



Comune di Lanciano

Aggiornamento del Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU).

Allegato G

Predisposizione del modello di assegnazione del traffico in VISUM



Dicembre 2012

[2811ST]



Indice

Premessa	3
1 Modellazione dell'offerta di trasporto.....	4
1.1 Offerta di trasporto privato dello stato attuale	4
1.1.1 <i>Fonti informative per la costruzione del grafo</i>	4
1.1.2 <i>Archi e loro tipizzazione</i>	4
1.1.3 <i>Nodi</i>	16
1.1.4 <i>Zonizzazione dell'area oggetto di studio</i>	18
1.1.5 <i>Connessioni</i>	19
1.1.6 <i>Funzioni di deflusso degli archi stradali</i>	20
1.1.7 <i>Manovre di svolta ai nodi</i>	23
1.1.8 <i>Rappresentazione dei dati di rilievo dei flussi veicolari</i>	28
2 Ricostruzione della domanda di trasporto privato	29
2.1 Le matrici di base utilizzate	29
2.2 Correzione delle matrici attraverso i rilievi di traffico stradale e validazione del modello	30
3 Valutazioni Modellistiche	38
3.1 Indicatori sul funzionamento del sistema di trasporto privato	38



Premessa

La Città di Lanciano in previsione dell'aggiornamento del PGTU ha deciso di dotarsi di un supporto tecnologico informatizzato, ovvero un modello di simulazione del traffico privato, con cui studiare le ipotesi di riorganizzazione del traffico. Il SW impiegato per implementare il modello di simulazione è VISUM della linea di prodotti PTV Vision di cui TPS è distributore esclusivo ufficiale in Italia e curatore della versione italiana, sia del software che della manualistica.

La messa a punto del modello ha comportato l'esecuzione di una serie di indagini sui flussi di traffico veicolare le quali hanno permesso di raccogliere dati indispensabili per la calibrazione e la validazione del modello.

Il software VISUM insieme al modello calibrato, messo a punto come supporto alle decisioni nel corso della redazione del PGTU, saranno oggetto di fornitura al Comune di Lanciano, che avrà pertanto a disposizione uno strumento per la gestione e il monitoraggio del Piano Urbano del Traffico in fase di attuazione e nei successivi aggiornamenti, così come per eventuali studi sovraordinati per il Piano della Mobilità nell'ambito del Piano Regolatore Generale.



1 Modellazione dell'offerta di trasporto

L'implementazione del modello di offerta di trasporto privato è avvenuta secondo le fasi e i criteri di codifica di seguito descritti.

1.1 Offerta di trasporto privato dello stato attuale

1.1.1 FONTI INFORMATIVE PER LA COSTRUZIONE DEL GRAFO

La TPS ha acquisito il grafo stradale TomTom del comune di Lanciano. Tale grafo, fornitoci dalla PTV già in formato VISUM in base a un accordo diretto a livello mondiale con l'azienda produttrice di mappe stradali, è stato utilizzato come base per il modello di simulazione. Nel database originario sono implementate informazioni sulle caratteristiche fisiche e funzionali delle rete.

1.1.2 ARCHI E LORO TIPIZZAZIONE

Gli archi presenti nel grafo sono definiti nel modello VISUM dai seguenti attributi di input:

- Numero
- Numero del nodo di origine
- Numero del nodo di destinazione
- Tipo
- Lunghezza
- Sistemi di trasporto abilitati a percorrere l'arco
- Velocità massima di percorrenza
- Capacità



Gli archi del grafo stradale TomTom sono corredati inoltre da una serie di attributi di codifica riportati nella tabella seguente, mantenuti nel formato VISUM come attributi definiti dall'utente, e che si riportano per completezza.

Tabella 1: Tabella degli attributi di codifica TomTom per gli archi

Codifica	Nome	Valore	Descrizione
RAMP	RAMP	0	No slip road
		1	Slip road unspecified
		2	Parallel slip road
		3	Slip road of a crossing at grade
		4	Slip road of a grade separated crossing
NETWORKLEVEL	NETWORKLEVEL	1	Class1
		2	Class2
		3	Class3
		4	Class4
		5	Class5
		6	Class6
		7	Class7
		8	Class8
FC	FUNCTIONALROADCLASS	-1	No functional road class available (e.g. ferry)
		0	Highest class, motorways
		1	Class1
		2	Class2
		3	Class3
		4	Class4
		5	Class5
		6	Class6
		7	Class7
		8	Class8
FW	FORMOFWAY	0	Not defined (ferry and the like)
		1	Controlled access, motorway
		2	Multi carriageway
		3	Single carriageway
		4	Roundabout



Codifica	Nome	Valore	Descrizione		
		5	Special traffic figure (NavTeq)		
		6	ETA - parking place (TeleAtlas)		
		7	ETA - parking building (TeleAtlas)		
		8	ETA - unstructured traffic (TeleAtlas)		
		9	Unstructured traffic area (NavTeq)		
		10	Ramp		
		11	Frontage road, service road		
		12	Parking access		
		13	POI access (NavTeq)		
		14	Pedestrian zone, open for delivery transport		
		15	Walkway		
		16	Free		
		17	Special traffic figure (TeleAtlas)		
		18	Free		
		19	Free		
		20	Road for authorities (TeleAtlas)		
		DISPLAYTYPE	DISPLAYTYPE	0	Unknown
				1	Type 1
				2	Type 2
				3	Type 3
4	Type 4				
5	Type 5				
6	Type 6				
7	Type 7				
8	Type 8				
9	Type 9				
10	Type 10				
11	Type 11				
12	Type 12				
13	Type 13				
14	Type 14				
15	Type 15				
LINKLENGTH	LINKLENGTH	Variable	Original Linklength in meter (for ferry links: traveltime)		



Codifica	Nome	Valore	Descrizione
ROADNUMBER	ROADNUMBER	Variable	Official road number (by provider)
DIRECTION	DIRECTION	0	DaNodo < ANodo
		1	DaNodo > ANodo
NOL	NUMOFLANES (Number of Lanes)	Variable	Original number of lanes information by data provider
CURVENESS	CURVENESS	Variable	Sum of all angles of a link divided by the length
SPEEDLIMIT	Speed Limit	Variable	Original speed limit information by provider, revised by PTV

Gli archi stradali in VISUM sono stati tipizzati secondo una tabella di tipi caratteristici (cfr. Tabella 2), allo scopo di rendere più agevole l'immissione ed il controllo dei dati. Ciascuna classe funzionale è stata suddivisa in ulteriori sottotipi che si distinguono tra loro per le diverse caratteristiche prestazionali dell'arco stradale.

Tabella 2: Tipi di arco inseriti nel modello VISUM

Tipo Arco	Denominazione	Rango	SistTrasp	Capacità Oraria	V_0 [km/h]	Numero Archi	Lunghezza [km] ¹
0	Strada da classificare	0	A,Mm,Mp	1250	55	0	
1	Ferrovia contromano	99		0	0	0	
2	Autostrada contromano	99		0	0	0	
3	Strada Extraurbana Principale contromano	99		0	0	0	
4	Strada Extraurbana Secondaria contromano	99		0	0	0	
5	Strada Extraurbana Locale contromano	99		0	0	83	3.8
6	Strada Urbana di Scorrimento contromano	99		0	0	0	
7	Strada Urbana di Quartiere contromano	99		0	0	104	3.5
8	Strada Urbana Locale contromano	99		0	0	156	5.1
9	Archi di raccordo intermodali	99		0	4	0	
10	Ferrovia da classificare	99		0	90	0	
11	Ferrovia ad alta velocità	99		0	160	0	
12	Ferrovia a quadruplo binario	99		0	120	0	
13	Ferrovia a doppio binario	99		0	100	0	
14	Ferrovia a singolo binario	99		0	80	0	
15	Ferrovia a scartamento ridotto	99		0	60	0	
16	Via marittima	99		0	30	0	
17	Via fluviale	99		0	20	0	
18	Rotta aerea	99		0	600	0	
19	Sistemi di trasporto meccanizzati	99		0	6	0	
20	Autostrada da classificare	20	A,Mm,Mp	3200	105	0	

¹ La lunghezza è valutata per ogni senso di marcia (una strada bidirezionale ha lunghezza valutata 2 volte)



Tipo Arco	Denominazione	Rango	SistTrasp	Capacità Oraria	V_0 [km/h]	Numero Archi	Lunghezza [km] ¹
21	AS 4c	21	A,Mm,Mp	6000	120	0	
22	AS 3c con emergenza	22	A,Mm,Mp	4600	120	0	
23	AS 3c senza emergenza	23	A,Mm,Mp	4200	110	0	
24	AS 2c pianura	24	A,Mm,Mp	3600	120	0	
25	AS 2c pianura	25	A,Mm,Mp	3200	110	0	
26	AS 2c collina limiti 80-110 km/h	26	A,Mm,Mp	3000	95	0	
27	AS 2c collina limiti 80-110 km/h	27	A,Mm,Mp	2800	85	0	
28	AS 2c montagna	28	A,Mm,Mp	2600	80	0	
29	AS rampa	99	A,Mm,Mp	1600	40	0	
30	Strada Extraurbana Principale da classificare	30	A,Mm,Mp	2900	85	0	
31	SEP 3c (a norma cat B)	31	A,Mm,Mp	4500	100	0	
32	SEP 3c (a norma cat B)	32	A,Mm,Mp	4200	95	0	
33	SEP 2c (a norma cat B)	33	A,Mm,Mp	3000	100	0	
34	SEP 2c (a norma cat B)	34	A,Mm,Mp	2800	95	0	
35	SEP 2c (tipo III CNR)	35	A,Mm,Mp	3000	90	0	
36	SEP 2c (tipo III CNR)	36	A,Mm,Mp	2800	85	0	
37	SEP 2c (tipo A CNR mod spartitraffico)	37	A,Mm,Mp	2600	80	0	
38	SEP 2c (tipo A CNR)	38	A,Mm,Mp	2400	75	0	
39	SEP rampa	99	A,Mm,Mp	1400	40	0	
40	Strada Extraurbana Secondaria da classificare	40	A,Mm,Mp	1050	65	0	
41	SES (a norma cat C1 - tipo IV CNR)	41	A,Mm,Mp	1300	80	20	5.6
42	SES (a norma cat C1 - tipo IV CNR)	42	A,Mm,Mp	1200	75	0	
43	SES (a norma cat C2 - tipo V CNR)	43	A,Mm,Mp	1100	70	0	
44	SES (a norma cat C2 - tipo V CNR)	44	A,Mm,Mp	1000	65	0	
45	SES	45	A,Mm,Mp	900	60	36	4.8
46	SES	46	A,Mm,Mp	800	55	38	3.8
47	SES	47	A,Mm,Mp	700	50	4	0.4
48	SES	48	A,Mm,Mp	600	45	0	
49	SES rampa	99	A,Mm,Mp	1200	40	0	
50	Strada Extraurbana Locale da classificare	50	A,Mm,Mp	600	45	0	
51	SEL (a norma cat F1)	51	A,Mm,Mp	900	60	87	12.5
52	SEL (a norma cat F2)	52	A,Mm,Mp	850	55	476	55.3
53	SEL (a norma cat F2)	53	A,Mm,Mp	800	50	342	27.4
54	SEL (tipo VI CNR)	54	A,Mm,Mp	750	45	3	0.4
55	SEL (tipo VI CNR)	55	A,Mm,Mp	700	40	228	29.6
56	SEL (tipo B CNR mod)	56	A,Mm,Mp	650	35	82	7.9
57	SEL (tipo B CNR rid)	57	A,Mm,Mp	600	30	270	40.9
58	SEL (tipo B CNR rid)	58	A,Mm,Mp	550	25	32	2.6
59	SEL (tipo C CNR)	99	A,Mm,Mp	100	20	0	
60	Strada Urbana di Scorrimento da classificare	60	A,Mm,Mp	2650	52	0	
61	SUS 3c (a norma cat D)	61	A,Mm,Mp	3600	60	0	



Tipo Arco	Denominazione	Rango	SistTrasp	Capacità Oraria	V_0 [km/h]	Numero Archi	Lunghezza [km] ¹
62	SUS 3c (a norma cat D)	62	A,Mm,Mp	3000	55	0	
63	SUS 3c (CNR)	63	A,Mm,Mp	3600	55	0	
64	SUS 3c (CNR)	64	A,Mm,Mp	3000	50	0	
65	SUS 2c (a norma cat D)	65	A,Mm,Mp	2400	60	0	
66	SUS 2c (a norma cat D)	66	A,Mm,Mp	2200	50	0	
67	SUS 2c (CNR)	67	A,Mm,Mp	2400	55	0	
68	SUS 2c (CNR)	68	A,Mm,Mp	2200	40	0	
69	SUS rampa	99	A,Mm,Mp	1600	30	0	
70	Strada Urbana di Quartiere da classificare	70	A,Mm,Mp	1700	32	0	
71	SUQ 3c	71	A,Mm,Mp	3000	45	0	
72	SUQ 2c spartitraffico	72	A,Mm,Mp	2000	45	0	
73	SUQ 2c con traffico promiscuo	73	A,Mm,Mp	2000	45	0	
74	SUQ 2c	74	A,Mm,Mp	1800	45	0	
75	SUQ 2c con sosta laterale	75	A,Mm,Mp	1500	45	0	
76	SUQ 1c con traffico promiscuo	76	A,Mm,Mp	1300	40	291	10.7
77	SUQ 1c con traffico promiscuo e sosta	77	A,Mm,Mp	1200	40	61	3.1
78	SUQ 1c	78	A,Mm,Mp	1100	40	639	34.5
79	SUQ 1c con sosta laterale	79	A,Mm,Mp	1000	30	643	29.4
80	Strada Urbana Locale da classificare	80	A,Mm,Mp	800	25	0	
81	SUL 2c senza sosta	81	A,Mm,Mp	1600	30	0	
82	SUL 2c con sosta	82	A,Mm,Mp	1400	30	0	
83	SUL 1c	83	A,Mm,Mp	800	25	0	
84	SUL 1c	84	A,Mm,Mp	700	25	38	2.2
85	SUL 1c	85	A,Mm,Mp	600	25	104	6.9
86	SUL 1c	86	A,Mm,Mp	500	20	258	13.4
87	SUL 1c	87	A,Mm,Mp	400	20	185	8.9
88	SUL 1c	88	A,Mm,Mp	300	20	1158	50.0
89	SUL 1c	89	A,Mm,Mp	200	15	106	3.6
90	Strada urbana ZTL con blocco flessibile	90	A	200	15	0	
91	Strada urbana ZTL con blocco rigido	91	A	200	15	0	
92	Strada pedonale o ciclabile	92		100	10	300	10.8
93	Rotatoria 3c	1	A,Mm,Mp	2400	40	0	
94	Rotatoria 2c	1	A,Mm,Mp	1800	30	0	
95	Rotatoria 1c	1	A,Mm,Mp	1200	20	41	1.0
96	Ferrovia disabilitata	96		0	0	0	
97	Strada disabilitata	97		0	0	7567	606.1
98	Libera	98		0	0	0	
99	Elemento di delimitazione area indirizzo	99		0	0	0	
0-99						13352	985.3



Per la distinzione tra strade urbane ed extraurbane si è sfruttata l'informazione della categoria "Built-up Area" dei POI (Point of Interest), i quali sono elementi di rete definiti dall'utente con uno specifico riferimento spaziale. In particolare i POI di questa categoria rappresentano i territori edificati, di conseguenza gli archi inclusi in queste aree hanno caratteristiche di tipo urbano, mentre gli archi esterni hanno caratteristiche di tipo extraurbano.

