

**R.24) Studio del traffico: stima della domanda di mobilità,
regolarità del deflusso e gestione dei conflitti**

INDICE

1. PREMESSA	4
2. L'AREA DI STUDIO E LA ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO.....	6
3. LA DEFINIZIONE DELLO SCENARIO DI PROGETTO (2020)	11
3.1. Sintesi degli interventi di riqualificazione dell'area est di Napoli	11
3.2. Lo scenario trasportistico al 2020 (infrastrutture e servizi).....	24
3.2.1 Le modifiche infrastrutturali	24
La rete ferroviaria.....	24
La rete stradale	27
3.2.1 Le modifiche dei servizi	27
I nuovi servizi ferroviari.....	27
I nuovi servizi su gomma	28
3.3. Analisi socio-economica dell'area di studio	28
3.3.1 Lo scenario attuale.....	29
3.3.2 Lo scenario di progetto (2020).....	34
4 INDAGINI DI MOBILITÀ PROPEDEUTICHE ALLA STIMA DELLE CRITICITÀ ATTUALE DELL'AREA DI PROGETTO	41
4.1 I conteggi di traffico	41
4.3 I rilievi di velocità per la sicurezza stradale	44
4.2.1 Le velocità misurate in via Emanuele Gianturco	46
4.2.2 Le velocità misurate in via Galileo Ferraris	50
4.3 Analisi di incidentalità	54
5 IL SISTEMA DI MODELLI DI OFFERTA	56
5.3 La rete delle infrastrutture stradali.....	57
5.4 La rete dei servizi di trasporto collettivo	66
6 IL MODELLO DI DOMANDA	69
6.3 Il modello di generazione.....	72
6.4 Il modello di distribuzione.....	72
6.5 Il modello di scelta modale	74
7 IL MODELLO DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA	77
7.3 Il modello di assegnazione alla rete stradale.....	77

7.4	Il modello di assegnazione alla rete del trasporto collettivo.....	79
8	LA STIMA DEGLI IMPATTI.....	83
8.1	La metodologia di stima e validazione.....	83
8.2	La stima dei flussi di domanda.....	87
8.3	Il progetto e la verifica della rotatoria tra via g. ferraris e via e. gianturco	95
8.4	Il livello di sicurezza per gli attraversamenti pedonali.....	98
9.	CONCLUSIONI.....	103

1. PREMESSA

Nella presente relazione si riportano i risultati dello studio del traffico, ovvero la stima della domanda di mobilità, l'analisi della regolarità del deflusso e la gestione dei conflitti per lo scenario di progetto.

Punto di partenza per la scelta della soluzione progettuale da proporre è stato l'analisi delle attuali criticità trasportistiche che presenta l'area oggetto dell'intervento di riqualificazione ovvero:

- **scarsa leggibilità della rete stradale.** La rete stradale a servizio del Bacino Orientale della città, nel cui ambito ricadono gli assi stradali oggetto dell'intervento, è fortemente condizionata dalla presenza delle connessioni con il Sistema Autostradale Urbano, ovvero con il raccordo dell'Autostrada Roma – Napoli con l'Autostrada Napoli - Pompei – Salerno e con la SS 162 di collegamento del capoluogo con i paesi vesuviani, che, in ambito urbano, si sviluppano in viadotto. A questi elementi, che impattano fortemente sugli ambiti urbani del Bacino orientale della città, si aggiungono le tratte terminali della linea ferroviaria Roma – Napoli e delle linee ferroviarie della Circumvesuviana, che, sviluppandosi prevalentemente in rilevato, costituiscono forti elementi di interruzione della continuità della rete stradale. Peraltro la rete stradale di questo Bacino è caratterizzata dall'assenza di punti di riferimento territoriali facilmente riconoscibili.
- **elevata frequenza di incidenti stradali.** La IV Municipalità, in cui ricadono sia via Gianturco che la quasi totalità di via Galileo Ferraris, risulta essere quella più interessata dal fenomeno degli incidenti stradali. Infatti nel 2011 si sono verificati 753 incidenti che hanno determinato 3 decessi e 451 feriti. Gli incidenti avvenuti nella IV Municipalità costituiscono il 16% degli incidenti che avvengono nel Comune di Napoli e determinano 14% dei feriti e poco meno del 10% dei decessi. In aggiunta di ciò alcuni rilievi di velocità effettuati nel corso della redazione del progetto definitivo hanno evidenziato che su quasi tutte le strade di progetto, per oltre il 50% della giornata, i veicoli circolanti raggiungono velocità di punta anche superiori ai 70 km/ora.
- **scarsa sicurezza per le persone.** Pur non disponendo di dati strutturati sugli eventi che si sono verificati negli ultimi anni sulle strade oggetto di intervento, ma solo di informazioni deducibili dai fatti di cronaca, dai sopralluoghi effettuati dai tecnici è emerso che le strade oggetto di intervento, e in particolare i numerosi sottopassi (due su via Galileo Ferraris e uno via Gianturco) non presentano soddisfacenti caratteristiche di sicurezza intrinseca.
- **assenza sistemi tecnologici per le infrastrutture.** Le strade oggetto di intervento si collocano in prossimità del Centro Direzionale, e pertanto, in zone ad elevata concentrazione di servizi e uffici di importanza regionale (Tribunale di Napoli, Regione Campania, Università Parthenope,...). La zona, peraltro, ha già conosciuto importanti trasformazioni con l'insediamento in via Brin di società del terziario avanzato e, nei prossimi anni conoscerà ulteriori importanti sviluppi per l'ampliamento del Centro Direzionale e la realizzazione dei PUA nell'area ex Feltrinelli e ex Tabacchificio. Nonostante ciò, per queste infrastrutture c'è una totale assenza di tecnologie

(connessioni Wi - Fi diffuse, sistemi evoluti di illuminazione pubblica, sistemi di monitoraggio ecc.).

