) di 1.341 mq, di merceologia Food e una superficie di vendita (SdV) di 870 mq.

Tale edificio, situato tra le vie Sabotino e San Francesco, sarà accessibile in ingresso e in uscita da entrambe le suddette vie, come meglio specificato dalle frecce rosse nell'immagine seguente.



Figura 25 – Layout struttura di vendita

#### 4.1 Stima dei flussi indotti

Generalmente per la stima dei flussi indotti relativa ai clienti delle nuove strutture commerciali, in Lombardia si fa riferimento alla Normativa Regionale (D.G.R. 4 luglio 2007 inerente il "Programma di sviluppo del settore commerciale" e D.G.R. 20 dicembre 2013 n. X/1193 inerente le "Nuove linee per lo sviluppo delle imprese del settore commerciale"). Il calcolo dell'indotto veicolare generato/attratto dall'intervento commerciale in oggetto è stato quindi effettuato tramite l'utilizzo dei coefficienti indicati nella stessa Normativa Regionale e riportati nelle tabelle successive, riferiti a superfici di vendita Alimentari ricadenti in Area Critica, distinti nelle giornate di venerdì e sabato.

SUPERFICIE DI VENDITA ALIMENTARE (MQ)	Veicoli ogni mq di vendita alimentare	
	Venerdì	Sabato
0-3.000	0.25	0.30
3.000-6.000	0.12	0.17
> 6.000	0.04	0.05
SUPERFICIE DI VENDITA NON ALIMENTARE (MQ)	Veicoli ogni mq di vendita NON alimentare	
	Venerdì	Sabato
0 - 5.000	0.10	0.18
5.000-12.000	0.08	0.14
> 12.000	0.05	0.06

Tabella 13 – Coefficienti utilizzati per il calcolo dei flussi indotti nell'ora di punta in ingresso e uscita

Come indicato da Normativa il calcolo degli indotti è stato suddiviso il 60% in ingresso e il 40% in uscita, sia per il venerdì che per il sabato.

Si evidenzia che il venerdì sera si generano 218 veicoli in totale, di cui 131 in ingresso alla struttura e 87 in uscita, mentre il sabato si hanno 261 veicoli in totale di cui 157 in ingresso e 104 in uscita.

			Venerdì	Sabato
<b>Flussi INDOTTI</b>			<b>218</b>	<b>261</b>
TOTALE	ingresso	60%	131	157
	uscita	40%	87	104
<b>Flussi INDOTTI FOOD</b>			<b>218</b>	<b>261</b>
FOOD	ingresso	60%	131	157
	uscita	40%	87	104
<b>Flussi INDOTTI no FOOD</b>			<b>0</b>	<b>0</b>
NO FOOD	ingresso	60%	0	0
	uscita	40%	0	0

Tabella 14 – indotto normativa regionale

Per il calcolo degli addetti sono stati utilizzati i coefficienti regionali per le medie strutture di vendita riportati in tabella.

TIPOLOGIA	FOOD	NO FOOD
	addetti/mq SdV	addetti/mq SdV
Vicinato	0.026929283	0.015834191
Medie strutture	0.019947255	0.007204484
Grandi strutture	0.037840818	0.008793095

Tabella 15 – Parametri regionali per il calcolo degli addetti (Osservatorio Regionale del commercio)

Secondo detti parametri si generano 17 addetti, tuttavia nessuno di questi addetti si muove nelle ore di punta.

## 4.2 Bacino di provenienza degli indotti

Una volta definito il numero di veicoli indotti si è provveduto a definire il bacino di utenza della struttura di vendita. Per definire le provenienze di tale quota si è adottato un approccio che distribuisce i veicoli indotti sulla base dello stato di fatto, ovvero i flussi aggiuntivi di veicoli generati/attratti dal nuovo comparto, nelle simulazioni descritte in seguito, vengono caricati sulla rete viaria dell'area in esame e ridistribuiti secondo le percentuali di provenienza ed allontanamento dei veicoli già transitanti sulla rete esistente.

Vengono riportate le quote di provenienza degli indotti (in blu) e di destinazione (in rosso) del venerdì sera e del sabato sera.

