

**SS 189 - Itinerario Agrigento Palermo**  
**Sistemazione e messa in sicurezza dello svincolo al Km 24 della SS 189**  
**(Svincolo San Giovanni Gemini in località Tumarrano)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. PA-884

**R.T.I. di PROGETTAZIONE:**



Via Artemide n°3  
92100 Agrigento  
Tel. 0922 421007  
email: deltaingegneria@pec.it



Servizi integrati d'ingegneria - Progettazioni  
Computer Aided Design - Drafting  
Sviluppo soluzioni software - hardware - dedicato



**ING. ANDREA MILANO**

**MANDATARIA**

**MANDANTE**

**MANDANTE**

**MANDANTE**

**PROGETTISTI:**

*Prof. Ing. Renato Lamberti – Responsabile delle prestazioni specialistiche*  
*TCE srl – Ordine Ing. di Napoli n. 4147*

*Ing. Nicola D'Alessandro – Responsabile della progettazione*  
*Delta Ingegneria srl – Ordine Ing. di Agrigento n. A995*



**AREE SPECIALISTICHE:**

**GEOLOGIA**

*Dott. Geol. Massimo Carlino – Delta Ingegneria srl*  
*Albo Geol. di Sicilia n. 1328*

**PROGETTAZIONE IDRAULICA**

*Ing. Maurizio Carlino – Delta Ingegneria srl*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A628*

**PROGETTAZIONE STRADALE E GEOTECNICA**

*Ing. Domenico D'Alessandro – Delta Ingegneria srl*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A634*

**IMPIANTI**

*Ing. Andrea Milano*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A789*

**AMBIENTE E PAESAGGIO**

*Ing. Raimondo D'Alessandro – Delta Ingegneria srl*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A2254*  
*Dott. Agr. Floriana Di Leonardo*  
*Albo degli Agronomi e Forestali Provincia di Palermo n. 1250*

**STRUTTURE**

*Ing. Antonio Alparone – Alisea srl*  
*Ordine Ing. di Palermo n. A9349*  
*Ing. Giuseppe Ferraro – Delta Ingegneria srl*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A203*

**COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Ing. Nicola D'Alessandro – Delta Ingegneria srl*  
*Ordine Ing. di Agrigento n. A995*

*Ing. Claudio Orsini – TCE srl*  
*Ordine Ing. di Napoli n. 9080*

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

*Ing. Luigi Mupo*

**ACUSTICA**

*Ing. Antonio Orlando – TCE srl*  
*Ordine Ing. di Salerno n. 3817*

**PARTE GENERALE**  
**RELAZIONE STUDIO DEL TRAFFICO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA

PROGETTO

LIV. PROG.

ANNO

T00EG00GENRE02A.pdf

D P P A 0 8 8 4

D

21

CODICE ELAB.

T 0 0 E G 0 0 G E N R E 0 2

A

-

D

C

B

A

Emissione

Maggio 2021

Ing. R.D'ALESSANDRO

Ing.N. D'ALESSANDRO

Ing.R.LAMBERTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>OBIETTIVI E ATTIVITÀ DELLO STUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>AREA DI STUDIO.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO.....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>RICOSTRUZIONE SCENARIO DI PROGETTO .....</b>	<b>18</b>
6.1	Tasso d'accrescimento.....	18
6.2	Flussi scenario progettuale SDP1 – post apertura.....	19
6.3	Flussi scenario progettuale SDP2 – medio – lungo termine .....	28
<b>7</b>	<b>ANALISI STATICHE DELLE ROTATORIE .....</b>	<b>37</b>
7.1	Metodologia di analisi per le rotatorie .....	37
7.2	I risultati delle verifiche funzionali .....	41
7.3	Sintesi rotatorie .....	45
<b>8</b>	<b>VERIFICHE PUNTUALI DELLE TRATTE STRADALI.....</b>	<b>45</b>
8.1	Verifica di funzionalità viadotto SP26 .....	46
8.2	Risultati delle verifiche funzionali.....	47
8.3	Andamento traffico sul ponte ad archi esistente .....	47
<b>9</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione è riportata l'attività svolta a supporto per il progetto di riqualifica dell'intersezione attualmente esistente tra la SS189 e la SP26 in località Tumarrano nei comuni di Cammarata e San Giovanni Gemini (AG).

L'obiettivo di questo studio è quello di ricostruire i flussi di traffico attualmente gravitanti sull'intersezione e di valutare l'entità dei flussi che interesseranno l'intersezione in 2 scenari progettuali futuri: quello corrispondente all'apertura dello svincolo riqualificato (Scenario di Progetto 1 o SDP1) e quello di medio lungo periodo, a 20 anni dall'apertura (scenario di progetto 2 o SDP2). In particolare l'analisi si concentrerà sia sul traffico dell'ora di punta (di seguito ODP) sia sul traffico giornaliero medio (di seguito TGM), distinguendo per classi veicolari (veicoli leggeri e pesanti) in periodo diurno (6:00 – 22:00) e periodo notturno (22:00 – 6:00). Tale operazione permetterà di verificare la funzionalità della rete viaria esistente e di progetto a fronte dei flussi di traffico previsti e permetterà di svolgere considerazioni sul rumore e sull'inquinamento atmosferico.

Lo studio trasportistico si è articolato a partire dal rilievo, effettuato tramite Floating Car Data (FCD), dei flussi di traffico transitanti nelle rete prossima all'area d'intervento, utili alla ricostruzione della matrice origine/destinazione (matrice O/D) attuale dell'area di studio, per poi, tramite opportuni tassi d'accrescimento, ricavare la matrice OD per gli scenari progettuali.

Nella seguente figura sono indicati in rosso gli archi stradali indagati e nel cerchio giallo l'intersezione oggetto di riqualifica.



Figura 1 - Inquadramento territoriale.

L'intervento in esame consiste nella trasformazione dell'attuale intersezione a raso tra la SS189 e la SP26 in un'intersezione a livelli sfalsati dove, come visibile nella successiva Figura 4, sull'asse principale della SS189 saranno possibili le sole svolte in destra, con apposite corsie specializzate di diversione e immissioni dirette con STOP.

## 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 attuale sia in grado di smaltire la domanda di traffico complessiva.

Per raggiungere tali obiettivi è stato sviluppato un modello di simulazione dei flussi di traffico, basato, per la domanda, su flussi di traffico da FCD riferiti all'anno 2019, in un periodo precedente alle variazioni della domanda di traffico date dall'attuale situazione sanitaria, per l'offerta, su un grafo ricostruito appositamente e rappresentante la configurazione viaria attuale e futura.

Sono stati quindi considerati i seguenti scenari, elaborati modellisticamente per sia per l'ora di punta (ODP) del giorno feriale medio sia per il traffico giornaliero medio (TGM):

- 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 all'atto dell'apertura** (*Stato di Progetto 1 o SDP1*): è determinato dalla domanda di traffico stimabile alla data di apertura della nuova intersezione, ricavata dall'attuale applicando opportuni tassi di crescita, a fronte della nuova configurazione dell'intersezione.
- Lo **scenario progettuale a medio – lungo termine** (*Stato di Progetto 2 o SDP2*): è determinato dalla domanda di traffico stimabile a circa 20 anni dalla data di apertura della nuova intersezione, ricavata dall'attuale applicando opportuni tassi di crescita, a fronte della nuova configurazione dell'intersezione.

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

- Fase 1 → Raccolta dei dati FCD per gli archi limitrofi all'intervento in progetto ed elaborazione dei dati raccolti al fine di determinare le matrici O/D di domanda per lo scenario di riferimento;
- Fase 2 → Determinazione della domanda di traffico futura;
- Fase 3 → Costruzione del modello di traffico in scala macroscopica ed esecuzione delle microsimulazioni degli scenari di riferimento e progettuati;
- Fase 4 → Verifica funzionale delle intersezioni a rotatoria presenti nell'area di studio, con gli opportuni strumenti di analisi per gli scenari progettuati.

In particolare, le macrosimulazioni eseguite sono state condotte a mezzo del software VISUM, per avere un quadro generale dell'andamento della circolazione nell'area di studio.

A completamento dell'analisi trasportistica, per le rotatorie esistenti viene verificata la capacità residua di ogni ramo attraverso un software specialistico, tali simulazioni sono condotte per l'ora di punta di entrambi gli scenari futuri considerati.



### 3 AREA DI STUDIO

Nella seguente figura sono indicati in rosso gli archi stradali oggetto dello studio e in giallo l'area dell'intersezione oggetto di riqualifica.



Figura 2 – rete considerata nelle simulazioni.

La scelta di includere nell'area di studio le intersezioni della SS189 (bolli blu nella figura sopra) immediatamente a monte a e valle di quella oggetto di riqualifica è data dalla volontà di indagare gli effetti dell'intervento sulla rete immediatamente circostante all'area del progetto valutando anche l'impatto sul traffico della apertura della bretella (tracciato in tratteggio nella figura), attualmente esistente ma chiusa al traffico, di collegamento tra l'intersezione in località Tumarrano e la SP16 tra Acquaviva Platani e Mussomeli.

## 4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in esame consiste nella riqualificazione dell'intersezione attualmente esistente tra la SS189 e la SP26 in contrada Tumarrano in comune di Cammarata (AG) e San Giovanni Gemini (AG).

Allo stato attuale l'intersezione si presenta come un incrocio a raso tra la SS189 e la SP26 dove tutte le manovre di svolta risultano permesse, a cui si aggiunge una rampa di svolta diretta in ingresso alla SS189 in direzione Agrigento per i veicoli provenienti dalla SP26 lato Cammarata; il layout attuale dell'intersezione è visibile nella figura seguente.

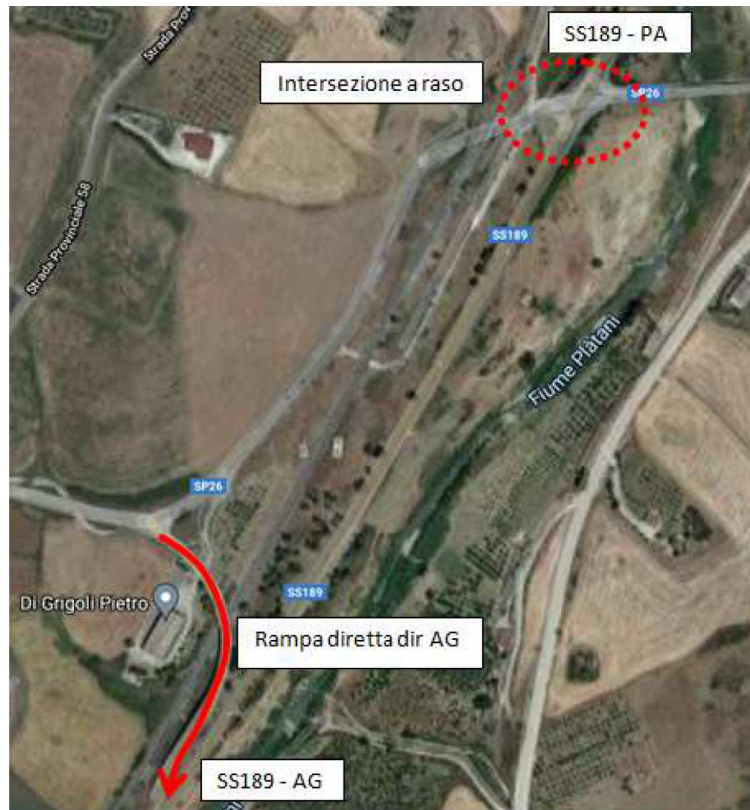


Figura 3 – intersezione layout SDF

L'intervento progettuale consiste nella realizzazione di un viadotto a scavalco della ferrovia, della SS189 e del fiume Platani che permetterà la continuità della SP26 tra i 2 lati della valle, le manovre di svolta tra la SS189 e la SP26 verranno effettuate attraverso l'attuale intersezione a raso che varrà riconfigurata per permettere le sole svolte in destra in ingresso e uscita dalla SS189, come visibile nella seguente figura.

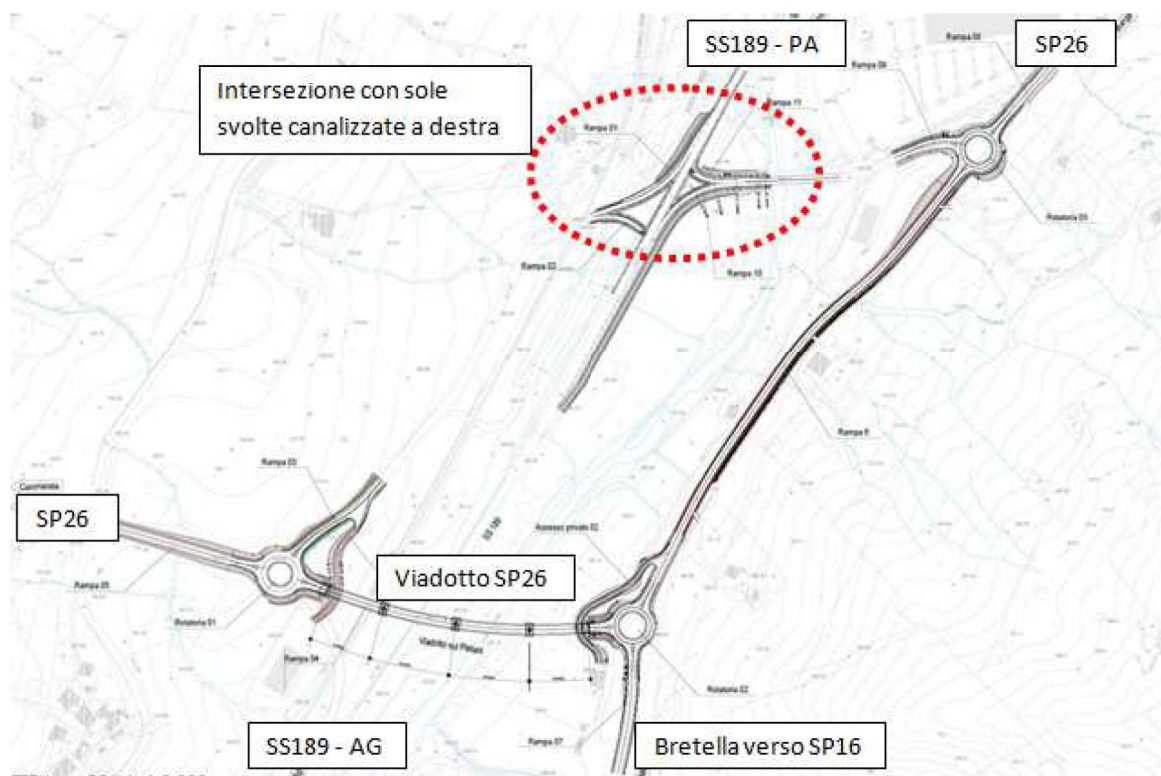


Figura 4 – intersezione layout SDP

## 5 RICOSTRUZIONE STATO DI FATTO

Nella presente sezione è riportata la fase di indagine svolta sulla viabilità circostante all'intersezione oggetto di riqualifica al fine di individuare i flussi e la tipologia di veicoli transitanti nell'area di studio.

L'indagine è stata eseguita raccogliendo i dati FCD (Floating Car Data), ovvero i dati GPS di una significativa flotta di veicoli (alcuni milioni) che in modo continuativo forniscono anonimamente le proprie coordinate spaziali nel tempo. I dispositivi a bordo veicolo sono presenti o per finalità assicurative o per gestione di flotte.

L'utilizzo di tale metodologia è motivato dalla volontà di avere una fotografia dello stato di fatto che tenesse in debito conto le seguenti problematiche:

- Ricostruzione dei flussi di traffico ordinari, non rilevabili sul campo nell'attuale situazione di emergenza sanitaria (da fine febbraio 2020 ad oggi),
- Possibilità di avere dati di traffico relativi ai diversi periodi dell'anno per avere una visione sia del periodo di massimo carico sia dell'andamento medio del traffico, utile per determinare il TGM.

I dati raccolti si riferiscono quindi alla totalità del 2019.

### Dati FCD

I dati FCD (Floating Car Data) forniscono la posizione del mezzo in movimento registrando l'istante di transito in determinati punti GPS inseriti nel grafo viario: implementando un algoritmo di route matching, è quindi possibile ricostruire il percorso del veicolo come sequenza di archi attraversati in ordine cronologico. Ciò permette sia di conteggiare quanti veicoli sono transitati su un determinato arco in una determinata direzione sia, associando alle varie zone un arco di partenza e di arrivo, di ricostruire la matrice OD di un'area più o meno ampia.



## ○ Validazione dati FCD

Come esposto nel paragrafo precedente, tramite i dati FCD (che si riferiscono ad un campione di veicoli, ancorché molto significativo, dell'intera flotta italiana) è possibile risalire al numero di veicoli transitati in un dato periodo su un determinato arco stradale orientato: confrontando tale numero con dati di transiti completi sullo stesso arco ottenuti da rilievi di traffico si ricava la consistenza numerica del campione ottenuto dai dati FCD e quindi si derivano gli opportuni coefficienti per l'espansione all'universo dei flussi misurati e della matrice OD ricavabili dai dati FCD stessi.

In questo particolare caso il confronto è avvenuto per le sezioni di rilievo censite da ANAS in Sicilia, mostrate nella figura sottostante:

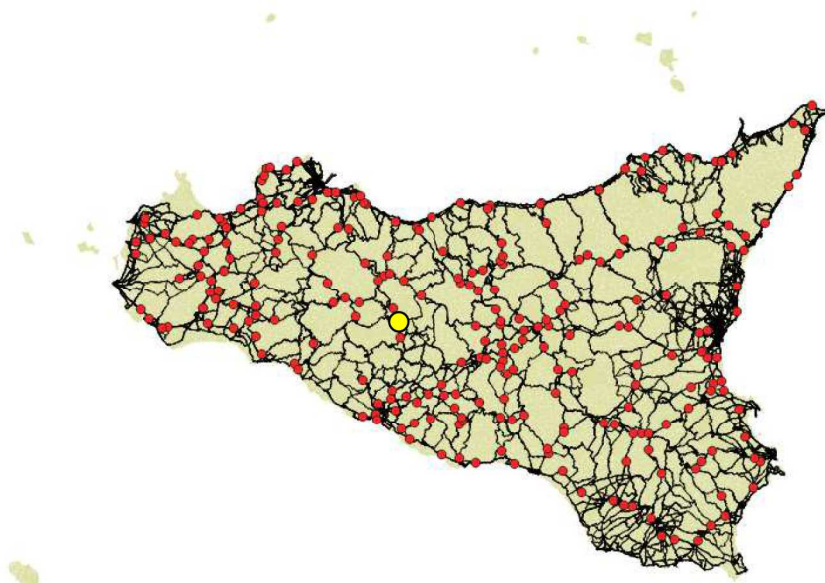


Figura 5 – sezioni di confronto

Nella figura è riportato il sito oggetto del presente progetto (cerchio giallo) e le sezioni di rilievo ANAS utilizzate per la validazione dei dati. Complessivamente si tratta di 438 sezioni di controllo.