Per ovviare a queste problematiche, per sviluppare il progetto definitivo ci si è riferiti all'idea di proporre una "**infrastruttura a 4 S**", dove per 4 S si intende:

- 1) **Sensibile al contesto**, ovvero una infrastruttura gradevole alla vista e che ben si integri con la riqualificazione in atto nell'area est della città, candidandosi ad assumere una propria identità urbana per un'area ad oggi completamente priva di punti distintivi e riconoscibili.
- 2) **Sostenibile**, ovvero una infrastruttura con particolare attenzione all'ambiente, alla vivibilità ed all'accessibilità. Il progetto proposto infatti si basa sul recupero di materiali esistenti (es. sampietrini e basoli), sull'utilizzo di pavimentazioni volte alla riduzione delle sostanze inquinanti (es. tappetino foto-catalitico) e sulla verifica della circolazione per ridurre al minimo i possibili fenomeni di congestione ed i punti di conflitto che si ipotizza potranno presentarsi una volta riqualificata l'intera area est. In aggiunta di ciò, è stato inserito nel progetto anche un apposito itinerario ciclistico (pista ciclabile) volto sia a connettere il Centro direzionale di Napoli con le future aree a verde previste nell'area di progetto, sia a consentire spostamenti ciclabili all'interno dell'area di progetto.
- 3) **Sicura**, per i veicoli, ponendo particolare attenzione alle soluzioni progettuali proposte, e per i modi muscolari (piedi e bici) attraverso la realizzazione di percorsi ciclabili e pedonali "protetti" (in sede propria).
- 4) **Smart**, ovvero una infrastruttura tecnologicamente all'avanguardia, attraverso l'utilizzo di opportune tecnologie volte alla riduzione dei consumi energetici (es. lampade a led per lampioni ed illuminazione dei sottopassi) ed alla sicurezza (es. sistemi di sorveglianza specialmente nei numerosi sottopassi presenti).

La metodologia utilizzata in questo studio risulta largamente consolidata nella letteratura scientifica e professionale di settore e consta nell'implementazione di più fasi e la stima di differenti modelli matematici di simulazione:

- individuazione dell'area di studio e zonizzazione (Cap. 2);
- indagini di mobilità propedeutiche alla stima delle criticità attuale dell'area di progetto (Cap. 3);
- analisi e definizione dello scenario di progetto al 2020 (Cap. 4);
- implementazione del modello di offerta di trasporto (Cap. 5);
- implementazione del modello della domanda di mobilità (Cap. 6);
- implementazione del modello di interazione domanda-offerta (Cap. 7);
- stima degli impatti (flussi di domanda e livello di servizio) per le infrastrutture dell'area di progetto (Cap. 8);
- conclusioni (Cap. 9).

2. L'AREA DI STUDIO E LA ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO

Il primo passo per la modellazione analitica di un sistema di trasporto, consiste nella individuazione della cosiddetta area di studio. Si definisce area di studio quella porzione di territorio all'interno della quale si ritiene che si esauriscano gli effetti degli interventi sul sistema di trasporto in esame. Per il progetto in esame, da indagini di mobilità effettuate, si è verificato che esiste una percentuale non trascurabile di spostamenti attuali o previsti che provengono da comuni esterni a quelli della Provincia di Napoli, e che quindi gli effetti della riqualificazione proposta nel progetto potrebbero essere risentiti (in misura variabile e via via decrescenti allontanandosi da Napoli) anche in comuni esterni alla provincia di Napoli. Per tale motivo, **in via cautelativa (a vantaggio di sicurezza), si è fatta coincidere l'area di studio con il confine amministrativo della regione Campania.**

Il secondo passo nell'individuazione del sistema di trasporto, consiste nella definizione della zonizzazione dell'area di studio da utilizzare per il modello di simulazione implementato.

La zonizzazione serve a concentrare in un numero limitato di punti (centroidi delle zone) la molteplicità degli spostamenti con origine e destinazione diffusi su tutta l'area di studio. Tutti gli spostamenti stimati (da interviste) o previsti (con modelli) con origine in una zona si riterranno in partenza dal relativo centroide; analogamente per le destinazioni.

