

PIANO URBANO MOBILITÀ SOSTENIBILE



ALLEGATO 1/A
MODELLO DI SIMULAZIONE

<i>Elaborato:</i> Relazione tecnica	<i>Revisione:</i> 01	<i>Data:</i> 21/12/2023

Monza Mobilità Srl



Via Cernuschi, 8 - 20900 Monza (MB) ☎ 039.209841 📧 info@monzamobilita.it 🌐 www.monzamobilita.it

Capitale Sociale € 10.000,00 i.v. - R.E.A. MB 1531267 - Cod. Fisc / Partita Iva e n. Registro Imprese di Monza e Brianza: 02689470967
Società soggetta a direzione e coordinamento da parte del Comune di Monza.





Gruppo di Lavoro

Comune di Monza – Organo decisore

Comune di Monza – Organo tecnico

Dirigente responsabile del Settore Mobilità e Viabilità, Patrimonio / Autorità procedente per la VAS | arch. Carlo Maria Nizzola

Dirigente del Settore Ambiente ed Energia / Autorità competente per la VAS | Ing. Serena Trussardi

Hanno collaborato alla redazione del Documento di Piano

Settore Mobilità e Viabilità, Patrimonio | arch. Donatella Beretta,

Servizio di Pianificazione Operativa | arch. Filomena Dato

Polizia Locale, Protezione Civile | dott.ssa Francesca Galli, dott. Giorgio Mora, dott. Paolo Anglani

Monza Mobilità

Amministratore Unico ing. Davide Mardegan

Redazione del Piano | ing. Nicola Pascale, arch. Anna Negri, ing. Sebastiano Pizzorusso

Agenzia per il Trasporto Pubblico Locale del bacino della Città Metropolitana di Milano, Monza e Brianza, Lodi e Pavia

Direttore | Luca Tosi

Marco Panaro

Con la consulenza di

Sintagma srl

Ing. Tito Berti Nulli, Ing. Riccardo Berti Nulli, Agr. Filippo Berti Nulli, Ing. Claudio Rossi, Dott. Benedetta Contini



MONZA MOBILITÀ Srl



C5RMR010

Modello di simulazione

 Sintagma

Ottobre 2021

1. IL MODELLO DI SIMULAZIONE	2
1.1. La zonizzazione.....	2
1.2. Analisi dell'offerta di trasporto: il grafo e la rete per il trasporto privato	3
1.2.1. <i>La classifica funzionale attuale</i>	5
1.2.2. <i>Le curve di deflusso</i>	7
1.3. Analisi della domanda	7
1.3.1. <i>Il riparto modale ISTAT</i>	8
1.3.2. <i>La campagna di indagine sulla mobilità dell'area di studio</i>	10
1.3.3. <i>Le matrici di base leggeri e pesanti</i>	13
1.4. La calibrazione del modello	13
1.4.1. <i>La matrice leggeri calibrata</i>	15
1.5. Sottomatrici delle O/D con spostamenti compresi nel raggio di 3, 4 e 5 km.....	16
1.6. Lo scenario attuale: i flussi di traffico.....	19

1. IL MODELLO DI SIMULAZIONE

Nella costruzione del quadro conoscitivo, un particolare rilievo è stato dato alla predisposizione del modello di simulazione della mobilità della città di Monza.

Il modello è stato costruito sulla base della campagna di indagini sui flussi di mezzi leggeri e pesanti nelle principali sezioni viarie, finalizzate alla ricostruzione dell'origine e della destinazione dello spostamento dei vari "viaggi" dei cittadini.

L'analisi degli spostamenti, distinti per mezzi leggeri e pesanti, ha permesso di costruire delle matrici alla base del percorso di assegnazione dei flussi alla rete.

Infatti, poiché i dati di rilievo distinguono i mezzi in transito tra leggeri e pesanti, si è optato per la costruzione di un modello multiclasse alimentato dalle 2 categorie di veicoli rilevate.

Ricostruita la situazione attuale calibrata, il modello andrà strutturato sugli scenari futuri di riferimento e di progetto (proiettati sugli stessi orizzonti temporali).

In questo modo il PUMS sarà in grado di testare l'efficienza e l'efficacia degli interventi e delle politiche poste alla base del piano definendone consequenzialità e priorità.

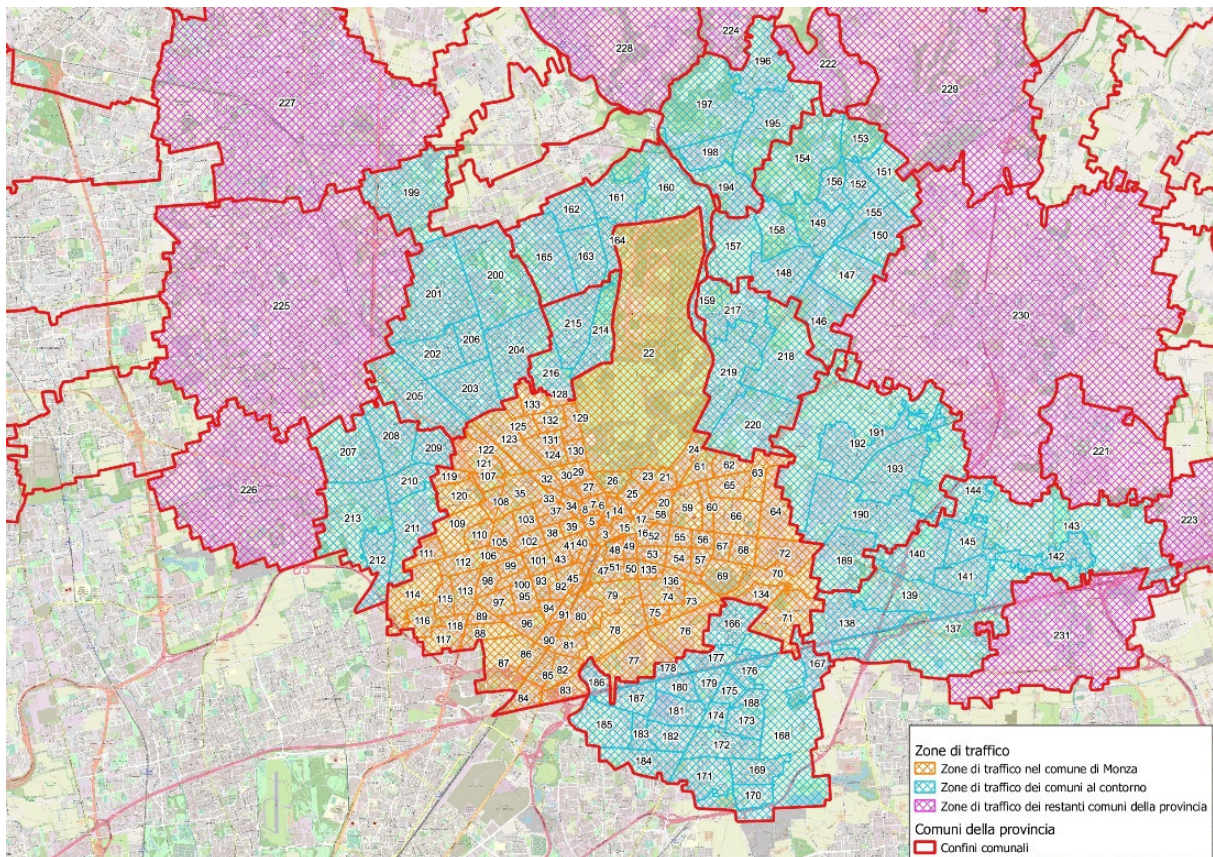
1.1. La zonizzazione

Come base di partenza per l'implementazione del modello di traffico si è operata la zonizzazione, processo di aggregazione delle sezioni censuarie dei comuni di Monza e limitrofi in **zone di traffico**, aree uniformi dal punto di vista trasportistico. Successivamente alla zonizzazione è stato possibile costruire le matrici Origine/Destinazione (O/D) che schematizzano gli spostamenti nell'area di studio (domanda di trasporto).

La zonizzazione tiene conto di diversi criteri:

- le zone di traffico non devono attraversare le infrastrutture lineari del territorio;
- le zone di traffico devono avere quanto possibile un utilizzo del territorio omogeneo (zone residenziali o artigianali/commerciali, industriali, etc.);
- le zone di traffico devono essere abitativamente equilibrate;
- ogni zona di traffico deve avere un "baricentro" di zona univoco dove poter idealmente concentrare le origini e le destinazioni degli spostamenti.

Il comune di Monza è stato suddiviso in 136 zone. I comuni di prima cintura appartenenti alla provincia Monza-Brianza sono stati frazionati in 84 zone di traffico. Il resto della provincia è stato suddiviso in 11 zone di estensione comunale. I collegamenti con l'esterno sono stati aggregati in 5 portali esterni



Zonizzazione dell'area di studio

Nel complesso, l'area di studio è stata frazionata in 236 zone di traffico.

1.2. Analisi dell'offerta di trasporto: il grafo e la rete per il trasporto privato

Il sistema infrastrutturale viario del territorio è stato schematizzato in una successione di archi (viabilità) e nodi (incroci), il **grafo**, che ne consente l'utilizzo all'interno del modello di simulazione del traffico.

La rete viaria è il grafo OSM (OpenStreetMap), caratterizzato in termini di tipo di strada, n° corsie, velocità di flusso libero e capacità teorica.