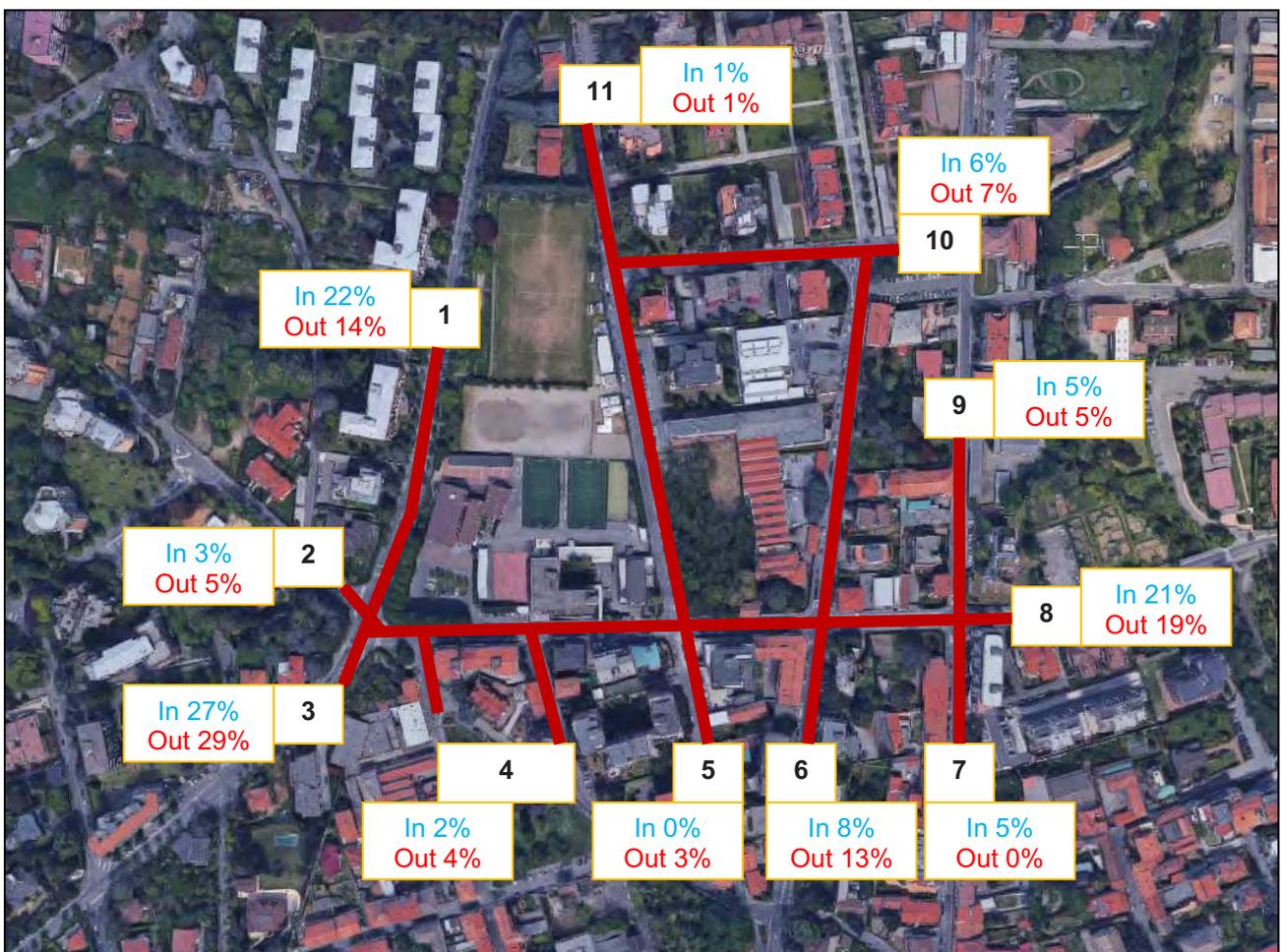


Figura 26 – Provenienze e destinazioni dei flussi indotti il venerdì sera

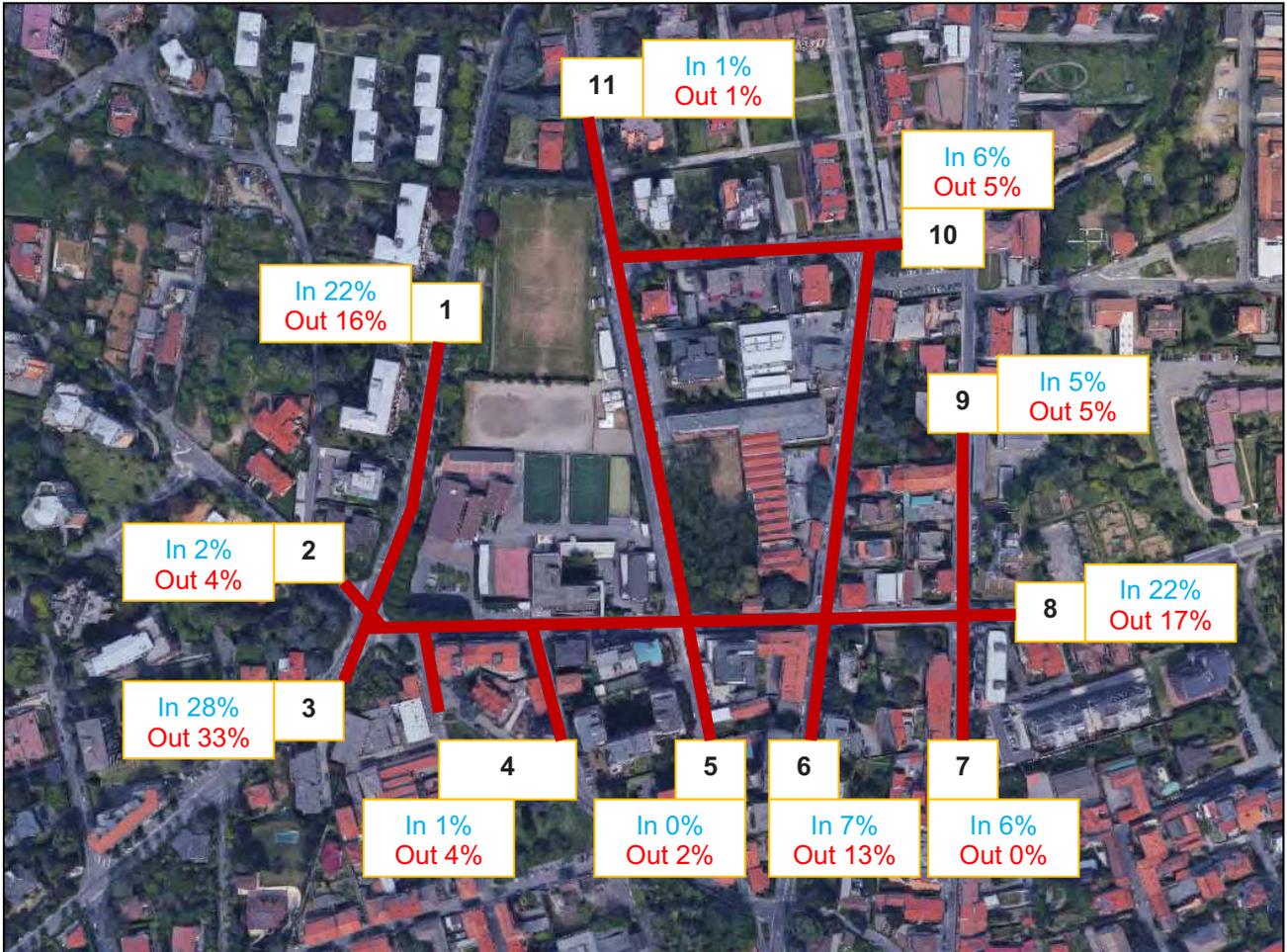


Figura 27 – Provenienze e destinazioni dei flussi indotti il sabato sera

### 4.3 Modifiche infrastrutturali

La principale modifica infrastrutturale connessa alla realizzazione della media struttura di vendita in esame riguarda l'istituzione di un ingresso e un'uscita a sud su via San Francesco (frecche rosse), e un ingresso e un'uscita a nord-ovest su via Sabotino (frecche azzurre).



Figura 28 – Layout progettuale

### 4.4 La matrice O/D dello stato di progetto

Queste considerazioni hanno permesso la ricostruzione della matrice OD di progetto dei flussi indotti (autoveicoli) per gli scenari SDP di riferimento del venerdì e del sabato sera. Rispetto allo SDF, lo SDP presenta in più la zona 12, in corrispondenza dell'edificio di progetto.

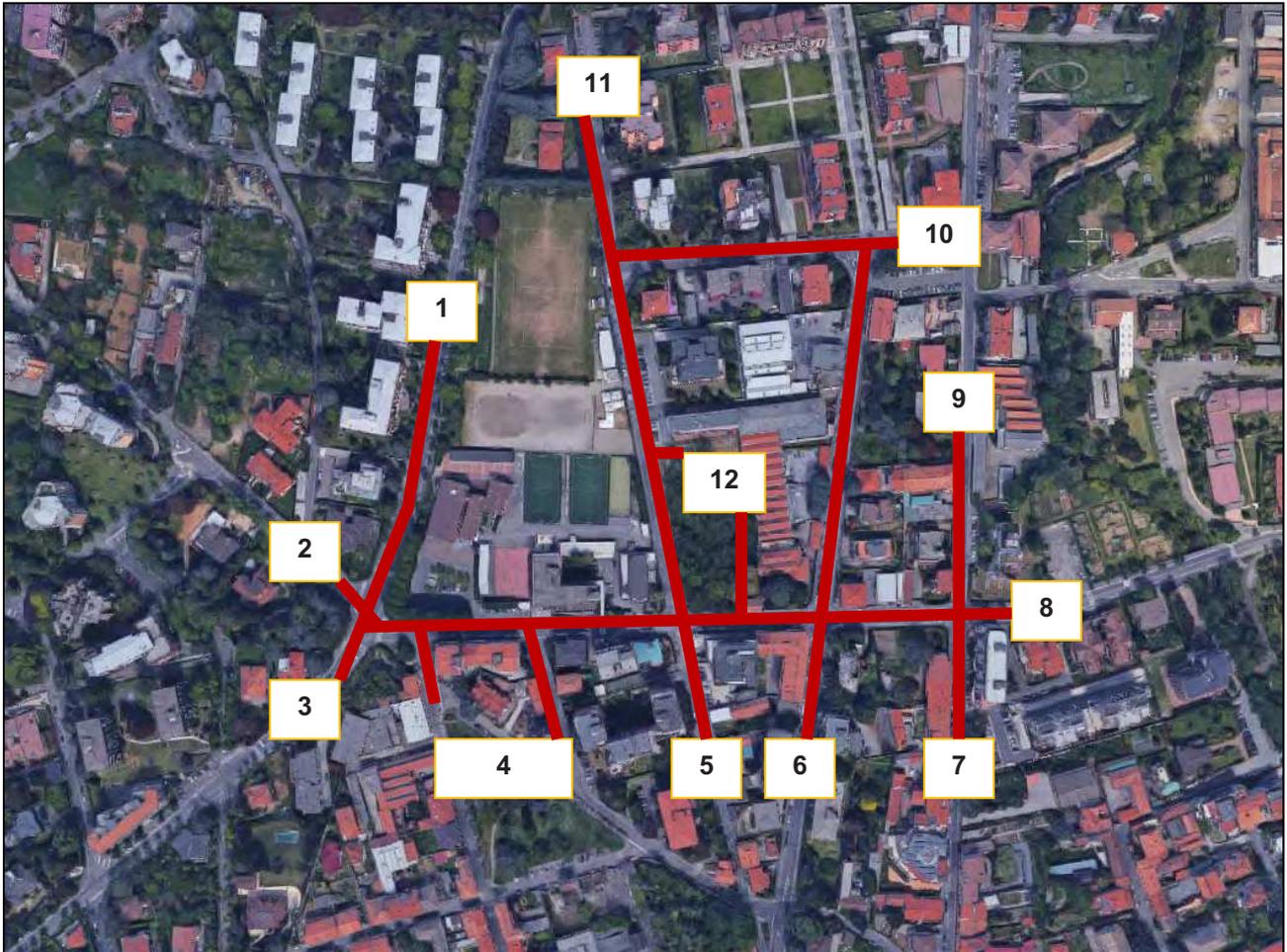


Figura 29 – Zone O/D dello SDP

Di seguito si riportano le matrici O/D dello SDP così ottenute.