Sulla base di tali confronti si è proceduto all'espansione all'universo dei flussi ricavati a partire dagli FCD.

Si può notare come esista una buona correlazione tra i valori rilevati nelle sezioni ANAS e i corrispondenti dati FCD:

- RQ su veicoli leggeri: 0,88.
- RQ su veicoli pesanti: 0,84.
- RQ sulla totalità dei veicoli: 0,89.

## Flussi scenario stato di fatto

Una volta definiti i coefficienti di espansione sono state ricavate le matrici OD dell'area di studio applicando a ogni arco il coefficiente di espansione corretto in base alla categoria veicolare.

Considerando la totalità dei dati FCD raccolti è stato possibile quindi definire i flussi circolanti sugli archi in esame a livello di TGM e quindi ricavare le matrici OD dell'area di studio relative al giorno medio.



Dall'analisi dei dati FCD è stato quindi possibile suddividere i flussi di traffico tra periodo diurno (dalle 6 alle 22) e periodo notturno (dalle 22 alle 6) come di seguito riportato:

Periodo	Leggeri	Pesanti
Diurno	90.96%	90.94%
Notturno	9.04%	9.06%

Tabella 1 – percentuali traffico diurno e notturno sul TGM

Riguardo allo scenario di massimo carico, dall'analisi dei dati FCD emerge che, a totale giorno e considerando le 4 stagioni, i flussi del giorno feriale risultano più elevati rispetto ai festivi e i prefestivi.

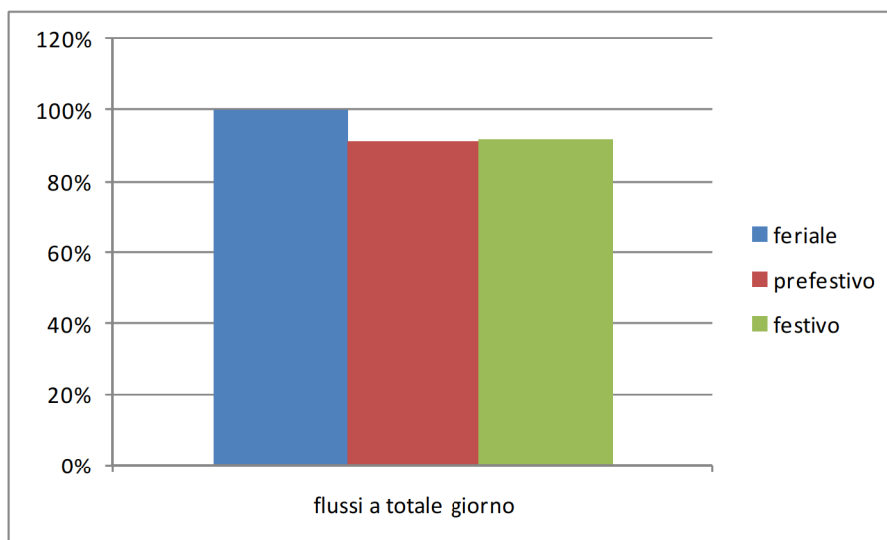


Figura 6 – flussi a totale giorno

Passando all'andamento orario distinto per stagione, emerge che l'ora di picco è quella dalle 8:00 alle 9:00 di un giorno feriale primaverile:

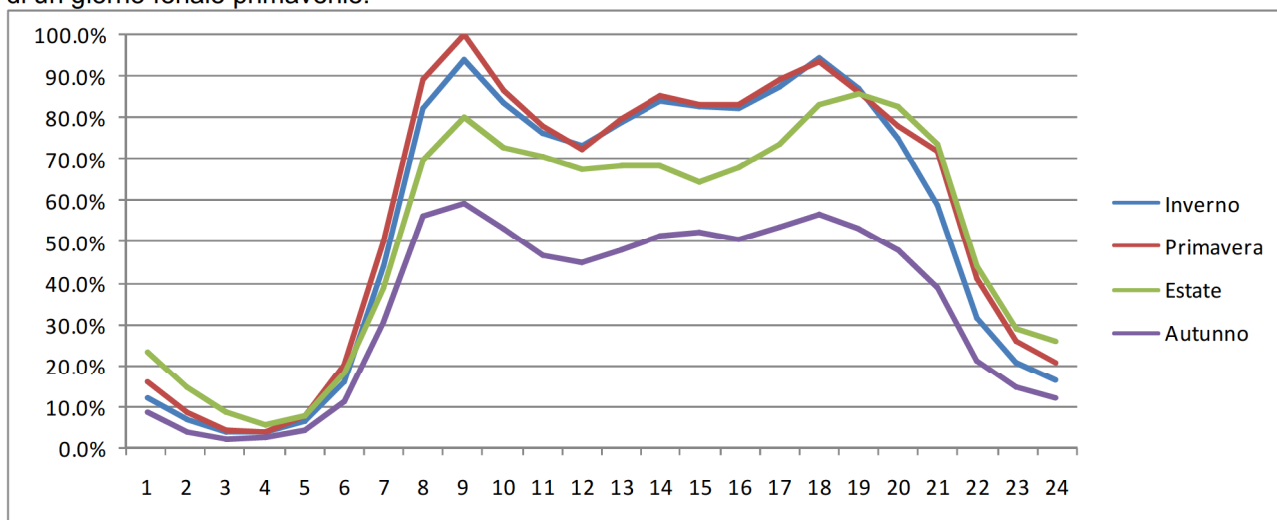


Figura 7 – andamento giornaliero dei flussi

Tutto ciò considerato le simulazioni riferite allo scenario di massimo carico vengono effettuate per l'ora dalle  
Relazione Studio del Traffico

08:00 alle 09:00 di un giorno feriale primaverile.

Di seguito sono riportati sia per l'ora di punta che per il giorno medio i flusso grammi in veicoli equivalenti per l'area di studio:

Per la stima dei veicoli equivalenti per l'ora di massimo carico (ODP) sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di equivalenza:

- Auto 1
- Veicoli commerciali leggeri 1.5
- Veicoli pesanti 2.5

Per il TGM invece viene riportato il valore in veicoli totali: leggeri + pesanti, entrambi con coefficiente 1.

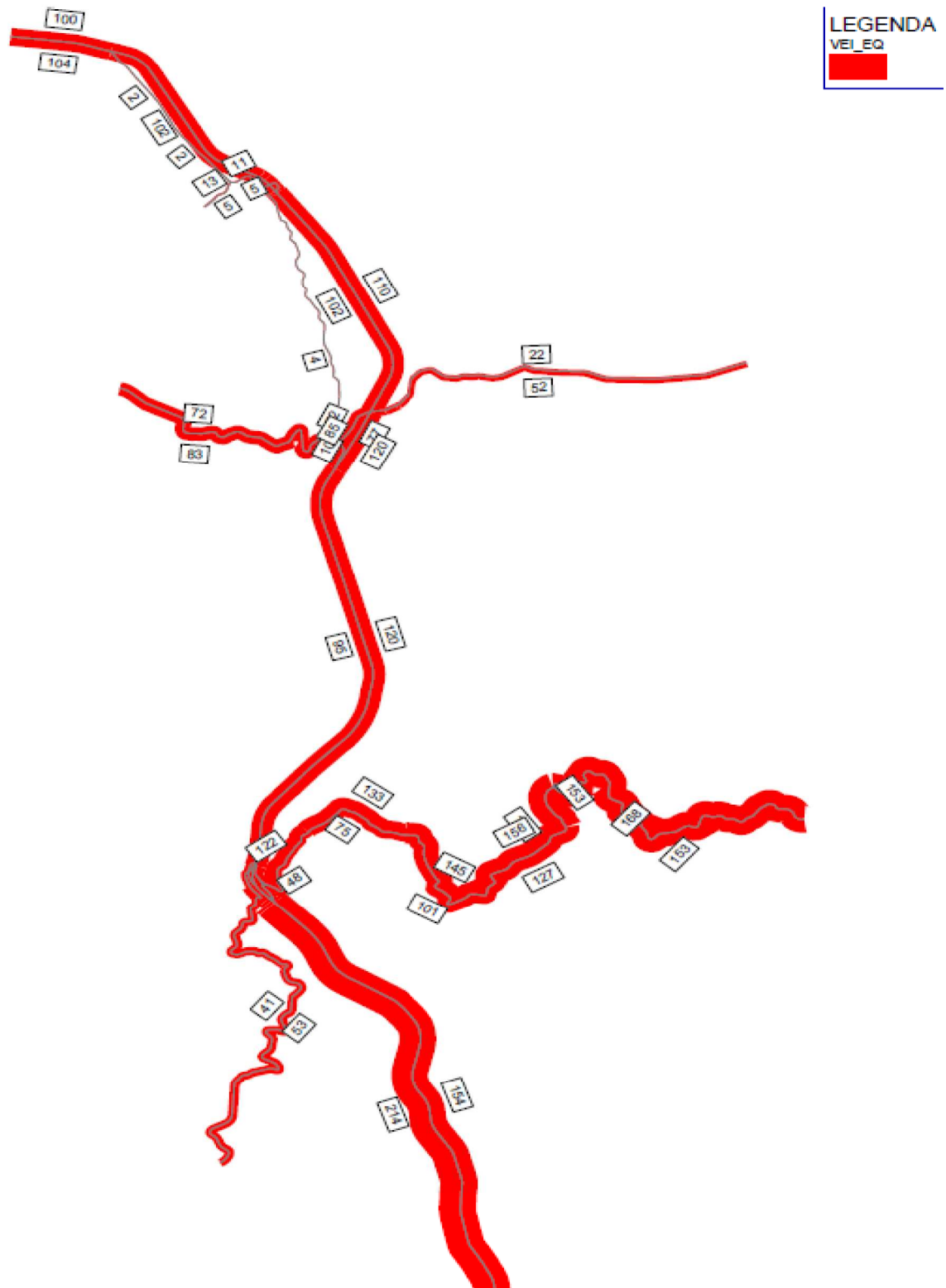


Figura 8 – SDF: flussogramma ODP mattina [veicoli equivalenti].

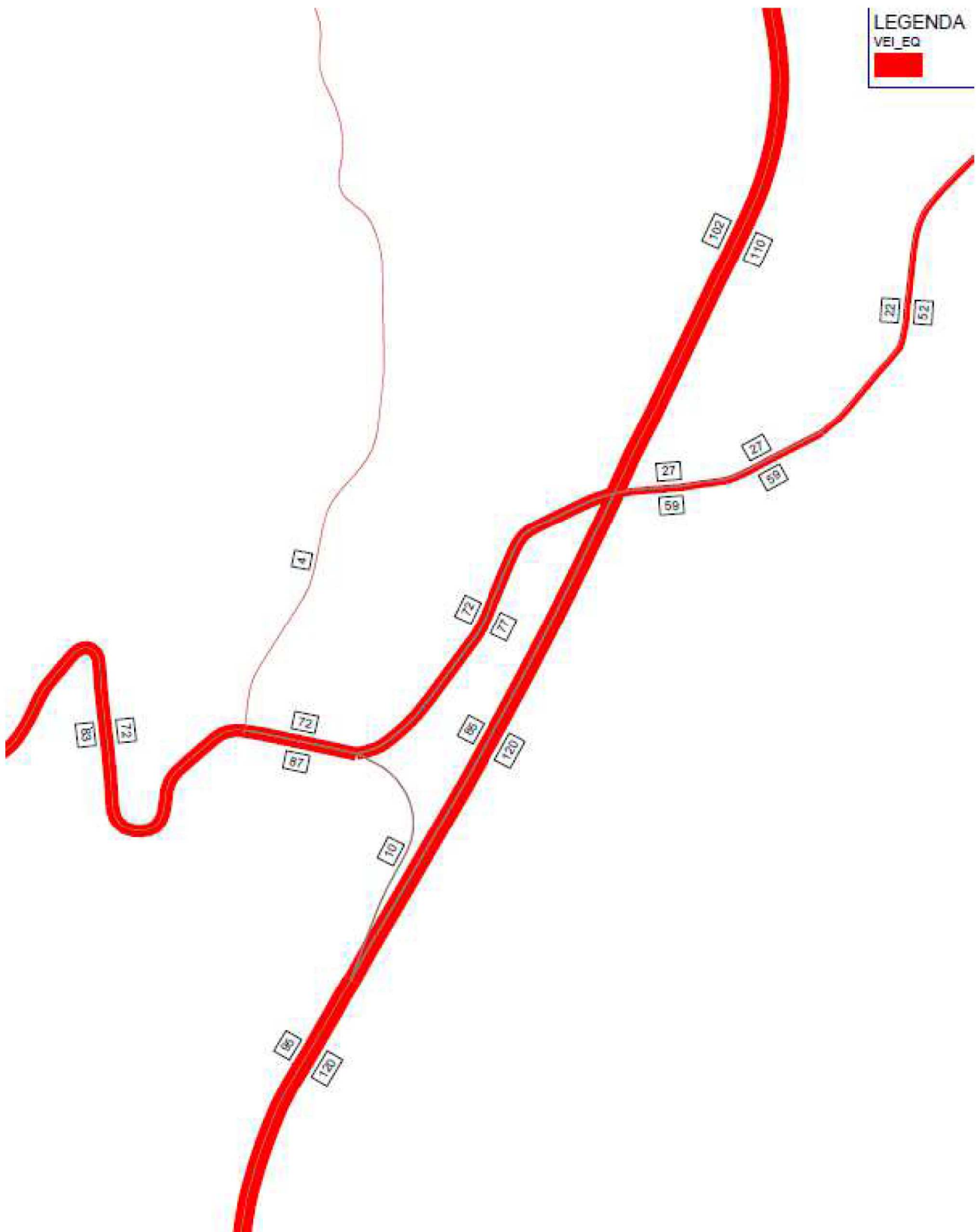


Figura 9 – SDF: flussogramma ODP mattina – dettaglio sull'intersezione [veicoli equivalenti].



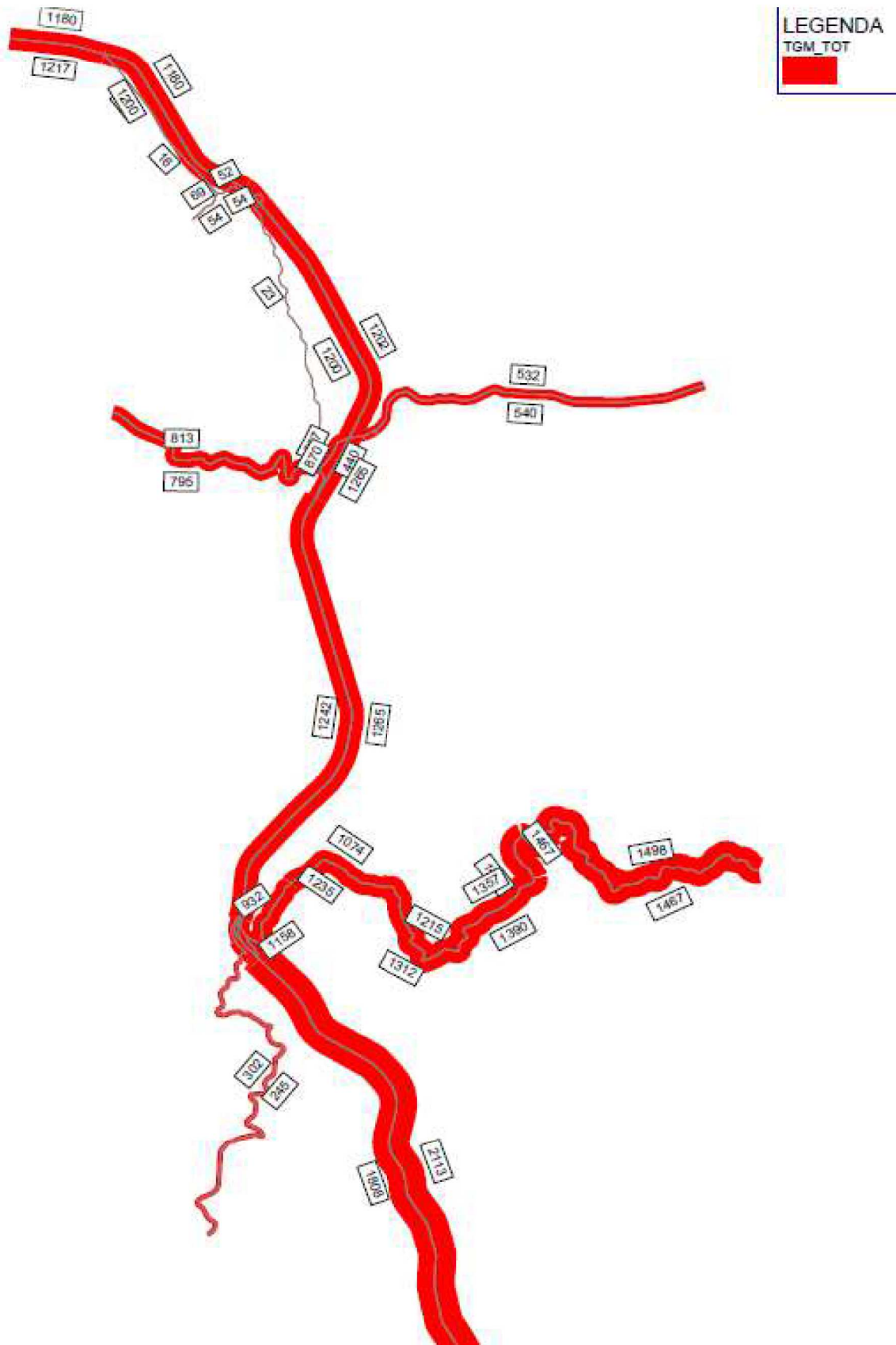


Figura 10 – SDF: flussogramma TGM [veicoli totali].