Si è quindi proceduto ad una modifica automatica del tipo di arco corrispondente ad una certa combinazione di attributi di codifica. Si è proceduto poi ad una revisione manuale per particolari archi stradali i quali hanno caratteristiche geometrico funzionali differenti rispetto agli altri archi con la stessa combinazione di attributi.

Nelle pagine seguenti si riportano le immagini dei grafi classificati di TomTom, NavTeq e Geoplan che, nell'indisponibilità di una classifica funzionale formalmente approvata ai sensi dell'Art 2 del Codice della Strada, sono state prese a riferimento nell'attività di affinamento della tipizzazione insieme alle informazioni qualitative raccolte nel corso dei sopralluoghi effettuati.

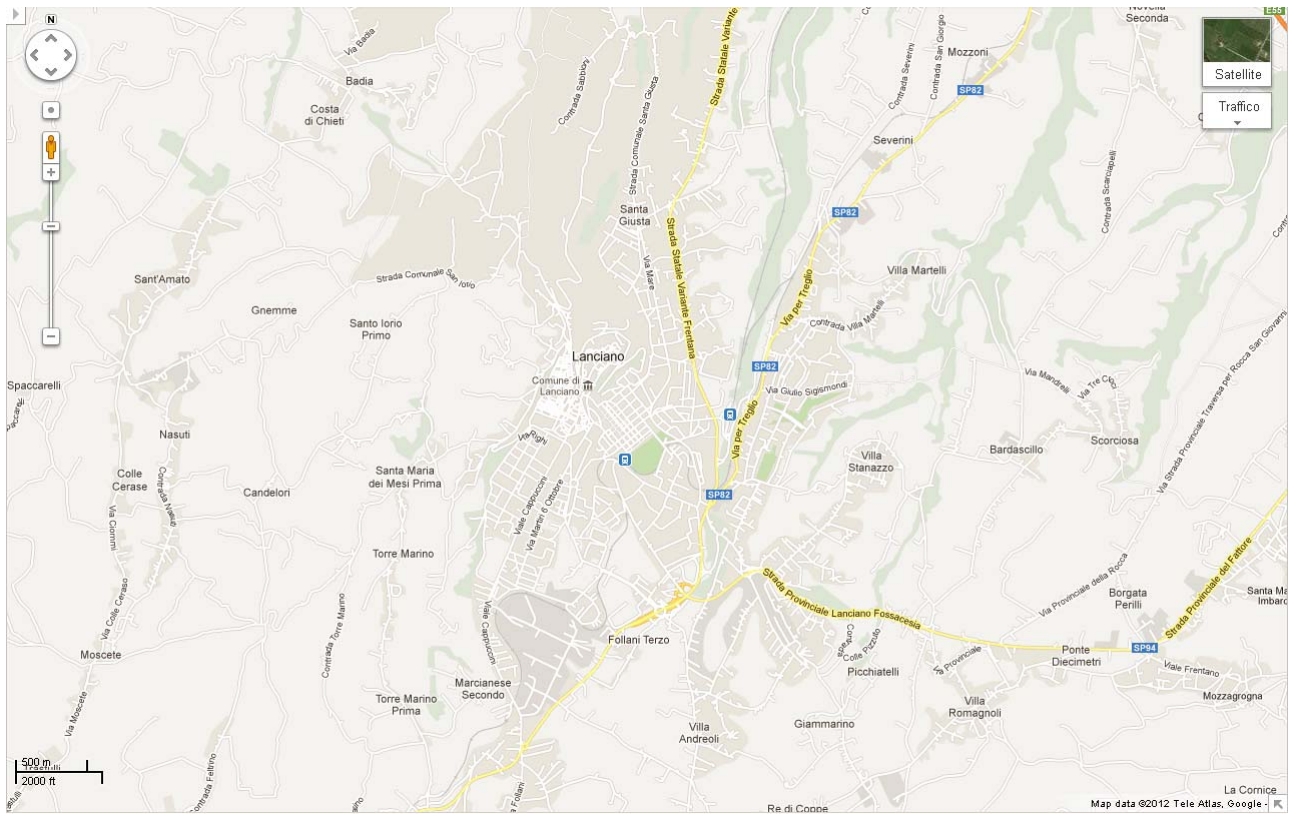
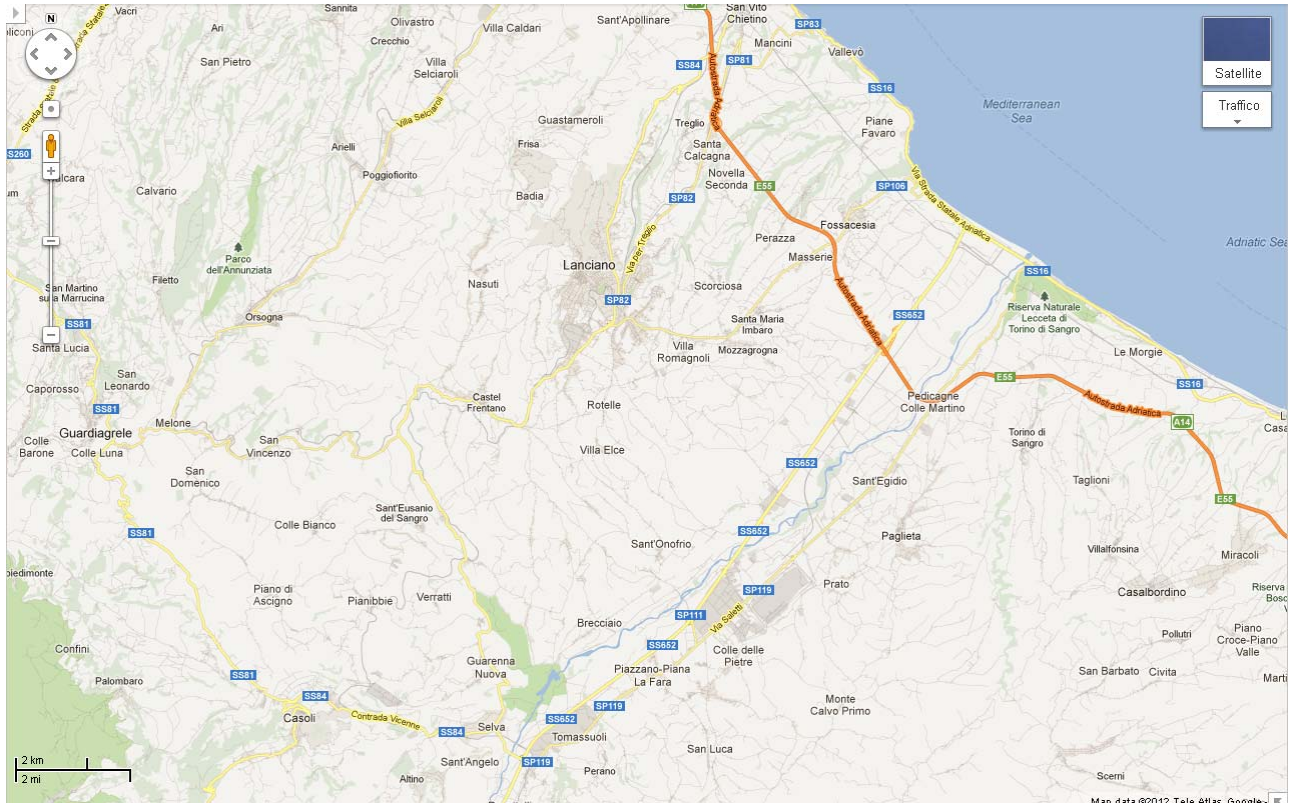


Figura 1: Mappe TomTom (generale e particolare)

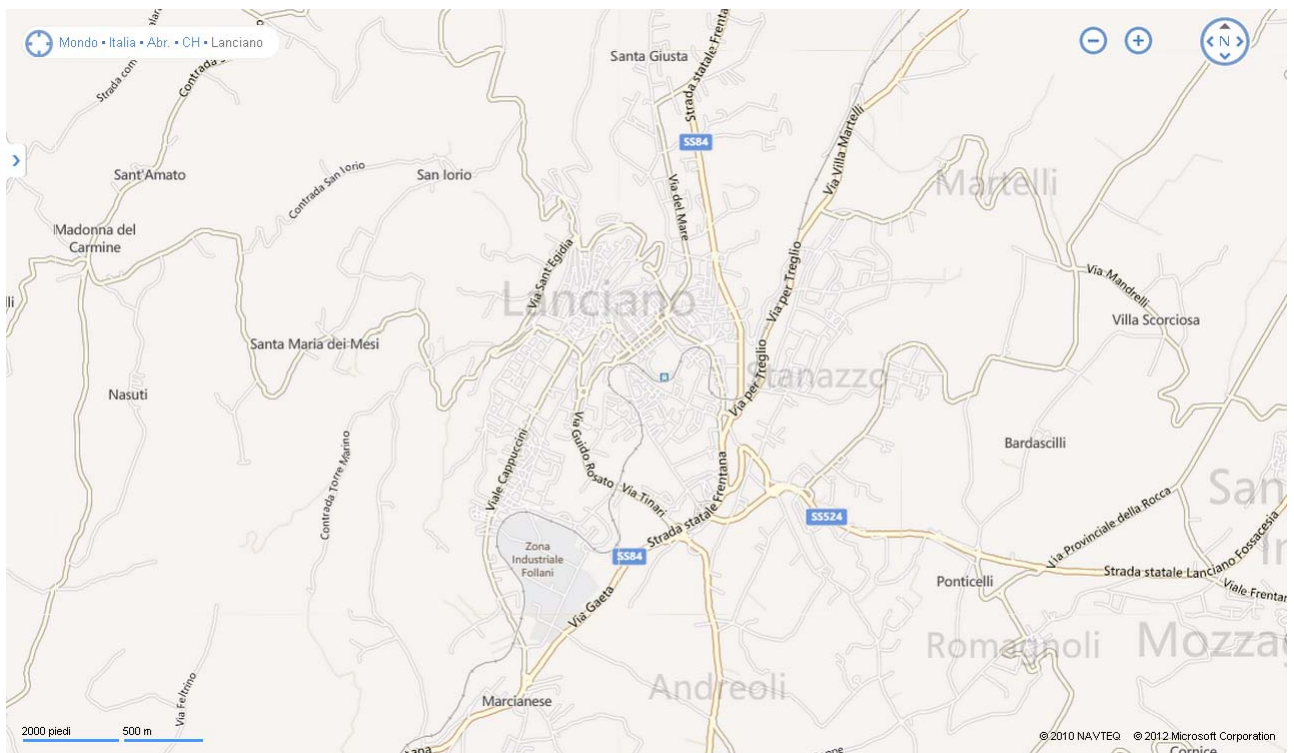
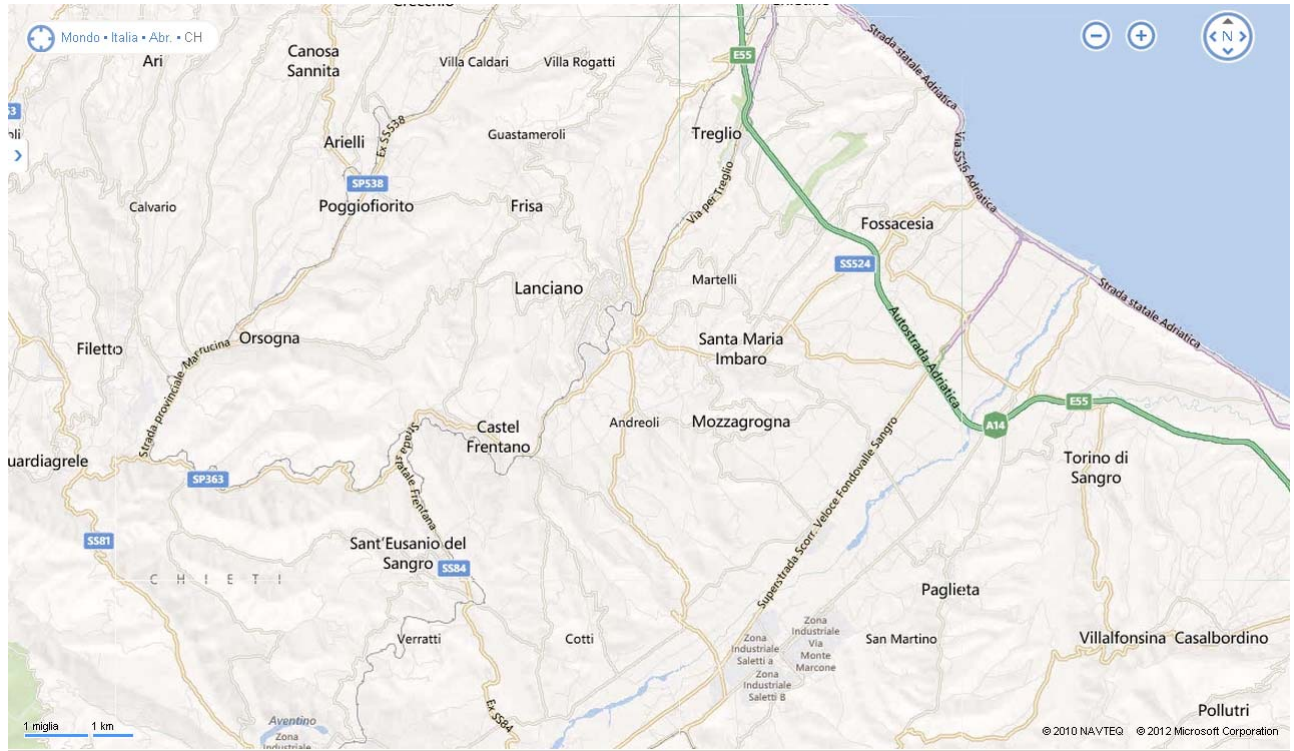