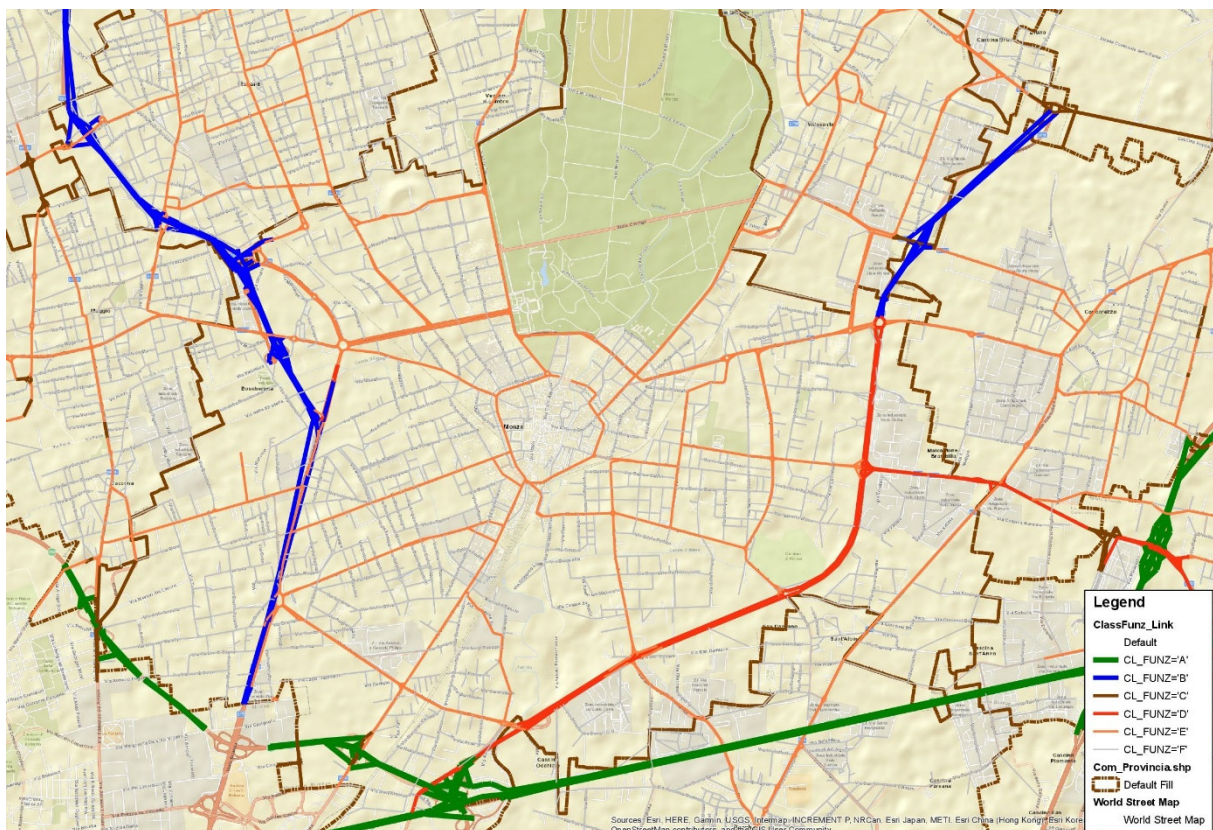
A seguire si riporta la tabella contenente i tipi di arco del grafo OSM (OpenStreetMap) utilizzato nel modello di traffico.

Numero: 26	Num	TipoGlot	Nome	Stretto	Rango	NumCorsie	CapTPr	v0TPr
1	10	1	Motorway, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	1500	130km/h
2	11	1	Motorway, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	3000	130km/h
3	12	1	Motorway, 3 lanes	<input type="checkbox"/>	1	3	4500	130km/h
4	13	1	Motorway, 4 lanes	<input type="checkbox"/>	1	4	6000	130km/h
5	18	1	Motorway_link, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	0	1100	80km/h
6	19	1	Motorway_link, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	0	1200	80km/h
7	20	2	Trunk, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	1500	100km/h
8	21	2	Trunk, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	3000	100km/h
9	22	2	Trunk, 3 lanes	<input type="checkbox"/>	1	3	4500	100km/h
10	28	2	Trunk_link, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	1100	80km/h
11	29	2	Trunk_link, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	1200	80km/h
12	30	3	Primary, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	1300	100km/h
13	31	3	Primary, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	2600	100km/h
14	32	3	Primary, 3 lanes	<input type="checkbox"/>	1	3	3900	100km/h
15	39	3	Primary_link	<input type="checkbox"/>	1	1	1000	40km/h
16	40	4	Secondary, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	1000	80km/h
17	41	4	Secondary, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	2000	80km/h
18	49	4	Secondary_link	<input type="checkbox"/>	1	1	1000	20km/h
19	50	5	Tertiary, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	800	70km/h
20	51	5	Tertiary, 2 lanes	<input type="checkbox"/>	1	2	1600	70km/h
21	59	5	Tertiary_link	<input type="checkbox"/>	1	1	800	20km/h
22	60	6	Unclassified, 1 lane	<input type="checkbox"/>	1	1	800	70km/h
23	70	7	Residential	<input type="checkbox"/>	1	1	400	50km/h
24	71	7	Living_street	<input type="checkbox"/>	1	1	200	30km/h
25	75	7	Footway	<input type="checkbox"/>	1	1	9999	4km/h
26	76	7	Cycleway	<input type="checkbox"/>	1	1	9999	20km/h

Il grafo, in versione informatizzata vettoriale, è una rappresentazione della rete stradale strettamente georeferenziata e quindi esente da possibili errori di deformazione, scarsa chiarezza e incomprensibilità.

Gli archi sono stati organizzati in classi funzionali e gerarchiche, i typeno, in modo da associare a ciascun tipo i valori di velocità, capacità, numero di corsie e i coefficienti α e β utilizzati nella formula BPR (Bureau of Public Roads¹) per il calcolo del tempo di percorrenza.

¹ Ufficio delle strade pubbliche - USA



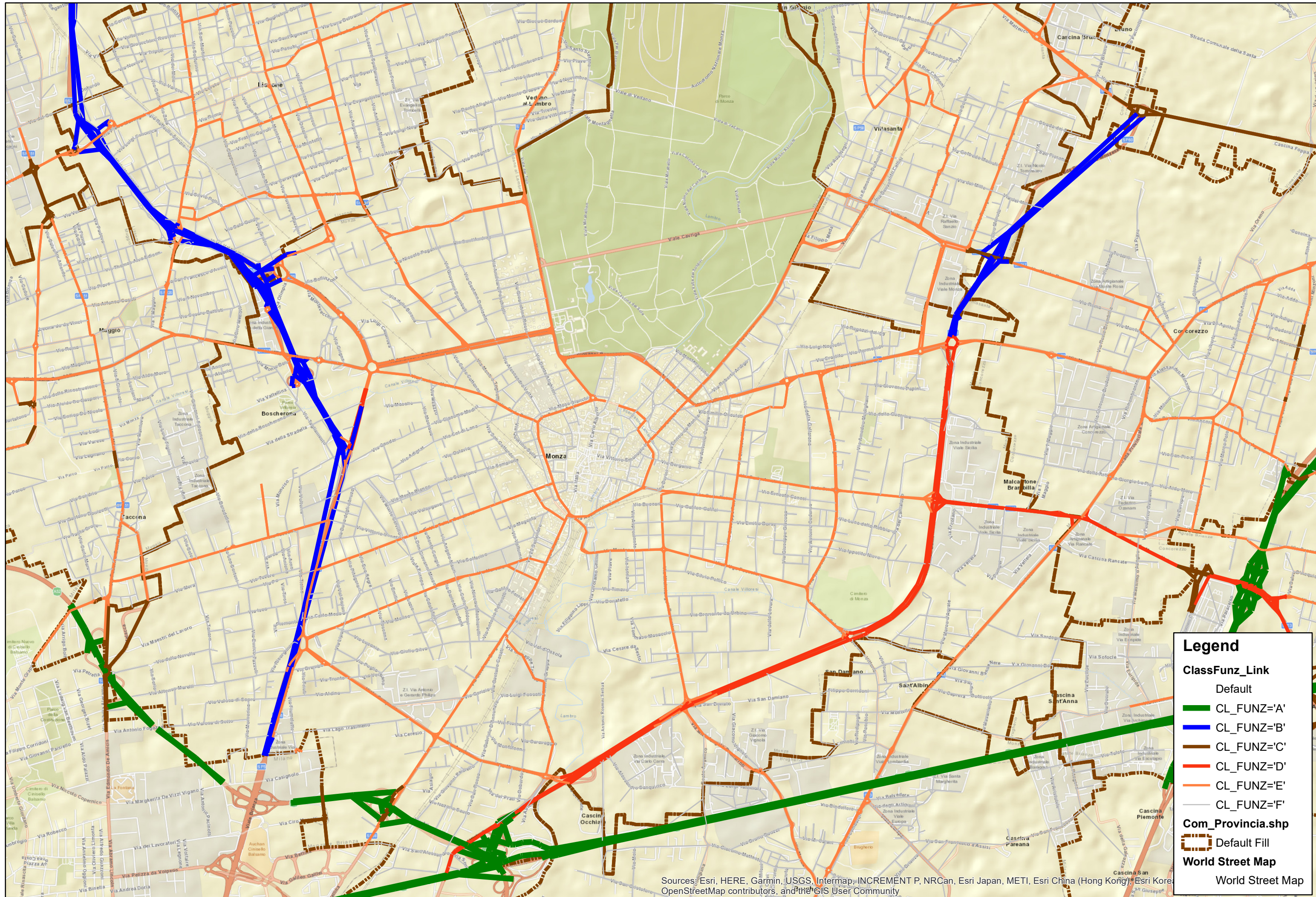
Classifica funzionale della rete stradale

Detta classifica individua, la funzione preminente o l'uso più opportuno, che ciascun elemento viario deve svolgere all'interno della rete stradale, per risolvere i relativi problemi di congestione e sicurezza del traffico, in analogia e stretta correlazione agli strumenti urbanistici che determinano l'uso delle diverse aree esterne alle sedi stradali.

Le strade sono classificate, riguardo alle loro caratteristiche costruttive, tecniche e funzionali, nei seguenti tipi:

- **A: Autostrade (urbane e extraurbane)**
- **B: Strade extraurbane principali**
- **C: Strade extraurbane secondarie**
- **D: Strade urbane di scorrimento**
- **E: Strade urbane di quartiere**
- **F: Strade locali**
- **F-bis: Itinerari ciclopedonali.**

La classificazione funzionale delle strade è propedeutica al progetto del Biciplan di Monza per la definizione delle Zone 30, in quanto possibili per viabilità di rango inferiore alle viabilità di quartiere (tipo E), e degli ambiti che richiedono l'inserimento di percorsi ciclopedonali. **Recenti normative introducono, inoltre, una nuova tipologia di strada (tipo E-bis) aggiornando il Codice della Strada.**



Legend

ClassFunz_Link

- Default
- CL_FUNZ='A'
- CL_FUNZ='B'
- CL_FUNZ='C'
- CL_FUNZ='D'
- CL_FUNZ='E'
- CL_FUNZ='F'

Com_Provincia.shp

- Default Fill

World Street Map

- World Street Map

Sources: Esri, HERE, Garmin, USGS, Intermap, INCREMENT P, NRCan, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), Esri Korea, OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

1.2.2. Le curve di deflusso

La curva di deflusso è la relazione matematica tra il costo di un arco, inteso generalmente come tempo di percorrenza, e il flusso presente sull'arco stesso.