Il procedimento di zonizzazione dell'area di studio è stato sviluppato sulla base dei seguenti criteri di omogeneità:

- omogeneità trasportistica: che spinge ad accorpare, per quanto possibile, porzioni di territorio servite da uno stesso elemento fondamentale del sistema di trasporti interessante la zona (come una stazione, una strada, ecc); operando con questo criterio si ottiene che i viaggiatori in partenza abbiano un comportamento analogo nella scelta del modo e del percorso;
- omogeneità fisica: in base al quale elementi fisici divisorii non devono attraversare una zona, piuttosto contribuiranno a delinearne i confini;
- omogeneità territoriale: in base al quale si procede all'accorpamento di porzioni di territorio che presentano indici di densità territoriale di popolazione, addetti nel settore servizi, attivi totali, simili tra loro;
- omogeneità topologica: dal punto di vista della riduzione di un sistema continuo ad uno discreto sarebbe opportuno che le zone di traffico fossero tutte approssimabili a dei cerchi di eguale diametro o, non essendo ciò possibile, a dei quadrati di eguale lato, affinché uno spostamento che abbia origine o destinazione in posizione periferica di una zona di traffico non sia meglio rappresentato dal centroide di una zona di traffico contigua.

La zonizzazione dell'area di studio messa a punto, è coerente con il modello di offerta sia privato che collettivo che si intende simulare, presentando un livello di dettaglio tipo subcomunale per Napoli mentre

comunale o come aggregazioni di comuni per la restante parte della regione, con aggregazioni sempre maggiori via via che gli effetti dell'intervento progettato si vanno riducendo (es. per i comuni più periferici della Regione).



Figura 2-1 : La zonizzazione del Comune di Napoli

Tabella 2-1: Caratteristiche socio-economiche Comune di Napoli

<i>Comuni capoluogo</i>	<i>Estensione territoriale (Kmq)</i>	<i>Popolazione residente al 2010</i>	<i>Percentuale Popolazione rispetto al dato provinciale</i>	<i>Addetti Unità locali Al 2010</i>	<i>Percentuale Addetti rispetto al dato provinciale</i>	<i>Numero di zone</i>
Napoli	117,27	962.940	31,27%	314.483	55,47%	266

Fonte: Popolazione: elaborazione su dati ISTAT 2009; Addetti: elaborazione su dati ISTAT 2007

Nel dettaglio, sono state individuate complessivamente oltre 285 zone di traffico, 266 per il Comune di Napoli e 19 bacini di traffico omogenei esterni al Comune. Per il Comune di Napoli si è scelto di effettuare una zonizzazione così fitta per ottenere risultati modellistici più precisi a causa dell'elevata concentrazione sia di popolazione residente che di addetti nonché della pluralità di servizi di trasporto offerti (individuali e collettivi).

I bacini omogenei di traffico (zone esterne al Comune di Napoli) sono stati individuati sulla base dei criteri di omogeneità trasportistica, fisica, territoriale e topologica già precedentemente descritti. In aggiunta a tali criteri, è stata considerata anche l'identità storico-culturale autonoma che caratterizza una macro zona ed il fatto che un bacino di traffico rappresenta anche un nucleo autonomo e significativi di mobilità, ovvero delle aree in cui si concentra una quota rilevante dell'intera mobilità del territorio regionale. Sul territorio regionale, sono stati individuati 19 bacini evidenziati in Figura 2-2. Non si tiene conto, in questa analisi, delle zone che rientrano in territorio isolano, per un totale di 9 zone.

La Tabella 2-2 descrive, per ogni bacino individuato, il numero di zone di cui è composto, la posizione e il numero di residenti e di addetti totalizzato al 2010.

La provincia con un maggior numero di bacini è quella di Napoli, seguita da Salerno, Caserta e Avellino. La provincia di Benevento è stata schematizzata in un unico grande bacino i cui confini corrispondono esattamente con i confini provinciali.

Come si evince dalla Figura 2-2, nell'identificazione dei bacini non devono essere necessariamente rispettati i confini amministrativi delle province (evidenziati dal contorno nero), al fine di rispettare i criteri di omogeneità di cui si è detto. Infatti, talvolta diversi bacini abbracciano diverse province: è il caso, ad esempio, del bacino Nord Vesuvio che comprende aree dislocate nelle province di Napoli, Salerno e Avellino. Altre volte, i confini provinciali corrispondono esattamente con quelli di un bacino: è il caso della provincia di Benevento interessata da un unico bacino i cui confini coincidono con quelli provinciali.