SDP_VEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOT
1	0	27	294	17	8	12	0	69	5	4	0	29	465
2	1	0	17	6	3	4	0	23	2	2	0	4	62
3	237	71	0	32	15	22	0	128	10	8	0	35	558
4	4	0	25	0	0	0	0	2	0	0	0	2	33
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	32	4	0	0	0	40	3	80	1	11	176
7	3	0	16	2	3	0	0	32	34	1	0	6	97
8	27	1	166	21	28	114	0	0	36	11	5	27	436
9	2	0	14	2	2	10	0	71	0	0	0	7	108
10	1	0	9	1	2	82	0	12	0	0	15	8	130
11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18	0	2	21
12	12	4	25	4	3	11	0	17	4	6	1	0	87
TOT	292	103	598	89	64	256	0	394	94	130	22	131	2173

Figura 30 – SDP: Matrice O/D Venerdì sera [veicoli totali]

SDP_SAB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOT
1	0	16	264	14	5	6	0	39	2	4	0	34	384
2	2	0	7	5	2	2	0	15	1	1	0	3	38
3	220	58	0	34	13	15	0	95	6	9	0	44	494
4	3	0	18	0	0	0	0	1	0	0	0	2	24
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	5	0	32	1	0	0	0	24	1	54	1	11	129
7	3	0	20	1	1	0	0	19	47	1	0	9	101
8	26	0	167	5	11	108	0	0	19	8	3	34	381
9	2	0	12	0	1	8	0	61	0	0	0	8	92
10	1	0	6	0	0	70	0	13	0	0	9	10	109
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	2	16
12	17	5	34	4	2	14	0	17	5	6	0	0	104
TOT	279	79	560	64	35	223	0	284	81	97	13	157	1872

Figura 31 – SDP: Matrice O/D Sabato sera [veicoli totali]

Qui di seguito si riportano i diagrammi di carico degli scenari SDP in termini di veicoli totali, dove si includono anche i flussi indotti, relativi alle ore di punta serali del venerdì e del sabato.

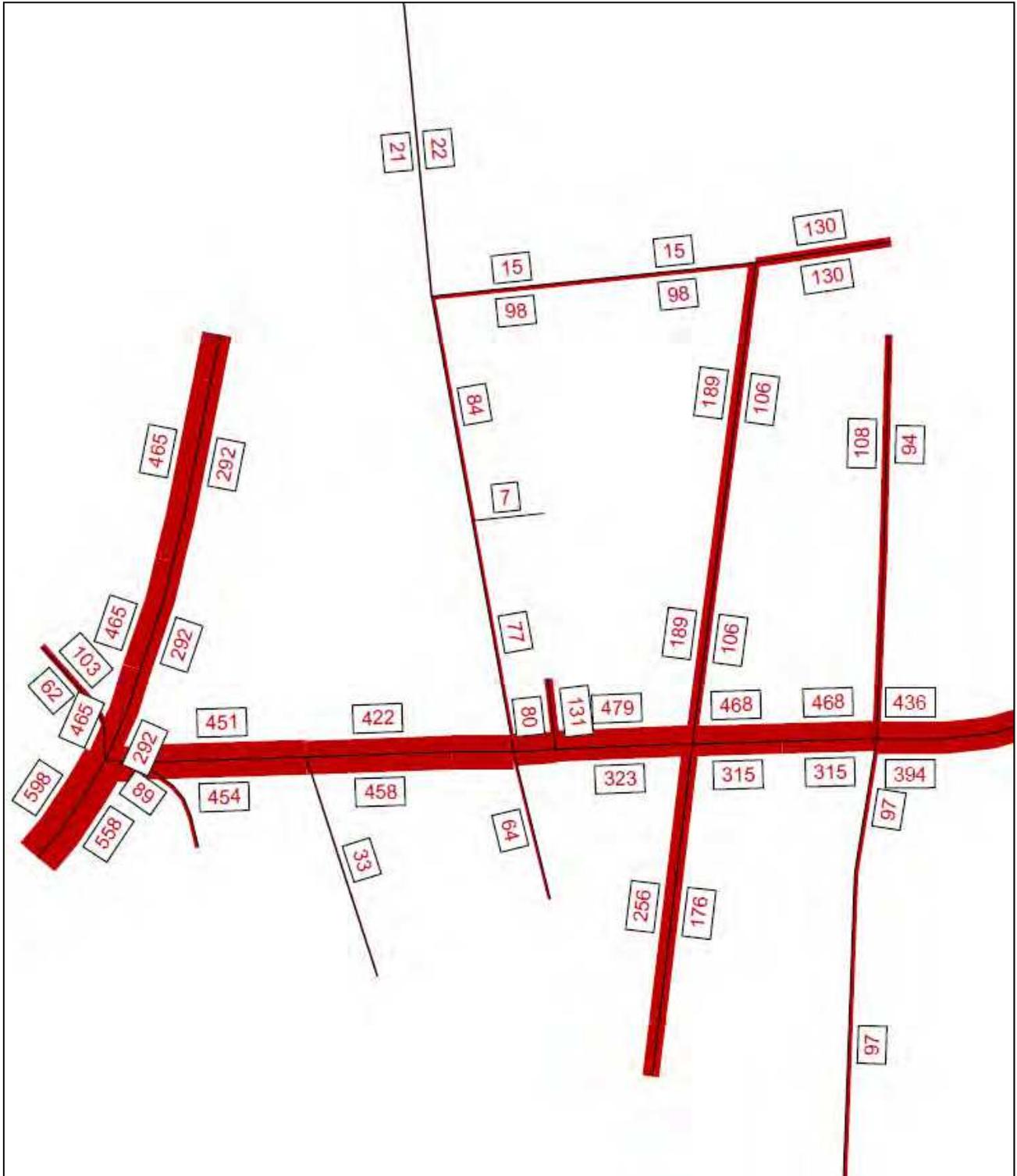


Figura 32 – SDP: flussogramma Odp venerdì sera [veicoli totali]