Per la costruzione del modello di simulazione, implementato con il software Cube6, è stata considerata una famiglia di funzioni di costo, valida per strade urbane ed extraurbane, di tipo BPR (Bureau of Public Roads). Tali funzioni, al variare dei parametri α e β , descrivono l'andamento del costo (espresso in tempo) per i diversi tipi di arco in funzione del rapporto tra flusso e capacità. L'espressione della funzione di costo è del tipo:

$$T = \frac{\text{Lunghezza}}{V_r} * 60 * \left(1 + \alpha * \left(\frac{\text{volau}}{S} \right)^\beta \right) + C$$

dove:

- V_r rappresenta la velocità di flusso libero;
- volau rappresenta il flusso assegnato dal modello
- S corrisponde alla capacità di saturazione;
- α e β sono i parametri legati alla geometria dell'infrastruttura, associati direttamente al linktype;
- C è il costo chilometrico operativo (distinto per classe) convertito in tempo aggiuntivo sulla rete attraverso il valore del tempo del mezzo privato (VOT). I costi operativi² ed il valore del tempo (VOT) per le diverse classi sono, rispettivamente:
 - 0,07€/km e 17,26 €/h per l'auto;
 - 0,40 €/km e 21,86 €/h per i mezzi pesanti.

Il costo chilometrico applicato agli archi autostradali è pari a circa 0,07 €/km per le auto, 0,23 €/km per i mezzi pesanti (valore stimato sui costi delle tratte di A4 presente nell'area di studio).

1.3. Analisi della domanda

I dati di pendolarismo del Censimento ISTAT e della Regione Lombardia e gli esiti della campagna di indagini (flussi di traffico) sono stati la base per la ricostruzione della domanda nell'area di studio. Poiché i dati di rilievo distinguono i mezzi in transito tra leggeri e pesanti, si è optato per la costruzione di un modello multiclasse alimentato dalle 2 categorie di veicoli rilevate. Le matrici di domanda, riferite all'ora di punta della mattina (07:30 – 08:30), sono state ottenute calibrando le matrici leggeri e pesanti ricavate dai dati di pendolarismo ISTAT/Regione con i valori dei flussi veicolari rilevati nella campagna del 2019 operata dal comune di Monza. A partire dalla matrice auto ISTAT/Regione, base per la determinazione della domanda di veicoli leggeri, si è costruita una matrice di base per i veicoli pesanti ipotizzando un'uguale distribuzione degli spostamenti nell'area di studio e una consistenza proporzionale al rapporto tra leggeri e pesanti rilevati. In sostanza, la matrice di partenza dei mezzi pesanti, è pari a quella dei mezzi leggeri

² Fonte Transport analysis guidance (TAG), dipartimento dei trasporti inglese, valore espresso in £ e convertito in €

“scalata” secondo un coefficiente di 5,9%, pari al rapporto tra mezzi pesanti e leggeri rilevati.

In sintesi, sono assegnate distintamente due matrici, leggeri e pesanti. Ciascuna di queste matrici contribuisce ad incidere sulle performance dei singoli archi in relazione al flusso assegnato ed alla curva di deflusso associata all’arco. Nel caso specifico, il coefficiente di conversione dei mezzi pesanti rispetto ai leggeri, proporzionale alle dimensioni degli stessi e quindi all’occupazione del suolo stradale, coincide con quello utilizzato nelle elaborazioni dei rilievi ad opera del comune di Monza ed è pari a 2.

La matrice di base ISTAT fornisce già una prima indicazione sul riparto modale, scomponendo la totalità degli spostamenti sistematici a seconda del modo di trasporto utilizzato.

1.3.1. Il riparto modale ISTAT

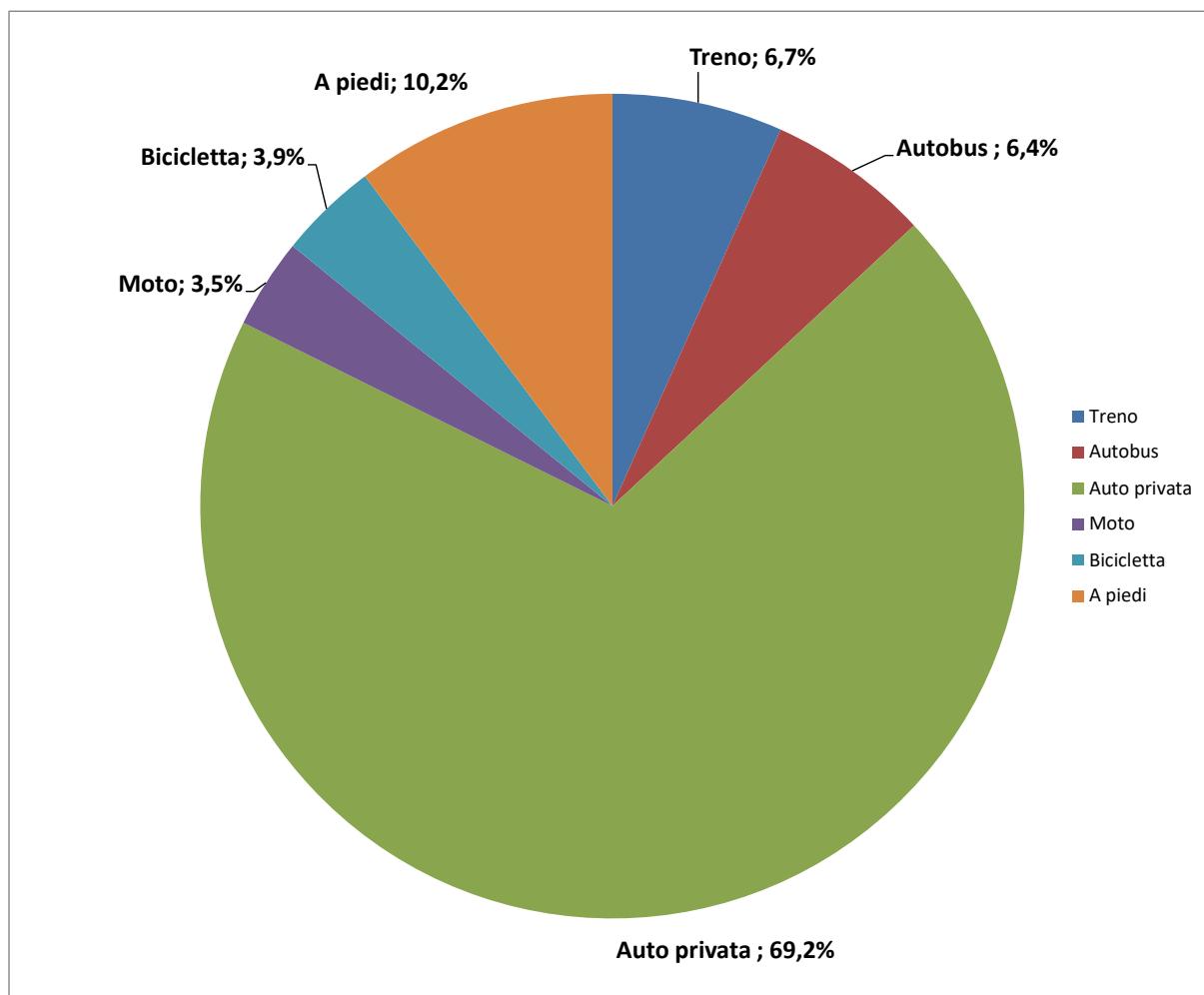
La mobilità sistematica misurata dall’ISTAT 2011, per la fascia oraria di punta del mattino (indicativamente 6:15 – 9:15), è una buona base per valutare, in prima analisi, la distribuzione dei flussi ed effettuare le prime considerazioni sulla mobilità all’interno del comune di Monza e della provincia.

Tra i vari dati, l’ISTAT fornisce anche un’indicazione circa il mezzo utilizzato per gli spostamenti, distinguendo tra mezzi pubblici (treno, tram, metropolitana, autobus urbano, extraurbano o aziendale/scolastico), mezzi privati (auto privata come conducente, come passeggero o motocicletta) e mezzi non motorizzati (bicycletta, a piedi o altro).

A seguire, si riportano le analisi effettuate in termini di riparto modale degli spostamenti da/per la provincia di Monza-Brianza riferite ai mezzi motorizzati treno, autobus, auto e moto e ai non motorizzati piedi e bici: si evidenzia un rapporto 86% – 14% tra spostamenti motorizzati e spostamenti non motorizzati nella provincia. Tra chi si sposta con mezzi motorizzati, il 13% sceglie i mezzi pubblici e il 73% i mezzi privati (principalmente l’automobile)³.

Treno	36.130	6,7%	Motorizzati	85,86%	Pubblico	13,09%
Autobus	34.487	6,4%			Privato	72,78%
Auto privata	373.693	69,2%				
Moto	19.050	3,5%				
Bicycletta	20.974	3,9%	Non motorizzati	14,14%		
A piedi	55.312	10,2%				

³Percentuali riferite al totale degli spostamenti.