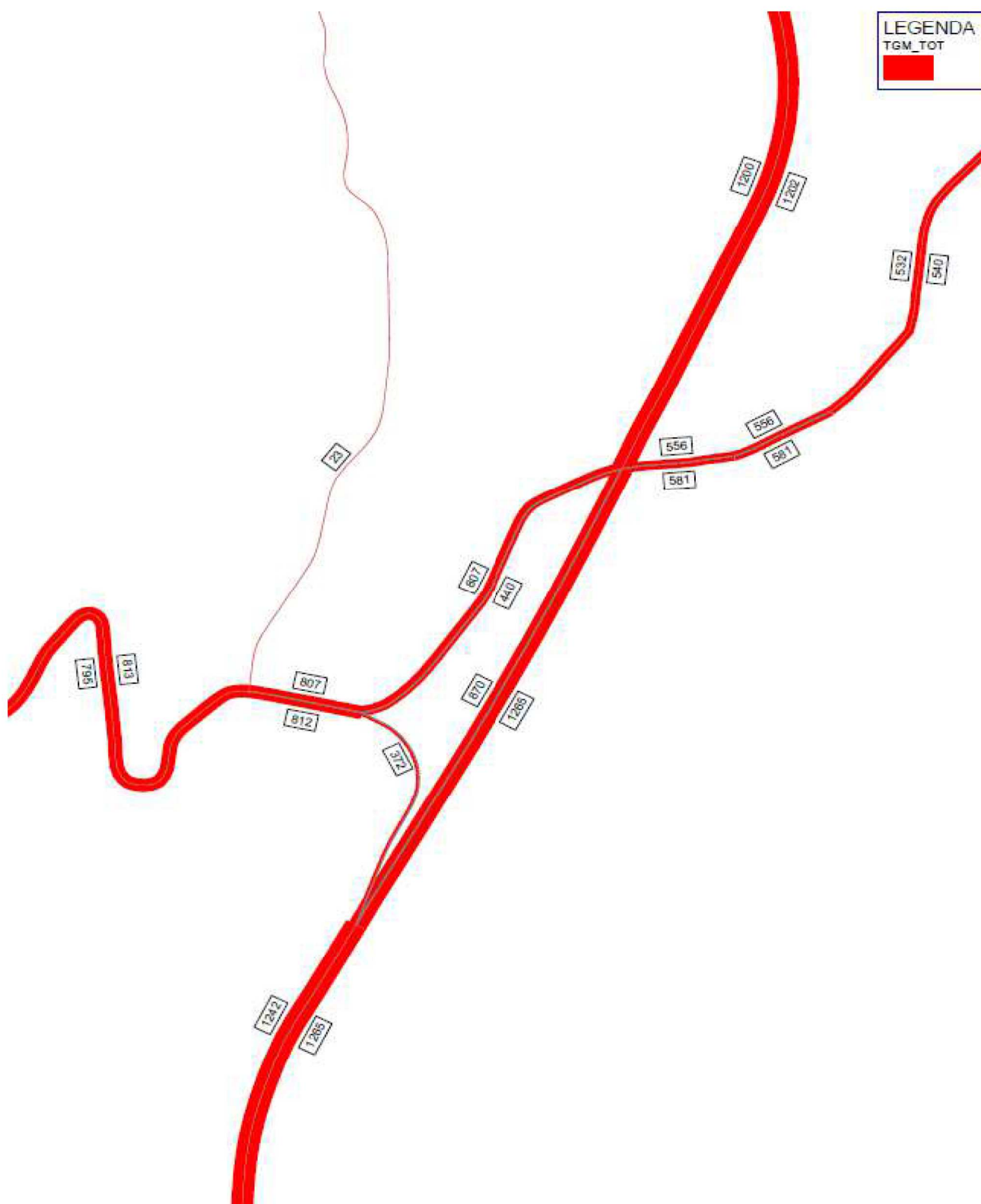


Figura 11 – SDF: flussogramma TGM – dettaglio sull'intersezione [veicoli totali].

Di seguito vengono mostrati i flussogrammi di dettaglio sull'intersezione con i flussi diurni e notturni distinti per veicoli leggeri e pesanti.

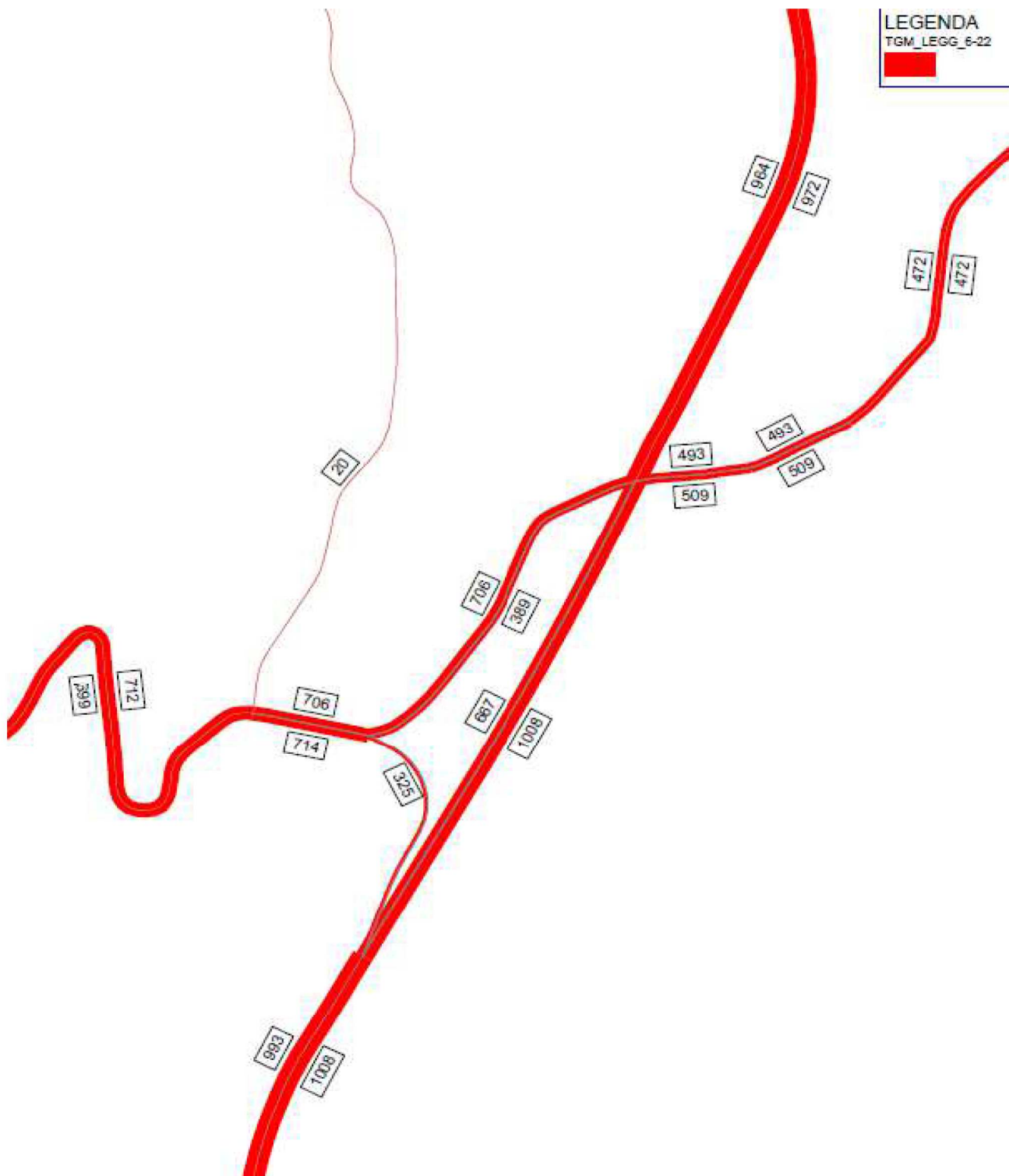


Figura 12 – SDF: flussogramma TGM leggeri diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]

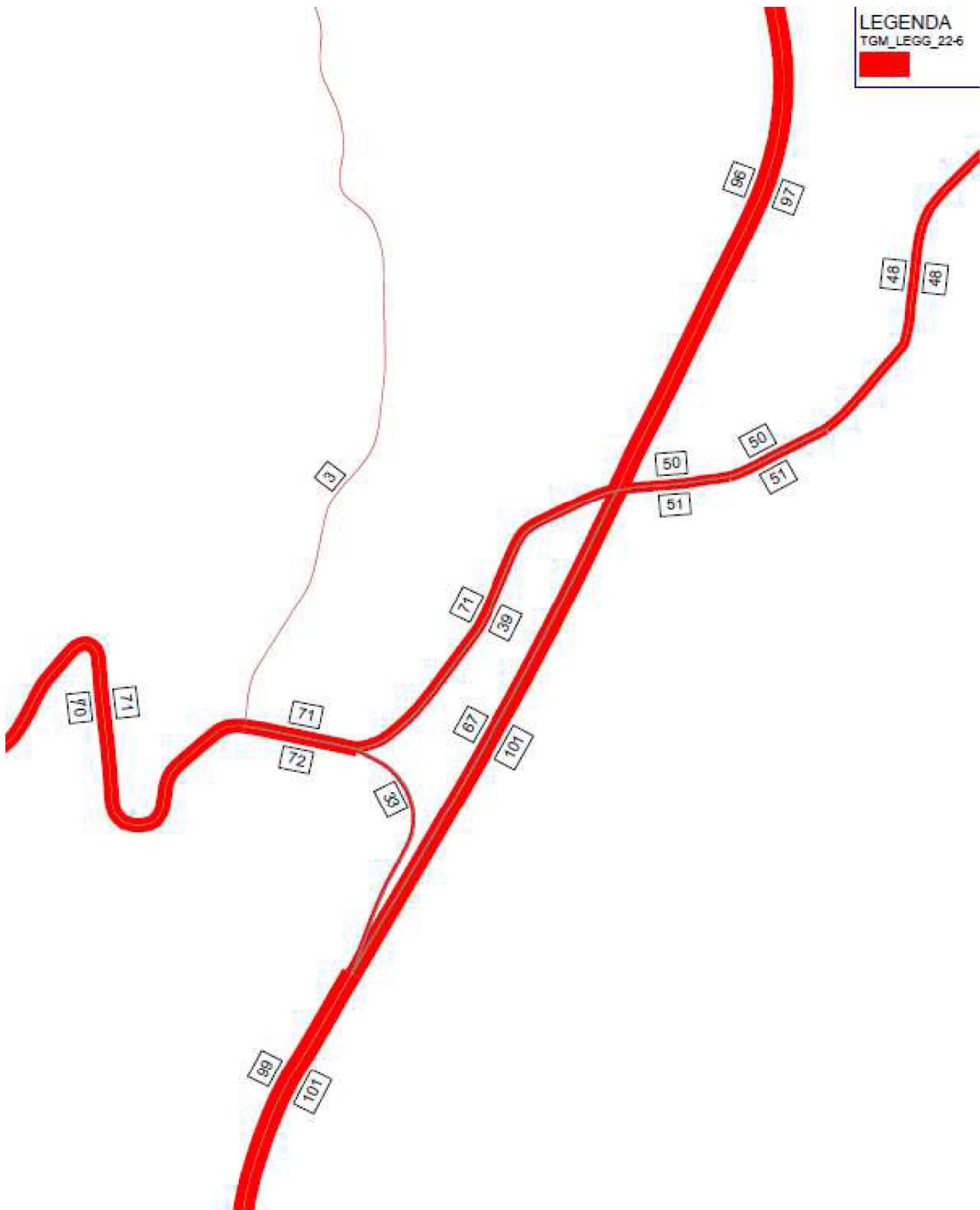


Figura 13 – SDF: flussogramma TGM leggeri notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]



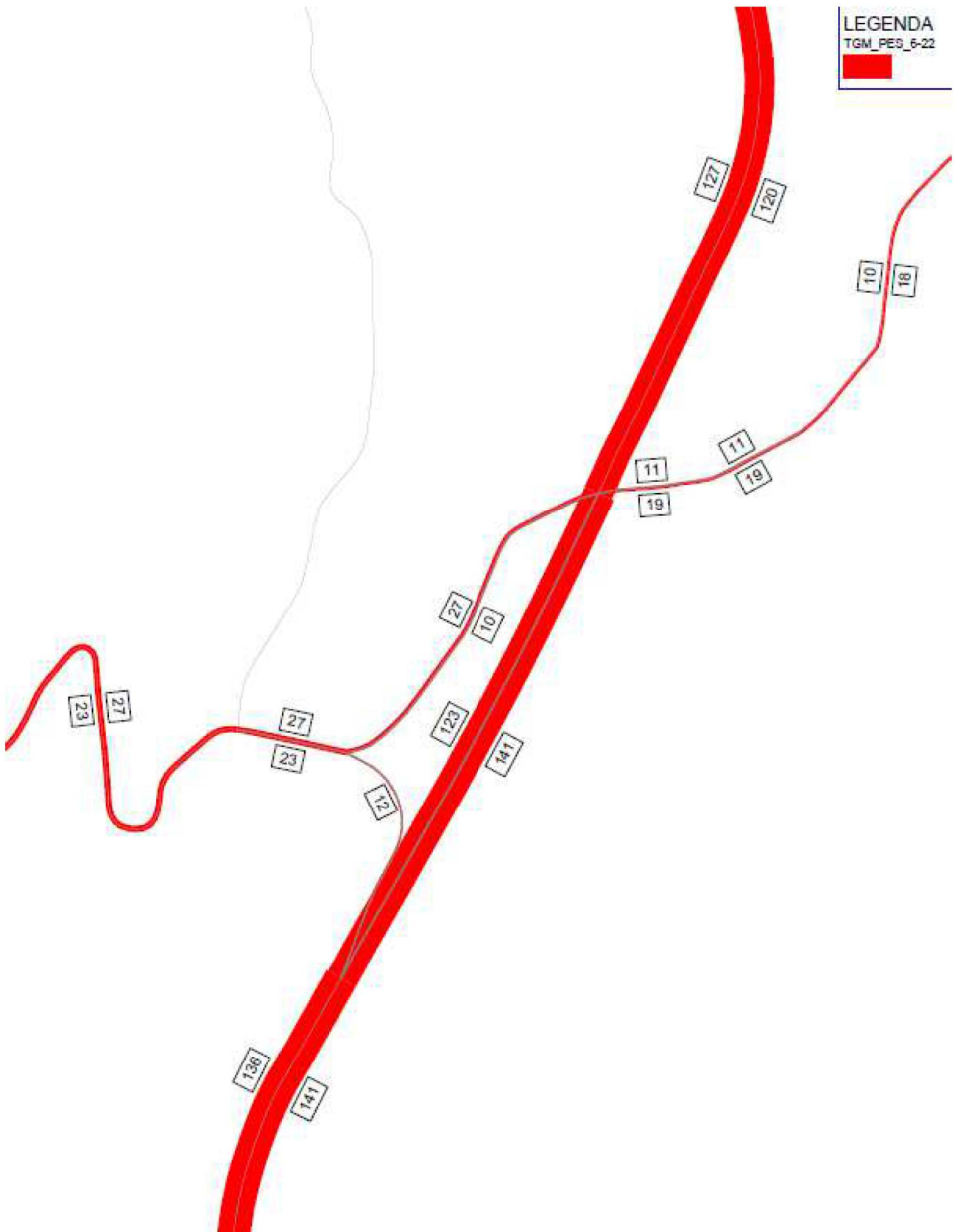


Figura 14 – SDF: flussogramma TGM pesanti diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

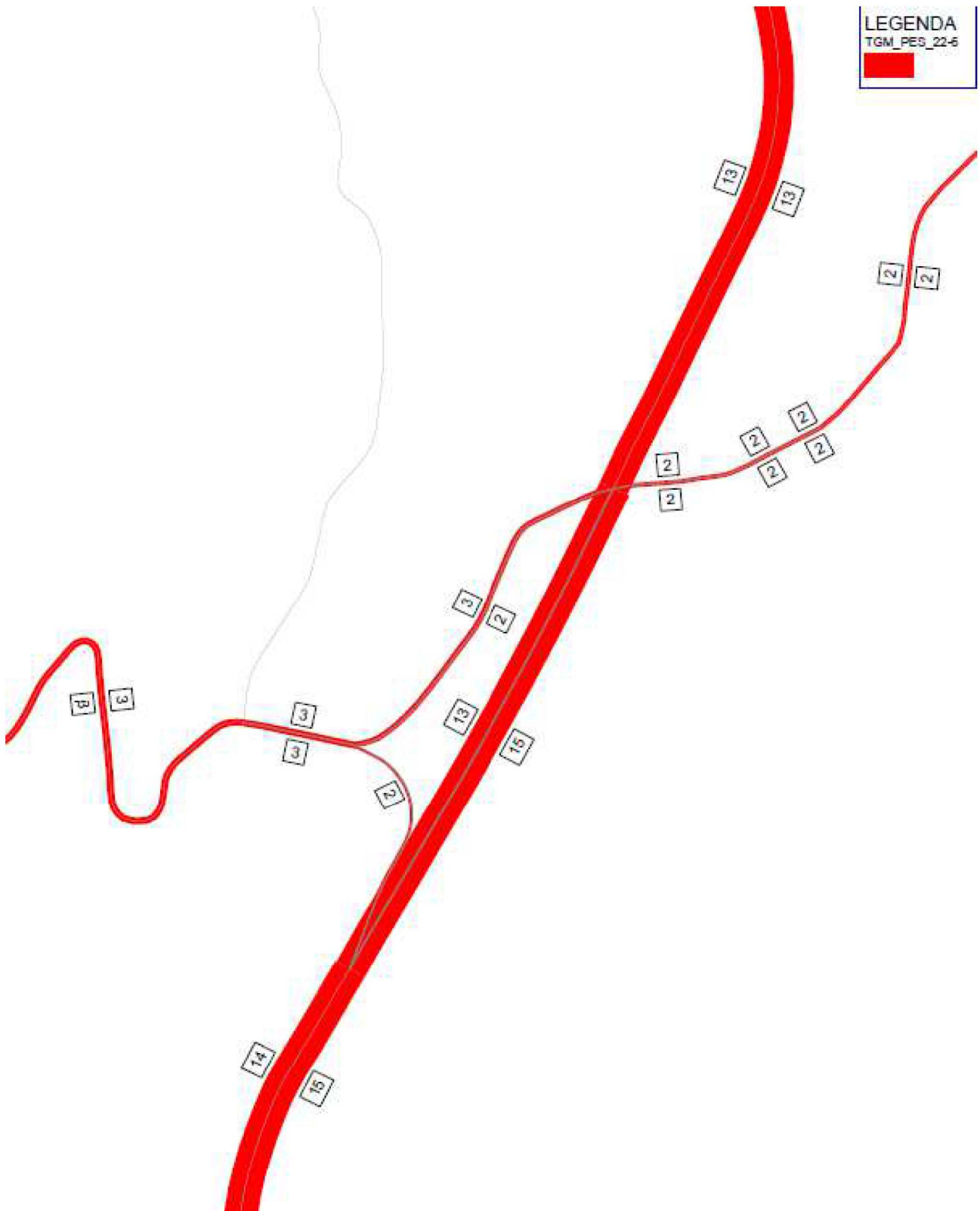


Figura 15 – SDF: flussogramma TGM pesanti notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

## 6 RICOSTRUZIONE SCENARIO DI PROGETTO

### 6.1 Tasso d'accrescimento

Di seguito si riporta il processo di stima dei tassi di accrescimento del traffico leggero e del traffico pesante nell'area di studio.