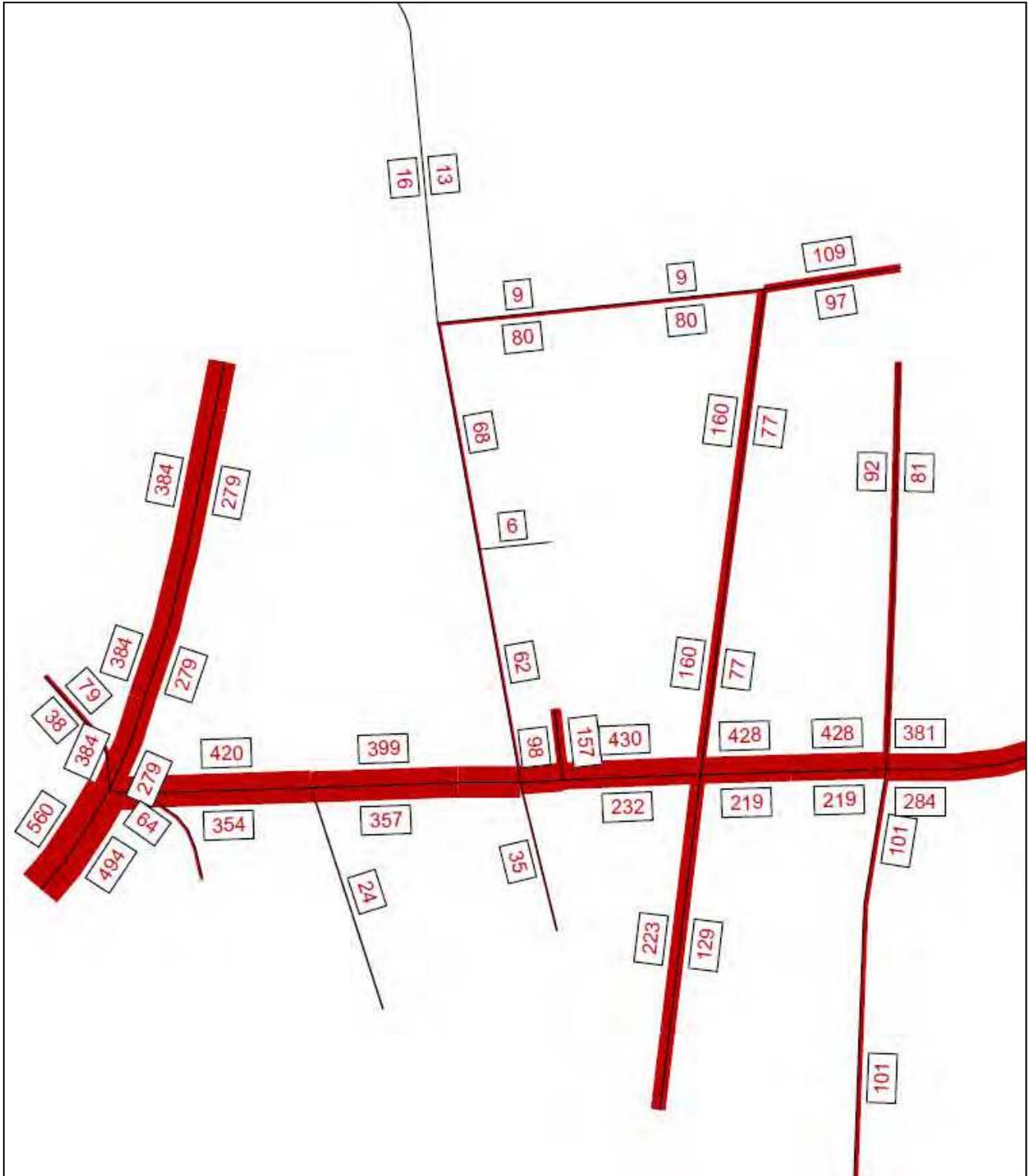


Figura 33 – SDP: flussogramma Odp sabato sera [veicoli totali]

## 5 VERIFICHE MICROMODELLISTICHE

Mediante il software VISSIM, sono state simulate le ore di punta del venerdì e del sabato sera nello scenario attuale (SDF) e nello scenario progettuale (SDP) della rete relativa all'area di studio e rappresentata nelle successive figure.