Riparto modale per gli spostamenti da/per la Provincia di Monza

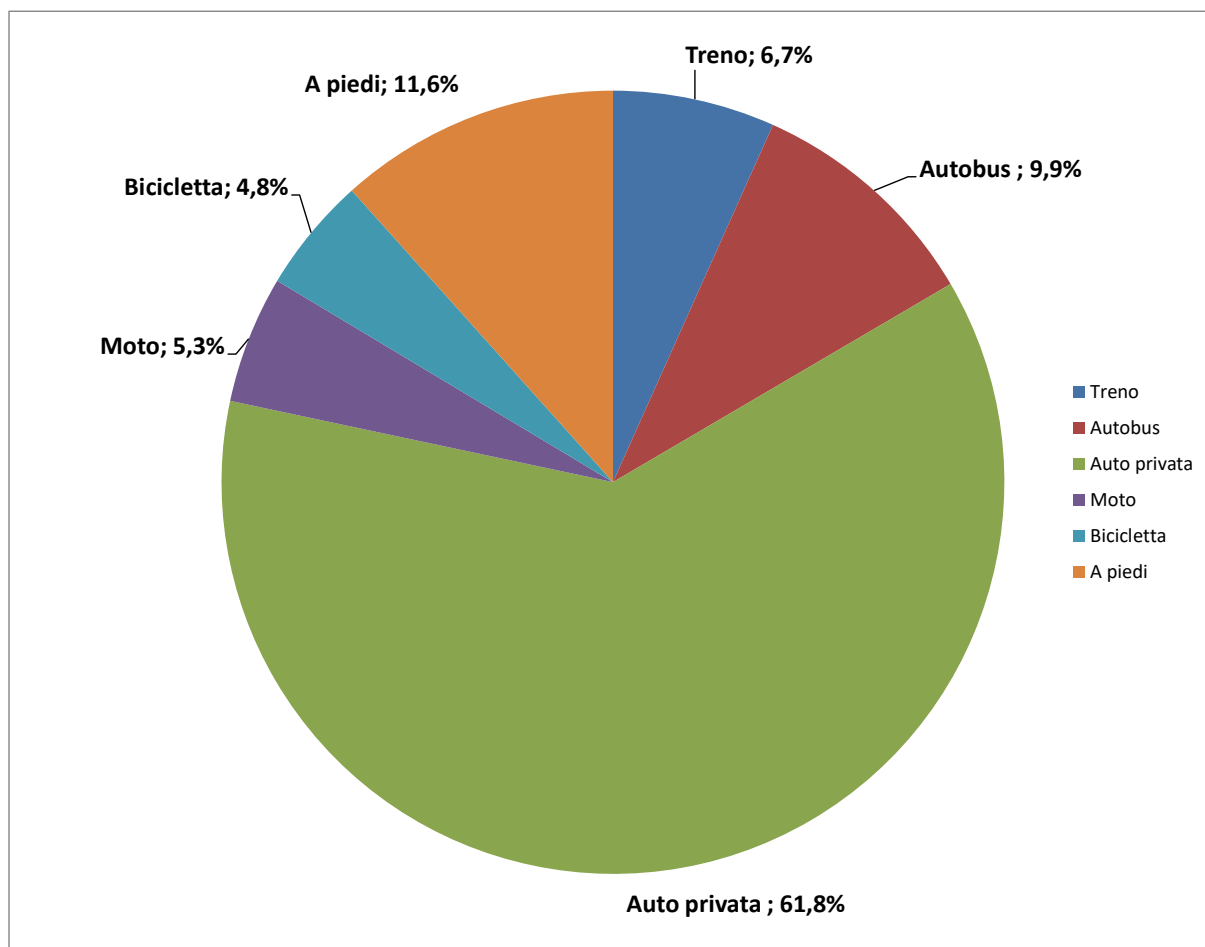
L'analisi effettuata in termini di riparto modale degli spostamenti da/per il Comune di Monza evidenzia un rapporto 84% – 16% tra spostamenti motorizzati e spostamenti non motorizzati.

Tra chi si sposta con mezzi motorizzati nel comune di Monza, il 17% sceglie i mezzi pubblici e il 67% i mezzi privati (principalmente l'automobile)⁴.

La bicicletta assorbe al 2011 una quota esigua di spostamenti inferiore al 5%.

Treno	6.827	6,7%	Motorizzati	83,60%	Pubblico	16,56%
Autobus	10.034	9,9%			Privato	67,05%
Auto privata	62.919	61,8%				
Moto	5.360	5,3%	Non motorizzati	16,40%		
Bicicletta	4.858	4,8%				
A piedi	11.842	11,6%				

⁴Percentuali riferite al totale degli spostamenti.

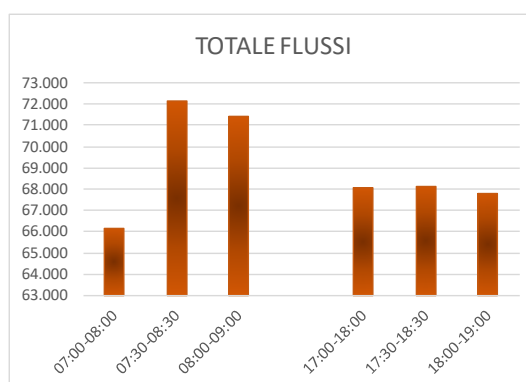


Riparto modale per gli spostamenti da/per il Comune di Monza

1.3.2. La campagna di indagine sulla mobilità dell'area di studio

Nel 2019 il comune di Monza ha condotto una campagna di monitoraggio dei flussi di traffico veicolare mediante **strumentazioni di tipo radar o tubi pneumatici presso 59 postazioni distribuite nel centro storico e nelle aree periferiche della città sulle principali arterie di penetrazione**. Presso ciascuna sezione sono stati rilevati i flussi in transito (classificati per senso di marcia, classe di lunghezza, classe di velocità) per 7 giornate consecutive nel periodo 24 ottobre – 13 dicembre 2019. Dalle elaborazioni sulle 59 postazioni di monitoraggio, cui corrispondono 114 sezioni di traffico, si sono individuate le ore di punta del mattino e del pomeriggio. L'ora di punta rappresenta l'intervallo orario di massimo carico dei flussi di traffico veicolare sulla rete; l'ora di punta della mattina è la fascia 07:30 alle 08:30, quella del pomeriggio va dalle 17:30 alle 18:30. L'ora di punta assoluta si registra nella fascia mattutina (07:30-08.30).

TOTALE FLUSSI	
07:00-08:00	66.126
07:30-08:30	72.128
08:00-09:00	71.398
17:00-18:00	68.036
17:30-18:30	68.121
18:00-19:00	67.832



Totale flussi (passaggi di mezzi leggeri e pesanti) registrati tra le 7:00 e le 9:00 e tra le 17:00 e le 19:00 per individuazione dell'ora di punta

Le sezioni di rilievo rappresentano i punti di calibrazione delle matrici di base per i veicoli leggeri e quelli pesanti. I punti di calibrazione per i veicoli leggeri sono 113, quelli per i mezzi pesanti sono 114; via Manzoni, corrispondente alla sezione S53, in direzione nord è una corsia riservata a autobus e taxi e, per evitare che il modello assegni flussi privati ad una corsia riservata, è stata interdetta al transito dei veicoli leggeri (prevalentemente mezzi privati) ed è stata lasciata aperta ai mezzi pesanti (soprattutto autobus in ambito urbano).

A seguire si riporta l'elenco delle 59 sezioni indagate con i passaggi in termini di mezzi leggeri, mezzi pesanti e totale per direzione.

1: viale Libertà					
direzione: viale Stucchi			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.261	96	1.358	670	18	688
2: viale Stucchi					
direzione: sud			direzione: nord		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.580	146	1.726	2.169	252	2.421
3: viale Sicilia					
direzione: centro città			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
667	4	671	521	10	530
4: via Salvadori					
direzione: viale Stucchi			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
910	51	961	440	9	449
sezione 5: via Sant'Albino					
direzione: Sant'Albino			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
109	2	111	282	16	298
6: via della Vittoria					
direzione: San Damiano			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
560	20	580	496	6	502
7: viale Stucchi					
direzione: nord			direzione: sud		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.614	184	1.799	2.289	264	2.553
8: via Buonarroti					
direzione: centro città			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
525	25	550	736	49	785
9: Rampe IN/OUT viale Fermi					
direzione: IN verso viale Fermi			direzione: OUT da viale Fermi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.066	67	1.133	969	44	1.014
10: via Carnia					
direzione: centro città			direzione: San Rocco		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
479	6	484	531	17	548

11: via Monte Santo					
direzione: corso Milano			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
759	94	852	722	83	805
12: via Borgazzi					
direzione: Milano			direzione: Monza		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.144	96	1.240	497	33	530
13: viale Campania					
direzione: centro città			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.149	68	1.218	596	24	619
14: viale Lombardia sud					
direzione: Monza			direzione: Milano		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
482	15	497	1.052	167	1.219
15: viale Romagna					
direzione: centro città			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
426	12	437	550	16	566
16: via della Taccona					
direzione: Taccona			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
281	10	292	287	12	299
17: viale Lombardia centro					
direzione: Monza			direzione: Milano		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
334	8	342	598	17	615
18: via Cavallotti					
direzione: centro città			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
262	7	268	259	6	264
19: via Vittorio Veneto					
direzione: centro città			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
251	7	258	284	7	291
20: via Montelungo					
direzione: centro città			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
163	2	165	263	5	268

21: rampe SS36					
direzione: SS36			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
818	85	903	365	8	373
22: viale Lombardia nord					
direzione: Villa Reale			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
275	4	279	473	6	479
23: via Lario					
direzione: Monza			direzione: Muggiò		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
803	50	853	914	31	945
24: via Manara					
direzione: centro città			direzione: Piazzale Virgilio		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
800	68	868	435	28	463
25: viale Cesare Battisti					
direzione: Villa Reale			direzione: Piazzale Virgilio		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.685	120	1.805	1.227	98	1.324
26: viale Elvezia					
direzione: SS36 / SP6var			direzione: Piazzale Virgilio		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
874	32	906	1.379	98	1.477
27: via Boito					
direzione: Monza			direzione: Lissone		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
634	11	645	500	18	518
28: via Ramazzotti					
direzione: Ospedale			direzione: Parco		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
508	10	518	394	12	406
29: viale Brianza					
direzione: Villa Reale			direzione: Vedano al Lambro		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
1.079	71	1.150	854	48	901
30: viale Cavriga					
direzione: Villasanta			direzione: Monza		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
458	14	472	461	8	469
41: via Monti e Tognetti					
direzione: centro città			direzione: Lissone		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
613	43	655	247	7	254
42: via Volta					
direzione: centro città			direzione: ---		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
225	16	241	0	0	0
43: via Dante Alighieri					
direzione: viale Cesare Battisti			direzione: ---		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
568	35	603	0	0	0
44: viale Regina Margherita					
direzione: viale Cesare Battisti			direzione: piazza Citterio		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
461	28	489	651	59	710
45: via Boccaccio					
direzione: viale Regina Margherita			direzione: via Annoni		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
931	47	978	1.408	92	1.499
46: via Lecco					
direzione: centro città			direzione: via Cantore		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
247	7	254	529	49	578
47: via Visconti					
direzione: via Lecco			direzione: largo Mazzini		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
436	24	460	469	16	485
48: via Porta Lodi					
direzione: via Cernuschi			direzione: ---		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
322	9	330	0	0	0
49: via Visconti					
direzione: corso Milano			direzione: via Lecco		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
785	44	829	414	15	429
50: via Turati					
direzione: largo Mazzini			direzione: piazza Castello		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
340	27	366	528	40	568