Tale processo si basa su quanto stimato nei modelli trasportistici di ANAS, adattati in particolare alla realtà siciliana nel corso dello sviluppo del modello di traffico a scala regionale a cura della scrivente società.

Di seguito è presentato l'andamento stimato dei flussi di traffico a partire dal 2019 per l'area della regione Sicilia.

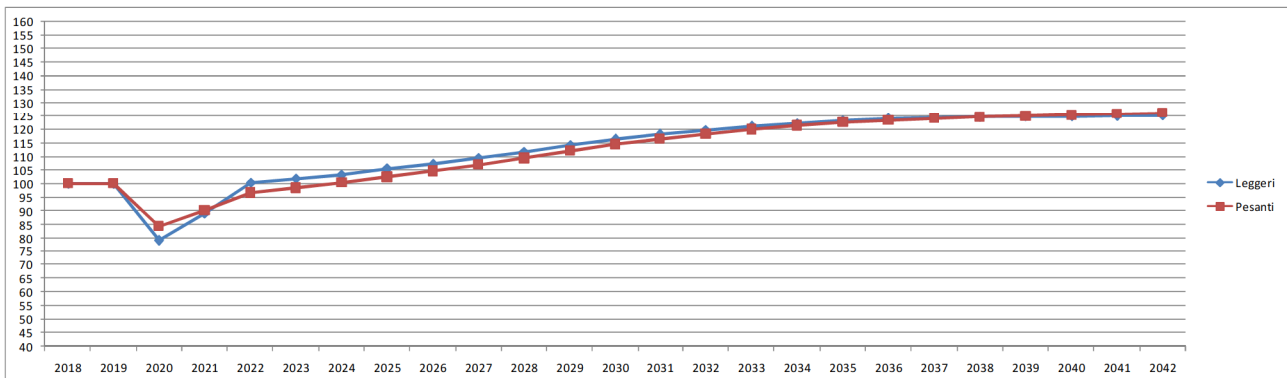


Figura 16 – andamento futuro dei flussi di traffico

Come è possibile notare dal grafico il processo di stima dei flussi futuri tiene conto della decrescita dei flussi di traffico fatta registrare nel 2020 a conseguenza della situazione emergenziale (fonte dei dati ANAS).

In particolare a partire dagli andamenti sopra riportati è stato possibile stimare la variazione del traffico prevista, sia a livello di veicoli leggeri sia a livello di veicoli pesanti, per lo scenario post apertura dell'opera, corrispondente all'anno 2023, sia per lo scenario a medio lungo termine, ossia a circa 20 anni dall'apertura (corrispondente circa all'anno 2040, 2042).

Per lo scenario post apertura si considera quindi che il flusso dei veicoli leggeri sarà il 101,95% dell'attuale (ossia, come già esposto, il flusso registrato nel 2019) mentre quello dei veicoli pesanti sarà il 98,45% dell'attuale.

Per lo scenario a medio – lungo termine invece si considera che i flussi di veicoli leggeri saranno il 124,69% dell'attuale mentre quelli di veicoli pesanti saranno il 125% degli attuali.

## 6.2 Flussi scenario progettuale SDP1 – post apertura

La rete simulata nello scenario SDP1 considera i flussi di traffico prevedibili per il periodo di apertura della nuova opera e il nuovo assetto dell'intersezione e la riapertura della bretella tra Tumarrano e la SP16 tra Acquaviva Platani e Mussomeli.

Di seguito sono riportati sia per l'ora di punta che per il giorno medio i flussi grammi in veicoli equivalenti per l'area di studio:

Per la stima dei veicoli equivalenti per l'ora di massimo carico (ODP) sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di equivalenza:

- |                               |     |
|-------------------------------|-----|
| • Auto                        | 1   |
| • Veicoli commerciali leggeri | 1.5 |
| • Veicoli pesanti             | 2.5 |

Per il TGM invece viene riportato il valore in veicoli totali: leggeri + pesanti, entrambi con coefficiente 1.





Figura 17 – SDP 1: flussogramma ODP [veicoli equivalenti].

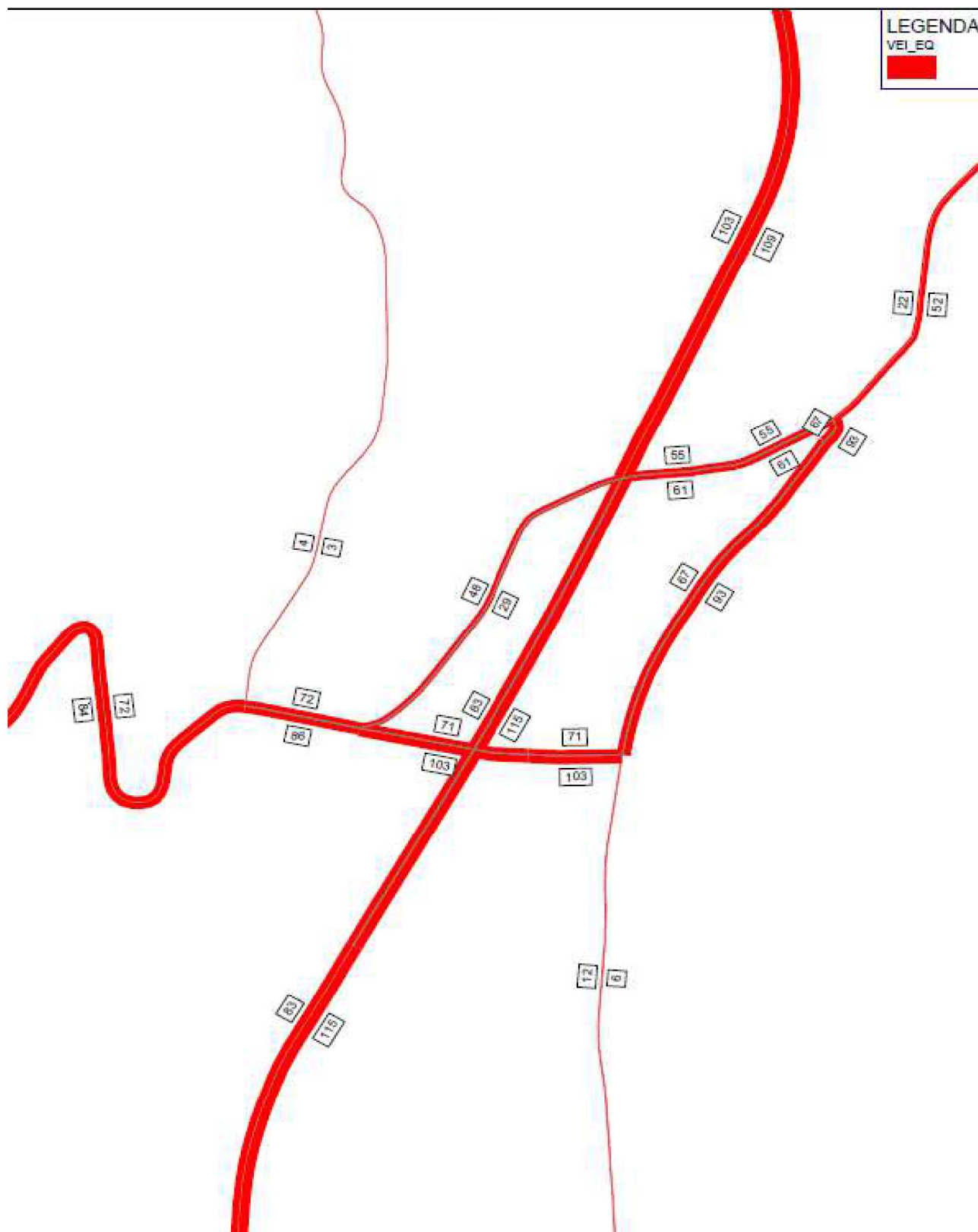


Figura 18 – SDP 1: flussogramma ODP – dettaglio intersezione [veicoli equivalenti].

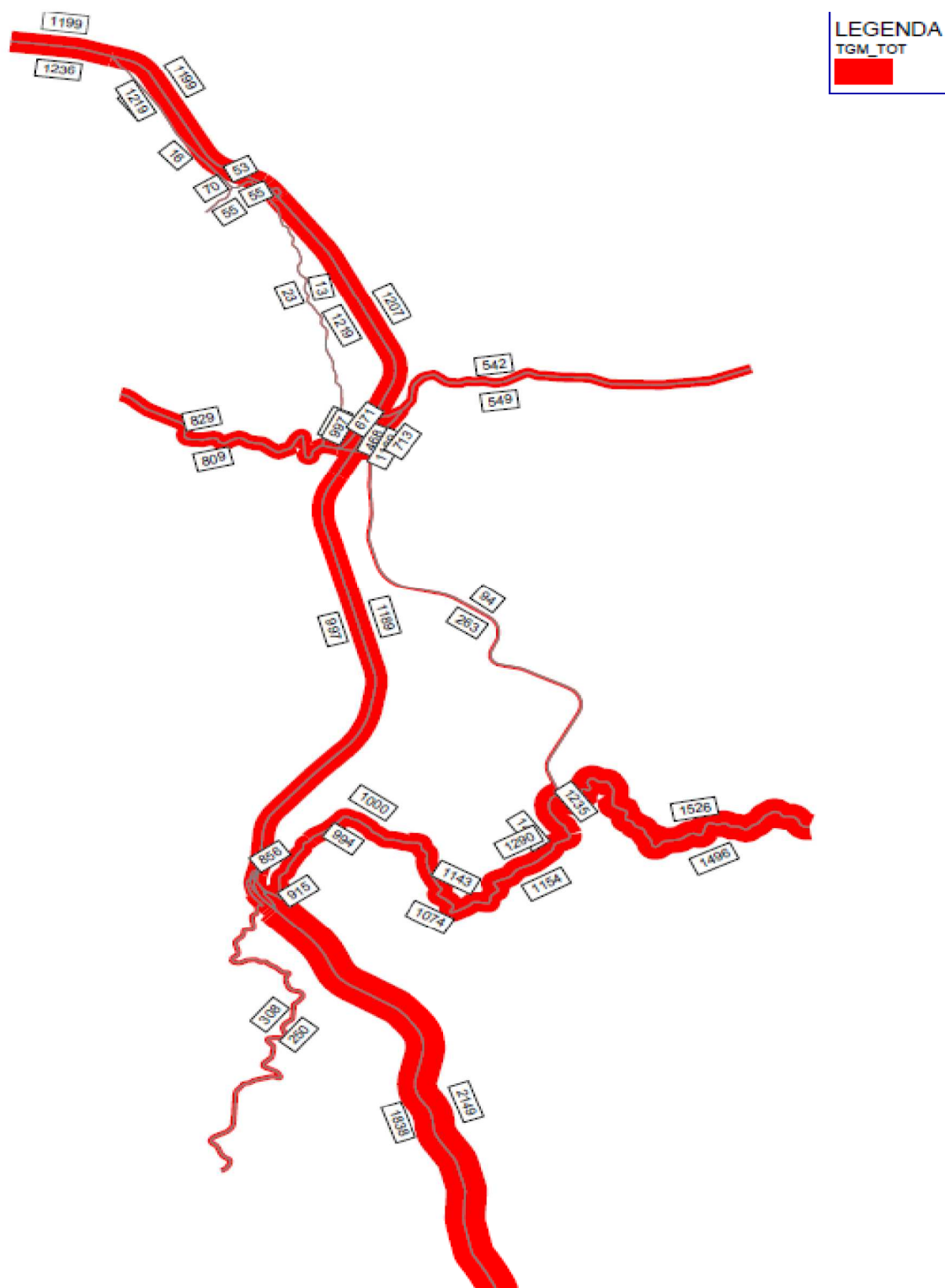


Figura 19 – SDP 1: flussogramma TGM [veicoli totali].

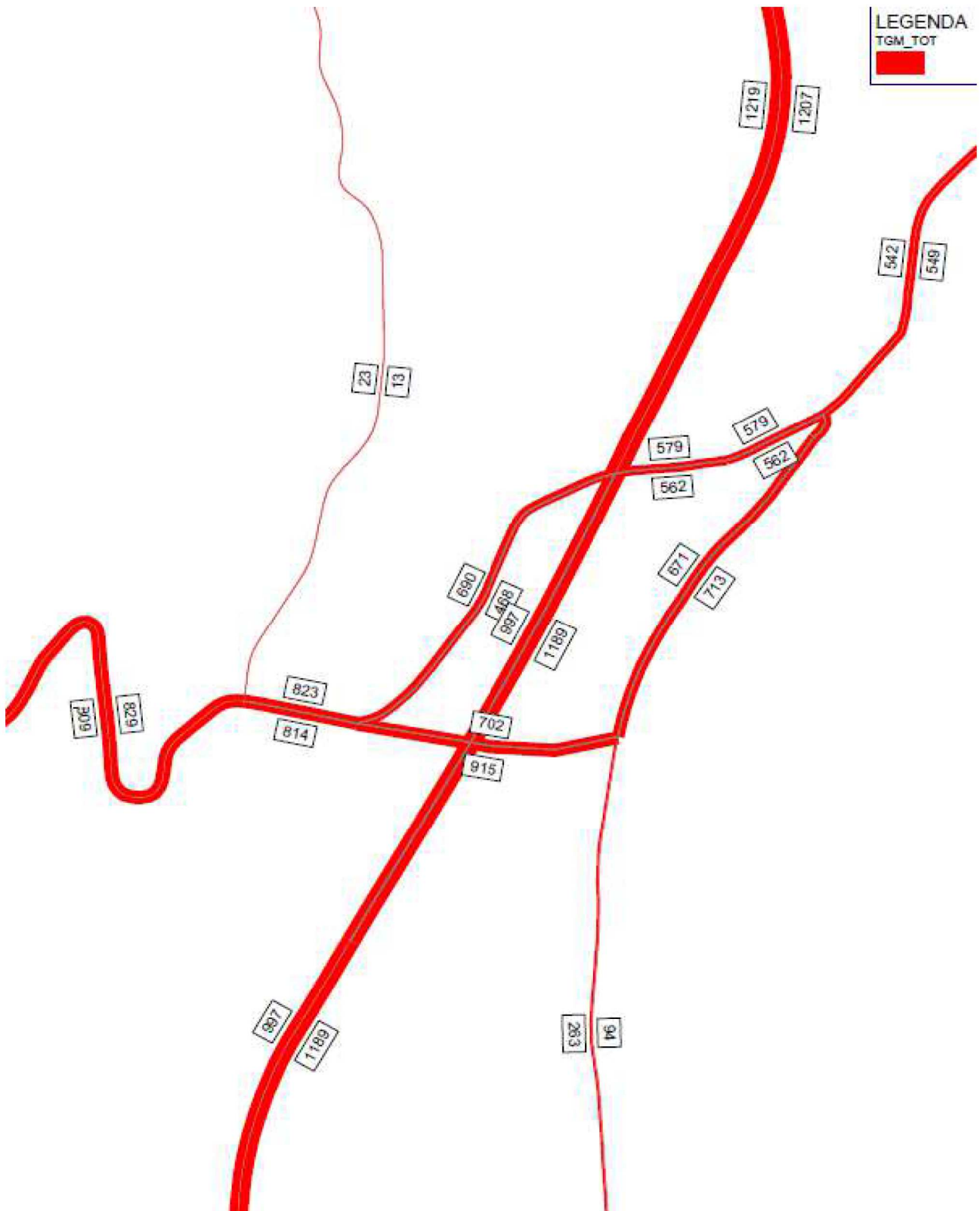


Figura 20 – SDP 1: flussogramma TGM – dettaglio sull'intersezione [veicoli totali].

Di seguito vengono mostrati i flussogrammi di dettaglio sull'intersezione con i flussi diurni e notturni distinti per veicoli leggeri e pesanti.