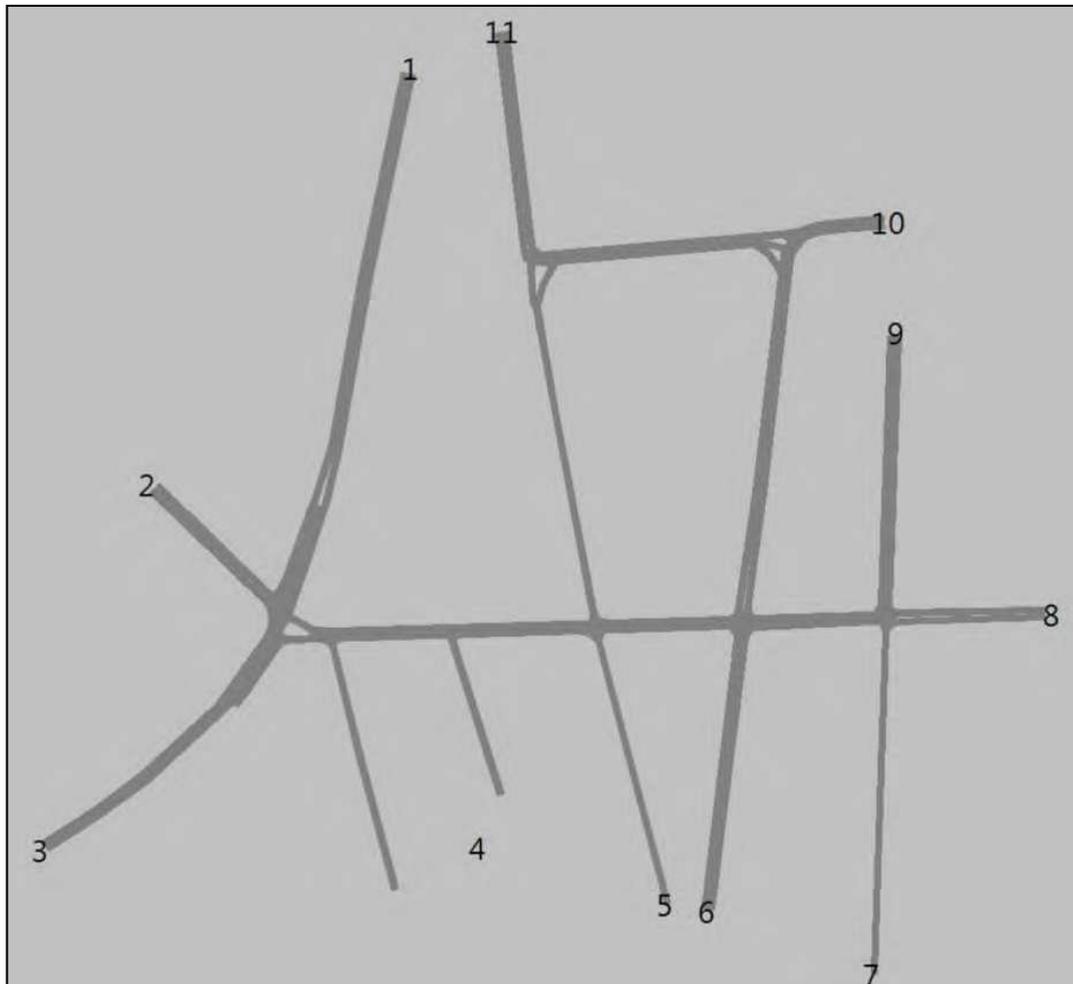


Figura 34 – Rete SDF

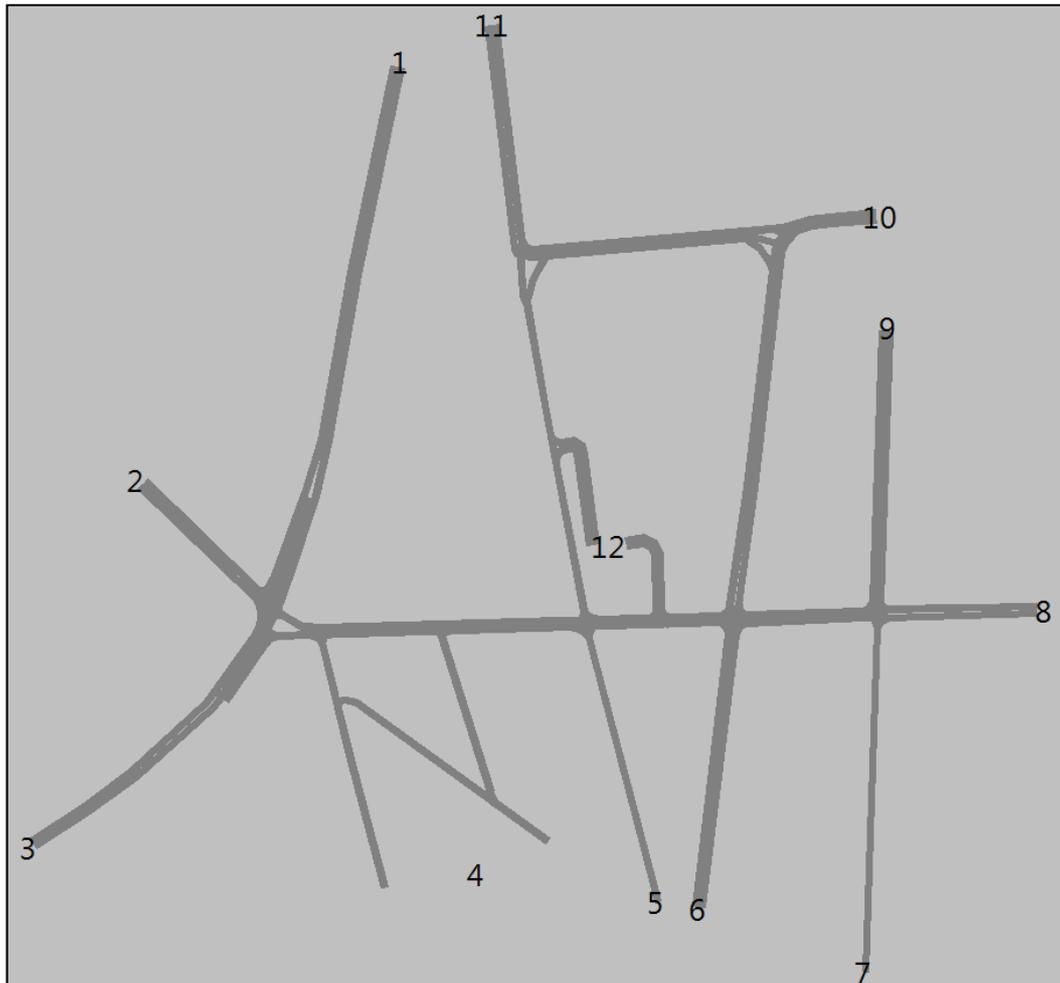


Figura 35 – Rete SDP

## 5.1 Le performances di sintesi

Per valutare il generale livello di performance della rete ed effettuare un confronto diretto dei diversi scenari di studio sono riportati nelle tabelle sottostanti i risultati della microsimulazioni nell'ora di punta del venerdì e del sabato sera per lo scenario attuale (SDF) e per quello progettuale (SDP). In particolare gli indicatori scelti sono i seguenti:

- Veicoli entrati nella rete
- Matrice totale di veicoli che transitano nella rete
- Numero dei veicoli rimasti nella rete a fine simulazione
- Distanza percorsa totale
- Velocità media dei veicoli
- Tempo totale di percorrenza
- Perditempo medio per veicolo
- Numero medio di fermate per veicolo

PERFORMANCES		VENERDI'		SABATO	
PARAMETRO		SDF	SDP	SDF	SDP
Veicoli entrati nella rete	%	100%	100%	100%	100%
Matrice totale dei veicoli	veicoli	1955	2173	1611	1872
Veicoli nella rete a fine simulazione	veicoli	41	42	22	29
Distanza totale percorsa	km	937	1023	777	876
Velocità media	km/h	25.9	24.9	26.8	25.8
Tempo totale nella rete	ore	36	41	29	34
Tempo medio per veicolo perso	secondi	29.9	31.6	27.9	29.2
Numero medio di fermate per veicolo	fermate	1.0	1.1	0.9	1.0

Tabella 16 – Performances della rete nell'ora di punta della mattina nello SDF e nello SDP

È possibile notare come tutti i veicoli riescano sempre ad entrare nella rete. Tutti i parametri di sintesi evidenziano come, pur a fronte di un aumento del numero di veicoli (circa l'11% dei veicoli circolanti per il venerdì ed il 16% per il sabato), le performances della rete subiscono solo una lieve riduzione.

A titolo di esempio, la velocità media subisce un decremento di circa 1 Km/h, il tempo perso medio per veicolo aumenta di circa di 2 secondi, mentre il numero medio di fermate per veicolo non varia in maniera importante tra lo SDF e lo SDP.

## 5.2 Analisi delle code

Tra gli indicatori utilizzati per l'analisi della rete nello scenario stato di fatto (SDF) e di progetto (SDP), è stato analizzato il fenomeno delle code, andando a rilevarne la lunghezza media durante le ore di punta serali del venerdì e del sabato.

Le code sono misurate, in VISSIM, dalla linea di arresto in ingresso all'intersezione analizzata fino all'ultimo veicolo che si trova in coda: un veicolo si definisce in coda quando la sua velocità scende al di sotto di 5 km/h e la distanza dal veicolo che lo precede è minore di 5 m.

La lunghezza delle code viene calcolata tramite l'inserimento negli archi stradali di opportuni elementi di rete definiti contatori di coda e viene espressa in metri.

Il comportamento dinamico descritto, ingresso ed uscita da una coda, corrisponde al fenomeno denominato stop & go.

In VISSIM la lunghezza assunta per le autovetture è compresa tra 3.5 e 5 m e il distanziamento medio dei veicoli in coda è di 1.5 / 2 m. I valori forniti sono riferiti alla fascia oraria considerata e indicano la lunghezza media della coda (espressa in metri) nell'intervallo di tempo considerato.

In particolare nella tabella sottostante vengono riportati i suddetti indicatori per i punti di accesso indagati, relativi alle intersezioni semaforizzate presenti nella rete di studio e indicati nella figure seguenti.



Figura 36 – INT A: localizzazione contatori di coda

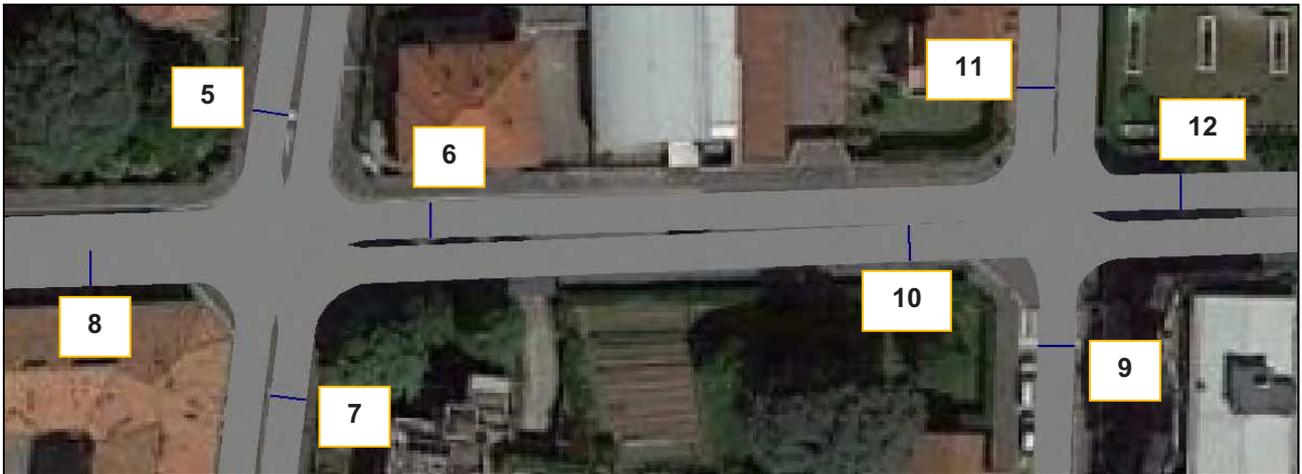


Figura 37 – INT C e INT D: localizzazione contatori di coda

		VENERDI'		SABATO	
		SDF	SDP	SDF	SDP
		MEDIA [m]	MEDIA [m]	MEDIA [m]	MEDIA [m]
SEMAFORO INT A	da 1	9	9	8	9
	da 2	15	18	14	18
	da 3	12	14	9	9
	da 4	2	2	1	2
SEMAFORO INT C	da 5	4	5	4	4
	da 6	5	7	4	5
	da 7	4	5	3	3
	da 8	6	9	3	5
SEMAFORO INT D	da 9	2	2	2	2
	da 10	3	3	2	2
	da 11	3	4	2	2
	da 12	8	9	7	6

Tabella 17 – Lunghezze medie delle code simulate [m]

Come si può notare, il traffico indotto comporta un leggero aumento della coda nelle sezioni 2 e 3 dell'intersezione semaforizzata INT A; per il resto non si evidenziano variazioni di rilievo presso le altre intersezioni dell'area di studio.

### 5.3 Immagini della microsimulazione

A titolo di esempio vengono riportate le immagini delle microsimulazioni di traffico che, a livello immediato, danno rilevanza sulle dinamiche di traffico dell'area di studio.



Figura 38 – Rete SDF venerdì sera



Figura 39 – Rete SDF sabato sera



Figura 40 – Rete SDP venerdì sera



Figura 41 – Rete SDP sabato sera

## 6 VERIFICA FUNZIONALE DELLE INTERSEZIONI SEMAFORIZZATE

La verifica della capacità della rete di smaltire il traffico previsto negli scenari SDF e SDP viene svolta per le intersezioni semaforizzate indicate in figura, ovvero:

- **INT A**, tra le vie San Francesco, Prealpi e Monte Pasubio, a sud-ovest dell'area dell'intervento;
- **INT C**, tra le vie San Francesco e San Giuseppe, a sud dell'area di intervento;
- **INT D**, tra le vie San Francesco e Alessandro Volta, a sud est dell'area di intervento.