Figura 2: Mappe NavTeq (generale e particolare)

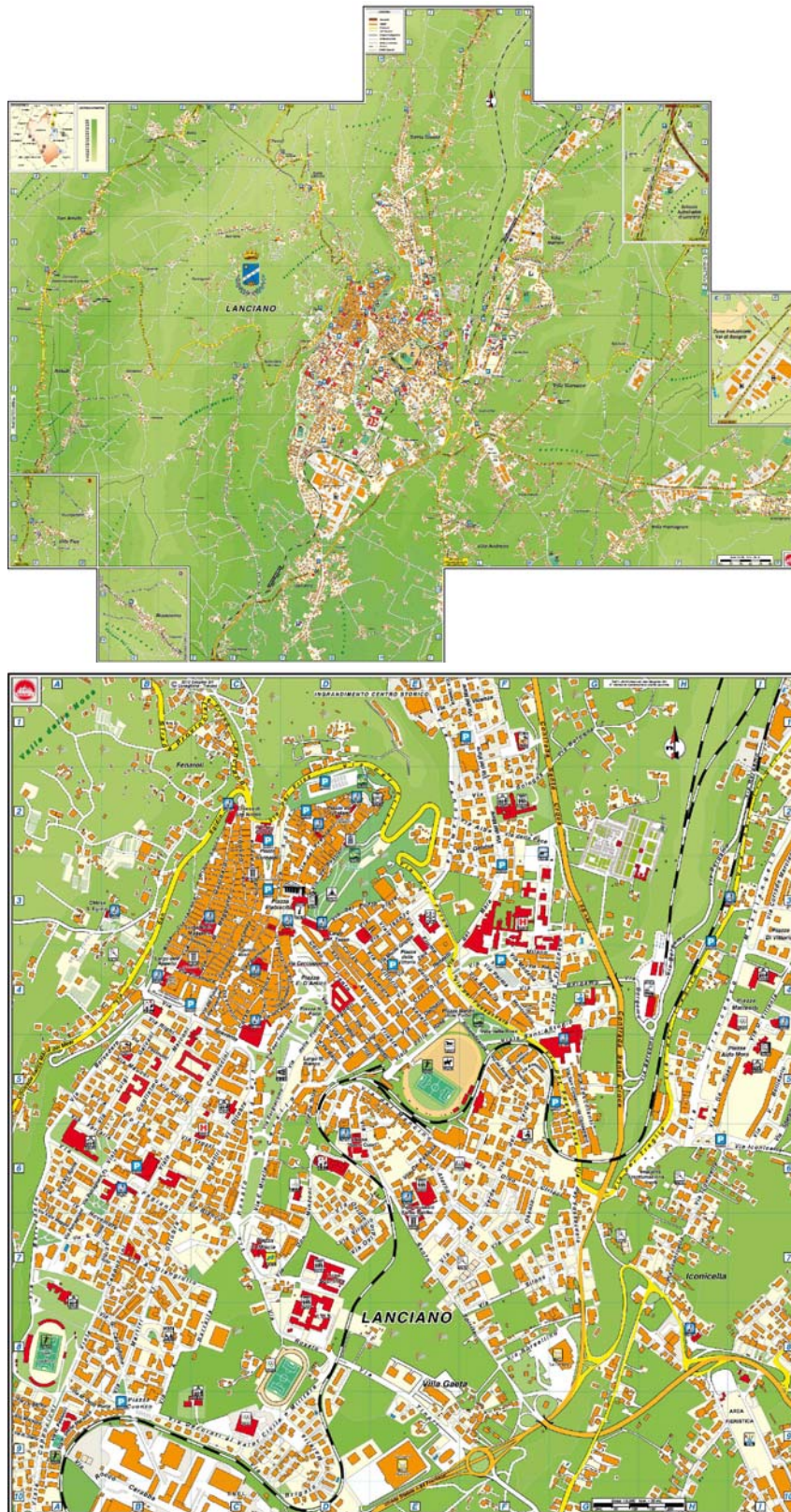


Figura 3: Mappe Geoplan² (generale e particolare)

² “Tutti i diritti riservati alla Geoplan S.r.l.. E’ vietata la riproduzione anche parziale.”



Alla conclusione di tale fase di classificazione si è provveduto ad effettuare sopralluoghi mirati per valutare la correttezza delle assunzioni, e per controllare ed individuare particolarità ed anomalie della circolazione. In particolare sono stati controllati i sensi unici di circolazione, la localizzazione degli impianti semaforici e delle rotonde compatte, la tipologia delle vie cittadine con particolare attenzione a quelle non carrabili e le “anomalie” delle precedenze agli incroci. Inoltre sono state annotate e poi riportate nel modello anche tutte le strade che, per vari motivi, non erano presenti nel grafo TomTom di partenza. Il tutto è stato poi revisionato con l’ausilio della Polizia Municipale di Lanciano.

L’estensione delle diverse tipologie di strade vengono mostrate nella tabella seguente.

Tabella 3. Lunghezza rete per tipologia di strada

Classifica funzionale delle strade	Sviluppo chilometrico [km]
Strade Extraurbane Secondarie	14.6
Strade Extraurbane Locali (a norma cat F1 e F2)	95.2
Strade Extraurbane Locali (tipo VI CNR e tipo B CNR mod.)	30.4
Strade Extraurbane Terminali	43.5
Strade Urbane di Quartiere	13.8
Strade Urbane Locali Interzonal	64.7
Strade Urbane Locali	31.4
Strade Urbane Locali Minori	52.7
Rotatorie	1.0
Strade non modellizzate	606.1

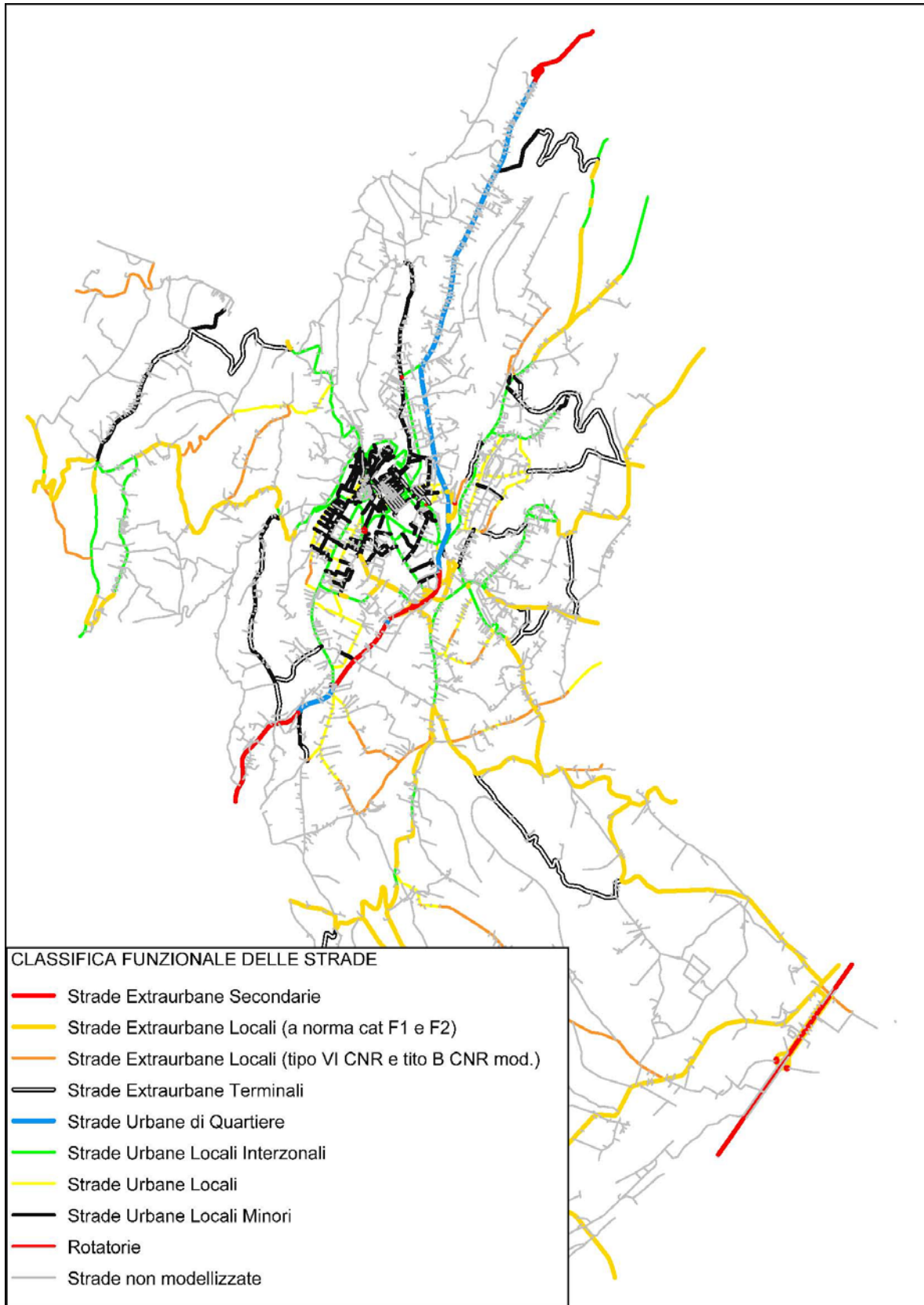


Figura 4: Classifica funzionale della rete stradale allo stato attuale

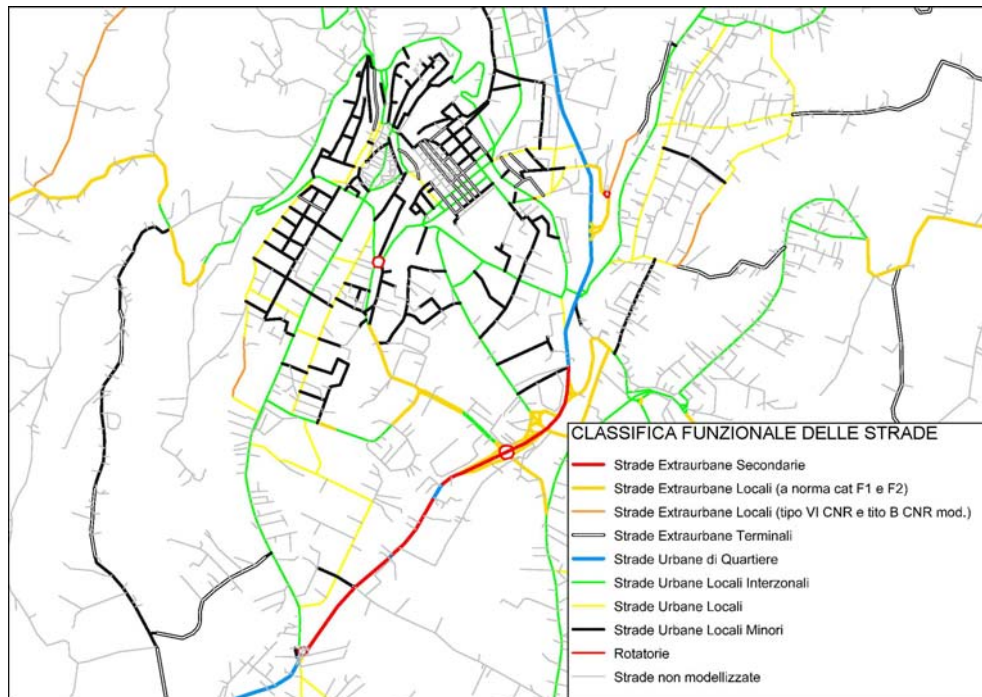


Figura 5: Classifica funzionale della rete stradale allo stato attuale, particolare del capoluogo

1.1.3 NODI

I nodi sono elementi puntiformi che rappresentano intersezioni o altre discontinuità della rete viaria (per esempio, inizio-fine centro abitato, variazione di sezione dell'infrastruttura).

Ogni nodo viene descritto dai seguenti attributi:

- Numero
- Tipo
- Codice
- Nome
- Coordinata X, coordinata Y e coordinata Z

Al fine di associare ad essi delle funzioni di perditempo sulle manovre di svolta che li interessano, di tipo standard o di tipo personalizzato, è stata utilizzata la classificazione riportata nella tabella seguente.