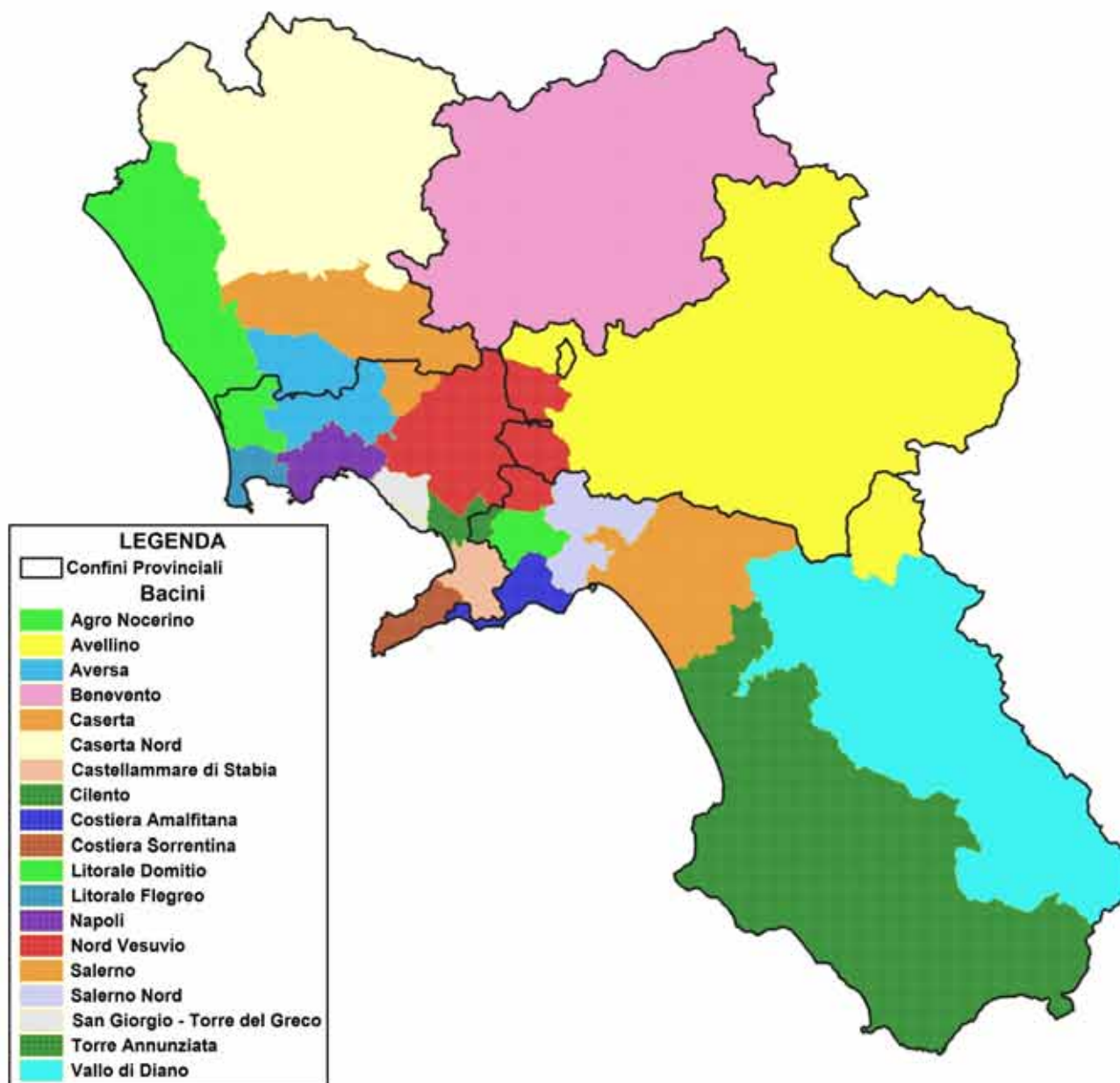


Figura 2-2: La zonizzazione (bacini di traffico) per l'area esterna al Comune di Napoli

Tabella 2-2: Bacini, province di appartenenza, popolazione e addetti

<i>Bacini</i>	<i>Numero di Zone</i>	<i>Province interessate</i>	<i>Popolazione Al 2010</i>	<i>Addetti Al 2010</i>
Agro Nocerino	8	Salerno	159.187	35.736
Avellino	114	Avellino, Salerno	408.030	100.839
Aversa	71	Caserta, Napoli	886.125	139.659
Benevento	86	Benevento	286.218	63.219
Caserta	39	Caserta, Napoli	430.543	100.104
Caserta Nord	57	Caserta	167.380	28.427
Castellammare di Stabia	13	Napoli	149.088	26.717
Cilento	69	Salerno	234.691	44.567
Costiera Amalfitana	12	Salerno	32.944	8.296
Costiera Sorrentina	8	Napoli	81.476	18.335
Isole	9	Napoli	86.889	21.149
Litorale Domitio	22	Caserta, Napoli	265.540	35.557
Litorale Flegreo	15	Napoli	124.012	29.421
Napoli	266	Napoli	962.940	314.483
Nord Vesuvio	69	Napoli, Avellino, Salerno	536.145	107.331
Salerno	32	Salerno	306.014	85.408
Salerno Nord	10	Salerno	147.924	32.863
San Giorgio - Torre del Greco	20	Napoli	244.684	34.993
Torre Annunziata	18	Napoli, Salerno	188.473	31.299
Vallo di Diano	39	Salerno	126.359	26.646
Totale Regione Campania	977		5.824.662	1.285.049

3. LA DEFINIZIONE DELLO SCENARIO DI PROGETTO (2020)

Per la definizione dello scenario di progetto si è ipotizzato l'orizzonte temporale al 2020, anno in cui si è ipotizzato vengano realizzati tutti gli interventi principali di riqualificazione dell'area est di Napoli. In aggiunta a questi, si è tenuto esplicitamente in conto sia delle infrastrutture e dei servizi di trasporto previsti al 2020 che delle dinamiche demografiche e socio-economiche in atto nella città di Napoli. I successivi due paragrafi sono dedicati a:

- descrivere sinteticamente gli interventi previsti dai Piani urbanistici vigenti che, una volta realizzati impatteranno a diverso titolo con l'area di progetto (genereranno/attrarranno domanda di mobilità);
- descrivere lo scenario trasportistico al 2020 (infrastrutture e servizi) secondo i Piani e Progetti dei trasporti attualmente in vigore;
- stimare le dinamiche demografiche e socio-economiche in atto nella città di Napoli e previste al 2020.