Figura 42 – Localizzazione dell'intersezioni semaforizzate

L'obiettivo di tale analisi è quello di verificare le performances attuali (SDF) e future (SDP) dell'intersezioni calcolando la capacità residua e i livelli di servizio di ciascun ramo. Queste intersezioni, pur non subendo modifiche nel layout e nella regolazione semaforica, risentono direttamente dei nuovi flussi indotti.

### 6.1 Metodologia di analisi

Per le intersezioni semaforizzate si è utilizzata la procedura di verifica HCM (Highway Capacity Manual). Questa metodologia consente, tramite 5 moduli di analisi, di quantificare il livello di servizio dell'intersezione, grandezza che definisce la funzionalità della stessa. La procedura di verifica con il metodo HCM è quindi suddivisa in:

- Modulo di input;
- Modulo di correzione dei volumi di traffico;
- Modulo del flusso di saturazione;
- Modulo dell'analisi della capacità;
- Modulo del livello di servizio.

#### 6.1.1 Modulo di input

Con questo modulo si definiscono i dati di input, ovvero:

- Condizioni geometriche
- Condizioni di traffico
- Condizioni di semaforizzazione

### 6.1.2 Modulo per la correzione dei volumi di traffico

Questo modulo converte i flussi misurati in termini di veicoli/ora per ora di punta, in flussi per un periodo d'analisi di 15 minuti di punta, e tiene conto degli effetti di distribuzione nella corsia.

È contenuta in questo modulo anche la definizione dei gruppi di corsie e la loro correzione per tenere conto dell'utilizzazione non equilibrata delle corsie.

Per gruppo di corsie si intende una o più corsie che smaltiscono la stessa corrente veicolare, hanno una linea di fermata comune ed offrono le stesse prestazioni in termini di capacità.

### 6.1.3 Modulo del flusso di saturazione

Con questo modulo si calcola il flusso di saturazione (FS) per ogni gruppo di corsie, attraverso la correzione del flusso di saturazione ideale. Il flusso di saturazione ideale, per un gruppo di corsie, è pari al numero di veicoli per ora che possono attraversare la linea di arresto dell'intersezione, assumendo che la fase di verde sia sempre disponibile, cioè che il rapporto di verde (RV) sia uguale a 1.

$$FS = FS_0 \cdot N \cdot f_b \cdot f_{VP} \cdot f_i \cdot f_p \cdot f_B \cdot f_a \cdot f_u \cdot f_D \cdot f_S \cdot f_{PD} \cdot f_{PS}$$

Dove:

- $FS_0$  = 1900 veicoli/ora di verde, per corsia in condizioni ottimali (flusso di saturazione ideale);
- $N$  = numero di corsie che compongono il gruppo;
- $f_b$  = fattore di correzione per la larghezza della corsia

$$f_b = 1 + \frac{b - 3,60}{g}$$

$b$  = larghezza della corsia in metri, deve essere minore o uguale a 2,40m, altrimenti si considera  $f_b = 1$ . Se  $b$  fosse maggiore di 4,80m si considererebbero due corsie;

- $f_{VP}$  = fattore di correzione per i veicoli pesanti presenti nella corrente di traffico

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P}$$

$P$  = percentuale di veicoli pesanti presenti nel gruppo di corsie;

- $f_i$  = fattore di correzione per la pendenza del ramo

$$f_i = 1 - \frac{i(\%)}{100}$$

$i$  = pendenza (%) del ramo d'accesso, dev'essere compresa fra -6 e 10;

- $f_p$  = fattore di correzione per l'esistenza di una corsia di sosta adiacente al gruppo di corsie e per l'attività di parcheggio in quella corsia

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 \cdot N_p}{3600}}{N}$$

$N_p$  = numero di manovre di parcheggio per ora, deve essere compreso fra 0 e 180;

$f_p$  si pone uguale a 1 in assenza di parcheggi, altrimenti deve essere comunque maggiore di 0,05;

- $f_B$  = fattore di correzione per l'effetto di blocco del traffico dovuto agli autobus che effettuano la fermata nell'area dell'intersezione

$$f_B = \frac{N - \frac{14,4 \cdot N_B}{3600}}{N}$$

$N_B$  = numero di fermate per ora, deve essere compreso fra 0 e 250;

$f_B$  si pone uguale a 1 in assenza di fermate, altrimenti deve essere comunque maggiore di 0,05;

- $f_a$  = fattore di correzione dovuto al tipo di area. Si pone pari a 0,9 se l'intersezione si trova in un CdA (centro d'affari), mentre si pone uguale a 1 in tutti gli altri casi;
- $f_u$  = fattore di correzione per l'utilizzazione della corsia

$$f_u = \frac{Q_g}{N \cdot Q_{g1}}$$

$Q_g$  = flusso per il gruppo di corsie;

$Q_{g1}$  = flusso per la corsia più carica del gruppo;

- $f_D$  = fattore di correzione per la svolta a destra nel gruppo di corsie

Nel caso di corsia esclusiva:  $f_D = 0,85$

Nel caso di corsia promiscua ( $N=1$ ):  $f_D = 1 - 0,135 \cdot P_D$

Nel caso di corsia promiscua ( $N>1$ ):  $f_D = 1 - 0,15 \cdot P_D$

$P_d$  = frazione di veicoli del gruppo di corsie che svoltano a destra;

- $f_s$  = di correzione per la svolta a sinistra nel gruppo di corsie

Nel caso di corsia esclusiva:  $f_s = 0,95$

$$f_s = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot P_s}$$

Nel caso di corsia condivisa:

$P_s$  = frazione di veicoli del gruppo di corsie che svoltano a sinistra;

Per svolte a sinistra non protette si esegue una speciale procedura di calcolo, che si basa sulle interazioni tra il veicolo che deve svoltare a sinistra e i veicoli della corrente opposta. Di seguito si riporta la procedura di calcolo speciale per il calcolo di  $f_s$ .

$$f_s = \frac{f_m + 0,91 \cdot (N - 1)}{N}$$

Dove  $N$  è il numero di corsie del gruppo di corsie in cui i veicoli possono eseguire la manovra di svolta a sinistra. Siccome nel nostro caso le svolte a sinistra avvengono sempre da un'unica corsia, si ha che  $N$  è pari a 1 e quindi risulta  $f_s = f_m$ .

$$f_m = \frac{V_f}{VE} + \frac{V_u}{VE} \cdot \left[ \frac{1}{1 + P_{Sx} \cdot (E_{opc} - 1)} \right]$$

Dove:

- $V_f$  = frazione di verde effettivo persa prima dell'arrivo del primo veicolo che deve svoltare a sinistra.

Nel caso di corsia esclusiva:  $V_f = 0$

Nel caso di corsia condivisa:  $V_f = V \cdot e^{-0,882 \cdot PSC^{0,717}} - t_{Sx}$

In cui  $V$  è il tempo di verde per la fase, espresso in secondi;  $t_{Sx}$  è il tempo perso per le svolte a sinistra nel gruppo di corsie, pari al tempo di giallo;  $PSC$  è il numero di manovre di svolta in un ciclo, calcolato con il volume corretto dei veicoli che svoltano a sinistra  $Q_{Ps}$  [veic/h].

$$PSC = \frac{Q_{Ps} \cdot C}{3600}$$

- $V_u$  = frazione di verde effettivo durante la quale, i veicoli che svoltano a sinistra riescono a trovare un varco utile nella corrente opposta, per effettuare la manovra.