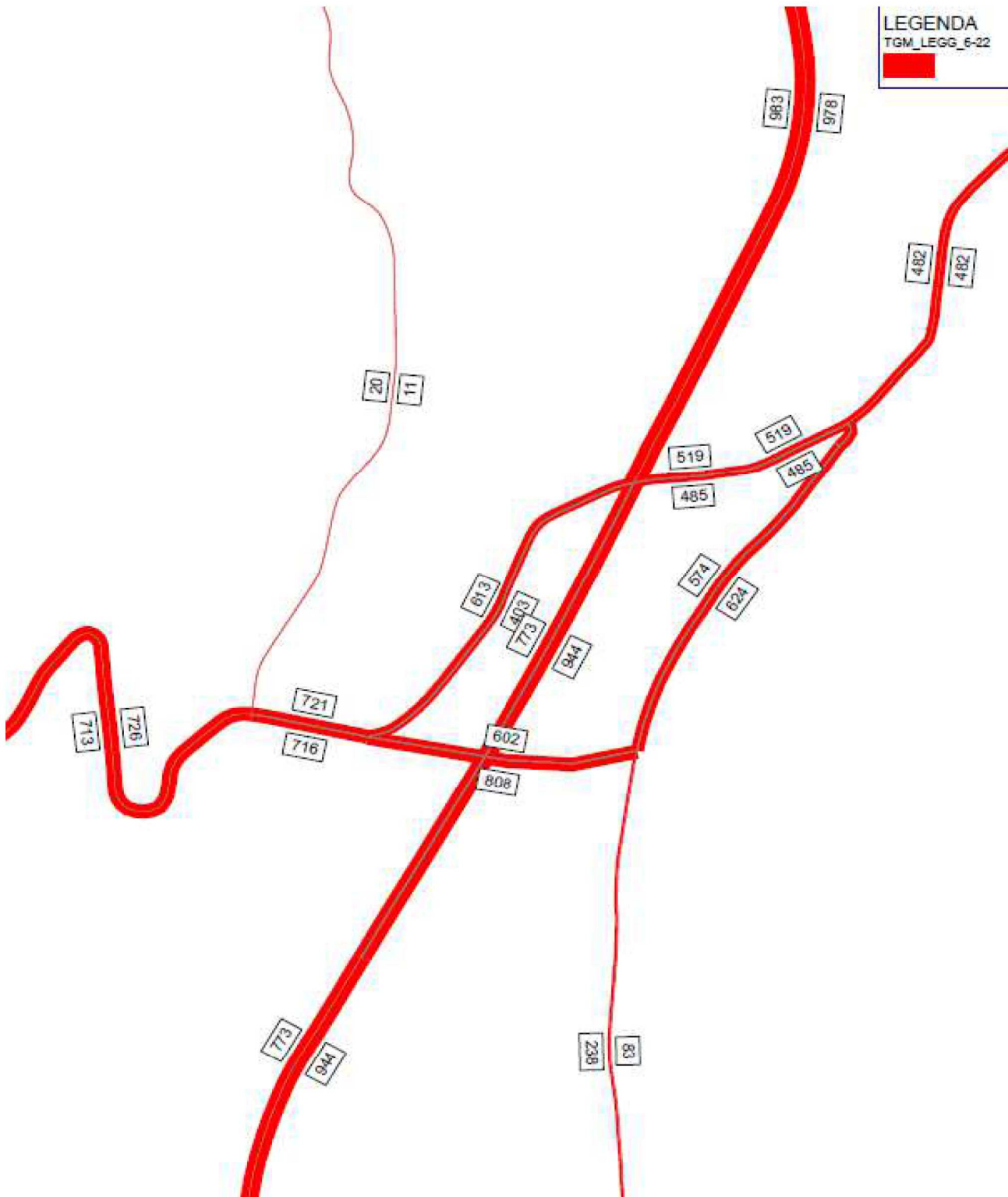


Figura 21 – SDP1: flussogramma TGM leggeri diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]



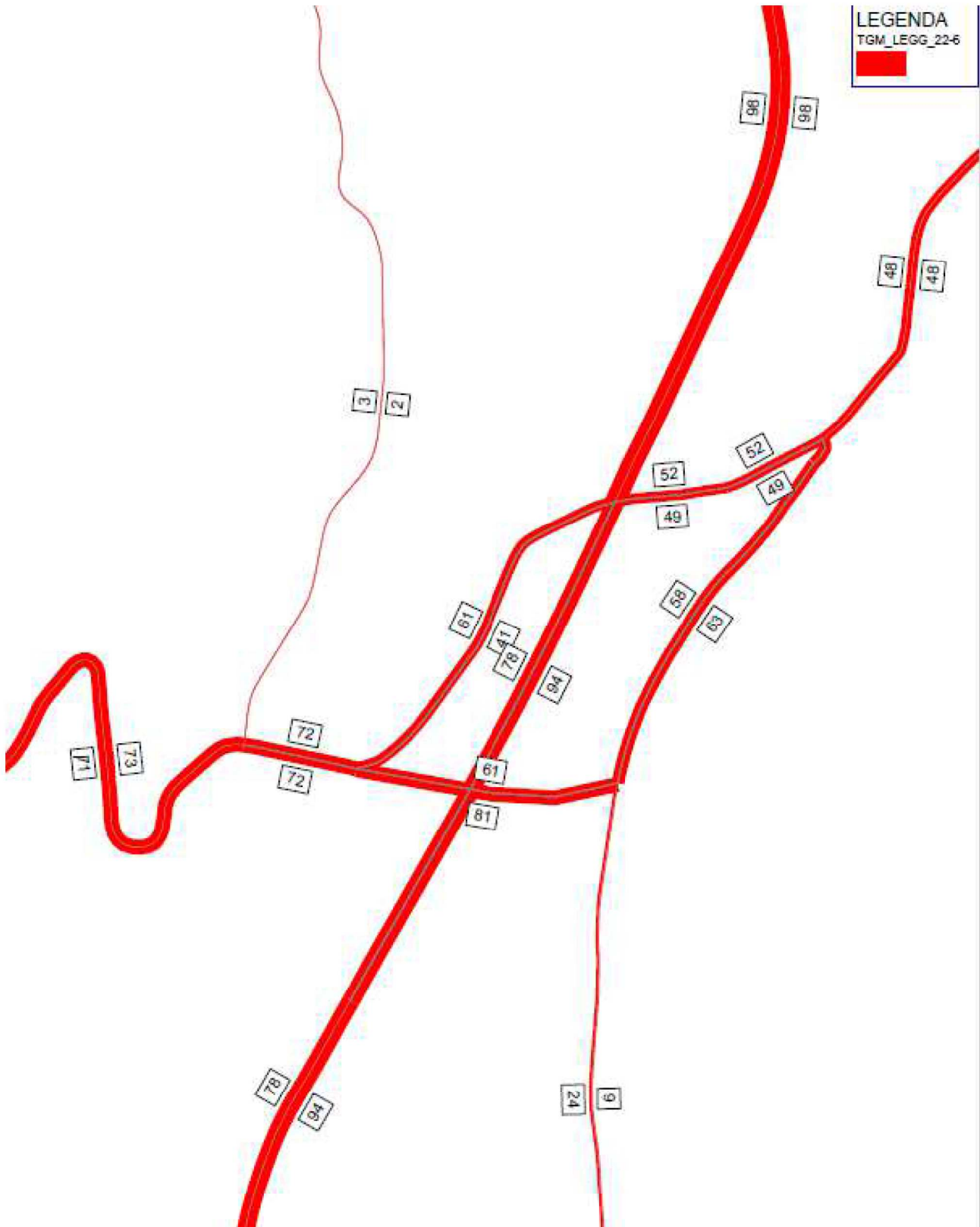


Figura 22 – SDP1: flussogramma TGM leggeri notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]

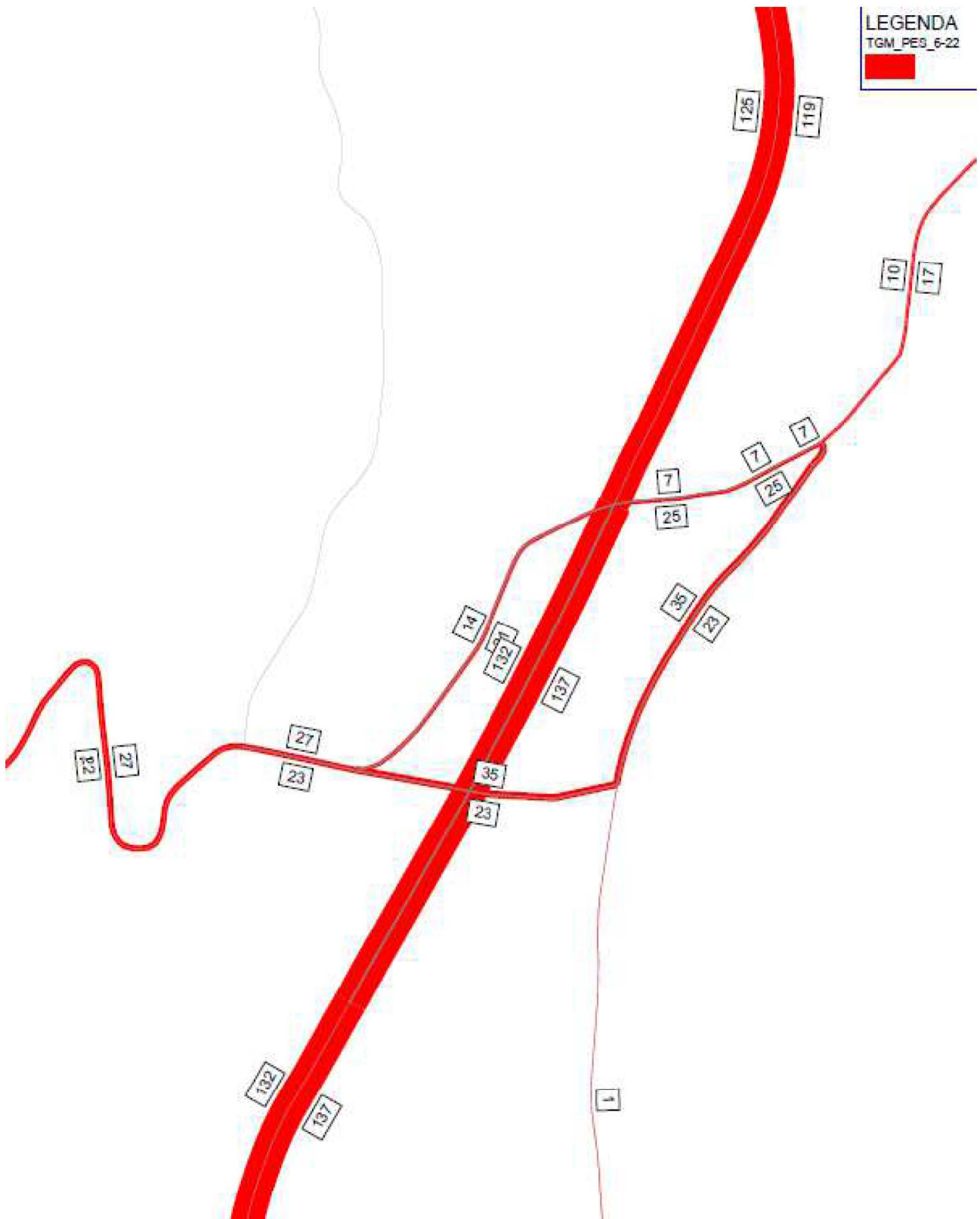


Figura 23 – SDP1: flussogramma TGM pesanti diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

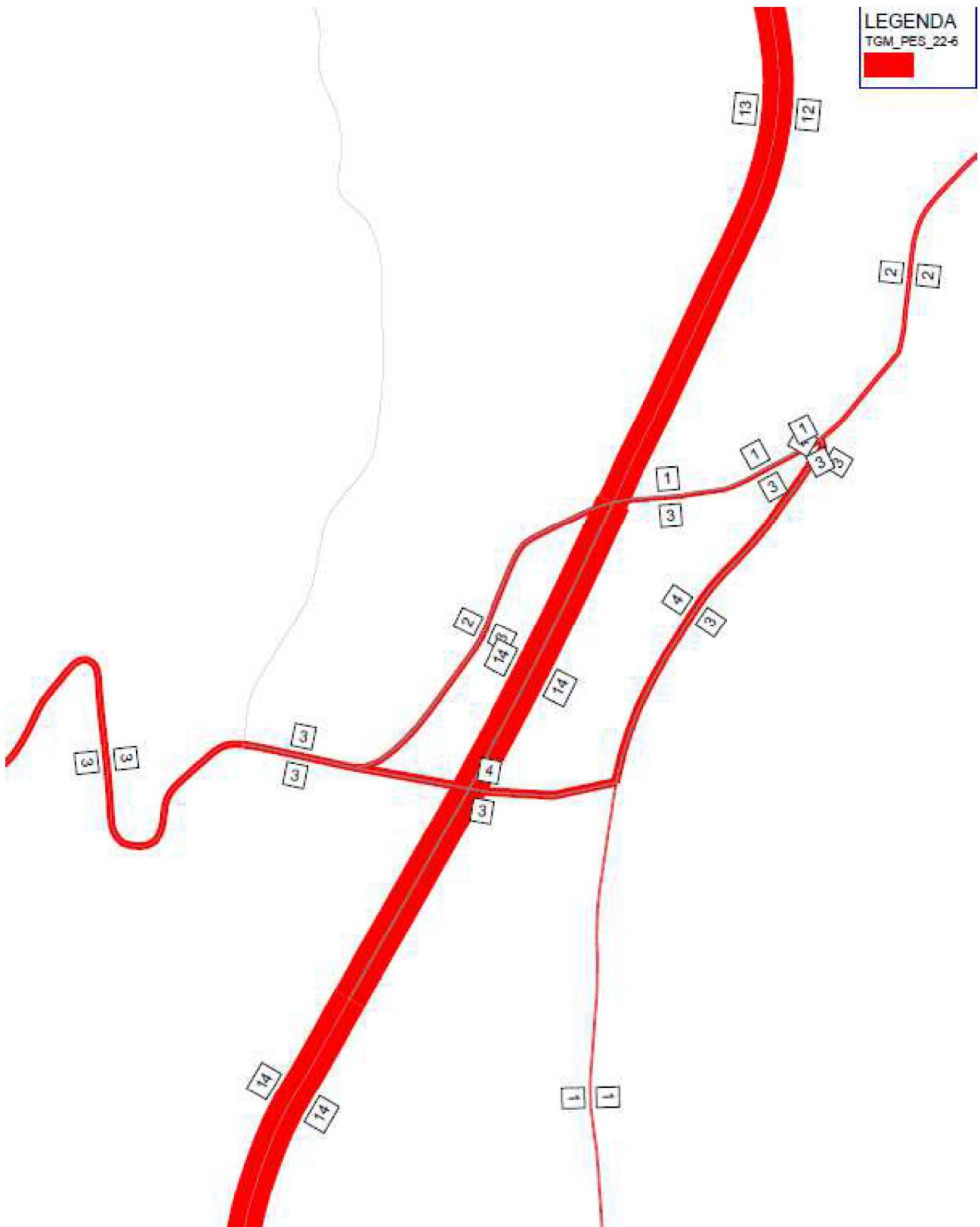


Figura 24 – SDP1: flussogramma TGM pesanti notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

### 6.3 Flussi scenario progettuale SDP2 – medio – lungo termine

La rete simulata nello scenario SDP2 considera i flussi di traffico prevedibili per il periodo a circa vent'anni dall'apertura della nuova opera e il nuovo assetto dell'intersezione e la riapertura della bretella tra Tumarrano e la SP16 tra Acquaviva Platani e Mussomeli.

Di seguito sono riportati sia per l'ora di punta che per il giorno medio i flussi grammi in veicoli equivalenti per l'area di studio:

Per la stima dei veicoli equivalenti per l'ora di massimo carico (ODP) sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di equivalenza:

- |                               |     |
|-------------------------------|-----|
| • Auto                        | 1   |
| • Veicoli commerciali leggeri | 1.5 |
| • Veicoli pesanti             | 2.5 |

Per il TGM invece viene riportato il valore in veicoli totali: leggeri + pesanti, entrambi con coefficiente 1.

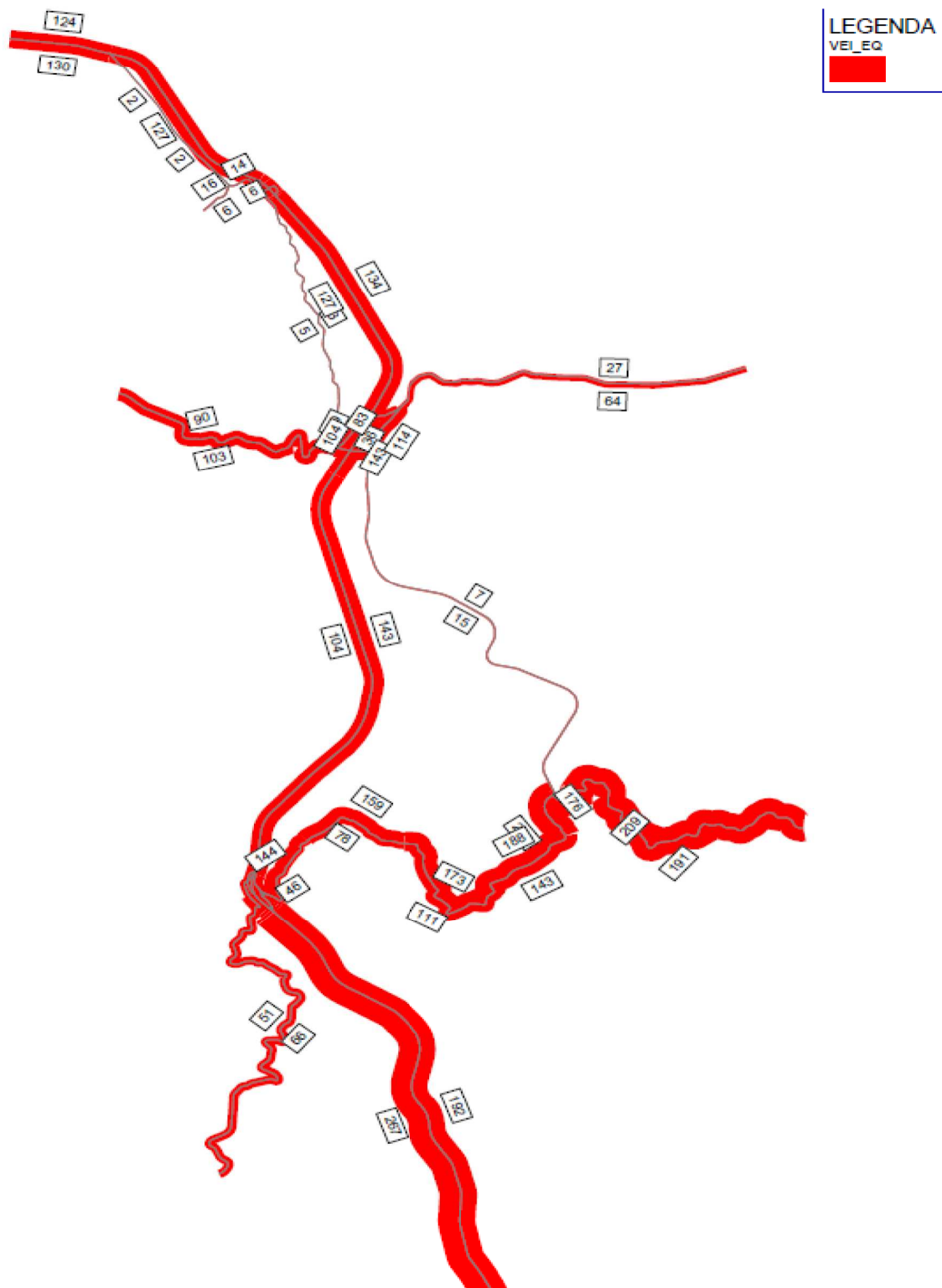


Figura 25 – SDP 2: flussogramma ODP [veicoli equivalenti].