3.1. Sintesi degli interventi di riqualificazione dell'area est di Napoli

Di seguito si riportano delle schede di sintesi sugli interventi previsti dai Piani urbanistici vigenti che, una volta realizzati, impatteranno (genereranno/attrarranno domanda di mobilità) sull'area di progetto. Ovviamente vi sono interventi che avranno un impatto molto significativo ed altri che, invece, avranno un effetto modesto o anche nullo. Per la stima del grado di influenza di ogni singolo intervento nell'area di progetto ci si è rifatti al modello di domanda implementato.

C1 - Insediamento universitario nell'area ex Cirio

Nell'area dismessa della Cirio a San Giovanni a Teduccio si prevede l'insediamento di due nuove facoltà dell'Università degli studi di Napoli Federico II. Si tratta della nuove sedi della facoltà di Ingegneria e della facoltà di Giurisprudenza, per un complesso di 200mila mc di aule, laboratori, biblioteche, studi dipartimentali, centro congressi. Inoltre sarà realizzato un parco pubblico e parcheggi per 28mila mq, di cui 20mila riservati all'università.



S12 - Riqualificazione di quattro nodi lungo l'asse costiero, attraversati o limitrofi al tracciato della linea tranviaria: S. Erasmo, Stella Polare, Carmine e Portosalvo

Nell'ambito del programma di riqualificazione della linea costiera, nella zona orientale, sono stati approvati dalla Regione Campania diversi interventi che, con riferimento all'area di progetto, sono: la ristrutturazione della linea tranviaria e la conseguente riqualificazione della via Marina; riqualificazione area **S.Erasmo**, tratto compreso tra via Gianturco e corso Lucci;-area **Stella Polare**



S18 - Piano particolareggiato di iniziativa privata in via Marina Dei Gigli

La proposta di piano interessa un'area di 11.385 mq, sita in via Marina dei Gigli e ricadente nel quartiere di S. Giovanni e prevede la realizzazione di un insediamento residenziale per complessivi 22.720 mc con parcheggi pertinenziali a raso (1.800,00 mq). È prevista inoltre la realizzazione di un'area a verde pubblico di 4.781,55 mq.



S19 - Ospedale del mare

Nuovo ospedale nella zona orientale della città, nel quartiere di Ponticelli. Il complesso è di 500 posti letto per una superficie complessiva a scopo sanitario di 80mila mq. Si compone di quattro corpi separati: il primo costituito dalla hall di accesso con galleria commerciale e servizi, con il reparto operatorio alle spalle e con le degenze nei cinque piani superiori; il secondo corpo è costituito dal blocco uffici; il terzo corpo dal blocco centrali tecnologiche e il quarto dall'albergo per 150 posti letto. I quattro corpi sono inseriti in una vasta area a verde di circa 50mila mq e con 30mila parcheggio per circa 1300 posti auto, e un eliporto. Con la realizzazione dell'ospedale del mare si prevede la riconversione degli ospedali Ascalesi, Annunziata e Loreto mare localizzati nel centro storico della città.



S20 - Residenze, aree di verde pubblico e parcheggi in ambito 18 a Ponticelli

L'area di 11.994 mq ricade in sottozona Bb, è ubicata nei pressi della stazione Madonnelle della linea metropolitana 3 ed è al momento parzialmente impegnata da manufatti. La proposta prevede la realizzazione di un complesso residenziale composto da tre edifici destinato ad alloggi con parcheggi pertinenziali interrati e un piccolo edificio destinato ad attività commerciali al minuto lungo il fronte su via Madonnelle. E' prevista la cessione a standards di un'area destinata a parco pubblico attrezzato e un parcheggio pubblico per un ammontare complessivo di 23.387,53 mc circa e di attrezzature pubbliche di quartiere da destinare a verde e parcheggi per circa 2,376,00 mq.



S21 - Piano particolareggiato a Ponticelli in ambito 18 Via Palermo

La proposta riguarda un'area, ubicata lungo via Palermo nel quartiere di Ponticelli, avente una superficie complessiva di 10.494 mq. L'area rientra nell'ambito 18 – Ponticelli - e include un'area reperita per attrezzature di quartiere di 3.985 mq. La prima proposta presentata prevede la realizzazione di residenze (12.710 mc) e di attrezzature pubbliche di quartiere (area a verde e sport), e di una strada pubblica per complessivi 3.180 mq in aggiunta a quelle previste dal Prg vigente pari a 3.985 mq.



R4 - Insediamento per la produzione di beni nell'area della ex Icmi

L'area oggetto di intervento, di superficie pari a circa 226.242 mq, è ubicata nella zona orientale della città, ricade nell'ambito n. 13 ex raffineria in zona Db e Fc e comprende l'insediamento industriale dismesso della Icmi. E' prevista la cessione di aree per le urbanizzazioni primarie e secondarie di complessivi 47.549 mq. Realizzazione di un parco urbano con attrezzature sportive (campi da tennis e campo polivalente), attrezzature ricreative (campi da bocce), spogliatoi e servizi i, un locale ristoro con i relativi servizi di 33.633 mq. ; parcheggio pubblico P1 e P2 ; la realizzazione strade S1, S2 , S4; il prolungamento e adeguamento impiantistico di via Pasquale del Pezzo S3.