Tabella 4: Tipizzazione dei nodi

Tipo	Nome	Descrizione
0	SENZA PENALITA'	<u>Nodi senza penalità</u> , cioè tutte quelle intersezioni/discontinuità che non comportano penalità. In questa classe troviamo i nodi intermedi, che sono dei nodi di appoggio e non rappresentano delle intersezioni.
10	NON REGOLAMENTATO	<u>Nodi non regolamentati</u> , ovvero dove non è esplicitata la strada con il diritto



Tipo	Nome	Descrizione
11	NON REGOLAMENTATO TrRid	di precedenza e dunque regolati con la precedenza a destra. In questa tipologia i nodi sono diversificati per classi di traffico, traffico ridotto, traffico normale, traffico elevato.
12	NON REGOLAMENTATO TrNorm	
13	NON REGOLAMENTATO TrElev	
20	PRECEDENZA SU	<u>Nodi regolati a precedenza</u> , in particolare i tipi 20-23 rappresentano intersezioni regolate a precedenza su strade a Senso Unico, mentre i tipi 25-28 rappresentano intersezioni regolate a precedenza su strade a Doppio Senso. In questa tipologia i nodi sono diversificati per classi di traffico, traffico ridotto, traffico normale, traffico elevato.
21	PRECEDENZA SU TrRid	
22	PRECEDENZA SU TrNorm	
23	PRECEDENZA SU TrElev	
25	PRECEDENZA DS	
26	PRECEDENZA DS TrRid	
27	PRECEDENZA DS TrNorm	
28	PRECEDENZA DS TrElev	
30	STOP SU	<u>Nodi regolati a stop</u> , in particolare i tipi 30-33 rappresentano intersezioni regolate a stop su strade a Senso Unico, mentre i tipi 35-38 rappresentano intersezioni regolate a stop su strade a Doppio Senso. In questa tipologia i nodi sono diversificati per classi di traffico, traffico ridotto, traffico normale, traffico elevato.
31	STOP SU TrRid	
32	STOP SU TrNorm	
33	STOP SU TrElev	
35	STOP DS	
36	STOP DS TrRid	
37	STOP DS TrNorm	
38	STOP DS TrElev	
40	ROTATORIA EU	<u>Nodi regolati con rotatoria europea</u> : hanno la precedenza i veicoli che percorrono la rotatoria. In questa tipologia i nodi sono diversificati per classi di traffico, traffico ridotto, traffico normale, traffico elevato.
41	ROTATORIA EU TrRid	
42	ROTATORIA EU TrNorm	
43	ROTATORIA EU TrElev	
50	SEMAFORO	<u>Nodi regolati con semaforo</u> .
60	PASSLIV, CASELLI	<u>Nodi speciali</u> . In particolare sono distinti i passaggi a livello automatici, quelli comandati a distanza ed i nodi in corrispondenza dei caselli autostradali.
61	PASSLIV Automatico	
62	PASSLIV ComandDist	
63	CASELLO AS in entrata	
64	CASELLO AS in uscita	

La classificazione del tipo di ogni nodo è stata effettuata manualmente, utilizzando come ausilio opportuni filtri sugli archi interessati. La determinazione del tipo specifico di nodo all'interno di ogni tipologia, in relazione all'entità del traffico attraversante l'intersezione, è stata eseguita mediante un processo iterativo ripetuto due volte. A seguito di una prima assegnazione si sono sommati tutti i flussi sulle diverse manovre di svolta/attraversamento al nodo. Se il flusso al nodo risultava inferiore a 750veic/h allora veniva associato il tipo specifico con attributo "TrRid", se risultava un flusso compreso tra 750veic/h e 1500veic/h si associava il tipo specifico con attributo "TrNorm", altrimenti quello con attributo "TrElev". Si è proceduto allora ad una nuova assegnazione e si è ripetuto il processo per la seconda iterazione.



Nel modello sono stati inseriti anche dei nodi (non connessi ad alcun arco) per rappresentare sia gli istituti scolastici presenti nel territorio lancianese (rappresentati dai nodi con numero compreso tra 1 e 41) sia gli incidenti del quinquennio 2007-2011 che sono stati geolocalizzati (nodi dal numero 6000000 al 6000479).

1.1.4 ZONIZZAZIONE DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

Il territorio comunale di Lanciano è stato suddiviso in 81 zone (risultato dell'aggregazione delle sezioni censuarie o di parte di esse), quello extracomunale in 14 zone cordonali che riproducono altrettante direttrici di traffico individuando i "portali" esterni che rappresentano la generazione/attrazione di traffico. Inoltre sono state create ad hoc 4 zone rappresentative dei plessi scolastici più importanti per quanto riguarda gli spostamenti veicolari (cfr. Cap 2.1), le quali sono costituite dal solo centroide di zona posto in corrispondenza dell'edificio scolastico. Le zone interne al comune di Lanciano sono numerate da 1 a 81, le zone rappresentative degli istituti scolastici più importanti sono numerate da 91 a 94, mentre le zone "portali" sono numerate da 101 a 114.

Ogni zona viene descritta dai seguenti attributi di input:

- Numero
- Tipo (da 0 a 9)
- Coordinata X e coordinata Y del centroide di zona

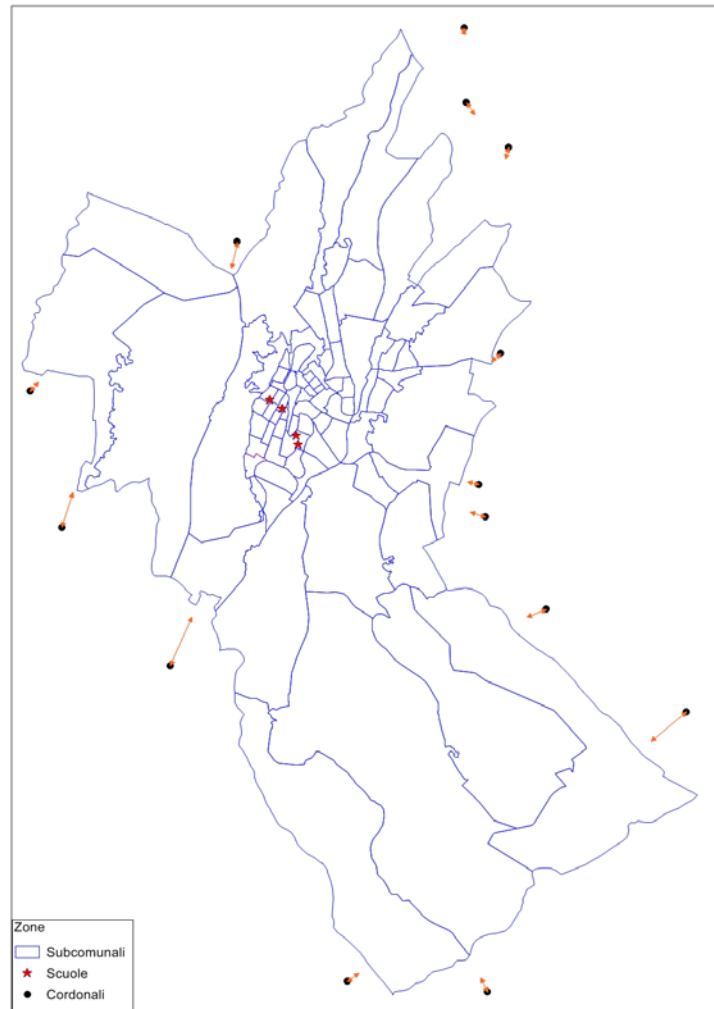


Figura 6: Zonizzazione adottata (le zone cordonali sono rappresentate dal centroide e dalla loro connessione)

1.1.5 CONNESSIONI

Nel modello, il collegamento fra zone e grafo è reso possibile dalle connessioni. In questo caso sono state inserite 2606 connessioni.

Per il collegamento di ogni zona interna al comune con la rete si sono create molteplici connessioni, in maniera da rappresentare al meglio la distribuzione dei veicoli nelle varie strade del centro abitato. Ogni connessione ha un peso che rappresenta la quota di veicoli tra quelli in entrata e in uscita alla/dalla zona che utilizzano quella connessione per utilizzare poi la rete stradale modellizzata. Il peso di ogni connessione è stato calibrato in linea di massima in base agli edifici “serviti” da ogni connessione rispetto al totale degli edifici della zona. Le connessioni non sono state posizionate su nodi rappresentativi di incroci degli archi rappresentati. Per le zone più centrali, dove erano state eseguite le indagini sulla sosta, si è fatto riferimento alla distribuzione effettiva degli stalli di sosta e per inserire le connessioni sono stati aggiunti opportuni nodi intermedi sugli archi.

Nella figura seguente sono mostrate le connessioni del modello.

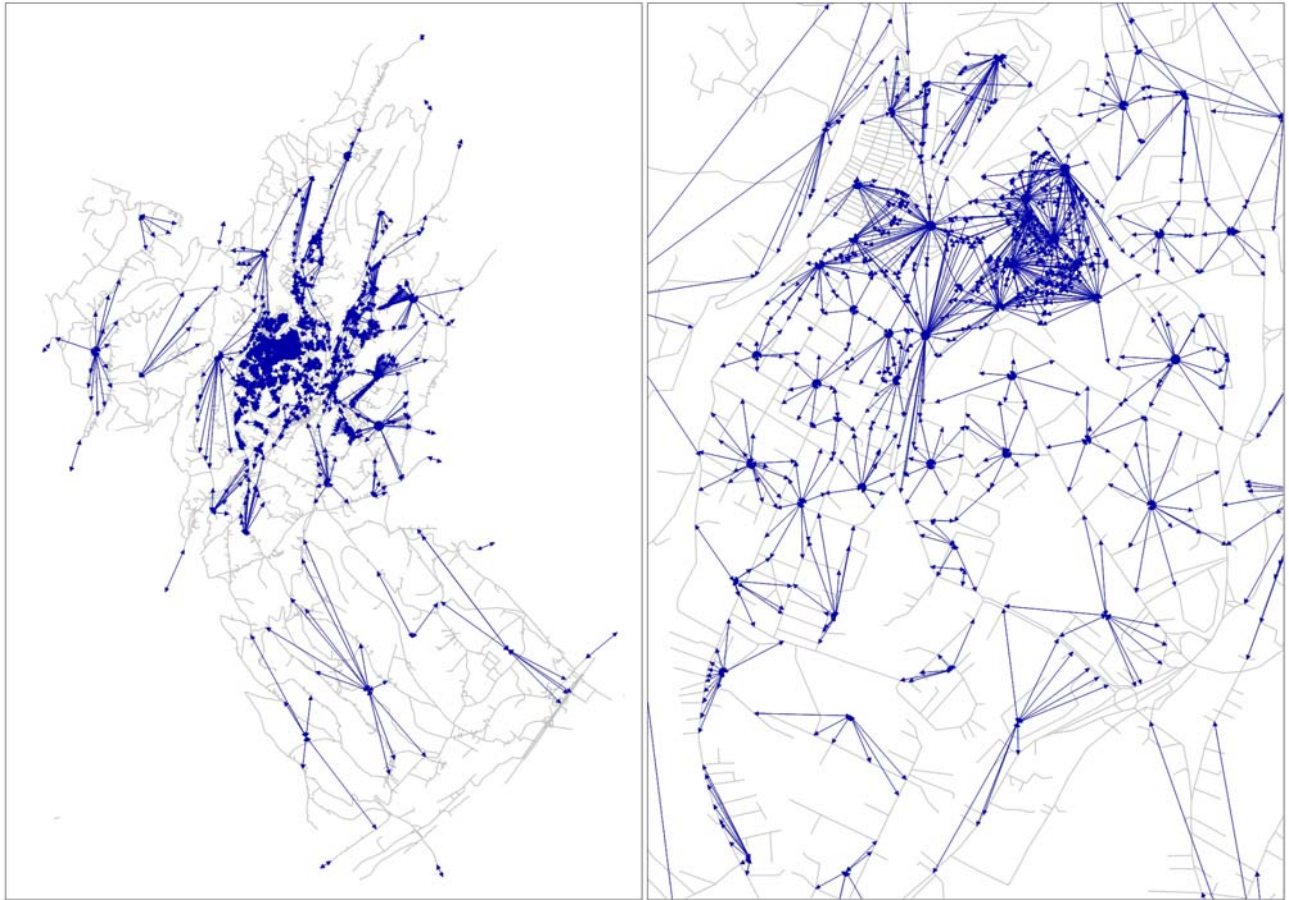


Figura 7: Connessioni, intera rete e particolare del capoluogo comunale

Ogni connessione viene descritta dai seguenti attributi di input:

- Numero identificativo della zona connessa
- Numero identificativo del nodo connesso
- Tipo: per il modello di simulazione del solo traffico privato (TPr) le connessioni hanno tutte tipo =9.
- Direzione della connessione (O = di origine dalla zona, D = di destinazione alla zona)
- Sistemi di trasporto abilitati all'uso della connessione
- Tempo di accesso/egresso: il tempo di percorrenza è determinato dalla lunghezza delle stesse considerando una velocità di 30 km/h
- Lunghezza

1.1.6 FUNZIONI DI DEFLUSSO DEGLI ARCHI STRADALI

L'attributo di maggiore importanza per la definizione di una rete di trasporto individuale è la funzione di costo relativa ad ogni arco stradale meglio nota come funzione di deflusso quando le variabili prese in esame sono i volumi di traffico ed il tempo di percorrenza.

Tali funzioni permettono di rappresentare matematicamente la legge che lega il flusso veicolare alla velocità (nel nostro caso al tempo di percorrenza). Per questo motivo le curve di deflusso vengono frequentemente individuate in letteratura anche con il nome di funzioni di ritardo.

Nelle curve di deflusso intervengono alcune grandezze, associate ad ogni arco, legate solo alle caratteristiche geometriche e funzionali della rete, e non alla domanda di trasporto:

- *la capacità*, ossia il numero massimo di veicoli che possono defluire in una predefinita sezione dell'arco nell'unità di tempo (in genere l'ora) e il cui superamento porta ad un funzionamento instabile del sistema e successivamente al blocco del traffico;
- *il tempo di percorrenza* a rete scarica, in assenza di traffico (o, ragionando in termini di velocità: la velocità di percorrenza a rete scarica detta anche velocità libera).

Si riportano i diagrammi velocità/flusso rilevati sperimentalmente per una carreggiata autostradale.