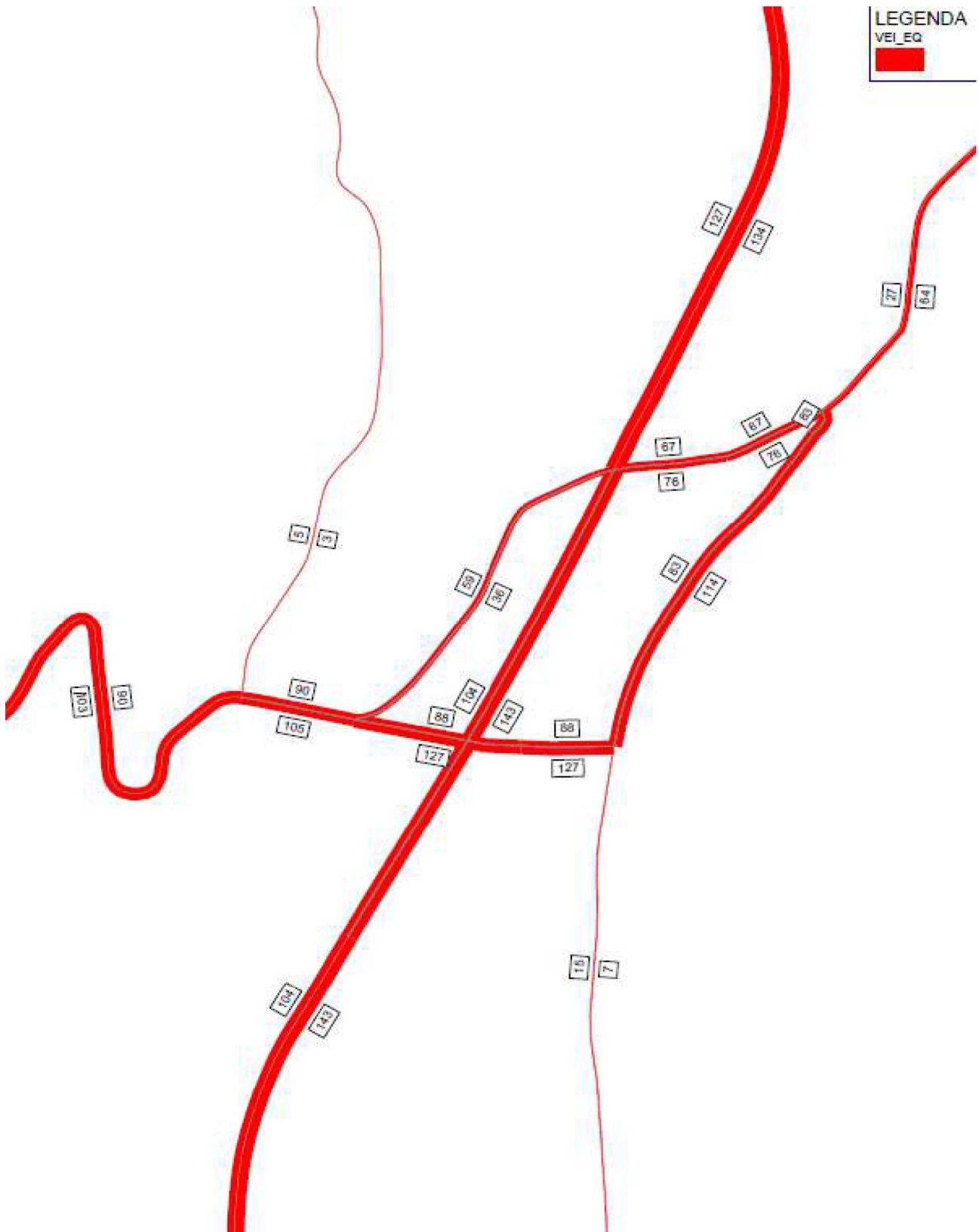


Figura 26 – SDP 2: flussogramma ODP – dettaglio intersezione [veicoli equivalenti].

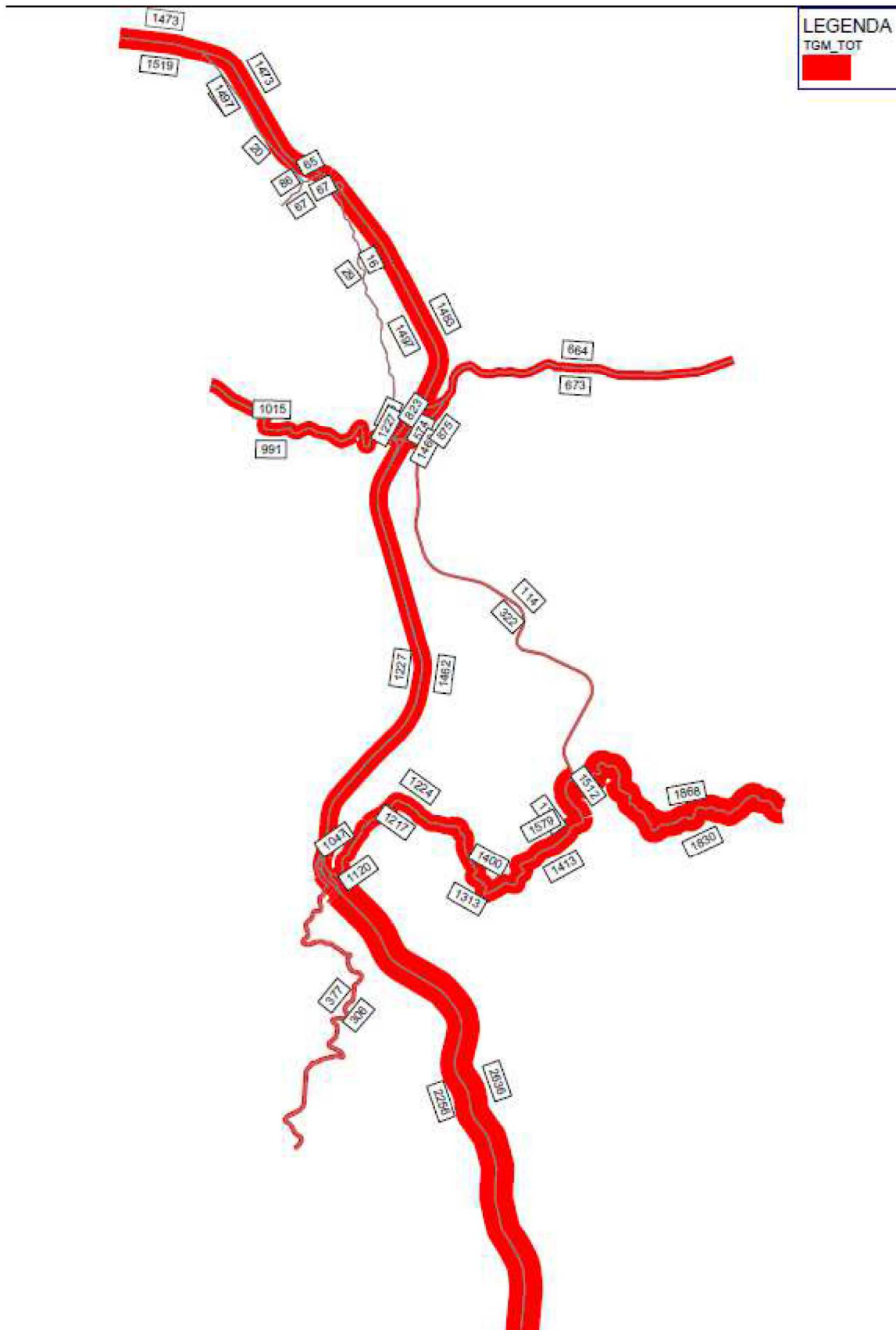


Figura 27 – SDP 2: flussogramma TGM [veicoli totali].

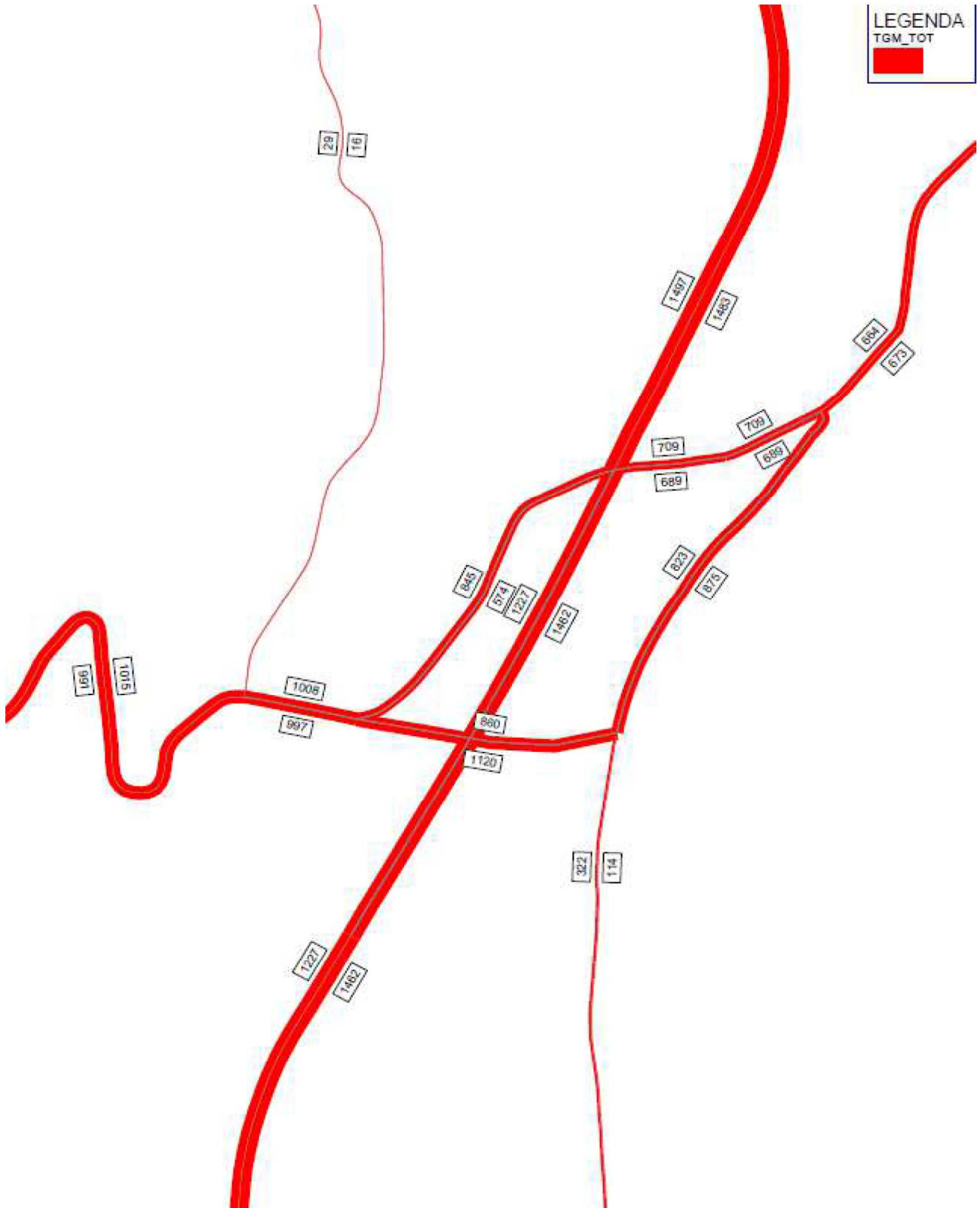


Figura 28 – SDP 2: flussogramma TGM – dettaglio sull'intersezione [veicoli totali].

Di seguito vengono mostrati i flussogrammi di dettaglio sull'intersezione con i flussi diurni e notturni distinti per veicoli leggeri e pesanti.



Figura 29 – SDP2: flussogramma TGM leggeri diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]

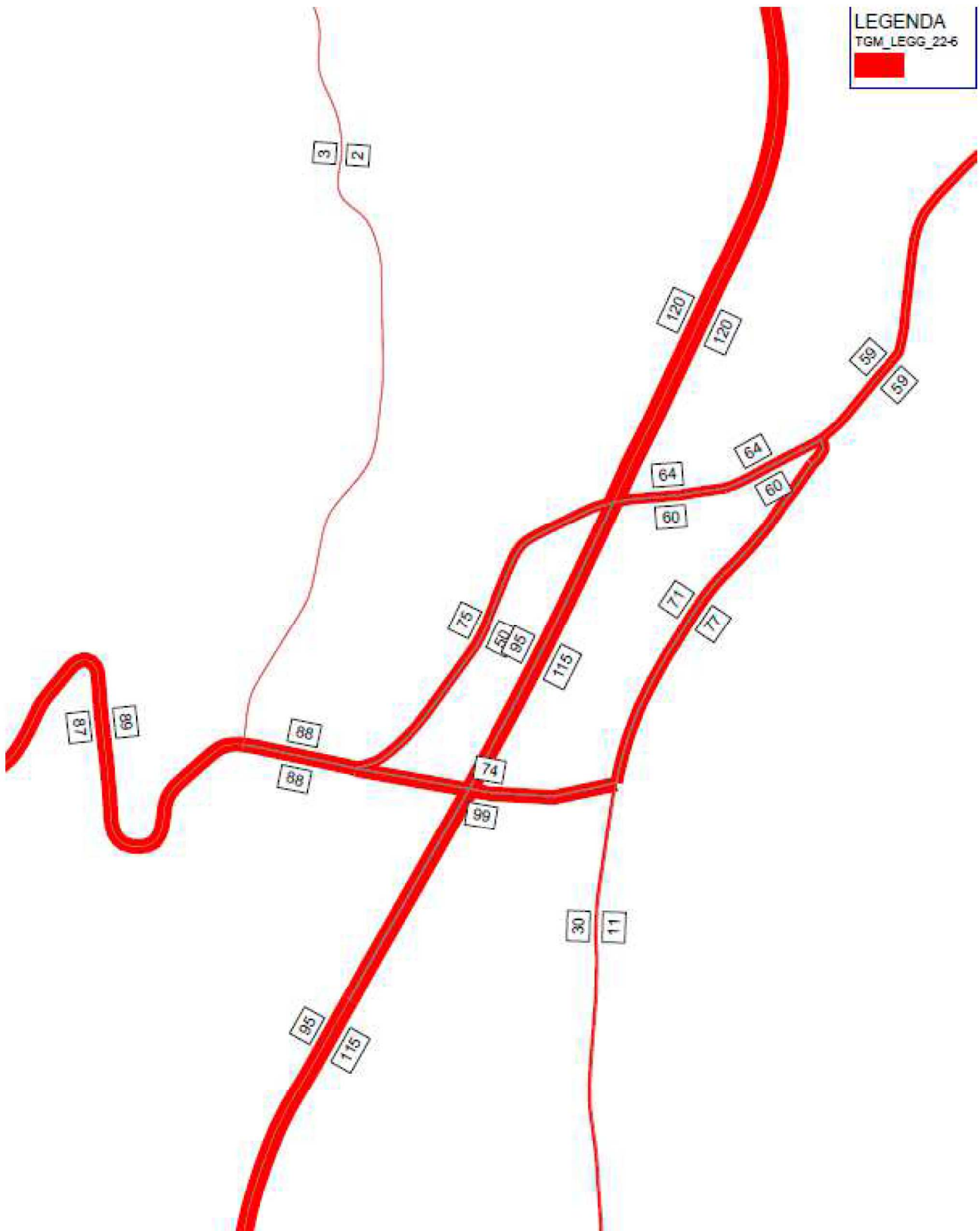


Figura 30 – SDP2: flussogramma TGM leggeri notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli leggeri]



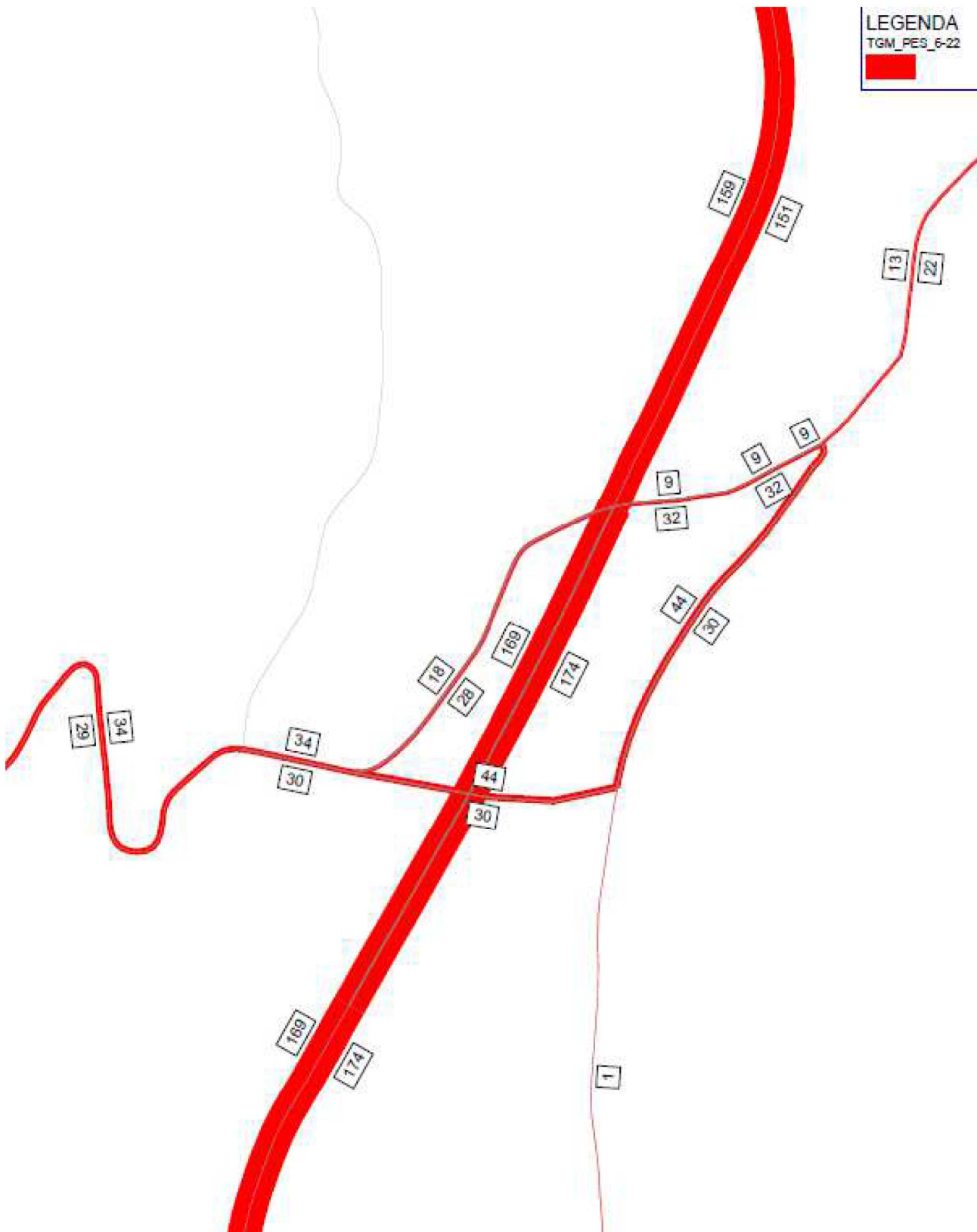


Figura 31 – SDP2: flussogramma TGM pesanti diurno (6-22) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