R5 - Riconversione di un opificio industriale – zona est

Recupero di un vecchio capannone di oltre mc 50.000 ubicato nell'area orientale, da destinare ad attività di produzione di beni e servizi e abitazioni, con parcheggio multipiano e ampi spazi comuni.



R6 - Piano urbanistico attuativo nell'ambito 43 – Magazzini approvvigionamento.

Lo stralcio del oggetto previsto dallo strumento urbanistico vigente, prevede la demolizione quasi completa dei capannoni esistenti e al loro posto la realizzazione di un polo produttivo integrato che comprende: attività direzionali, un'attività commerciale per la grande distribuzione, urbanizzazioni primarie (viabilità e parcheggi pubblici) e secondarie (un'area a parco di quartiere).

Il piano urbanistico attuativo comprende nel dettaglio:

- attività per la produzione di beni per mq 63.730;
- una struttura per lo svago e il tempo libero per mq 2.066
- una struttura commerciale con mq 21.000 di superficie di vendita;

Il piano urbanistico attuativo prevede inoltre:

- parcheggi pubblici per mq 25.758 (circa 1.000 posti auto);
- parco con attrezzature sportive e percorsi pedonali e ciclabili per mq 27.597;
- viabilità pubblica (di nuova realizzazione o di adeguamento dell'esistente) per mq 76.793;
- opere di adeguamento fognario;
- parcheggi pertinenziali delle attività produttive e commerciali per complessivi mq 112.616.



R7 - PalaPonticelli: attrezzatura a scala territoriale per la musica e i grandi eventi e annessi strutture complementari di servizi

L'area oggetto d'intervento, di superficie pari a circa 84.434 mq, è ubicata nella periferia orientale della città nel quartiere di Ponticelli. Il progetto prevede la realizzazione di un'attrezzatura a scala urbana e territoriale per la musica, denominata Palaponticelli (11.500 mq), attrezzature di quartiere (5.000 mq), parcheggi pubblici (41.300 mq); attrezzature commerciali (38.800 mq di cui 14.381 mq. per la grande e media distribuzione) oltre alle opere di urbanizzazione primaria e gli spazi pubblici e la riqualificazione stradale al contorno.



R9 - Centro commerciale, albergo e attrezzature pubbliche nell'area ex Feltrinelli

L'area rientra nel sub-ambito 12.e "Feltrinelli". La proposta prevede la riqualificazione di un'area produttiva dismessa mediante la realizzazione attrezzature pubbliche, commerciali e residenziali. La superficie territoriale è di mq 175.765, quella residenziale di mq 49.604.e la commerciale di mq.17.750. Per quanto riguarda la ristorazione e i campi di calcetto la superficie è 4.310 mq.; per le attrezzature di quartiere mq 88.211.



R10 - piano di recupero - area ex Manifattura Tabacchi

Il progetto prevede la riqualificazione dell'ex insediamento industriale della Manifattura Tabacchi, attraverso la formazione di un nuovo insediamento di tipo misto, produttivo e residenziale, che contempla, da un lato, il recupero dei manufatti a carattere testimoniale del sito industriale, dall'altro, la ricostruzione di nuovi edifici a parità di cubatura esistente, attraverso un più ampio disegno di riqualificazione dell'impianto urbano e di riordino delle funzioni pubbliche e private. Le urbanizzazioni costituiscono l'aspetto più rilevante del progetto, finalizzate alla ricostruzione del nuovo tessuto urbano e la riconnessione dello stesso alla città circostante e consistono in: viabilità-spazi pubblici includono il cosiddetto boulevard che si sviluppa longitudinalmente, in asse con la via Galileo Ferraris, in direzione ovest-est, dall'area antistante la fabbrica Salin sino alla piazza coperta che ingloba la ciminiera dell'ex centrale termica, landmark visibile dalla zona orientale oltre il rilevato ferroviario, mettendo in relazione lo spazio privato delle residenze e degli uffici con quello pubblico, e la nuova viabilità che si sviluppa perimetralmente lungo il rilevato ferroviario ed il margine settentrionale dell'area e si riconnette ad attraversamenti trasversali a servizio del nuovo insediamento; il verde attrezzato e il parco lineare che si sviluppa dal fronte lungo la via Galileo Ferraris, realizzando una nuova quinta urbana, articolandosi tra gli edifici recuperati della vecchia fabbrica e le nuove attrezzature pubbliche previste, ospitando alberature

nuove ed esistenti; le attrezzature pubbliche che consistono in un edificio scolastico di nuova costruzione in prossimità della fabbrica Salin, il parcheggio multipiano in struttura ed il mercato coperto da realizzarsi attraverso la riconversione di due manufatti della manifattura. Il piano prevede inoltre la realizzazione a carico del proponente di un impianto di sollevamento fognario ubicato tra la via Galileo Ferraris ed il previsto prolungamento di via delle Brece a servizio dell'intero comprensorio dell'area orientale. La superficie territoriale è di 165.864 mq di cui 96.820 mq destinati alle urbanizzazioni (90.216 mq in cessione). La cubatura totale: 568.773 mc di cui residenze: 279.733 mc (49%) per abitanti: 2.510, produzione beni e servizi: 289.040 mc (51%).