31: via Lecco					
direzione: Monza			direzione: Villasanta		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
429	11	440	460	5	465
32: viale Libertà					
direzione: centro città			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
708	49	757	1.242	100	1.342
33: via Amati					
direzione: viale Sicilia			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
245	6	251	421	11	432
34: via Tintoretto					
direzione: nord			direzione: sud		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
451	23	474	554	27	581
35: via Foscolo					
direzione: centro città			direzione: viale Stucchi		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
480	28	508	377	24	400
36: via Rota					
direzione: Quartiere Cederna			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
456	33	489	626	46	672
37: via Buonarroti					
direzione: via Rota			direzione: via Mentana		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
200	8	207	325	13	338
38: via Mentana					
direzione: centro città			direzione: via Buonarroti		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
366	13	379	212	5	217
39: via Marsala					
direzione: corso Milano			direzione: viale Lombardia		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
347	21	368	239	8	248
40: via Cavallotti					
direzione: viale Lombardia			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
406	12	418	386	5	390
51: via Caduti del Lavoro					
direzione: Stazione FS			direzione: corso Milano		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
480	18	498	72	0	72
52: corso Milano					
direzione: Monza			direzione: Milano		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
718	70	788	986	73	1.059
53: via Manzoni					
direzione: Monza			direzione: Milano		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
8	54	62	571	73	644
54: via Manzoni					
direzione: via Cavallotti			direzione: via Prina		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
292	12	304	174	6	180
55: via Parravicini					
direzione: via Cavallotti			direzione: ---		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
417	15	432	0	0	0
56: via Prina					
direzione: piazzale Virgilio			direzione: centro città		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
343	20	363	247	15	262
57: via Appiani					
direzione: piazza Citterio			direzione: via Manzoni		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
525	18	543	357	12	369
sezione 58: via D'Azelio					
direzione: via Lecco			direzione: piazza Citterio		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
460	18	479	620	50	670
59: via Vittorio Emanuele II					
direzione: centro città			direzione: via Lecco		
Leggeri	Pesanti	Totale	Leggeri	Pesanti	Totale
156	3	159	166	4	170

1.3.3. Le matrici di base leggeri e pesanti

La matrice origine-destinazione di base degli spostamenti veicolari leggeri è stata elaborata a partire dai dati **demografici, quali gli occupati e gli studenti** del censimento della popolazione, dai dati degli **addetti** del censimento dell'industria e dei servizi e dai dati della **sezione pendolarismo** ISTAT e della regione Lombardia.

In particolare, con riferimento ai dati ISTAT, la mobilità sistematica misurata per le ore di punta del mattino (indicativamente 6:15-9:15) è una buona base per valutare la distribuzione dei flussi di traffico leggeri, che rappresentano la gran parte della movimentazione degli spostamenti sistematici, e per effettuare le prime considerazioni sulla mobilità all'interno dell'area di studio.

Per ogni spostamento rilevato con origine o destinazione interno alla provincia di Monza, ISTAT e Regione forniscono il comune origine e destinazione. I dati di partenza utilizzati sono numericamente completi (si riferiscono a tutta la popolazione), ma qualitativamente limitati (mancano di informazioni sugli spostamenti non sistematici e il dettaglio della sezione censuaria di origine e di destinazione).

La matrice del modo auto, base per la determinazione degli spostamenti dei veicoli leggeri, nell'ora di punta 07:30-08:30, esclusi gli spostamenti intrazonali, ha consistenza pari a 106.495 spostamenti.

Così come precedentemente anticipato, per determinare la matrice di base della classe dei pesanti si è partiti da quella dei leggeri ridotta di un coefficiente pari al rapporto tra il numero di veicoli pesanti e quello dei leggeri misurato sulle 114 sezioni di rilievo. La percentuale pesanti/leggeri è del 5,9%, la matrice base dei pesanti ha consistenza pari a 6.283 vetture.

1.4. La calibrazione del modello

Una volta completata la rappresentazione dell'offerta e della domanda di mobilità (distinta in veicoli leggeri e pesanti), si è proceduto con la calibrazione delle matrici della mobilità privata considerando i valori dei flussi conteggiati nelle 113 sezioni leggeri e 114 sezione per i pesanti della campagna dei rilievi del comune di Monza di ottobre 2019. Le matrici di partenza non corrispondono esattamente alla realtà del territorio di studio, sia per la parzialità dei dati d'origine, sia perché esiste una consistente componente occasionale, non rilevabile dai dati di base, che assume comunque carattere di sistematicità: si tratta di tutti quegli spostamenti verso polarità territoriali (ospedali, municipio, supermercati) la cui frequenza media per abitante nel territorio considerato assume valori consistenti e stabili.

Le matrici dell'ora di punta della mattina (07:30-08:30), elaborate a partire dalle matrici di pendolarismo della regione Lombardia e dell'ISTAT, dal censimento ISTAT della popolazione e dei servizi e delle imprese, sono state la base della ricostruzione della domanda di trasporto per i veicoli leggeri e quelli pesanti.

Le matrici di base ed i flussi di traffico misurati sono stati gli elementi fondamentali del processo di calibrazione del modello, che ha ricalcolato le matrici orarie della mattina, in modo da restituire in fase di assegnazione un quadro quanto più verosimile della situazione attuale.

Il processo di calibrazione per i veicoli leggeri ha restituito una **matrice di 109.493 veic/h nell'area di studio tra le 07:30e le 08:30 (+3% circa)**.

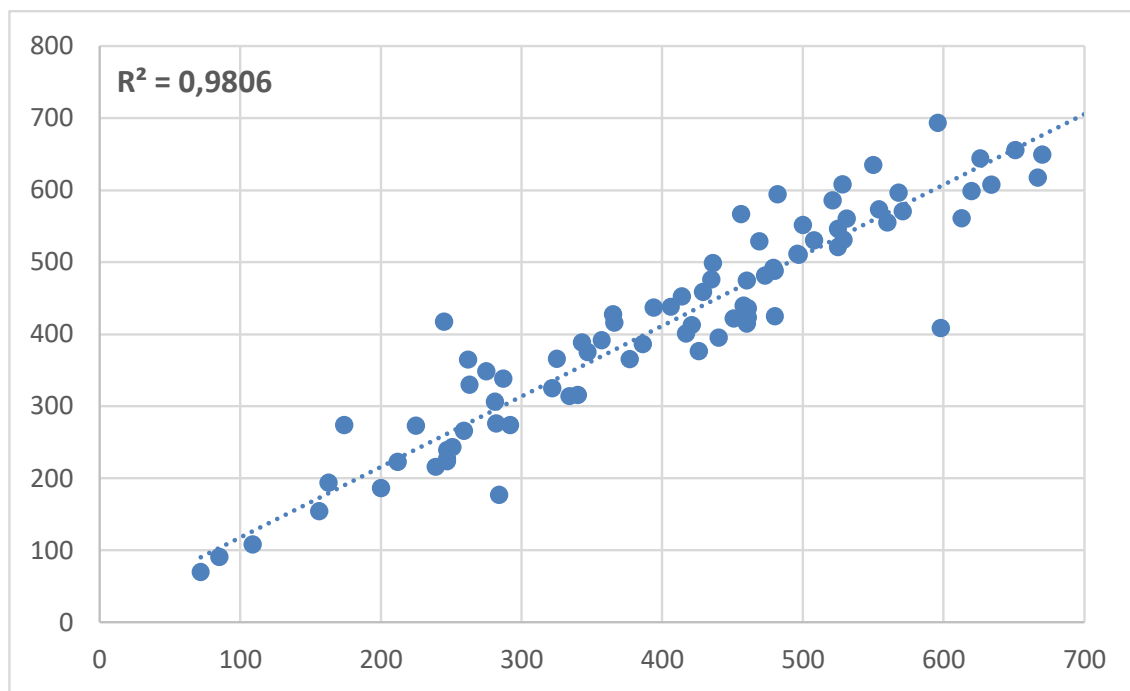
Il processo di calibrazione per i veicoli pesanti ha restituito una **matrice di 7.229 veic/h nell'area di studio tra le 07:30e le 08:30 (+15% circa)**.

Il procedimento ha riportato risultati eccellenti per entrambe le classi veicolari considerate, con valori di regressione lineare (parametro che considera la bontà complessiva della calibrazione, tanto migliore quando si avvicina ad 1) pari a 0,98 sia per i leggeri che per i pesanti.

Utile per una valutazione puntuale, sezione per sezione, è il calcolo dell'indice GEH, definito come:

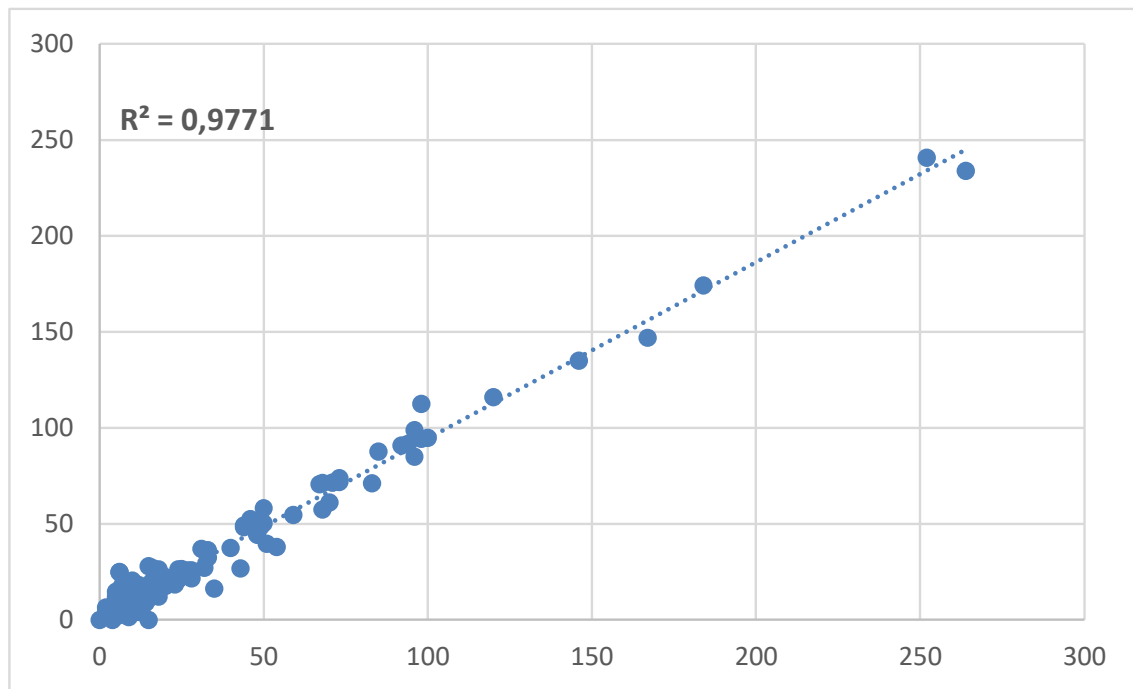
$$GEH = \sqrt{\frac{(simulato - rilevato)^2}{(simulato + rilevato) * 0,5}}$$

Esaminando i punti di calibrazione della mattina, per i veicoli leggeri, si nota che l'indice GEH risulta sempre minore di 5 nel 93% dei casi a conferma della bontà del processo di calibrazione.