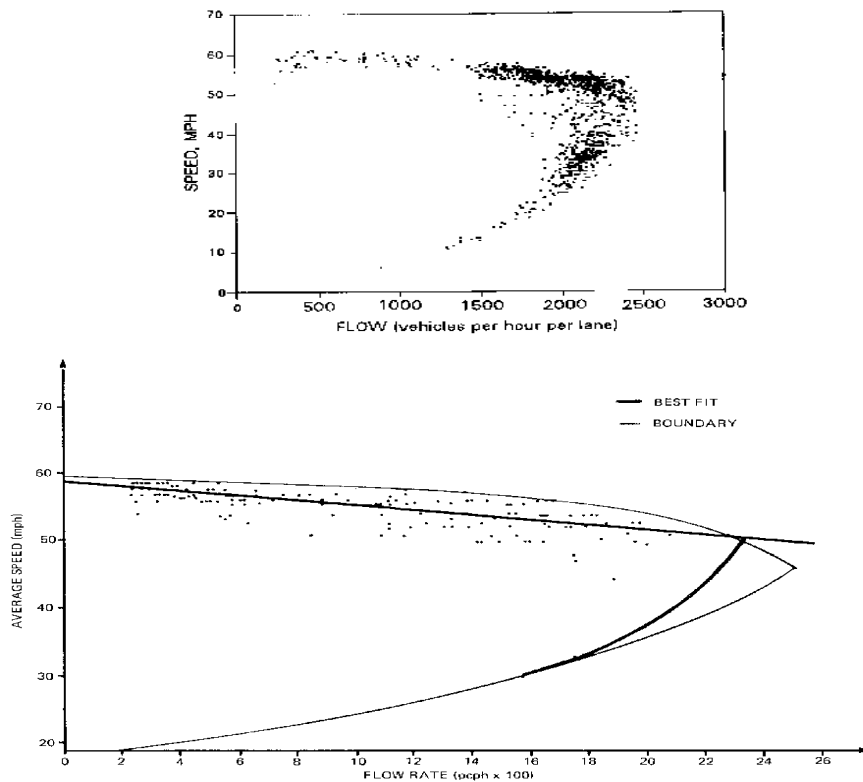


Figura 8: Diagrammi velocità/flusso rilevati sperimentalmente per una carreggiata autostradale

Dai diagrammi si desume il seguente andamento: la relazione che esprime la velocità in funzione del flusso è monotona decrescente finché il flusso raggiunge il valore di capacità. In seguito si verifica un regime di circolazione estremamente instabile, caratterizzato dal tipico andamento stop&go, in cui non è più possibile stabilire una corrispondenza biunivoca tra flusso e velocità.

Per rappresentare questo andamento sono state utilizzate le funzioni CR (capacity restrains function) del tipo BPR, la cui espressione generale è la seguente:



$$t = t_0 \cdot \left[1 + a \cdot \left(\frac{q}{q_{\max} \cdot c} \right)^b \right]$$

dove

t : tempo di percorrenza;

t_0 : tempo di percorrenza a rete scarica;

q : flusso;

q_{\max} : capacità.

I parametri a , b e c sottintendono un insieme di fattori funzionali dell'arco (caratteristiche geometriche, condizioni d'uso, pendenza, tortuosità).

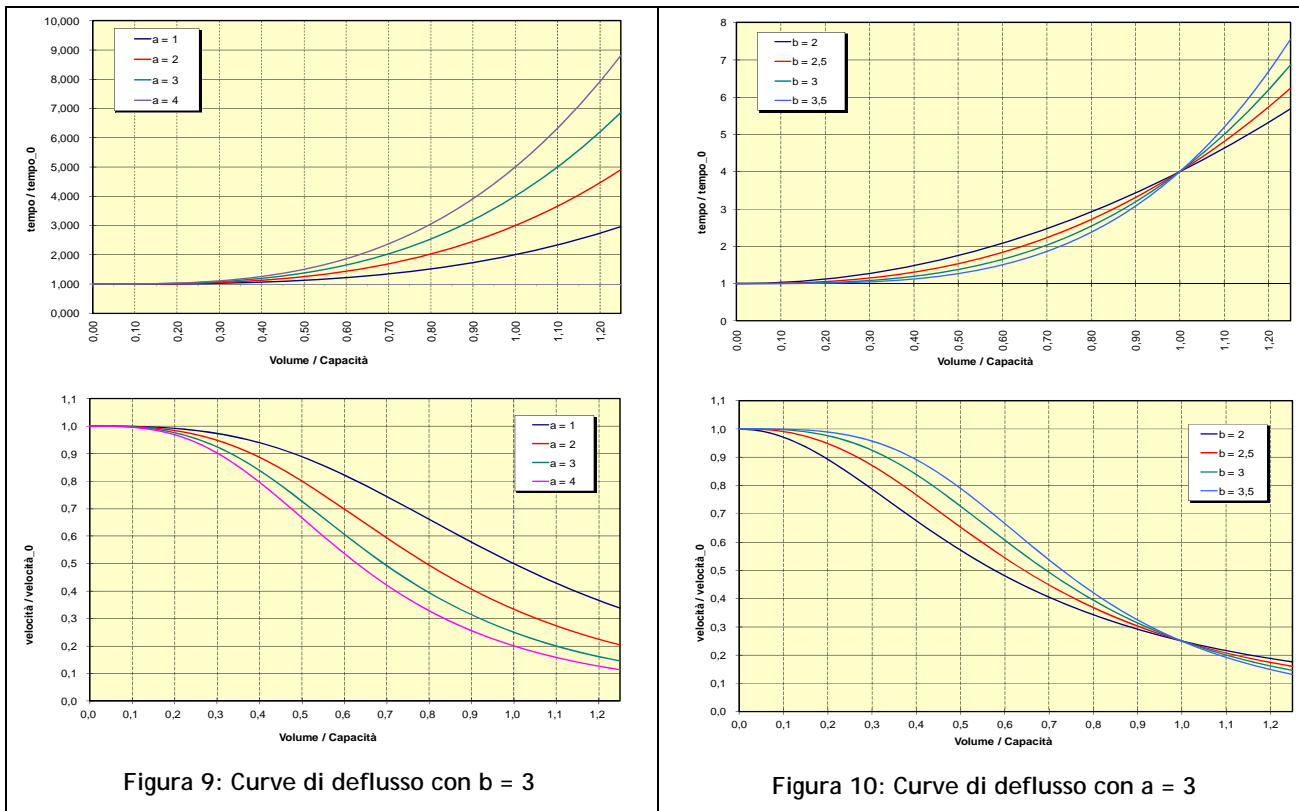
Il parametro c rappresenta il numero di corsie per senso di marcia; nel modello utilizzato per il presente studio si prende sempre $c = 1$, poiché si considera a priori q_{\max} come la capacità complessiva di tutte le corsie di uno stesso senso di marcia.

Il coefficiente a rappresenta l'incidenza del ritardo dovuto al flusso rispetto al tempo di percorrenza a rete scarica. Quando il flusso raggiunge la capacità $q = c \cdot q_{\max}$ si ottiene un tempo di percorrenza $t = (1 + a) \cdot t_0$.

L'esponente b è indice dell'elasticità del tempo rispetto al flusso ed è strettamente legato alle caratteristiche geometriche della strada. Al crescere di b la curva che rappresenta la funzione di deflusso tende ad appiattirsi nella prima parte per poi crescere rapidamente quando il termine $\frac{q}{c \cdot q_{\max}}$ tende ad

1. Quindi a valori elevati di b corrispondono strade per cui il tempo di percorrenza rimane sostanzialmente costante fino a valori di flusso pari al 70-80% della capacità per poi crescere rapidamente per valori prossimi alla capacità. Questo è il comportamento tipico di strade con elevate caratteristiche funzionali, come le autostrade.

Di seguito si riportano, a titolo esemplificativo, alcune curve di deflusso con diversi valori dei parametri a e b .



Si riporta di seguito un prospetto delle impostazioni dei parametri (a, b, c) per le curve di deflusso delle varie tipologie di arco utilizzate nel modello.

Tabella 5. Valori dei parametri delle funzioni di deflusso

Funzione di deflusso	Tipo	Parametro a	Parametro b	Parametro c
1	BPR	1.00	2.00	1.00
2	BPR	3.33	3.50	1.00
3	BPR	3.00	3.50	1.00
4	BPR	3.00	3.00	1.00
5	BPR	2.75	3.00	1.00
6	BPR	2.50	3.00	1.00
7	BPR	2.50	3.50	1.00
9	BPR	2.33	3.50	1.00
10	BPR	2.00	3.50	1.00
11	BPR	2.00	3.00	1.00
12	BPR	2.00	2.00	1.00
13	BPR	2.75	3.00	1.00
14	BPR	2.00	3.00	1.00

1.1.7 MANOVRE DI SVOLTA AI NODI

Le manovre di svolta sono state definite a partire dalla caratterizzazione dei tipi di archi, del rango delle strade e dal tipo di manovra. Le manovre consentite sono distinte per tipologia ed identificate da un codice riportato in Tabella 6.



Tabella 6: Definizione delle tipologie standard di manovra

Tipo di intersezione	Codice Tipo Svolta	Descrizione
Tipo generico	0	Non definita
	1	Destra
	2	Dritto
	3	Sinistra
	4	Inversione a U
Rotatoria dettagliata	5	Ingresso in rotatoria
	6	Transito in rotatoria
	7	Uscita da rotatoria

Le tipologie di svolta per i “tipi generici di intersezione” (tutte tranne Rotatoria dettagliata) sono state assegnate automaticamente dal modello di simulazione (e poi ricontrollate manualmente), sulla base dell'angolo compreso tra l'arco immediatamente precedente e successivo al nodo considerato. In particolare se l'angolo è compreso tra 0° e 120° viene assunta una svolta a destra, se è compreso tra 120° e 240° gradi si considera dritto, mentre se è tra 240° e 360° si assume una svolta a sinistra. Per le rotonde dettagliate o per situazioni geometricamente anomale è stato invece necessario procedere manualmente.

Un altro fattore di particolare rilevanza del quale bisogna tenere in considerazione è quello delle relazioni gerarchiche che intercorrono tra le strade che si intersecano. L'importanza gerarchica delle strade è indicata dal rango che è un attributo dei tipi di arco: alle strade di maggior importanza è stato attribuito rango numericamente più basso. Anche le relazioni gerarchiche sono calcolate automaticamente e vengono indicate con un + quelle più importanti (rango numericamente più basso) e con un - quelle meno importanti (rango più alto), nel contesto dell'intersezione considerata. Quindi un ++ sta ad indicare il passaggio da una strada principale ad un'altra della stessa importanza, +- da una principale ad una secondaria, -+ da una secondaria ad una principale e -- da una secondaria ad un'altra secondaria.

Per ogni combinazione data dal tipo di nodo, dal codice del tipo di svolta e dalla relazione gerarchica è possibile definire una capacità e un perditempo standard che poi possono essere associati in automatico a ciascuna manovra sulla rete in base al tipo di nodo intermedio. Nella Tabella 7 sono riportate le penalità standard alle manovre di svolta.

Tabella 7: Penalità standard alle manovre di svolta

ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
1	0	?	??	0
2	10	1	??	5
3	10	2	??	10
4	10	3	??	10

ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
5	11	1	??	3
6	11	2	??	5
7	11	3	??	5
8	12	1	??	5



ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
9	12	2	??	10
10	12	3	??	10
11	13	1	??	8
12	13	2	??	15
13	13	3	??	15
14	20	1	--	5
15	20	2	--	10
16	20	3	--	10
17	20	4	--	10
18	20	?	-+	10
19	20	?	+-	0
20	20	?	++	0
21	21	1	--	5
22	21	2	--	5
23	21	3	--	5
24	21	4	--	8
25	21	?	-+	5
26	21	?	+-	0
27	21	?	++	0
28	22	1	--	5
29	22	2	--	10
30	22	3	--	10
31	22	4	--	10
32	22	?	-+	10
33	22	?	+-	0
34	22	?	++	0
35	23	1	--	10
36	23	2	--	20
37	23	3	--	20
38	23	4	--	20
39	23	?	-+	20
40	23	?	+-	0
41	23	?	++	0
42	25	1	--	5
43	25	2	--	20
44	25	3	--	20
45	25	4	--	20
46	25	1	-+	10
47	25	2	-+	15
48	25	3	-+	20
49	25	1	+-	0
50	25	2	+-	5

ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
51	25	3	+-	10
52	25	1	++	0
53	25	2	++	0
54	25	3	++	0
55	25	4	++	15
56	26	1	--	5
57	26	2	--	10
58	26	3	--	10
59	26	4	--	10
60	26	1	-+	5
61	26	2	-+	8
62	26	3	-+	10
63	26	1	+-	0
64	26	2	+-	5
65	26	3	+-	5
66	26	1	++	0
67	26	2	++	0
68	26	3	++	0
69	26	4	++	10
70	27	1	--	5
71	27	2	--	20
72	27	3	--	20
73	27	4	--	20
74	27	1	-+	10
75	27	2	-+	15
76	27	3	-+	20
77	27	1	+-	0
78	27	2	+-	5
79	27	3	+-	10
80	27	1	++	0
81	27	2	++	0
82	27	3	++	0
83	27	4	++	15
84	28	1	--	10
85	28	2	--	40
86	28	3	--	40
87	28	4	--	40
88	28	1	-+	20
89	28	2	-+	30
90	28	3	-+	40
91	28	1	+-	0
92	28	2	+-	10



ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
93	28	3	+-	20
94	28	1	++	0
95	28	2	++	0
96	28	3	++	0
97	28	4	++	25
98	30	1	--	10
99	30	2	--	20
100	30	3	--	20
101	30	4	--	20
102	30	?	-+	20
103	30	?	+-	0
104	30	?	++	0
105	31	1	--	5
106	31	2	--	10
107	31	3	--	10
108	31	4	--	10
109	31	?	-+	10
110	31	?	+-	0
111	31	?	++	0
112	32	1	--	10
113	32	2	--	20
114	32	3	--	20
115	32	4	--	20
116	32	?	-+	20
117	32	?	+-	0
118	32	?	++	0
119	33	1	--	20
120	33	2	--	40
121	33	3	--	40
122	33	4	--	40
123	33	?	-+	40
124	33	?	+-	0
125	33	?	++	0
126	35	1	--	10
127	35	2	--	40
128	35	3	--	40
129	35	4	--	40
130	35	1	-+	20
131	35	2	-+	30
132	35	3	-+	40
133	35	1	+-	0
134	35	2	+-	10

ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
135	35	3	+-	20
136	35	1	++	0
137	35	2	++	0
138	35	3	++	0
139	35	4	++	25
140	36	1	--	5
141	36	2	--	20
142	36	3	--	20
143	36	4	--	20
144	36	1	-+	10
145	36	2	-+	15
146	36	3	-+	20
147	36	1	+-	0
148	36	2	+-	5
149	36	3	+-	10
150	36	1	++	0
151	36	2	++	0
152	36	3	++	0
153	36	4	++	15
154	37	1	--	10
155	37	2	--	40
156	37	3	--	40
157	37	4	--	40
158	37	1	-+	20
159	37	2	-+	30
160	37	3	-+	40
161	37	1	+-	0
162	37	2	+-	10
163	37	3	+-	20
164	37	1	++	0
165	37	2	++	0
166	37	3	++	0
167	37	4	++	25
168	38	1	--	20
169	38	2	--	80
170	38	3	--	80
171	38	4	--	80
172	38	1	-+	40
173	38	2	-+	60
174	38	3	-+	80
175	38	1	+-	0
176	38	2	+-	20



ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
177	38	3	+-	40
178	38	1	++	0
179	38	2	++	0
180	38	3	++	0
181	38	4	++	35
182	40	1	??	10
183	40	2	??	15
184	40	3	??	20
185	40	4	??	25
186	40	5	??	10
187	40	6	??	0
188	40	7	??	0
189	41	1	??	5
190	41	2	??	10
191	41	3	??	15
192	41	4	??	20
193	41	5	??	5
194	41	6	??	0
195	41	7	??	0
196	42	1	??	10
197	42	2	??	15
198	42	3	??	20
199	42	4	??	25

ID	Tipo nodo	Tipo svolta	Gerarchia Flusso	T0 Tpr
200	42	5	??	10
201	42	6	??	0
202	42	7	??	0
203	43	1	??	20
204	43	2	??	25
205	43	3	??	30
206	43	4	??	35
207	43	5	??	20
208	43	6	??	0
209	43	7	??	0
210	50	1	+?	20
211	50	2	+?	25
212	50	3	+?	35
213	50	4	+?	45
214	50	1	-?	25
215	50	2	-?	30
216	50	3	-?	40
217	50	4	-?	50
218	60	?	??	30
219	61	?	??	20
220	62	?	??	60
221	63	?	??	30
222	64	?	??	60

Il controllo manuale ha inoltre riguardato anche la verifica della correttezza delle limitazioni alle manovre di svolta, ovvero sono state controllate le particolari restrizioni circa le manovre vietate in alcune intersezioni (ad esempio divieto di svolta a sinistra su intersezioni che modellizzano rampe di immissione da strade secondarie a principali).

1.1.8 RAPPRESENTAZIONE DEI DATI DI RILIEVO DEI FLUSSI VEICOLARI

Per la calibrazione del modello (cfr. par 2.2) sono stati utilizzati i dati di traffico, la cui metodologia di rilievo, così come la localizzazione delle sezioni e gli elaborati prodotti sono descritti nell'Allegato C "Aggiornamento del Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) - Conteggi di Traffico" del documento "Piano Generale del Traffico Urbano della Città di Lanciano. Aggiornamento - Relazione tecnica".

Per ogni rilievo (sia sezioni correnti che intersezioni) sono stati inseriti nel modello VISUM i valori dei flussi per l'ora di punta del mattino (AM), del mezzogiorno (MD) e della sera (PM), ed il totale delle 14 ore (solo per le sezioni correnti) per due classi veicolari, veicoli leggeri e mezzi pesanti.

Di seguito si riporta a titolo indicativo la planimetria delle 109 sezioni correnti monodirezionali e delle 5 intersezioni indagate.

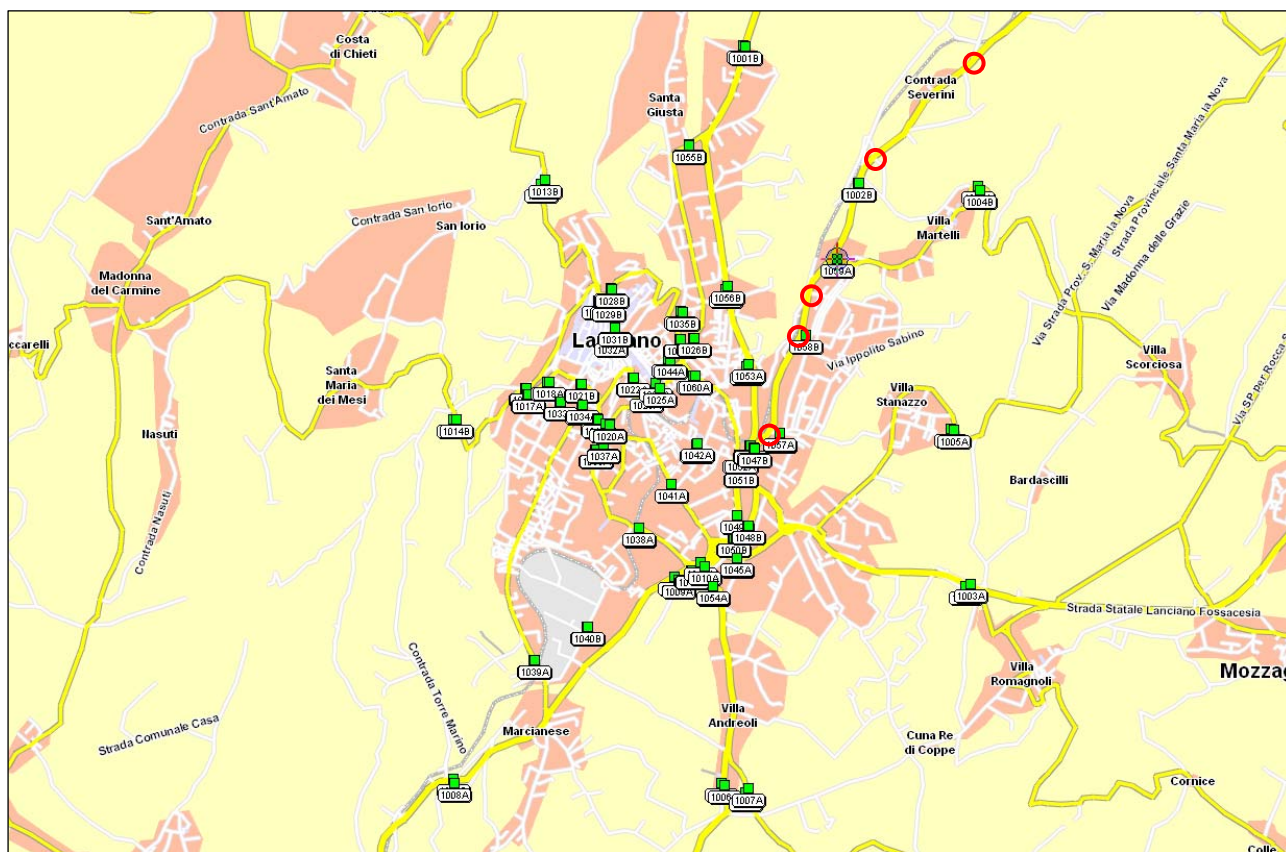


Figura 11: Localizzazione delle sezioni di rilievo e delle intersezioni indagate



2 Ricostruzione della domanda di trasporto privato

2.1 Le matrici di base utilizzate

Il modello comprende e descrive i flussi dei veicoli leggeri nell'ora di punta del mattino (8.00 - 9.00).

Per la ricostruzione della domanda di trasporto è stata utilizzata come base di partenza la matrice del pendolarismo ISTAT 2001 dalla quale sono state estratte le informazioni relative al comune di Lanciano per quanto riguarda gli spostamenti sia intracomunali (interni-interni), sia dal territorio comunale di Lanciano verso l'esterno (interni-esterni) che quelli con origine all'esterno e destinati al territorio comunale di Lanciano (esterni-interni). La componente di domanda di attraversamento (esterni-esterni) invece è stata ricavata a partire dalle indagini cordonali Origine/Destinazione.

La distribuzione degli spostamenti ha seguito la seguente logica:

- Spostamenti interni-interni. Il totale degli originati è stato suddiviso tra le varie zone di traffico in base ai residenti nelle stesse. Le informazioni sui residenti è stata ricavata dalle sezioni di censimento ISTAT. Ogni zona di traffico comprende infatti più sezioni di censimento o parte di esse. Nel caso in cui una sezione di censimento ricada in due o più zone di traffico si è provveduto ad una distribuzione areale proporzionale dei suoi residenti tra le varie zone. Le destinazioni sono state invece calcolate in base agli addetti nelle varie zone. Anche queste informazioni sono state ricavate dalle sezioni di censimento, analogamente a quanto avvenuto per i residenti;
- Spostamenti interni-esterni: anche in questo caso il totale degli originati è stato suddiviso tra le varie zone di traffico comunali in base ai residenti nelle stesse. Le informazioni sui residenti è stata ricavata dalle sezioni di censimento ISTAT. Ogni zona di traffico comprende infatti più sezioni di censimento o parte di esse. Nel caso in cui una sezione di censimento ricada in due o più zone di traffico si è provveduto ad una distribuzione areale dei suoi resi-



denti tra le varie zone. Le destinazioni sono state calcolate in base ai risultati delle indagini Origine/Destinazione;

- Spostamenti esterni-interni: in questo caso sono state definite 3 macro zone derivanti dall'aggregazione di più zone di traffico, ovvero "Centro Storico", restante centro abitato del capoluogo, esterne al centro abitato del capoluogo ma interne al comune. Ad ogni macrozona quindi è stato associato un peso in base ai dati ricavati dalle indagini cordionali (cfr. allegato E "Aggiornamento del Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU) - Indagini Origine/Destinazione") mentre la ripartizione interna ad ogni macrozona tra le singole zone di traffico che le costituiscono è stata effettuata in base agli addetti ricavati dalle sezioni di censimento ISTAT;
- Spostamenti esterni-esterni, aggiunti in relazione agli spostamenti di attraversamento rilevati nel corso delle indagini cordionali, opportunamente proiettati per passare dal campione intervistato all'universo.

A seguito di queste operazioni è stata ottenuta la matrice di domanda base. Il passo successivo è stato l'aggiornamento della stessa con i dati delle scuole in maniera da riuscire a contemplare il fenomeno del kiss&ride (per i soli movimenti interni-interni), ovvero il fatto che lo spostamento casa-lavoro di chi accompagna anche i figli a scuola prevede una sosta intermedia, e quindi una triangolazione degli spostamenti. Per prima cosa si sono raccolti i dati disponibili (rif. Popolazione studentesca 2008) sulle 41 scuole pubbliche e private di Lanciano di ogni ordine e grado e si è provveduto alla loro geocodifica e quindi alla loro associazione alle zone di traffico in cui ricadevano. Si è poi calcolato un "tasso di mobilità degli studenti", ovvero gli spostamenti di kiss&ride attesi, dato dal prodotto del numero degli studenti dell'istituto per un coefficiente di mobilità. Tale coefficiente assume diversi valori in base all'ordine della scuola. In particolare vale 0.10 per le scuole dell'infanzia, 0.15 per le scuole primarie, 0.15 per le scuole medie inferiori e 0.10 per le scuole medie superiori. Dopo aver aggregato scuole di diverso ordine ma di fatto ospitate nella stessa struttura, si sono individuati gli istituti con più spostamenti che meritavano di essere modellizzati con una zona a se, scelta adottata per 4 istituti (zone numero 91-94 del modello). Gli altri spostamenti dovuti al kiss&ride sono andati invece ad aumentare gli spostamenti globali delle zone nelle quali ricadevano le scuole.

2.2 Correzione delle matrici attraverso i rilievi di traffico stradale e validazione del modello

La matrice di base ottenuta è stata assegnata secondo un metodo di assegnazione stocastico. A seguito dell'assegnazione si è proceduto al processo iterativo di calibrazione dei nodi in modo da determinare il tipo specifico di nodo all'interno di ogni tipologia, in relazione all'entità del traffico attraversante

l'intersezione (cfr. 1.1.3), così da rappresentare al meglio le penalità standard alle manovre di svolta (cfr. 1.1.7).

Importanti indicazioni sulla bontà del modello ci vengono dallo *Scattergram*, vale a dire dalla dispersione *xy* dei punti *Flussi Calcolati dal Modello Visum - Flussi Rilevati*, con la relativa retta di regressione lineare.

In particolare è valutabile lo scostamento dei parametri *a* e *b*, che definiscono rispettivamente pendenza e intercetta della retta di regressione, del coefficiente di determinazione (R^2 , può assumere valori nel dominio 0÷1 ed è una proporzione tra la variabilità dei dati e la correttezza del modello statistico utilizzato) e dell'errore quadratico medio (RMSE, *Root Mean Square Error*, indica la discrepanza quadratica media tra i valori dei dati osservati e quelli stimati dal modello) rispetto a quelli ideali teorici ($R^2=1$, $a=1$, $b=0$, %RMSE=0)

La correlazione lineare tra valori osservati e stimati è pari a 0,79.