R11 - Completamento del centro direzionale di Napoli

Pua, Completamento Centro Direzionale- realizzazione sub-comprensorio Destinazione d'uso residenziale, terziario. Superficie d'intervento mq. 352.187; Volume complessivo costruibile mc. 354.957; Superficie fondiaria mq. 38.582; urbanizzazioni mq. 313.605; urbanizzazione primaria mq. 75.890; urbanizzazione secondaria mq. 237.715.



R12 - Ex isole edificatorie 17 e 18 del centro direzionale

L'area di intervento riguarda parte del sub-comprensorio orientale -area n. 2 dell'ambito n. 10- del Centro Direzionale come individuato dal Prg. La proposta prevede la demolizione dei corpi di fabbrica industriali -inattivi e in condizione di grave degrado -presenti nel lotto di via Vesuvio, e la costruzione di un edificio di 8 piani sopra piastra su una superficie fondiaria di mq 2.516. Il piano, nel rispetto della disciplina vigente, prevede la realizzazione delle volumetrie che la vecchia variante urbanistica per il centro direzionale del 1971 assegnava al complesso delle due isole edificatorie 17 e 18, pari a 39.770 mc suddivisi in mc 11.931 per residenze e mc 27.839 per terziario, con un indice di fabbricabilità territoriale da applicare al comparto d'intervento (8.840 mq) pari a 4,5 mc/mq.



R30 - Pua, Ponticelli via Argine campo sportivo

Realizzazione di un insediamento residenziale con un parcheggio pubblico. Area di intervento mq 9887 di cui mq 9251 e mq 1500 di proprietà comunale; parcheggi pubblici a raso 1649,00 mq; viabilità pubblica 2491,19 mq.



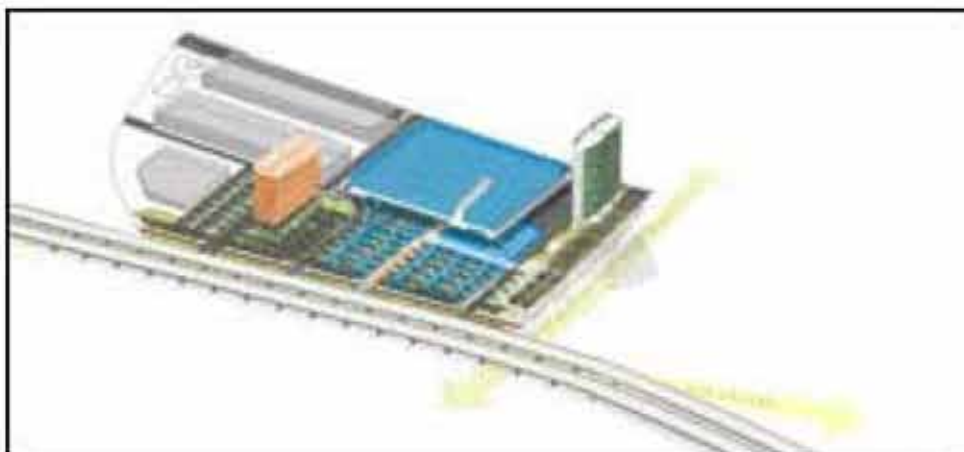
R31 - Pua zona Bb, Piano particolareggiato di iniziativa privata. via Argine

Intervento di riqualificazione di un'area ubicata a via Argine, mediante la realizzazione di edifici residenziali e attrezzature pubbliche consistenti in una scuola materna per 60 alunni. La superficie totale di intervento è 8513 mq. Residenze con attività commerciale al minuto: 7.026 mc. Scuola per l'infanzia. 3191 mq. Superficie coperta della scuola per l'infanzia: 630 mq. Numero massimo alunni: 60 (dai 3 a 6 anni). Area ceduta per marciapiede e verde pubblico: 655 mq.



R37 - Piano particolareggiato a Ponticelli - ex Breglia (zona Bb)

Intervento di ristrutturazione urbanistica mediante demolizione degli edifici esistenti con la realizzazione di un edificio residenziale, un albergo e una struttura commerciale (Decathlon), oltre le relative opere di urbanizzazione primaria e secondaria consistenti in nuova viabilità pubblica, un parcheggio pubblico, aree a verde pubblico attrezzato. La superficie complessiva dell'area di intervento: 45.315 mq (area di proprietà del proponente) 41.935 mq + fascia di verde di pertinenza stradale su fascia demaniale 3.380 mq; residenze (18.525 mc, 5.902 mq di slp); albergo (15.000 mc, 4.568 mq di slp); attrezzatura commerciale (71.307 mc, 7.888 mq di slp, superficie netta di vendita 6,500 mq).



R38 - Piano particolareggiato di iniziativa privata a Ponticelli in ambito 18 Via Censi dell'Arco

La proposta di piano interessa un'area di circa 5236 mq, sita in via Censi dell'Arco e prevede la realizzazione di un insediamento residenziale per complessivi 10472 mc con parcheggi pertinenziali; la superficie da cedere 2618 mq.