Indice di regressione lineare della matrice dei veicoli leggeri

Analogamente, per i veicoli pesanti una sola sezione registra un valore del GEH leggermente superiore a 5.



Indice di regressione lineare della matrice dei veicoli pesanti

1.4.1. La matrice leggeri calibrata

La matrice calibrata sintetizza efficacemente la distribuzione dei flussi riferita al territorio di studio.

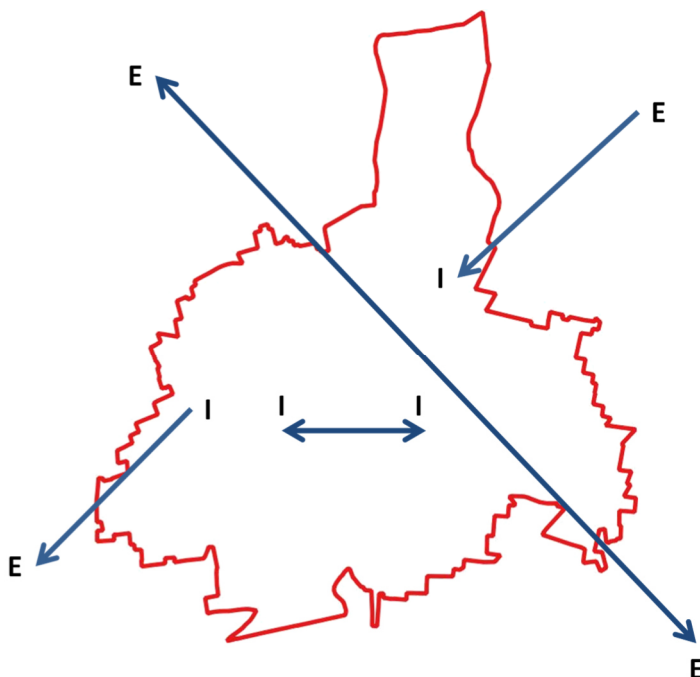
Con riferimento alla matrice dei veicoli leggeri, rappresentativi della quasi totalità del traffico privato, dei 109.493 veic./h in movimento nell'area di studio, 49.394 veic./h interessano la rete urbana del comune di Monza (sono state escluse dal conteggio le autostrade e superstrade e considerati solo gli archi ricadenti nel tessuto urbano cittadino).

Di seguito vengono ripartiti graficamente gli spostamenti dei veicoli leggeri dell'ora di punta della mattina (07:30-08:30) passanti per la rete urbana del comune di Monza, tra **quattro diverse componenti**: quelli interni al comune, quelli con origine esterna e destinazione interna, quelli con origine interna e destinazione esterna e quelli di attraversamento, con origine e destinazione esterna.

Il traffico comunale di Monza è distribuito così come descritto nella figura a seguire.

La matrice di spostamenti veicoli leggeri calibrata in ora di punta (07:30-08:30), riferita al territorio provinciale, ha una consistenza pari a 109.492. **Gli spostamenti che interessano la rete urbana ricadente nei confini del comune di Monza sono, in totale, 49.394, distribuiti così come di seguito:**

- II = 21.690 veq/h (43,9%)
- IE = 9.795 veq/h (19,8%)
- EI = 10.522 veq/h (21,3%)
- EE = 7.387 veq/h (15,0%)



Distribuzione del traffico veicolare: matrice calibrata 2019, ora di punta 07:30– 08:30, comune di Monza

La maggioranza degli spostamenti (oltre il 75% del totale), hanno come destinazione il Comune (I-I ed E-I).

1.5. Sottomatrici delle O/D con spostamenti compresi nel raggio di 3, 4 e 5 km

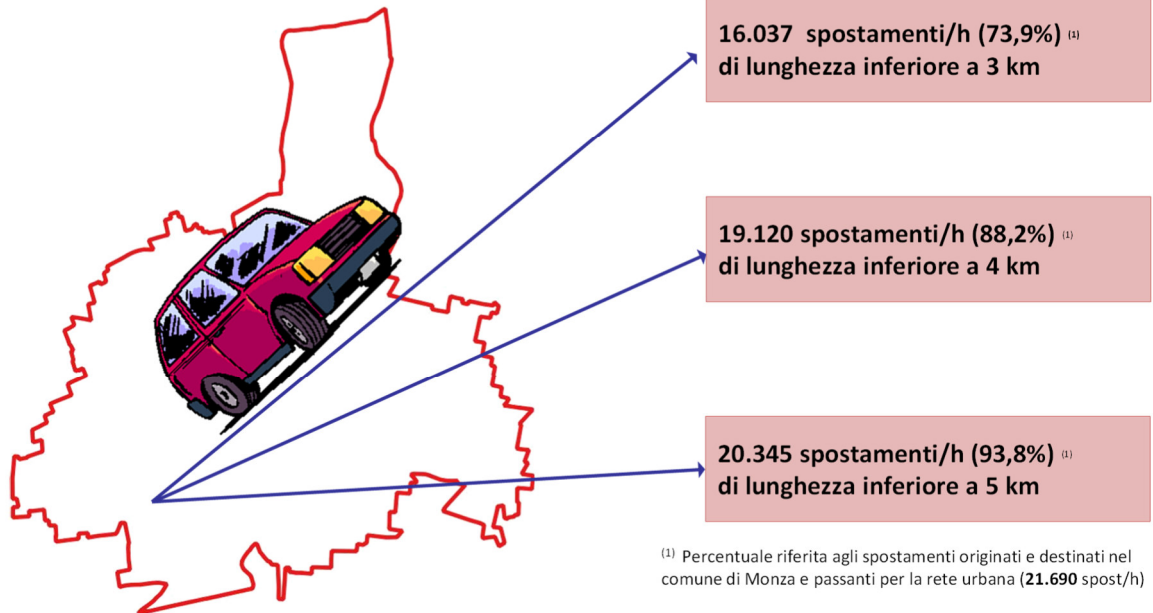
La stima della domanda di mobilità, sintetizzata all'interno delle matrici le cui celle contengono il numero di spostamenti tra coppie di centroidi georeferenziati origine e destinazione, ha permesso di filtrare i movimenti in base alla distanza percorsa.

In particolare, la componente interna-interna del comune di Monza della matrice leggeri calibrata nell'ora di punta della mattina, è stata scomposta in 3 diverse sottomatrici in modo da quantificare la possibile utenza che, data la dimensione locale dello spostamento, potrebbe effettuare diversione modale verso la bicicletta.

L'esigenza dell'approfondimento condotto, nasce dalla consapevolezza che tali spostamenti, attualmente compiuti su auto, proprio per la loro natura di territorialità comunale e di brevità, possano, almeno in parte, migrare verso forme di mobilità dolce (ciclabile o micro mobilità elettrica). Questa possibilità rappresenta, oggi più che mai, in periodo di pandemia da Covid 19, una opportunità che ogni comune dovrebbe cogliere.

Le analisi proposte vanno viste anche alla luce dalle recentissime modifiche al Codice della Strada introdotte dal Decreto Legge n. 76 del 16 luglio 2020 "Decreto Semplificazioni" ed in particolare dall' art. 49, modifiche che consentiranno, una volta pubblicati i relativi regolamenti, di realizzare nuovi percorsi ciclabili su strada sia attraverso l'introduzione delle **Strade Ciclabili di tipo E Bis**, sia attraverso le corsie ciclabili (quest'ultime potranno essere realizzate **anche "contromano" rispetto al flusso veicolare**). A seguire le immagini delle sottomatrici di spostamento di 3, 4 e 5 km nel comune di Monza.

Sottomatrici di spostamenti interni – interni al Comune di Monza di lunghezza minore o uguale 3, 4 e 5 km

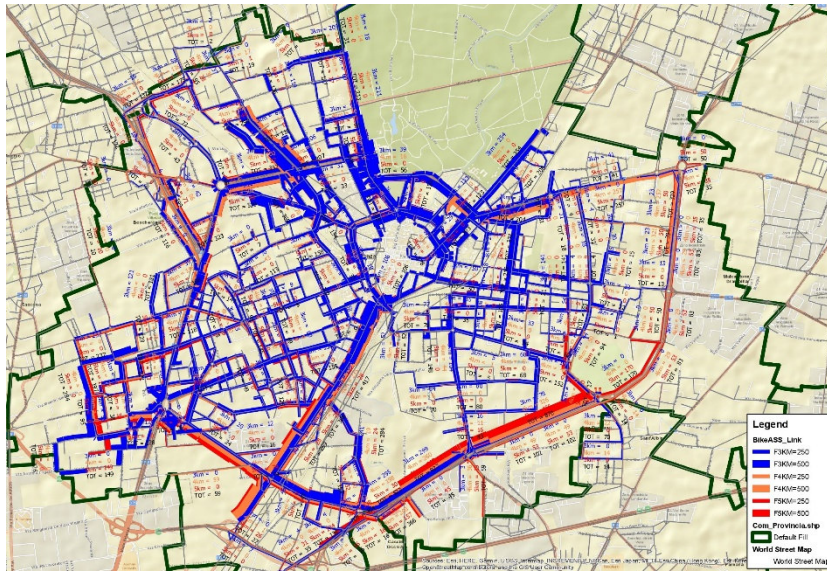


Distribuzione del traffico veicolare nel comune di Monza: matrice calibrata 2019 ora di punta 07:30-08:30

Con il supporto del modello di simulazione è stato possibile selezionare gli spostamenti suscettibili di “migrare” verso la mobilità dolce (bici o micromobilità elettrica). Tale attività è partita dall’assegnazione di tutta la domanda di mobilità che impegna la rete urbana dei 3 comuni aggregati, per poi individuare, e quindi selezionare, quegli spostamenti che contemporaneamente rispondono ai seguenti requisiti:

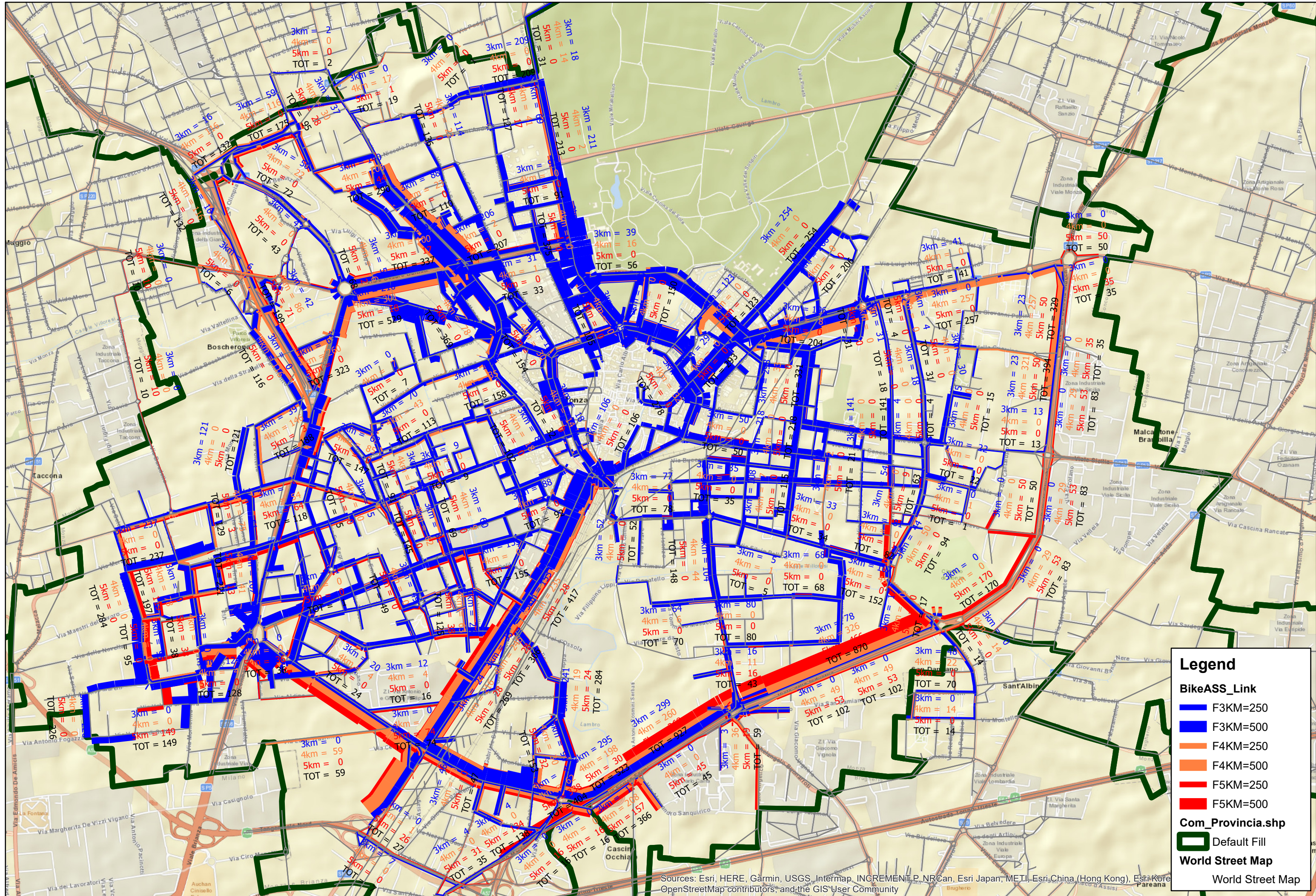
- si sviluppano **completamente all’interno dei confini del comune**;
- **sono inferiori a 5 km** (distanza misurata su strada che tiene conto della viabilità reale e non considera, invece, i connettori fittizi che collegano le Zone di traffico alla rete stradale).

Nella figura a seguire, un estratto della tavola C5RM0060 nella quale si è assegnata la matrice dei solo spostamenti privati dei 3 comuni aggregati di lunghezze <3km, compresi tra 3 e 4 km e tra 4 e 5 km.



Dall'assegnazione della matrice dei soli spostamenti di lunghezza <5km si possono trarre indicazioni su dove si concentrino principalmente quelle relazioni di estensione contenuta che più facilmente possono migrare verso una mobilità alternativa e dolce.

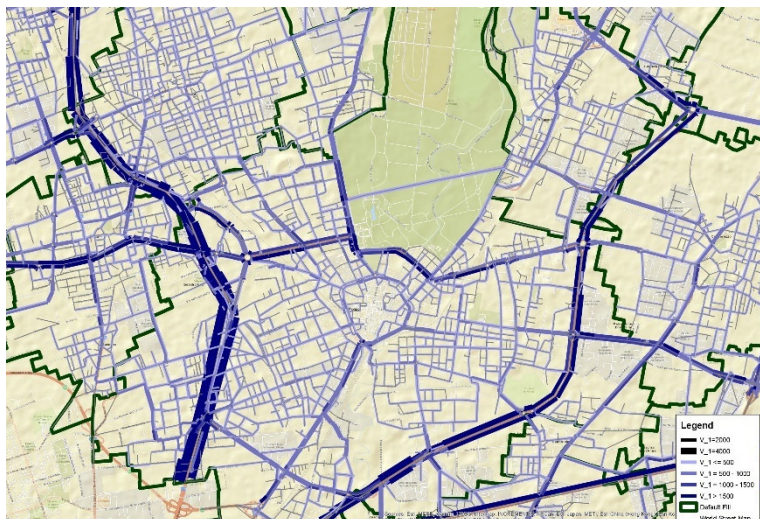
Assegnazione della matrice OD di spostamenti <5 km



1.6. Lo scenario attuale: i flussi di traffico

Il processo di pianificazione si fonda sulla ricostruzione dello stato attuale finalizzato a far emergere le eventuali criticità attuali del sistema della mobilità dell'area di studio, attraverso lo studio delle caratteristiche quantitative e qualitative della domanda di mobilità e della struttura dell'offerta.

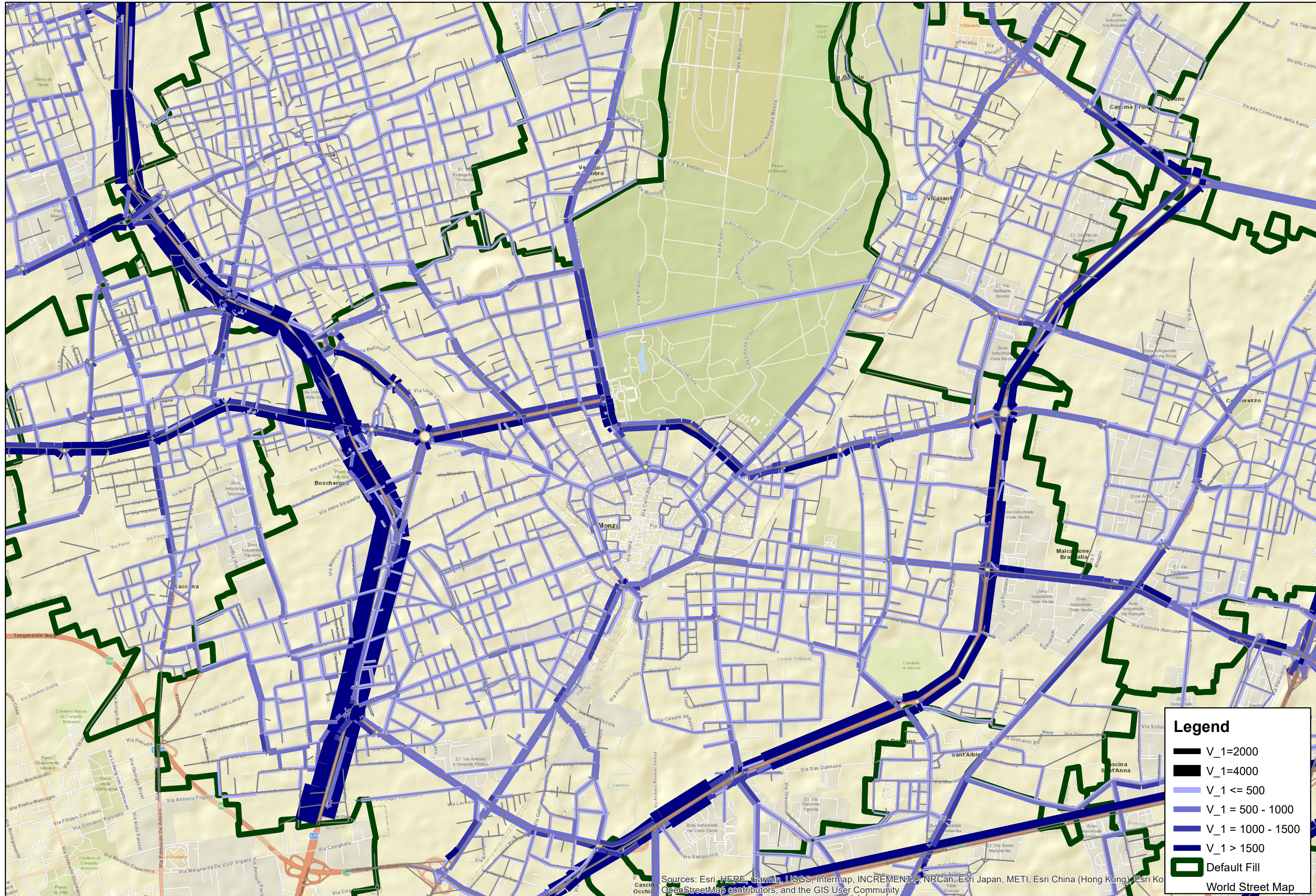
Incrociando il grafo e la rete viaria con la zonizzazione e con le matrici degli spostamenti è stato possibile assegnare la domanda alla rete e rappresentare lo stato attuale del sistema della mobilità dell'area di studio.