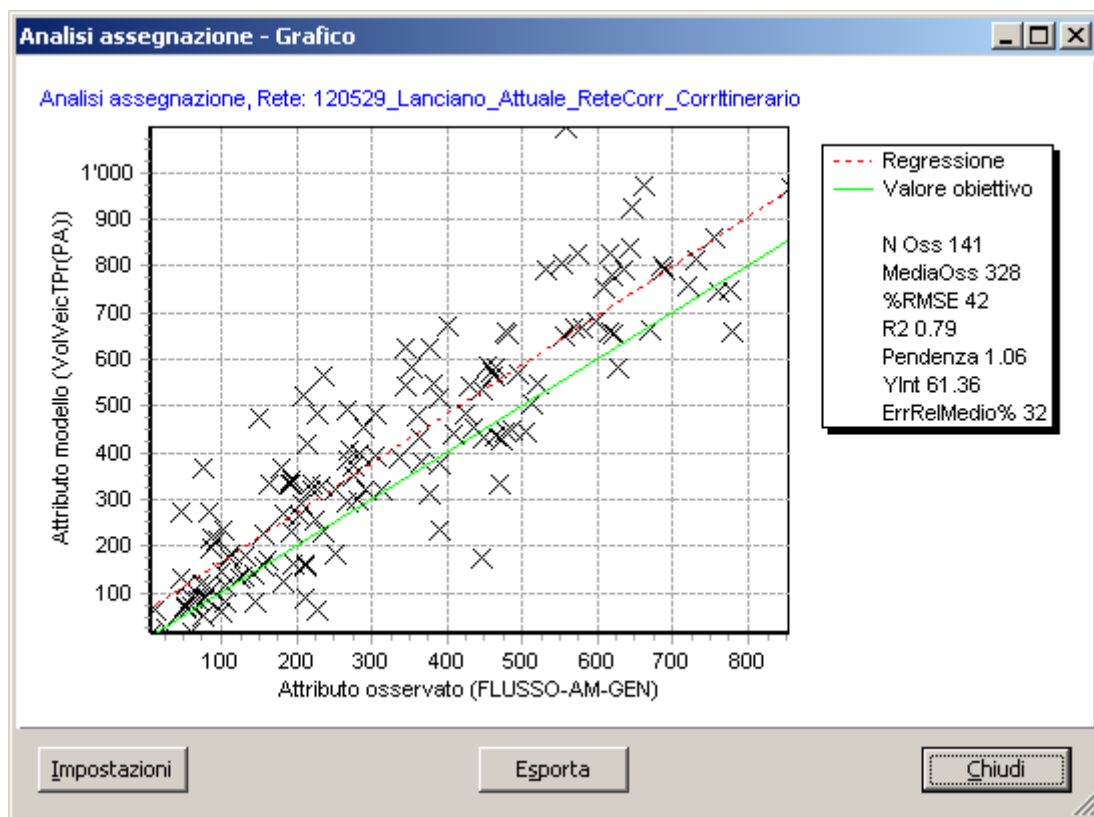


Figura 12. Correlazione tra flussi auto rilevati e flussi assegnati da modello - matrice iniziale.

La matrice è stata quindi oggetto di correzione con il metodo “fuzzy”, utilizzando i dati elaborati a partire dalle indagini automatiche (cfr. 1.1.8). Il metodo di tipo “fuzzy”, a partire dalla matrice di partenza e dall'insieme dei dati rilevati fornisce una matrice di domanda aggiornata. Tale matrice viene calcolata, mediante fattori di moltiplicazione per gli elementi della matrice iniziale attraverso una procedura di bilanciamento: la comparazione dei volumi calcolati con i dati rilevati, fa sì che le sezioni di rilievo forniscano informazioni sui “fattori di correzione” da applicare. Ovviamente ad una relazione O/D possono ri-

ferirsi più sezioni di rilievo e quindi esiste la possibilità che questa venga influenzata da più fattori di correzione.

L'assegnazione di questa matrice mostra una correlazione lineare tra i dati rilevati e quelli stimati dal modello pari a 0,94.

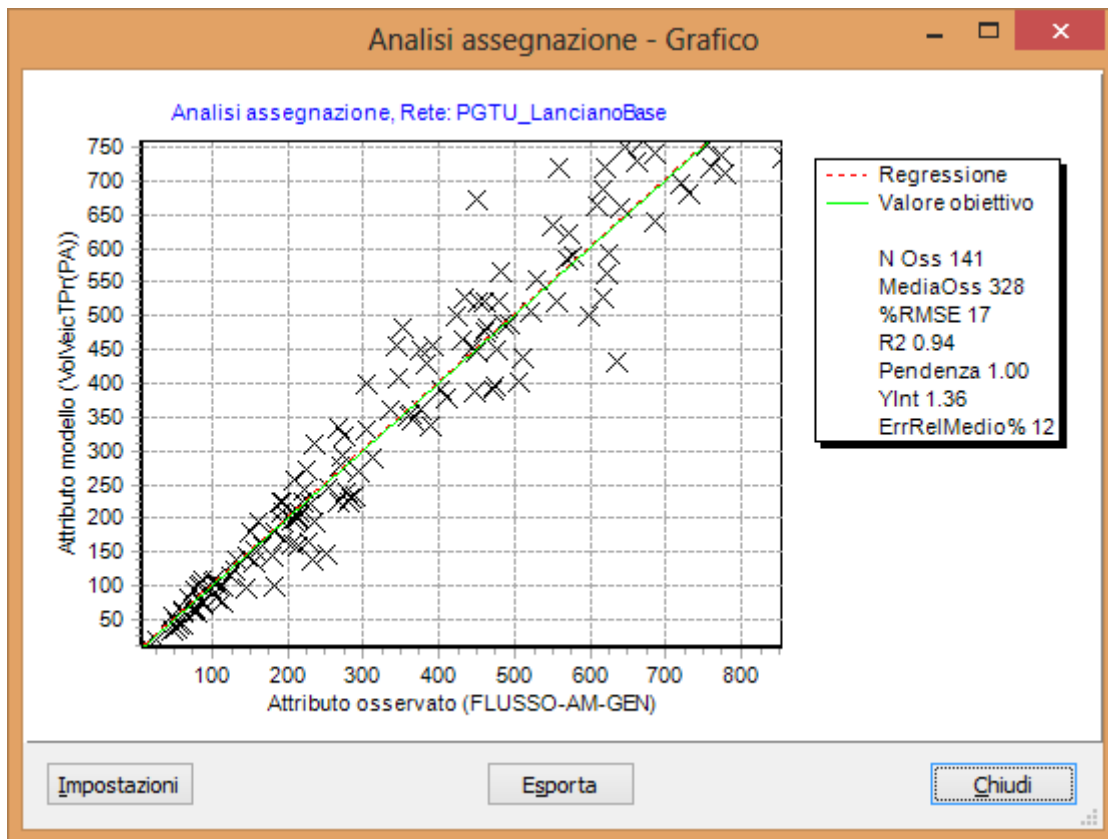


Figura 13. Correlazione tra flussi auto rilevati e flussi assegnati da modello - matrice corrette col metodo fuzzy.

Si riportano di seguito una serie di immagini che mostrano il confronto diretto tra flussi rilevati (visualizzati in rosso) e flussi assegnati (visualizzati in blu) dopo la procedura di correzione della matrice.



Figura 14. Confronto tra flussi rilevati (in rosso) e flussi stimati da modello (in blu) - ora di punta del mattino.

Nella sottostante Tabella 8 si riportano le sottomatrici OD originarie e post correzione Fuzzy.

Tabella 8: Totali sottomatrici OD originarie e post correzione Fuzzy

MATRICE ORIGINARIA	TOTALE	Interni-Interni	Interni-Esterni	Esterni-Interni	Esterni-Esterni (di attraversamento)
Ora di punta del mattino AM	12'834	5'932	3'263	3'272	367
MATRICE CON CORREZIONE FUZZY	TOTALE	Interni-Interni	Interni-Esterni	Esterni-Interni	Esterni-Esterni (di attraversamento)
Ora di punta del mattino AM	11'202	6'237	2'132	2'596	237

Di seguito in Tabella 9, si riporta per ciascuna sezione di rilievo, il numero di arco, il flusso assegnato, il flusso rilevato e il valore della statistica GEH. Questa statistica è molto simile ad una chi-quadro test, in particolare è una formula empirica utilizzata nell'ingegneria dei trasporti per confrontare due serie di flussi veicolari. In particolare si ha:

$$\sqrt{\frac{2(M - c)^2}{M + c}}$$



dove M e C [veh/h] sono rispettivamente i flussi assegnati dal modello e quelli rilevati.

In generale sono considerati molto affidabili i dati con valori di GEH inferiore a 5,00 ed inaffidabili i dati con valori di GEH superiore a 10,00.

Tabella 9. Statistica GEH

Numero Arco	Codice Sezione di Rilievo	Flusso Assegnato (M)	Flusso Rilevato (C)	GEH
5430476	1001A	291	312	1,21
5430476	1001B	159	165	0,47
5431404	1002A	565	482	3,63
5431404	1002B	689	616	2,86
5435890	1003A	719	761	1,54
5435890	1003B	508	521	0,57
5431462	1004A	38	51	1,95
5431462	1004B	21	25	0,83
5431712	1005A	44	56	1,70
5431712	1005B	36	46	1,56
5432678	1006A	450	377	3,59
5432678	1006B	409	346	3,24
5432675	1007A	97	96	0,10
5432675	1007B	94	77	1,84
5435754	1008A	489	485	0,18
5435754	1008B	198	205	0,49
5433155	1009A	106	100	0,59
5432689	1010A	391	471	3,85
5433172	1011A	521	460	2,75
5430142	1012A	116	123	0,64
5435951	1013A	212	215	0,21
5435951	1013B	99	112	1,27
5436211	1014A	181	151	2,33
5436211	1014B	55	48	0,98
5430140	1015A	449	477	1,30
5430140	1015B	324	276	2,77
5430089	1016A	109	86	2,33
5430089	1016B	64	73	1,09
5430090	1017A	259	209	3,27
5430090	1017B	78	86	0,88
5435867	1018A	200	212	0,84
5435867	1018B	168	195	2,00
5435919	1019A	457	344	5,65
5435919	1019B	591	626	1,42
6082164	1020A	759	670	3,33
6082164	1020B	447	449	0,09
6082461	1021A	500	424	3,54
6082461	1021B	294	271	1,37



Numero Arco	Codice Sezione di Rilievo	Flusso Assegnato (M)	Flusso Rilevato (C)	GEH
6082172	1022A	136	156	1,66
6082172	1022B	400	305	5,06
6082190	1023A	222	229	0,47
5432717	1024A	527	435	4,19
6082204	1025A	672	450	9,37
5432795	1026A	397	474	3,69
5432795	1026B	389	447	2,84
6082297	1027A	224	192	2,22
6082297	1027B	101	182	6,81
5435942	1028A	108	103	0,49
5435942	1028B	140	232	6,75
5435940	1029A	104	83	2,17
6082137	1029B	77	114	3,79
5434981	1030A	97	145	4,36
5435288	1031A	69	76	0,82
5435288	1031B	75	87	1,33
5435194	1032A	440	512	3,30
6082343	1033A	144	144	0,00
6082343	1033B	100	82	1,89
6082351	1034A	355	363	0,42
6082351	1034B	360	376	0,83
5432801	1035A	138	132	0,52
5432801	1035B	200	213	0,90
5433218	1036A	482	352	6,37
5433218	1036B	482	464	0,83
5436318	1037A	160	213	3,88
5435551	1038A	753	755	0,07
5435932	1038B	520	454	2,99
5433410	1039A	352	360	0,42
5433410	1039B	144	179	2,75
5433335	1040A	45	61	2,20
5433335	1040B	81	105	2,49
5432982	1041A	403	506	4,83
5432982	1041B	380	409	1,46
5435494	1042A	240	277	2,30
5435494	1042B	235	289	3,34
6082161	1043A	46	52	0,86
6082161	1043B	64	60	0,51
6082302	1044A	181	182	0,07
6082302	1044B	166	227	4,35
5430172	1045A	500	599	4,22
5430172	1045B	331	305	1,46
5430095	1046A	456	391	3,16



Numero Arco	Codice Sezione di Rilievo	Flusso Assegnato (M)	Flusso Rilevato (C)	GEH
5430095	1046B	230	284	3,37
6082434	1047A	729	663	2,50
6082434	1047B	634	552	3,37
5432564	1048A	310	235	4,54
5432564	1048B	278	269	0,54
5430166	1049A	697	720	0,86
5435910	1050A	713	780	2,45
5435910	1050B	738	775	1,35
5432997	1051A	742	687	2,06
5432997	1051B	750	646	3,94
5430146	1052A	720	558	6,41
5430146	1052B	390	401	0,55
5435988	1053A	211	192	1,34
5435988	1053B	196	162	2,54
5433058	1054A	520	478	1,88
5433058	1054B	429	383	2,28
5432948	1055A	225	281	3,52
5432948	1055B	270	293	1,37
5436275	1056A	360	337	1,23
5436275	1056B	164	207	3,16
5432289	1057A	244	221	1,51
5432289	1057B	196	192	0,29
6082480	1058A	226	190	2,50
6082480	1058B	63	78	1,79
5432366	1059A	224	268	2,81
5432366	1059B	123	130	0,62
6082289	1060A	433	636	8,78
6082289	1060B	147	252	7,43
5432200	2001_1+2	528	616	3,68
6082435	2001_1+4	734	856	4,33
5432202	2001_2+5	197	235	2,59
5432202	2001_3+4	245	253	0,51
5432200	2001_3+6	482	464	0,83
6082435	2001_5+6	640	686	1,79
5432395	2002_1+2	346	365	1,01
5432318	2002_1+4	520	556	1,55
6082481	2002_2+5	63	60	0,38
6082481	2002_3+4	226	220	0,40
5432395	2002_3+6	466	431	1,65
5432318	2002_5+6	476	462	0,65
5432521	2003_1+2+3	589	578	0,46
5436313	2003_1+5+9	155	155	0,00
5436313	2003_10+11+12	103	106	0,29



Numero Arco	Codice Sezione di Rilievo	Flusso Assegnato (M)	Flusso Rilevato (C)	GEH
5431390	2003_2+6+10	563	622	2,42
5431393	2003_3+7+11	8	7	0,37
5431393	2003_4+5+6	15	12	0,82
5432521	2003_4+8+12	662	642	0,78
5431390	2003_7+8+9	682	730	1,81
5435898	2004_1+2	107	100	0,69
5435947	2004_1+4	584	569	0,62
5436221	2004_2+5	554	530	1,03
5436221	2004_3+4	489	493	0,18
5435898	2004_3+6	82	67	1,74
5435947	2004_5+6	623	573	2,04
5432531	2005_1+2	665	608	2,26
5432533	2005_1+4	334	268	3,80
5432532	2005_2+5	339	390	2,67
5432532	2005_3+4	454	446	0,38
5432531	2005_3+6	719	620	3,83
5432533	2005_5+6	273	224	3,11
TOTALI		46568	46285	

Nella Tabella 10 sono mostrate le condizioni di validazione che normalmente si ritrovano in letteratura ed i risultati ottenuti dal nostro modello:

Tabella 10- Validazione del modello







	Condizione di validazione	Risultati del modello
R ²	> 0.88	0.94
RMSE	< 30%	17%
GEH	<5 nell'85% dei casi	< 5 nel 93.6% dei casi
	< 10 nel 100% dei casi	< 10 nel 100% dei casi

Pertanto, considerando anche che il coefficiente angolare della retta di regressione è pari a 1.00, il modello può essere considerato validato.