Nel caso in cui sia  $V_q < V_f$  si utilizza:  $V_u = VE - V_f$

Nel caso in cui sia  $V_q > V_f$  si utilizza:  $V_u = VE - V_q$

$V_q$  rappresenta la frazione di verde effettivo persa per lo smaltimento della coda in opposizione ed pari a:

$$V_q = \frac{Q_{opc} \cdot coda_o}{0,5 - \frac{Q_{opc} \cdot (1 - coda_o)}{V_o}} - t_{Sxo}$$

Con:

$$Q_{opc} = \frac{Q_o \cdot c}{3600} \cdot N_o \cdot f_{Uo}$$

$$coda_o = 1 - R_{po} \cdot \frac{VE_o}{C}$$

In cui  $t_{Sxo}$  è il tempo perso per il gruppo in opposizione e pari al tempo di giallo, espresso in secondi;  $Q_o$  è il flusso veicolare in opposizione;  $N_o$  è il numero di corsie relativo a  $Q_o$ ;  $f_{Uo}$  è il fattore di utilizzazione relativo a  $N_o$ ;  $R_{po}$  è il rapporto di plotone di  $Q_o$ ;  $VE_o$  è il verde disponibile per  $Q_o$ .

- $VE$  = verde effettivo, cioè tempo di verde effettivamente disponibile per effettuare la svolta a sinistra, calcolato sottraendo i perditempo alla somma del tempo di verde e di giallo.
  - $P_{Sx}$  = frazione di veicoli che effettuano la svolta a sinistra, nel caso di corsie esclusive è pari a 1.
  - $E_{opc}$  = fattore di equivalenza relativo ai veicoli in opposizione al flusso che svolta a sinistra.
- $f_{PD}$  = fattore di correzione per l'interferenza con pedoni e ciclisti per la manovra di svolta a destra.  
Per il calcolo di tale fattore è necessario determinare l'occupazione media di pedoni ( $occ_{pedg}$ ) e ciclisti ( $occ_{bicg}$ ), l'occupazione totale relativa alle zone di conflitto ( $occ_r$ ) e il fattore d'interferenza con pedoni e ciclisti per la manovra di svolta ( $A_{pbt}$ ). Infine si ha:  
$$f_{PD} = 1 - P_D \cdot (1 - A_{pbt})$$
Dove  $P_D$  è la frazione di veicoli che svoltano a destra.
  - $f_{PS}$  = fattore di correzione per l'interferenza con pedoni e ciclisti per la manovra di svolta a sinistra.  
Il calcolo di tale fattore è analogo al caso di svolta  $f_{PD}$ .

### 6.1.4 Modulo dell'analisi della capacità

Nel presente modulo si considerano il volume e il flusso di saturazione necessari per calcolare la capacità, il rapporto di saturazione per ogni gruppo di corsie e quello critico per l'intersezione.

Il procedimento adottato è il seguente:

- Determinazione del rapporto di flusso per ogni gruppo di corsie

$$\gamma_i = \frac{Q_i}{FS_i}$$

- Calcolo della capacità per ogni gruppo di corsie

$$c_i = FS_i \cdot \frac{VE_i}{C} = FS_i \cdot RV_i$$

- determinazione del rapporto di saturazione per ogni gruppo di corsie

$$X_i = \frac{Q_i}{c_i} = \frac{Q_i}{\left(\frac{FS_i \cdot VE_i}{C}\right)} = \frac{Q_i \cdot C}{FS_i \cdot VE_i} = \frac{\gamma_i}{RV_i}$$

Dove:

- Q = portata veicolare nell'ora di punta.
- VE = tempo di verde effettivo per la manovra.
- C = durata del ciclo semaforico.
- RV = rapporto di verde, calcolato come il rapporto tra il tempo di verde effettivo, per la manovra considerata, e la durata del ciclo semaforico.

### 6.1.5 Modulo del livello di servizio

In questo modulo si stima il ritardo per ogni gruppo di corsie e si determina il livello di servizio dell'intersezione, definito sulla base del ritardo medio di fermata per veicolo, indotto dal controllo semaforico, in un periodo di quindici minuti. Tale risultato fornisce una misura del disagio del guidatore, del consumo del carburante e del tempo di viaggio perso.

Il ritardo medio complessivo è fornito dalla seguente relazione:

$$d_i = d_{1i} \cdot PF_i + d_{2i} + d_{3i}$$

Con:

- PF = fattore correttivo in funzione del rapporto di verde e della progressione degli arrivi (determinato da tabelle apposite).
- $d_{1i}$  [sec/veic.] = ritardo medio assumendo arrivi uniformi.

$$d_{1i} = \frac{0,5 \cdot C \cdot (1 - RV_i)^2}{1 - [\min(1; X_i) \cdot RV_i]}$$

Dove C è la durata del ciclo semaforico; RV è il rapporto di verde; X è il rapporto di saturazione per il gruppo di corsie.

- $d_{2i}$  [sec/veic.] = ritardo incrementale che tiene conto dell'arrivo casuale e non uniforme dei veicoli, delle code originate per saturazione e della durata del periodo di analisi.

$$d_{2i} = 900 \cdot T \cdot \left[ (X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{4 \cdot X_i}{c_i \cdot T}} \right]$$

Dove T è il periodo di analisi espresso in ore (pari a 0,25 per un periodo di un quarto d'ora); c è la capacità del gruppo di corsie.

- $d_{3i}$  [sec/veic.] = ritardo dovuto alla presenza di code all'inizio del periodo di analisi, si pone pari a zero se non c'è coda all'inizio del periodo d'analisi (T).

$$d_{3i} = \frac{1800 \cdot coda_i \cdot (1 + u) \cdot t}{c \cdot T}$$

Dove  $coda_i$  è la coda residua all'inizio del periodo d'analisi T e il cui valore va misurato sul campo o stimato ragionevolmente; u è il fattore di ritardo; t è la frazione del periodo d'analisi non utilizzato, espressa in ore.

I livelli di servizio (LoS) individuati dal Highway Capacity Manual (HCM) sono i seguenti sei:

- **LoS A:** ritardo estremamente limitato (10 sec/veic.); la coordinazione semaforica risulta particolarmente favorevole e la maggior parte dei veicoli si presenta nella fase di verde.
- **LoS B:** ritardo compreso tra 10 e 20 sec/veic.; si ottiene con una buona coordinazione e/o con brevi tempi di ciclo.
- **LoS C:** ritardo compreso tra 20 e 35 s/veic; i maggiori ritardi sono causati da una coordinazione discreta e/o da tempi di ciclo più lunghi, inoltre il numero di veicoli arrestati per ciclo inizia a essere significativo.
- **LoS D:** ritardo compreso tra 35 e 55 s/veic; i ritardi elevati possono dipendere da una combinazione tra coordinazione sfavorevole, tempi di ciclo prolungati, gradi di saturazione elevati, inoltre l'influenza della congestione e l'insufficienza del ciclo iniziano a risultare rilevanti.
- **LoS E:** ritardo compreso tra 55 e 80 s/veic; questi valori di ritardo possono essere motivati da scarsa coordinazione semaforica, lunghi tempi di ciclo, elevati gradi di saturazione, inoltre le insufficienze del ciclo sono frequenti. Il valore di 80 s/veic è di norma considerato come il limite accettabile del ritardo veicolare.
- **LoS F:** ritardo superiore a 80 s/veic; si verifica in presenza di sovrasaturazione o qualora ricorrano frequenti insufficienze del ciclo.

LoS	Ritardo medio d [sec/veic]
A	≤ 10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	≥ 80

Tabella 18 – Livelli di Servizio

## 6.2 Analisi di risultati

Per le intersezioni in oggetto, per ciascuna corsia presente, si riportano i risultati ottenuti applicando la metodologia illustrata nel precedente paragrafo.

Le successive tabelle mettono a confronto i risultati ottenuti negli scenari Stati di Fatto (SDF) e Stati di Progetto (SDP) nell'ora di punta (ODP) serale del venerdì e del sabato.

Si riporta per semplicità di lettura la configurazione delle intersezioni analizzate.