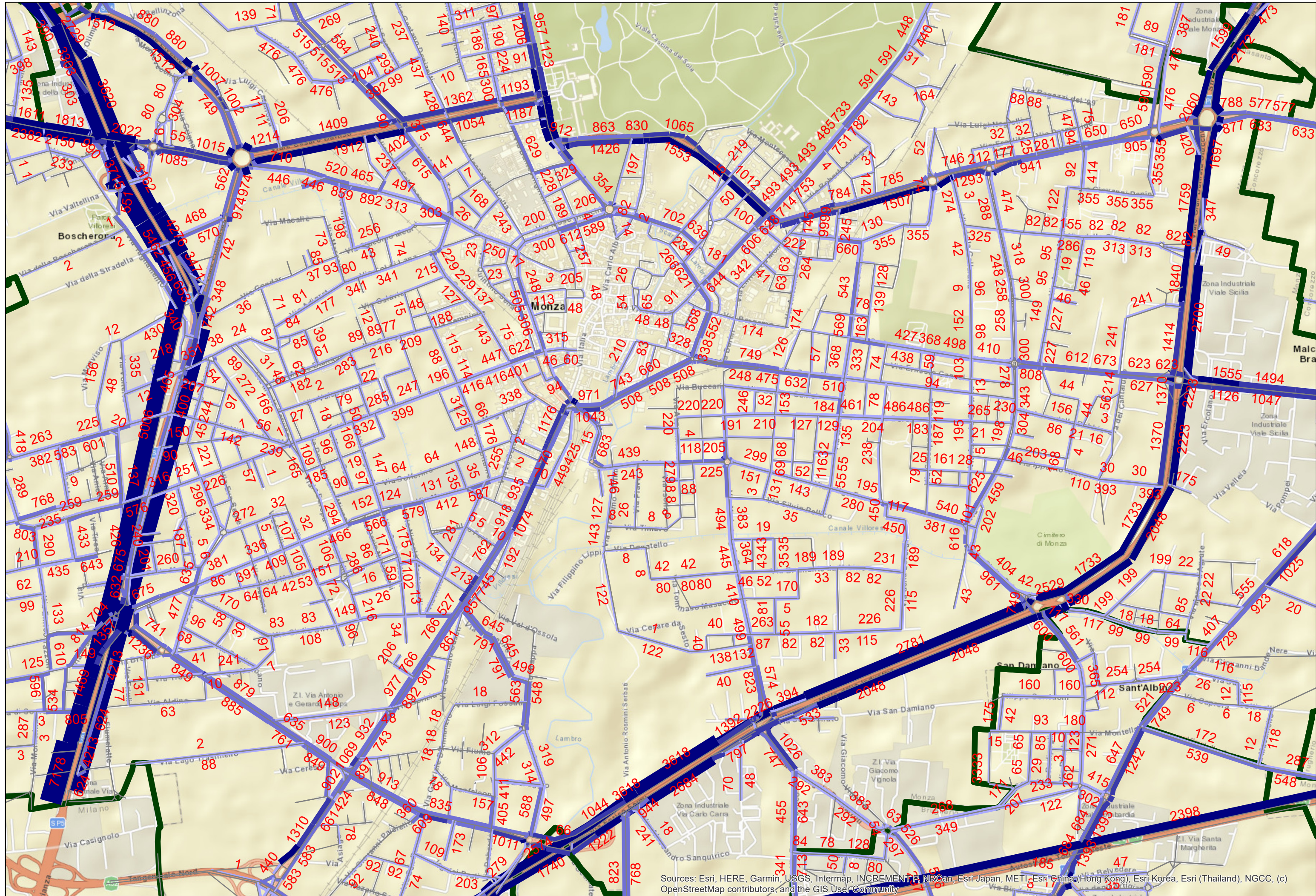


Il risultato evidenziato dalla figura a lato definisce, per ciascun arco della rete, il flusso di traffico (espresso in veicoli equivalenti) dell'ora di punta (07:30-08:30). I valori dei flussi sono riportati in destra e in sinistra per gli archi a doppio senso di marcia. Nel caso di viabilità a senso unico l'unico valore presente riporta i veicoli equivalenti che attraversano l'arco specifico nell'ora di punta.

Assegnazione della matrice attuale (ora di punta 07:30-08:30) alla rete attuale - Monza

A seguire si riportano le tavole dell'assegnazione attuale calibrata dell'area di studio (C5RM0020 e C5RM0030).

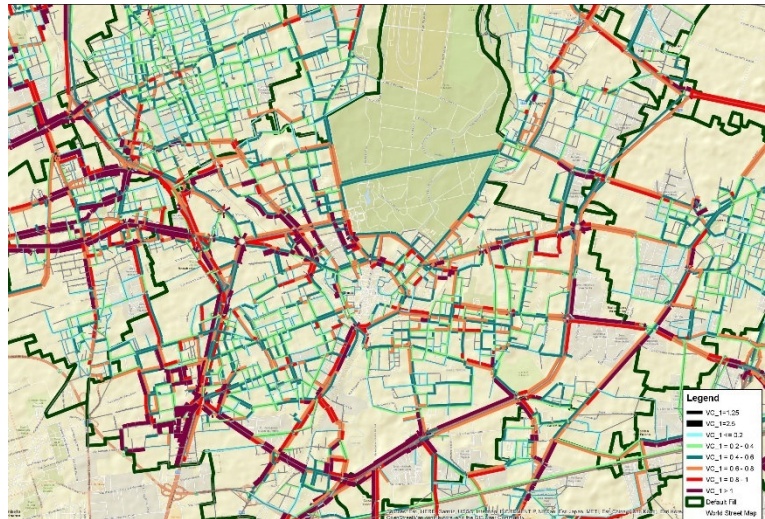




I risultati dell'assegnazione della domanda alla rete del modello permetteranno di valutare le criticità sulla rete attraverso il rapporto tra flussi in transito (domanda di mobilità) e capacità della strada (offerta di mobilità), che rappresenta, per ciascun arco, il grado di saturazione raggiunto.

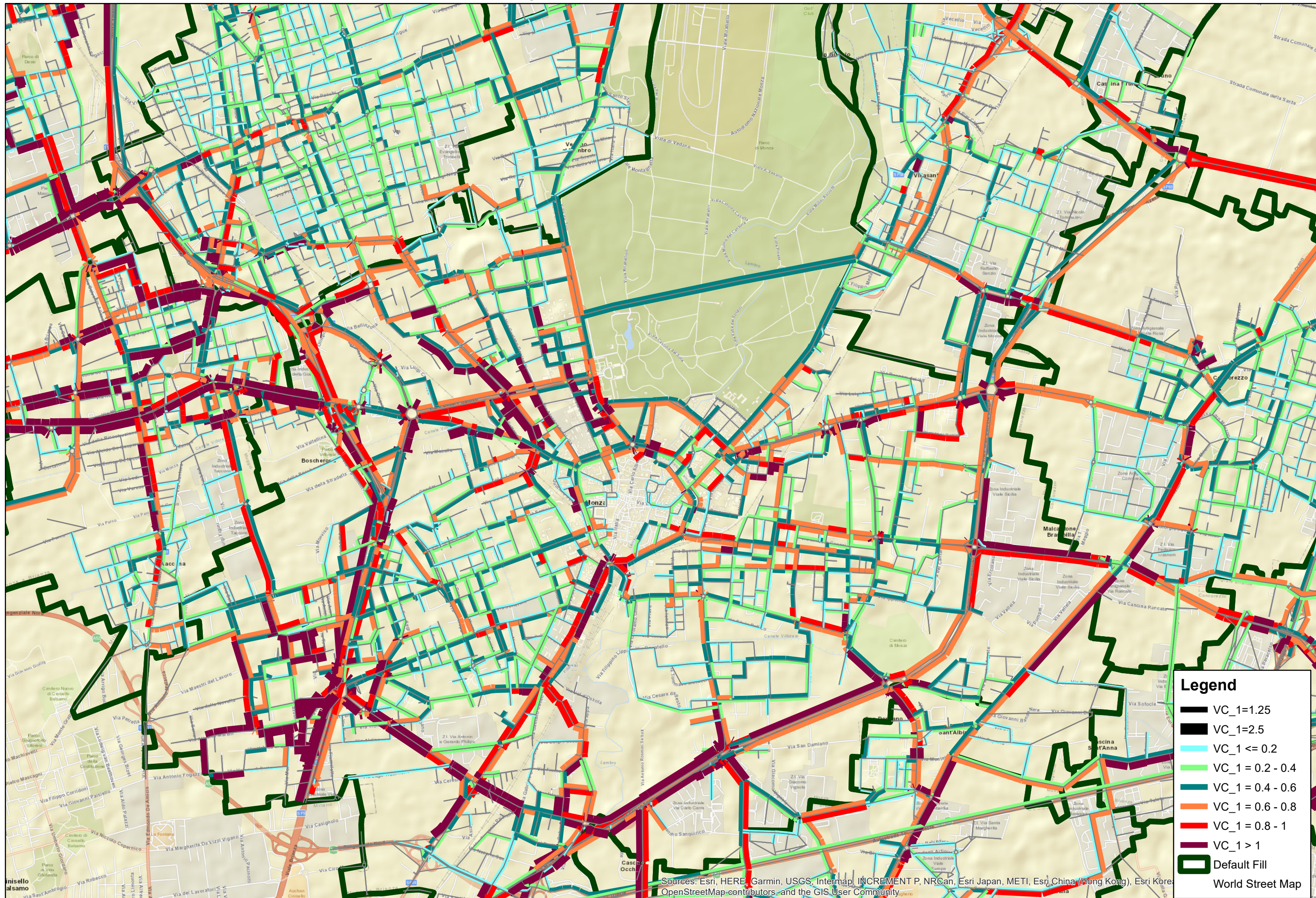
In celeste e verde vengono schematizzate le vie della città che non incontrano problemi di congestione, in arancio gli archi che richiedono un livello di attenzione ed in rosso e viola le viabilità che presentano un alto livello di criticità.

L'individuazione degli archi e nodi che presentano livelli di criticità consente di programmare le azioni con il livello di priorità maggiore, rispetto a quelli che presentano un livello di attenzione.



Assegnazione della matrice attuale (ora di punta della mattina 07:30-08:30) alla rete attuale – Flussi/Capacità

A seguire si riportano le tavole del rapporto flussi/capacità della rete assegnata attuale (C5RM0040 e C5RM0050).





Sede Italia - Via Roberta, 1 – 06132 S.Martino in Campo (PG)
C.F. e P.IVA 01701070540 - N.Iscriz.Trib. di Perugia 18432
Tel. 075/609071 Fax 075/6090722

Sede Lettonia – Lāčplēša iela 37, Riga

Sede Turchia – Fetih Mah. Tahralı Sok. Tahralı Sitesi Kavakyeli Plaza 7-D Blok D:8 Ataşehir 34704 İstanbul

Sede Albania - Baer Consulting Sh.p.K, Kajo Karafili pall Bimbashi, Kati 6, AP. B., Tirana

E-mail: sintagma@sintagma-ingegneria.it - www.sintagma-ingegneria.it