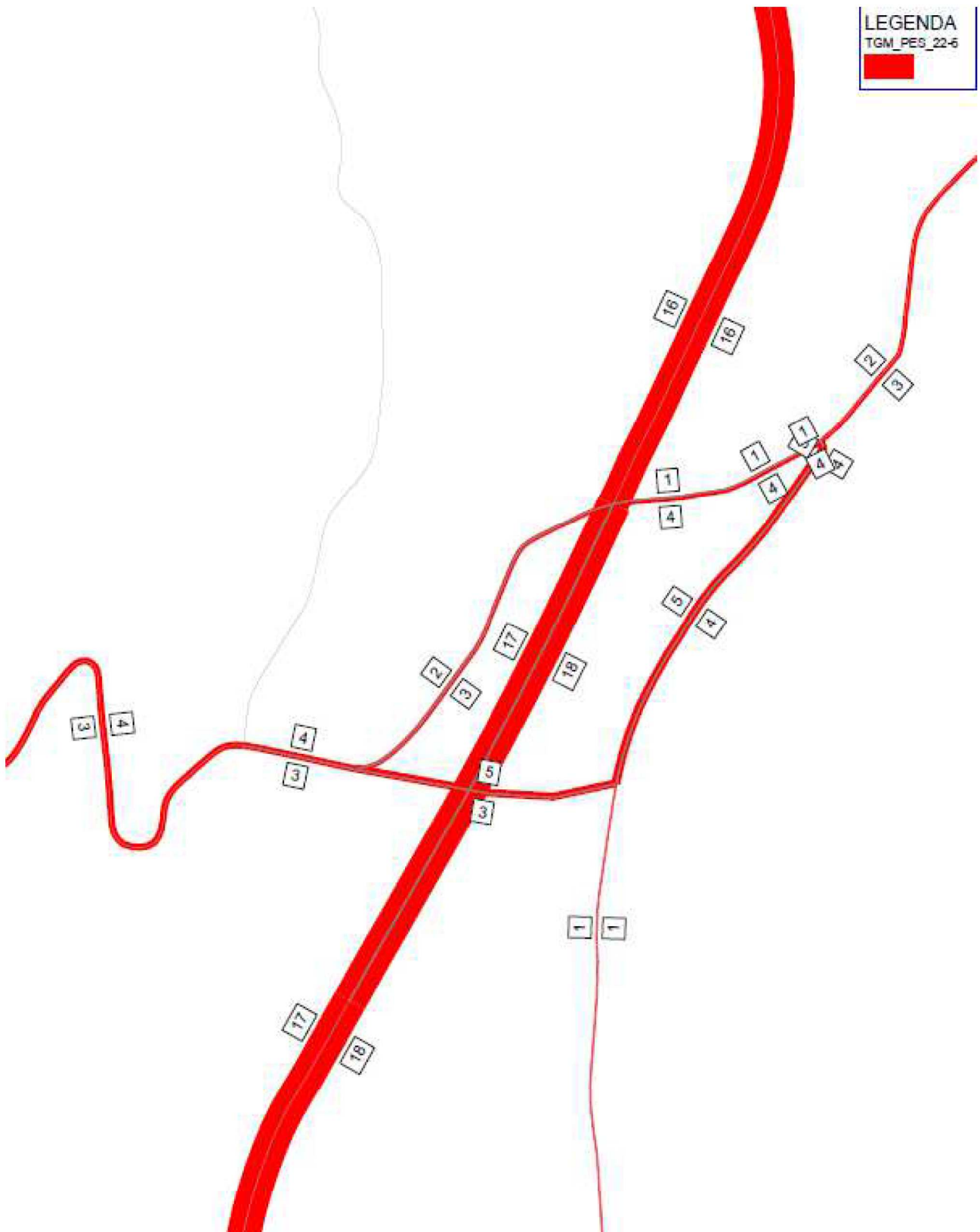


Figura 32 – SDP2: flussogramma TGM pesanti notturno (22-6) – dettaglio sull'intersezione [veicoli pesanti]

## 7 ANALISI STATICHE DELLE ROTATORIE

In questo capitolo sono presentate le analisi statiche compiute sulle rotatorie di progetto previste a corollario dell'intersezione principale.

Nella figura è presentata la localizzazione delle rotatorie rispetto all'intersezione riqualficata, in particolare le rotatorie R1 e R3 permettono la connessione alla SP26 delle 2 rampe bidirezionali verso la SS189 e la rotatoria R2 permette la connessione tra la SP26 e la bretella verso la SP16.

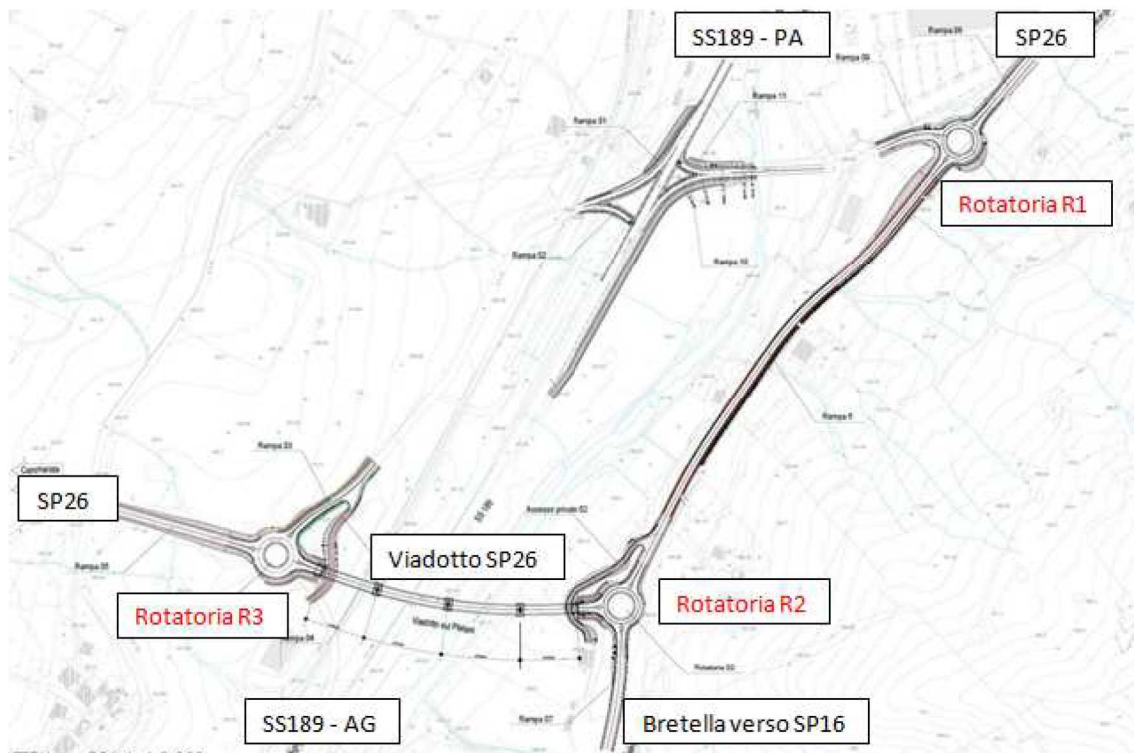


Figura 33 – rotatorie analizzate SDP 1 / SDP 2

### 7.1 Metodologia di analisi per le rotatorie

Per quanto riguarda le rotatorie esistenti si è deciso di svolgere l'analisi statica del livello di saturazione delle stesse con il software trasportistico GIRABASE, basato su studi svolti sulle rotatorie, in Francia dalla fine degli anni Settanta, e successivamente sviluppato come software certificato da parte del Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU) e del Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), due importanti enti che si occupano di pianificazione e progettazione delle infrastrutture di trasporto.

GIRABASE consente di testare progetti di rotatorie in termini di capacità e di adattarne le caratteristiche  
Relazione Studio del Traffico

geometriche sulla base delle previsioni di traffico. Le rotatorie considerate prevedono che il flusso sull'anello abbia precedenza sui flussi in ingresso in rotatoria. L'obiettivo prioritario di GIRABASE è quello di verificare e diagnosticare, per ciascuna rotatoria, la capacità di smaltire il traffico previsto e l'eventuale presenza di capacità residua.

GIRABASE considera una rotatoria come una serie di incroci a T (la disposizione dei rami influenza i calcoli); per ogni ramo, il traffico massimo in entrata (Capacità) dipende dal traffico generato a destra dell'ingresso, secondo una curva esponenziale decrescente di tipo Sieglöch. Il traffico generato a destra del ramo è a sua volta funzione del traffico che circola sull'anello a destra del ramo e del traffico uscente nel ramo stesso.

La formula che ne deriva è la seguente:

$$C = \frac{e^{-qg\left(tg - \frac{tf}{2}\right)}}{tf}$$

**C** = capacità, espresso in veicoli al secondo

**tg** = intervallo critico, espresso in secondi

**tf** = intervallo complementare, espresso in secondi

Questo modello di calcolo dei veicoli che entrano in rotatoria, si basa sulle seguenti assunzioni:

- nessun veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo inferiore all'intervallo critico **tg**;
- ogni veicolo di una corrente secondaria si inserisce in una corrente principale in un tempo compreso tra **tg** e **tg+tf**;
- N veicoli di una corrente secondaria si inseriscono in una corrente principale in un tempo compreso tra **tg+tf<sub>(N-1)</sub>** e **tg+tf<sub>N</sub>**.

A partire dalle caratteristiche geometriche della rotatoria e dalla matrice completa della rotatoria (veicoli per ciascuna coppia di rami), GIRABASE calcola per ciascun ramo in ingresso:

- la riserva di capacità in percentuale e in veicoli/ora;
- i tempi medi e totali di attesa;
- la lunghezza media e massima della coda di veicoli.

Per utilizzare GIRABASE servono una serie di informazioni per ciascuna rotatoria in esame. In particolare vengono forniti i seguenti dati, classificati come qui di seguito riportato.

**Dati preliminari** = vengono forniti una descrizione della rotatoria e dei diversi rami in ingresso e uscita, nonché un ambito di localizzazione, tra i seguenti valori:

- extraurbano;
- periurbano;
- urbano.

Tale ambito influenza i valori degli intervalli critici **tg** e **tf**.

**Dati geometrici** = per ciascun ramo della rotatoria occorre fornire:

- numero di direttrici;



- angoli di confluenza;
- raggio interno (R);
- larghezza della banda interna sormontabile (Bf);
- larghezza dell'anello centrale (LA);
- larghezza delle corsie di entrata (LE) e uscita (LS);
- dimensione delle isole spartitraffico (LI);
- pendenza in casi superiori al 3%;
- presenza di svolta a destra continua.

In Figura 34 sono riportate alcune delle grandezze geometriche richieste.

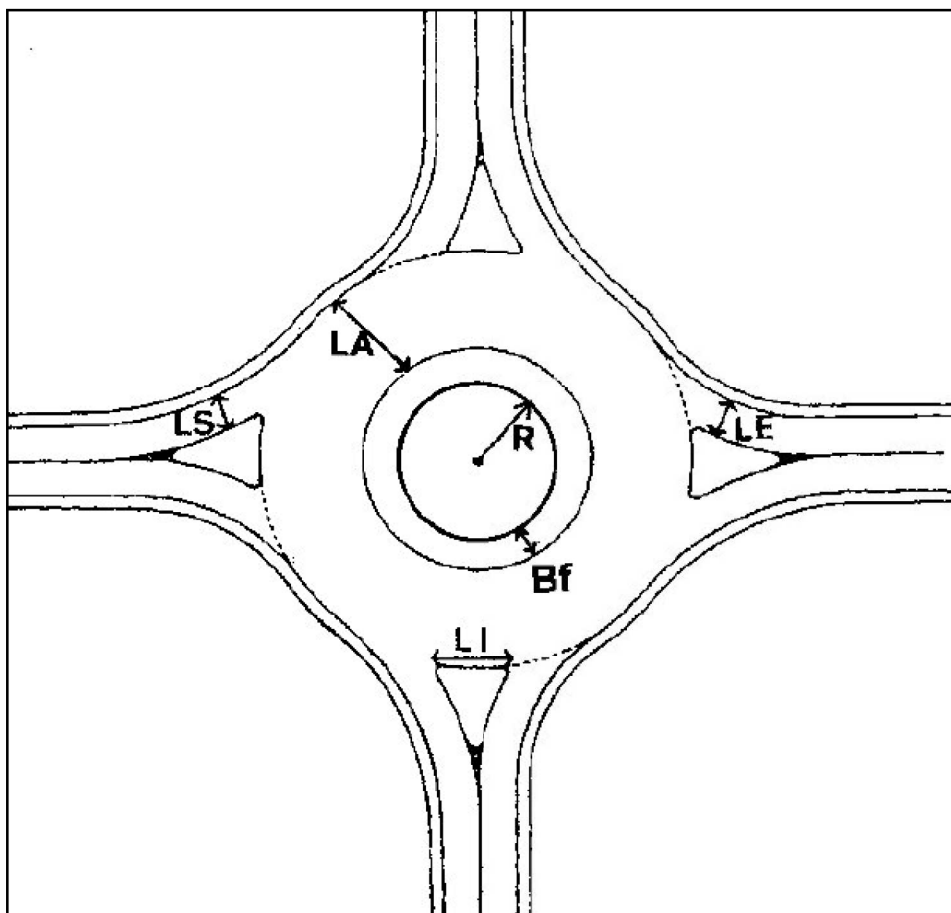


Figura 34 - I dati geometrici di una rotonda

**Dati di traffico** = viene fornita la matrice del nodo, indicando il numero di veicoli entranti da ciascun ramo, disaggregati in funzione del ramo di uscita. Per gestire le diverse categorie di veicoli, GIRABASE suggerisce questi coefficienti di equivalenza:

- autovetture, pari a 1;
- veicoli commerciali leggeri, pari a 1
- veicoli commerciali pesanti, pari a 2;
- due ruote (ciclomotori e moto) pari a 1.



In funzione dei suddetti dati, GIRABASE calcola la capacità di un ramo in ingresso, considerando il disturbo provocato da coloro che escono nello stesso ramo (in quanto il conducente non sempre arriva a determinare se i veicoli sull'anello intendono lasciare la rotatoria), dagli attraversamenti pedonali e soprattutto dai veicoli che circolano nell'anello davanti al loro ingresso, cui devono dare la precedenza. Oltre alla riserva di capacità, vengono calcolati i tempi di attesa e le lunghezze delle code.

GIRABASE suggerisce anche come interpretare i dati forniti dal modello. Innanzitutto, valutando la riserva di capacità di ciascun ramo, espressa in percentuale, si considera che:

- se la riserva di capacità è superiore all'80% per tutti i rami in ingresso, la rotatoria non è giustificata;
- se tutti i rami hanno una riserva di capacità superiore al 50%, la dimensione dell'anello della rotatoria può essere ridotto;
- se la riserva di capacità per un ramo è superiore al 50%, è possibile ipotizzare un sovradimensionamento dello stesso;
- se la riserva di capacità per un ramo è compresa tra il 5% ed il 25%, è prevedibile la formazione di code, più o meno lunghe. In questo caso è importante verificare se tali code possano propagarsi ad intersezioni vicine (inferiori ai 100 m), rendendo critica anche l'uscita da tali intersezioni;
- se la riserva di capacità per un ramo è inferiore al 5% o addirittura negativa, è presumibile la formazione di code importanti, di saturazione e di progressivo blocco della rotatoria, e di conseguenza è richiesta una riprogettazione della rotatoria.

Tra gli interventi suggeriti vi sono:

- allargamento del ramo di ingresso, ad esempio mediante la realizzazione di doppi attestamenti;
- allargamento dell'isola spartitraffico, che quanto meno riduce la perturbazione dei veicoli che escono nello stesso ramo in analisi;
- allargamento della larghezza dell'anello, che consente un più facile inserimento in rotatoria.

Per quanto riguarda i tempi di attesa, questi indicano se la durata della fermata degli automobilisti rimane accettabile, e, come somma, forniscono il tempo speso dalla collettività a causa della rotatoria, consentendone anche una valutazione economica.

Infine, per quanto riguarda la lunghezza delle code, l'informazione è importante soprattutto al fine di verificare l'eventuale influenza che una coda su una rotatoria può avere su ulteriori intersezioni a monte della stessa. In questo caso, l'ambito di localizzazione può consentire di migliorare l'interpretazione dei risultati, secondo quanto di seguito riportato:

- in ambito urbano è più tollerabile al formazione di code, soprattutto nelle ore di picco, e non sempre è possibile aumentare la capacità della rotatoria;
- in ambito perturbano, la formazione di code con una certa regolarità risulta meno accettabile che in ambito urbano;
- in ambito extraurbano, la formazione di code, anche se occasionale, può costituire un pericolo per i veicoli in avvicinamento ed è quindi ancora meno accettabile.

## 7.2 I risultati delle verifiche funzionali

In questo capitolo vengono riportati i risultati delle rotatorie precedentemente descritte. In particolare vengono illustrati i dati geometrici necessari per la verifica funzionale ed i risultati di tale verifica riferiti a ciascun ramo in termini di:

- riserva di capacità in veicoli/ora (Réserve de Capacité en uvp/h);
- riserva di capacità percentuale (capacità - veicoli entranti)/capacità (Réserve de Capacité en %);
- lunghezza media di accodamento veicoli (Longueur de Stockage moyenne);
- lunghezza massima di accodamento veicoli, imputati nel modello (Longueur de Stockage maximale);
- tempi medi di attesa (Temps d'Attente moyen);
- tempi totali di attesa (Temps d'Attente total).