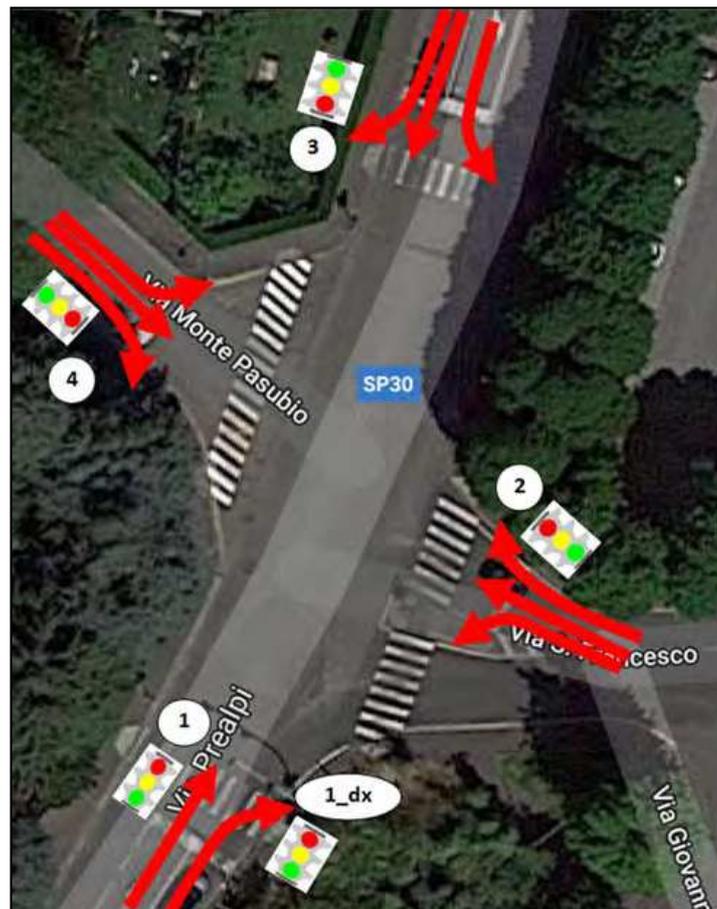


Figura 43 – Intersezione semaforizzata INT A

INT A	VENERDI' SERA				SABATO SERA			
	SDF		SDP		SDF		SDP	
FASE	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS
1	21.95	C	21.95	C	21.54	C	21.54	C
1_dx	4.61	A	4.82	A	4.30	A	4.54	A
2	28.92	C	31.19	C	27.88	C	30.72	C
3	21.87	C	22.50	C	20.53	C	21.06	C
4	36.32	D	36.73	D	34.03	C	34.27	C

Tabella 19 – INT A: tabella riassuntiva ritardi e LOS

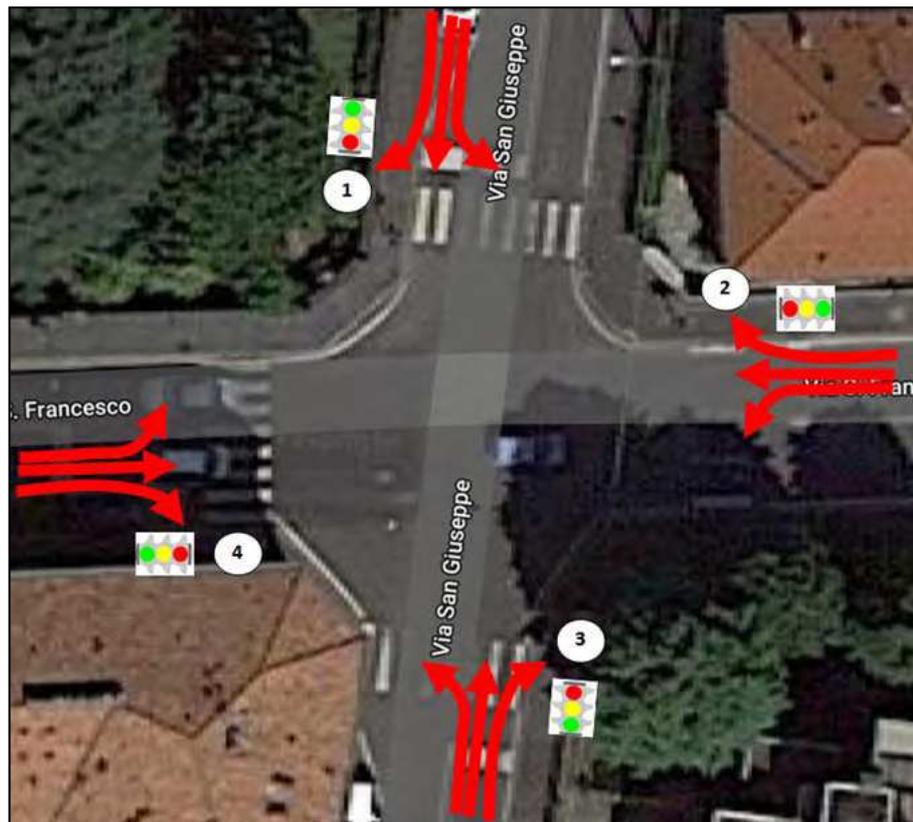


Figura 44 – Intersezione semaforizzata INT C

INT C	VENERDI' SERA				SABATO SERA			
	SDF		SDP		SDF		SDP	
FASE	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS
1	18.68	B	18.93	B	18.02	B	18.29	B
2	14.39	B	15.08	B	13.60	B	14.38	B
3	18.36	B	18.58	B	17.43	B	17.62	B
4	12.95	B	13.45	B	11.70	B	12.16	B

Tabella 20 – INT C: tabella riassuntiva ritardi e LOS



Figura 45 – Intersezione semaforizzata INT D

INT D	VENERDI' SERA				SABATO SERA			
	SDF		SDP		SDF		SDP	
FASE	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS	RITARDO	LdS
1	16.78	B	16.87	B	16.76	B	16.89	B
2	12.45	B	12.70	B	11.41	B	11.63	B
3	17.25	B	17.40	B	16.93	B	17.10	B
4	14.15	B	14.59	B	13.21	B	13.69	B

Tabella 21 – INT D: tabella riassuntiva ritardi e LOS

È possibile verificare come l'intervento di progetto non contribuisca ad un aggravio per gli impianti semaforici presenti nell'area di studio e si assiste al mantenimento dei LdS per tutti i rami e gli scenari analizzati.

## 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questo studio trasportistico è stato redatto al fine di determinare l'impatto sulle infrastrutture viarie esistenti in relazione alla realizzazione di una struttura di vendita di tipo FOOD nel comune di Saronno (VA).

Tale struttura, avente una SLP pari a 1.341 mq e una SdV di 870 mq, sarà accessibile in ingresso e in uscita sia da via San Francesco che da via Sabotino.

Per la ricostruzione dello scenario attuale di traffico è stata condotta una campagna di rilievo di conteggi di traffico manuali nell'area prossima all'intervento per le ore di punta del venerdì e del sabato sera, oltre che al censimento degli impianti semaforici presenti in tre intersezioni all'interno dell'area di studio.

Per la ricostruzione dello scenario progettuale, i flussi di traffico sono stati incrementati considerando le specifiche della normativa regionale lombarda per le medie strutture di vendita food in area critica. Da tali considerazioni si è dedotto quindi un flusso aggiuntivo complessivo di 479 veicoli di cui 218 il venerdì sera (131 in ingresso alla struttura e 87 in uscita) e 261 il sabato sera (157 in ingresso e 104 in uscita). A titolo cautelativo tali flussi indotti sono stati considerati totalmente aggiuntivi rispetto al traffico già circolante.

Le analisi effettuate sono state condotte per entrambi gli scenari di riferimento, SDF e SDP, per le ore di punta serale del venerdì (17:00 – 18:00) e del sabato (16:00 – 17:00).

Lo studio si basa su una microsimulazione dinamica di traffico, la quale permette di definire i flussi di traffico attesi sulla viabilità presa in esame: in particolare si sono analizzati lo scenario attuale SDF e quello progettuale SDP per l'ora di punta serale del venerdì e del sabato.

Inoltre sono state effettuate analisi di dettaglio sulle intersezioni semaforizzate esistenti mediante opportuni strumenti di analisi in grado di fornire una misura qualitativa della circolazione attraverso la definizione del livello di servizio per ciascun attestamento. Tali verifiche funzionali evidenziano come il carico aggiuntivo di domanda non comporti nessun peggioramento in termini di ritardo medio per veicolo e quindi di livello di servizio delle intersezioni.

Da tutte le analisi condotte si può pertanto concludere che le infrastrutture viarie esistenti sono in grado di supportare il carico incrementale dovuto alla realizzazione del comparto commerciale, senza comportare situazioni di criticità dal punto di vista della circolazione.