3 Valutazioni Modellistiche

3.1 Indicatori sul funzionamento del sistema di trasporto privato

Al termine delle simulazioni sono state prodotte le immagini seguenti nelle quali si riportano i risultati dell'assegnazione della domanda di trasporto privato nell'ora di punta del mattino in termini di: *flussogrammi* (ovvero i flussi veicolari nelle ore di punta) e *livelli di servizio* (in termini di saturazione, ovvero il rapporto tra flusso di veicoli e capacità dell'arco). Vengono rappresentate cinque classi di saturazione utilizzando colori diversi. Nella seguente tabella ad ogni colore utilizzato è associata la corrispondente classe di saturazione:

Colore delle barre d'arco	Livello di saturazione (flusso / capacità)
	Sat ≤ 20%
	20% < Sat ≤ 40%
	40% < Sat ≤ 60%
	60% < Sat ≤ 80%
	80% < Sat ≤ 100%
	Sat ≥ 100%

Per una più efficace valutazione grafica sono stati introdotti 3 livelli di dettaglio nelle rappresentazioni seguenti: intera rete, rete urbana e dettaglio dell'area centrale.

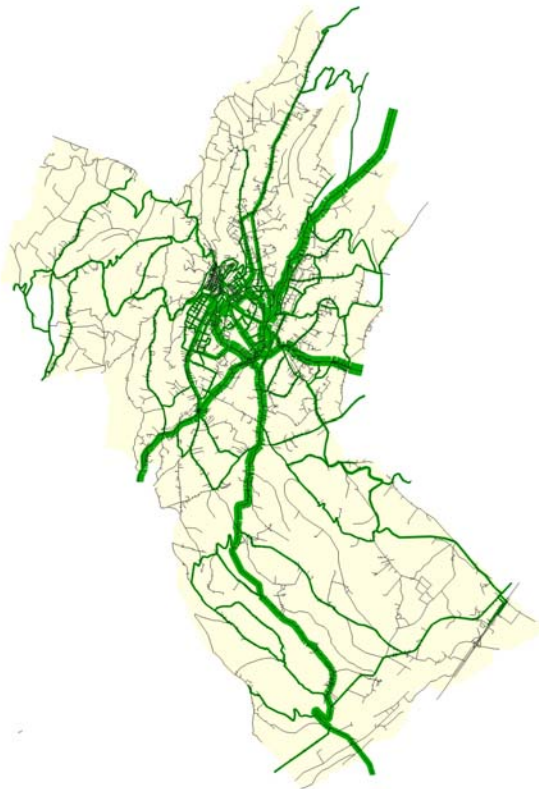


Figura 15: Intera Rete Scenario Attuale: Flussogramma

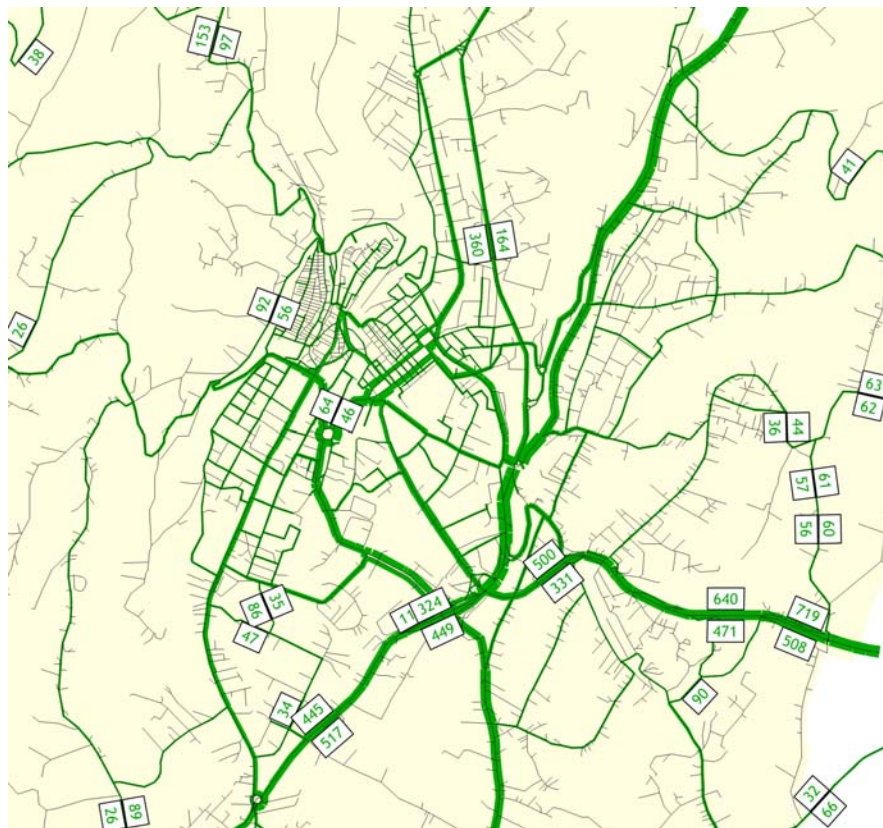


Figura 16: Rete Urbana Scenario Attuale: Flussogramma

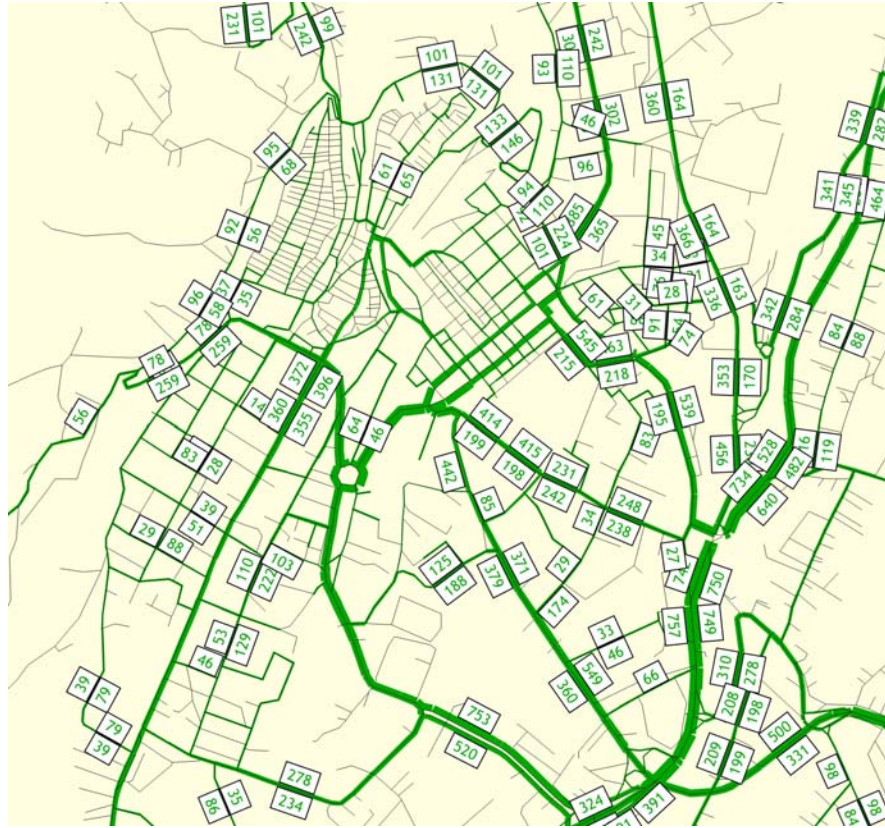


Figura 17: Dettaglio Centro Scenario Attuale: Flussogramma

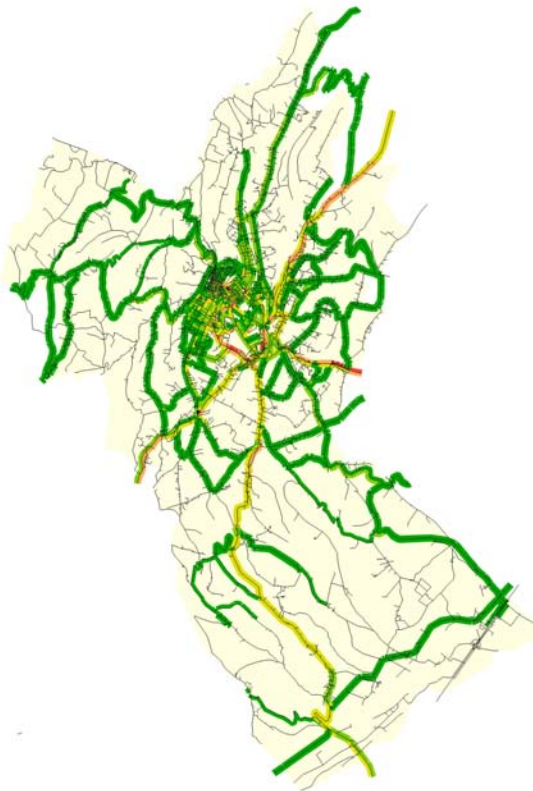


Figura 18: Intera Rete Scenario Attuale: Livello di servizio

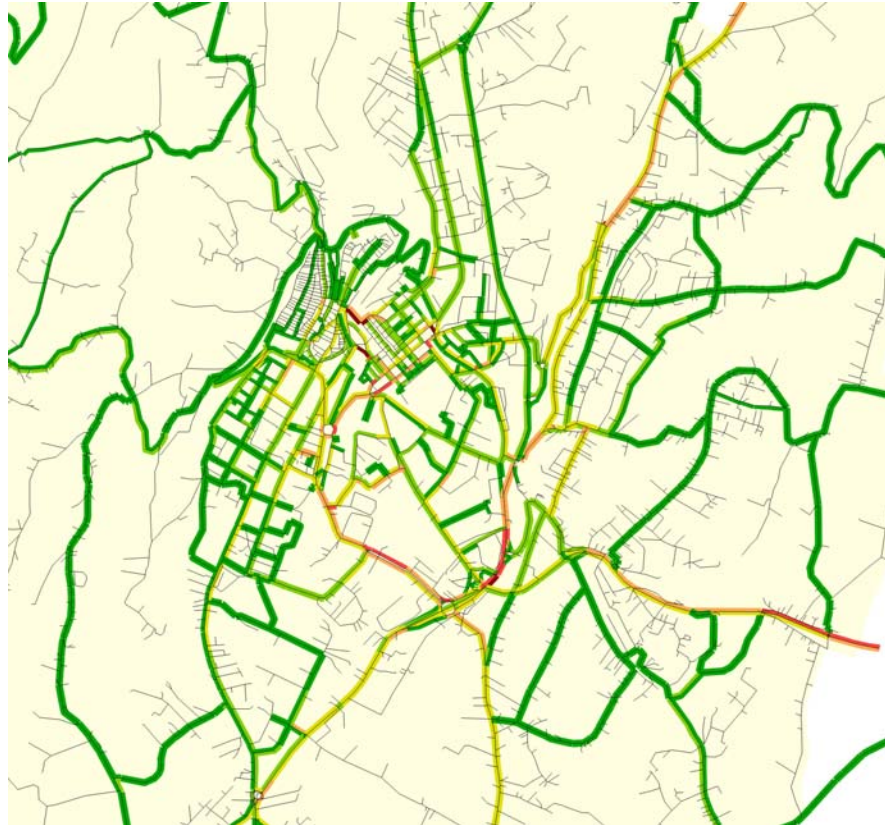


Figura 19: Rete Urbana Scenario Attuale: Livello di servizio

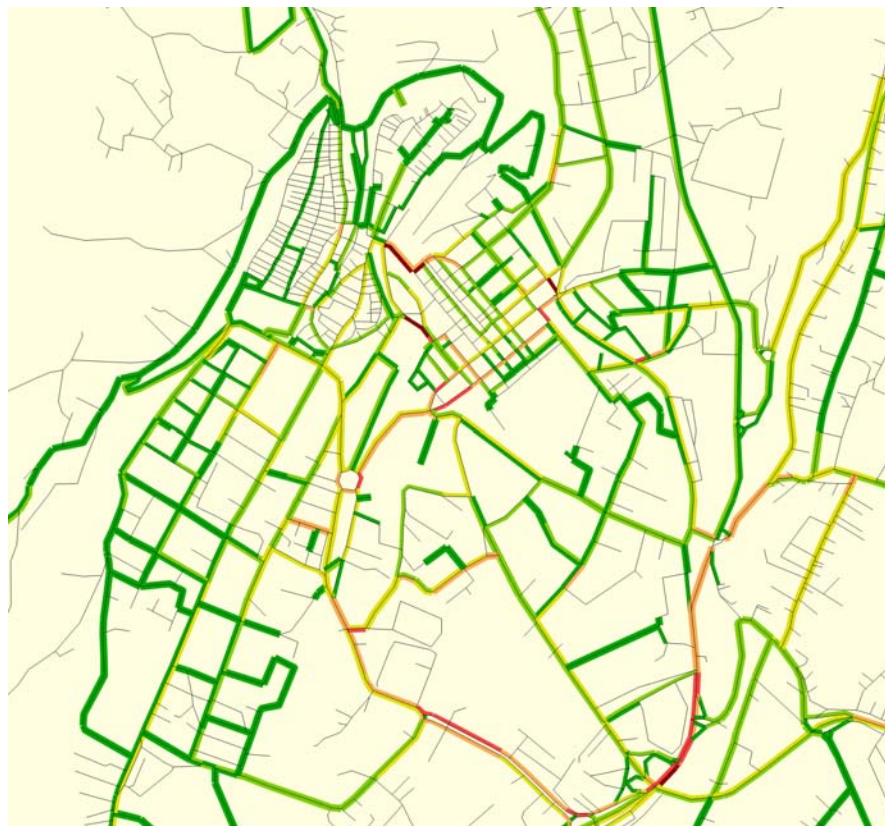


Figura 20: Dettaglio Centro Scenario Attuale: Livello di servizio