### La rotatoria R1

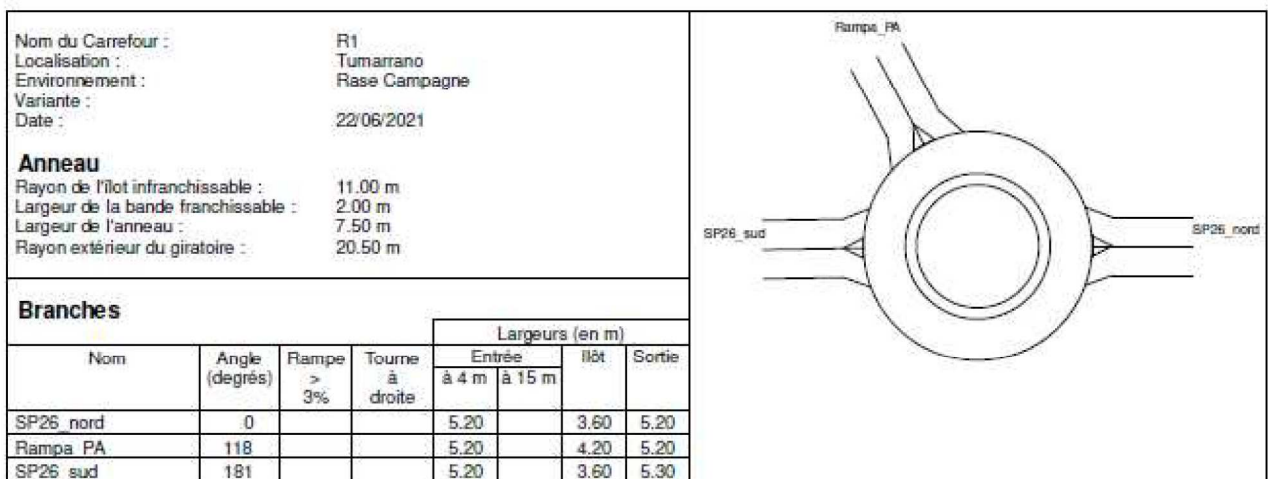


Figura 35 - Layout rotatoria R1

	1	2	3	Total Entrant
1	0	4	18	22
2	13	0	44	57
3	37	54	0	91
Total Sortant	50	58	62	170

Tabella 2 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP1 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R1

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
SP26_nord	1965	99%	0vh	2vh	0s	0.0h
Rampa_PA	2006	97%	0vh	2vh	0s	0.0h
SP26_sud	1986	96%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 3 - Risultati scenario SDP1 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R1

	1	2	3	Total Entrant
1	0	5	21	26
2	16	0	54	70
3	47	66	0	113
Total Sortant	63	71	75	209

Tabella 4 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP2 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R1

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
SP26_nord	1931	99%	0vh	2vh	0s	0.0h
Rampa_PA	1984	97%	0vh	2vh	0s	0.0h
SP26_sud	1956	95%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 5 - Risultati scenario SDP2 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R1

Tale rotonda presenta ottime riserve di capacità anche nello scenario a medio – lungo termine.

### La rotonda R2

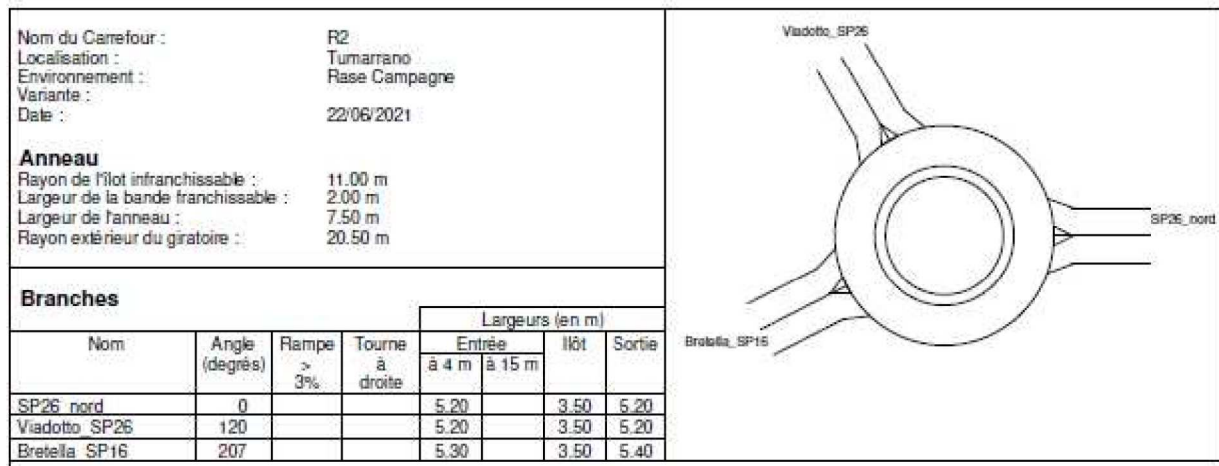


Figura 36 - Layout rotonda R2

	1	2	3	Total Entrant
1	0	60	0	60
2	90	0	11	101
3	1	3	0	4
Total Sortant	91	63	11	165

Tabella 6 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP1 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R2

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
SP26_nord	2042	97%	0vh	2vh	0s	0.0h
Viadotto_SP26	2010	95%	0vh	2vh	0s	0.0h
Bretella_SP16	1954	100%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 7 - Risultati scenario SDP1 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R2

	1	2	3	Total Entrant
1	0	75	0	75
2	111	0	15	126
3	2	5	0	7
Total Sortant	113	80	15	208

Tabella 8 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP2 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R2

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
SP26_nord	2021	96%	0vh	2vh	0s	0.0h
Viadotto_SP26	1985	94%	0vh	2vh	0s	0.0h
Bretella_SP16	1910	100%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 9 - Risultati scenario SDP2 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R2

Tale rotonda presenta ottime riserve di capacità anche nello scenario a medio – lungo termine.

### La rotonda R3



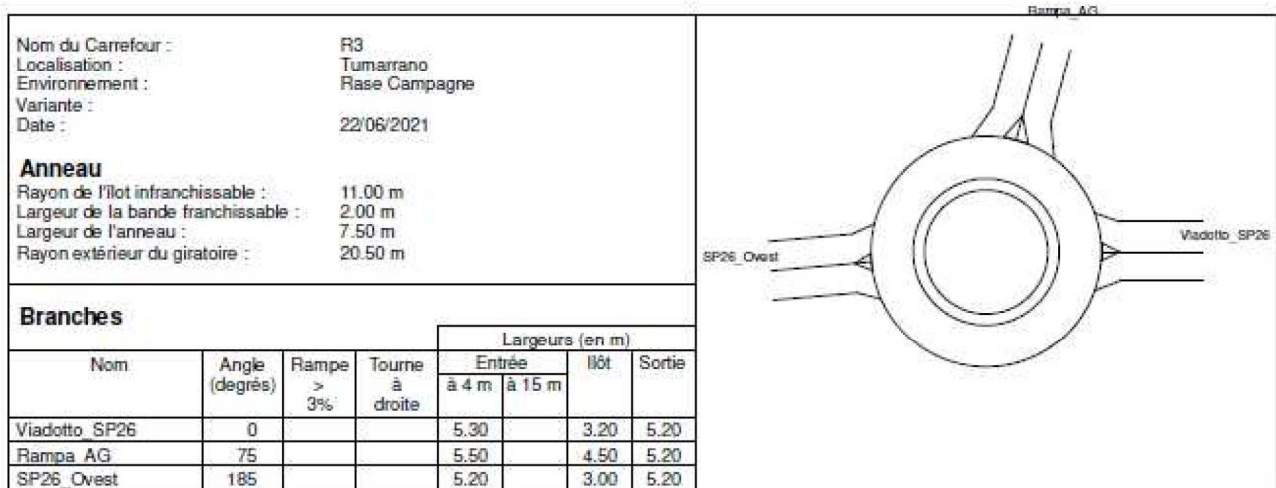


Figura 37 - Layout rotatoria R3

	1	2	3	Total Entrant
1	0	20	42	62
2	26	0	24	50
3	78	6	0	84
Total Sortant	104	26	66	196

Tabella 10 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP1 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R3

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Viadotto_SP26	2060	97%	0vh	2vh	0s	0.0h
Rampa_AG	2048	98%	0vh	2vh	0s	0.0h
SP26_Ovest	1960	96%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 11 - Risultati scenario SDP1 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R3

	1	2	3	Total Entrant
1	0	25	55	80
2	31	0	28	59
3	94	9	0	103
Total Sortant	125	34	83	242

Tabella 12 - Matrice dei veicoli equivalenti nello scenario SDP2 nell'ODP mattutina del giorno feriale – Rot R3



	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
Viadotto_SP26	2034	96%	0vh	2vh	0s	0.0h
Rampa_AG	2010	97%	0vh	2vh	0s	0.0h
SP26_Ovest	1927	95%	0vh	2vh	0s	0.0h

Tabella 13 - Risultati scenario SDP2 ODP mattutina del giorno feriale – Rot R3

Tale rotatoria presenta ottime riserve di capacità anche nello scenario a medio – lungo termine.

### 7.3 Sintesi rotatorie

Di seguito si riporta il dato di sintesi di tutti gli scenari analizzati per ciascuna rotatoria. Tutte le rotatorie presentano ottimi livelli di capacità residua sia riguardo all'ora di punta dello scenario post-apertura sia riguardo allo scenario a medio – lungo termine che presenta flussi di maggiori entità.

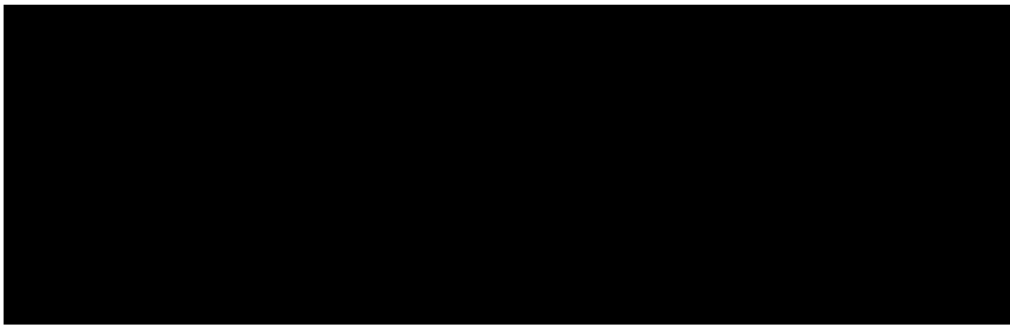


Tabella 14 – Sintesi GiraBase

## 8 VERIFICHE PUNTUALI DELLE TRATTE STRADALI

A corredo dello studio dei flussi di traffico circolanti sono svolte delle verifiche puntuali su 2 elementi costituenti l'intersezione:

- Il viadotto (cerchio rosso nella figura sottostante) di nuova realizzazione che permette alla SP26 di oltrepassare la SS189, la ferrovia e il fiume Platani per cui è stata svolta una verifica di capacità di smaltimento dei flussi di traffico.
- Il ponte ad archi (cerchio verde nella figura sottostante) attualmente esistente sul fiume Platani che verrà riutilizzato per la rampa di collegamento tra la SP26 e la SS189 verso Palermo per il quale viene verificato l'andamento nel tempo dei flussi di traffico in transito.

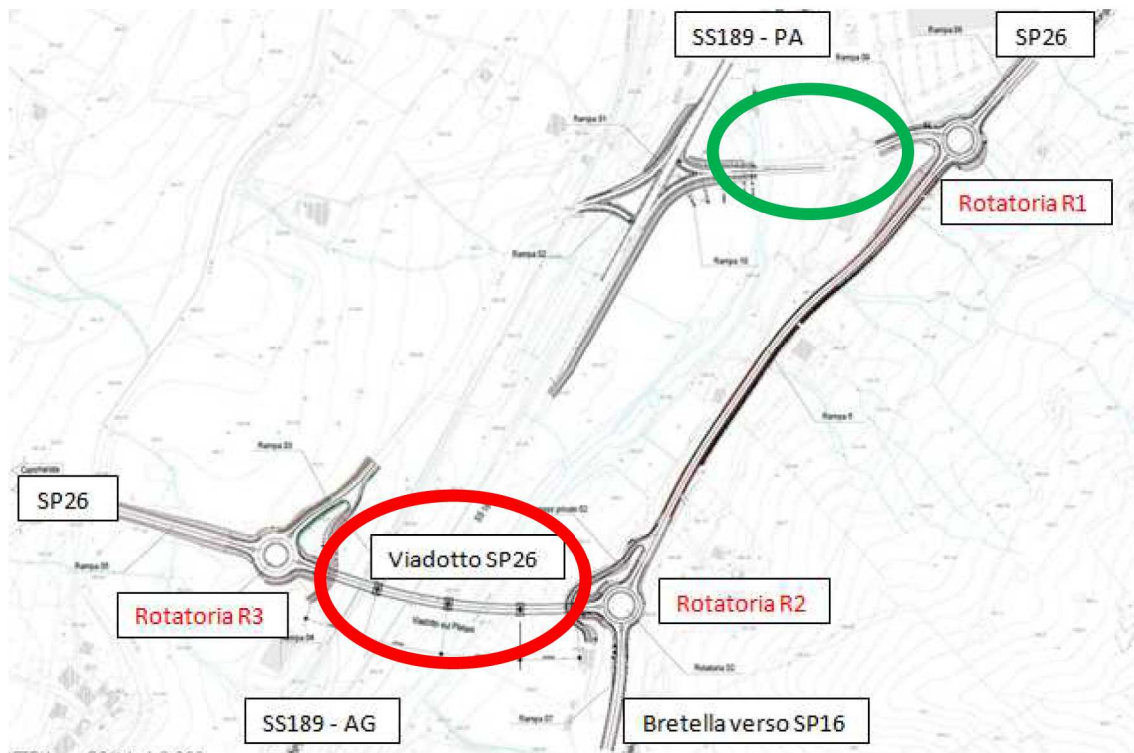


Figura 38 – tratta indagata metodologia HCM

## 8.1 Verifica di funzionalità viadotto SP26

Ulteriori verifiche puntuali della capacità di smaltimento della rete del traffico circolante e previsto sono state svolte lungo il percorso dell' infrastruttura stradale di nuova realizzazione, ossia nella tratta in viadotto (viadotto SP26 nella sottostante figura) tra le due rotatorie R2 e R3. Ai fini di tali verifiche tale tratto di lunghezza pari a 350 metri viene considerato come un tronco stradale omogeneo bidirezionale a singola corsia per senso di marcia, con sorpasso considerato inibito su tutta la tratta, per via dell'andamento prevalentemente curvilineo.

Per determinare il livello di servizio (di seguito indicato in breve LdS) delle tratte stradali aventi un'unica carreggiata, il metodo HCM prevede il calcolo della percentuale di tempo perso dei veicoli (definito nel manuale come PTFS ovvero "percent time-spent-following"), ovvero la quantità di tempo, rispetto al tempo di viaggio totale, dei veicoli che devono viaggiare in plotoni dietro veicoli più lenti a causa dell'impossibilità di effettuare un sorpasso.

Tale fattore è funzione dei seguenti parametri:

- Flusso di veicoli equivalenti, basato sul tipo di terreno e sulla percentuale di mezzi pesanti;
- Percentuale di zone interdette al sorpasso rispetto alla lunghezza totale della tratta;
- Fattori di aggiustamento che tengono conto della diversa distribuzione dei flussi di traffico nelle due direzioni di marcia.

Il Livello di Servizio può essere allora determinato confrontando il parametro PTFS nel tratto stradale con la classificazione proposta dall'HCM, come riportato nella tabella seguente.

**EXHIBIT 20-4. LOS CRITERIA FOR TWO-LANE HIGHWAYS IN CLASS II**

LOS	Percent Time Spent Following
A	≤ 40
B	> 40–55
C	> 55–70
D	> 70–85
E	> 85

Tabella 15 – Criteri per il calcolo LdS in casi di segmenti stradali ad una carreggiata

## 8.2 Risultati delle verifiche funzionali

Per gli scenari SDP1 e 2, vengono di seguito indicati in forma tabellare i dati di input impiegati per il calcolo della densità veicolare e quindi del livello di servizio per l'elemento stradale analizzato nelle ore di punta mattutine del giorno feriale medio.

SDP 1			SDP 2		
Tratta progettuale			Tratta progettuale		
V	148	veic./h	V	180	veic./h
PHF	1		PHF	1	
f <sub>G</sub>	1		f <sub>G</sub>	1	
PT	12%		PT	12%	
ET	2.50		ET	2.50	
PR	0%		PR	0%	
ER	1		ER	1	
N	1		N	1	
V <sub>p</sub>	211	veic. eq./h	V <sub>p</sub>	257	veic. eq./h
PTFS	42.39		PTFS	45.69	
LdS	B		LdS	B	

Tabella 16 – risultati verifica funzionale SDP 1 e SDP 2

Nei periodi di punta di entrambi gli scenari analizzati la nuova infrastruttura presenta un livello di servizio B tale valore denota il corretto dimensionamento della sede stradale in relazione ai flussi prevedibili.

## 8.3 Andamento traffico sul ponte ad archi esistente

Per il tratto stradale corrispondente al ponte ad archi vengono riportati i flussi di traffico giornalieri bidirezionali (TGM) per i tre scenari analizzati:

Scenario	TGM [leggeri]	TGM [pesanti]	TGM [veicoli totali]
SDF	1103	34	1137
SDP 1	1105	36	1141
SDP 2	1352	46	1398

Nello scenario SDP1, all'atto dell'apertura dello svincolo riqualificato, i flussi di traffico saranno pressoché identici agli attuali mentre nello scenario SDP2 a medio – lungo termine (20 anni dall'apertura) si assiste a una crescita del 23%, in linea con l'incremento totale del traffico nell'area, stimato, per lo stesso scenario, nell'ordine del 24%.

## 9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questo studio trasportistico è stato redatto al fine di ricostruire l'andamento dei flussi di traffico nell'area limitrofa all'intersezione tra la SS189 e la SP26 in contrada Tumarrano nei comuni di Cammarata e San Giovanni Gemini (AG).

Riguardo allo scenario stato di fatto, tramite la raccolta dei dati FCD, opportunamente validati e espansi sulla base delle sezioni di rilievo ANAS presenti nella rete stradale siciliana, è stato possibile ricavare, per gli archi attualmente facenti parte della rete dell'area di studio, sia il dato di TGM, distinto tra periodo diurno e periodo notturno, sia il dato dell'ora di punta mattutina di un giorno ferial primaverile (che rappresenta, per l'intera rete siciliana il periodo di massimo carico veicolare). Tali dati, distinti per la classe veicolare leggera e pesante, sono riferiti alle viabilità attualmente in esercizio e all'attuale configurazione dell'intersezione.

Tramite gli opportuni tassi d'accrescimento, ricavati dal modello trasportistico ANAS e adattati alla realtà siciliana, è stato possibile ricavare i dati di flusso TGM e ora di punta sia per lo scenario progettuale all'apertura (SDP 1) sia per lo scenario progettuale a medio – lungo termine (SDP 2). In entrambi i casi i dati di flusso, suddivisi per classi veicolari fanno riferimento alla rete stradale che sarà in esercizio nell'area di studio ossia alla nuova configurazione dell'intersezione.

Infine, relativamente alle ore di punta degli scenari SDP1 e SDP2, sono state svolte sia delle verifiche statiche di funzionalità delle 3 rotatorie previste a corredo dello svincolo progettuale sia delle verifiche di funzionalità HCM della tratta di SP26 in viadotto di nuova costruzione, tali verifiche assicurano il buon funzionamento delle rotatorie di fronte ai flussi di traffico ipotizzati, in ultimo i flussi circolanti sull'attuale ponte ad archi sul F. Platani fanno registrare nello scenario di progetto un flusso di traffico identico allo stato di fatto ed a medio-lungo termine una crescita di circa il 23% in linea con l'andamento generale del traffico dell'area.