R39 - Pua, Piano particolareggiato a Ponticelli-via Matteotti (zona Bb in sub-ambito 18)

Riconversione e riqualificazione di viabilità privata a viabilità pubblica; creazione di attrezzature a verde e parcheggi con la realizzazione di nuova edilizia residenziale e attività terziariocommerciali.

La superficie dell'intervento 27984; volume del progetto 32800 mc (residenziale) e 14000 mc (residenziale e commerciale); totale standards mq 11000.



R42 - Pua, Ponticelli via delle Puglie

Piano particolareggiato di iniziativa privata. La superficie complessiva è di 11.649 mq; la superficie territoriale in Bb di proprietà dei proponenti, è di mq 10.676; il lotto di insediamento commerciale è di superficie pari a 8.979 mq; la superficie di vendita pari a 1.500 mq, la volumetria pari a mc 11.860. L'intervento consiste nella realizzazione e la relativa cessione delle aree. Un'area pubblica destinata a verde attrezzato lungo via delle Puglie, per una superficie di mq 1.428, di cui 847 mq aree di proprietà del proponente oggetto di cessione; un'area destinata a parcheggio pubblico per una superficie di mq 850, interamente oggetto di cessione. Inoltre il piano prevede, come ulteriore opera di urbanizzazione primaria, la riqualificazione del marciapiede esistente lungo via delle Puglie, nel tratto prospiciente l'intervento.



T47 – Nuovo porto turistico di Vigliena a San Giovanni a Teduccio

L'intervento riguarda la realizzazione del nuovo porto turistico, cantieristica, negozi legati alla nautica, ristoranti, centro fitness, alloggi di servizio in località Vigliena a San Giovanni a Teduccio; realizzato il Project Financing dalla società Porto Fiorito, 900 posti barca e attrezzature di servizio allocate all'interno di una parte dell'ex stabilimento industriale Corradini, di proprietà del Comune.



3.2. Lo scenario trasportistico al 2020 (infrastrutture e servizi)

Per valutare lo scenario trasportistico al 2020 è stata valutata l'offerta futura di trasporto composta dall'insieme di tutti gli interventi sul sistema di trasporto stradale e ferroviario "invarianti", ovvero attualmente previsti nei Piani e Progetti vigenti sui trasporti in Campania. Tali interventi sono stati recentemente sintetizzati nello Studio della Metropolitana Regionale realizzato dall'EAV nel 2011 e di seguito riportato.

Per la definizione dello scenario di progetto, si sono presi in considerazione interventi che abbiano una ragionevole probabilità di realizzarsi entro il 2020, ovvero interventi che ad oggi abbiamo una delle seguenti caratteristiche:

- apertura del cantiere per la realizzazione;
- inserimento in un atto di programmazione economico/finanziario regionale o locale con le relative somme assentite;
- inserimento in documenti di pianificazione regionali o locali vigenti;
- progettazione approvata (almeno per stralci funzionali).
-

3.2.1 Le modifiche infrastrutturali

La rete ferroviaria

La definizione degli interventi è stata ricavata sulla base dei contenuti dei documenti di programmazione della Regione Campania, a partire dal "Primo programma degli interventi infrastrutturali" n. 1282 del 5 aprile 2002, sviluppato secondo successivi piani attuativi, predisposti e deliberati in relazione all'avanzamento delle progettazioni, dell'iter approvativo e quindi della cantierabilità delle opere stesse. L'elenco degli interventi relativi alle infrastrutture ferroviarie è riportato nelle successive tabelle.

Gli interventi maggiormente significativi da un punto di vista trasportistico possono sinteticamente riassumersi:

- nella realizzazione della tratta Mergellina - Municipio della Linea 6 (con 4 nuove stazioni);
- nella realizzazione della prima tratta funzionale di Linea 7 dalla stazione di Soccavo a quella di Terracina (con 4 nuove stazioni).

R.24) Studio del traffico: stima della domanda di mobilità, regolarità del deflusso e gestione dei conflitti

Tabella 3-1: Interventi infrastrutturali sulla rete ferroviaria

Scenario di Riferimento - Rete Ferroviaria - Interventi significativi								
ID Intervento	Programma	Codice	Beneficiario	Titolo del progetto	Costo totale	impegnato	liquidato	residuo contabile
1	APQ - AdP	MR.1 - 14	Commissariato ex lege 80/84	Ferrovia Circumvesuviana Raddoppio Tratta Torre Annunziata - Castellammare comprese la riqualificazione delle stazioni di Madonna del Fiagelli e Via Noara	137.944.734	49.595.000	35.000.000	14.565.000
2	AdP - FI	15 - 17 - L.910	Circumvesuviana	Raddoppio della tratta Torre Annunziata - Pompei e interramento linea ferroviaria nel territorio di Pompei	129.391.753	67.437.898	-	67.437.898
3	RPOR - AdP	13	Circumvesuviana	Riqualificazione architettonica ed annesso della Stazione di Acerra (1° lotto)	3.565.984	3.332.731	-	3.332.731
4	RPOR - AdP	13	Circumvesuviana	Tratta Allusud - Acerra. Adeguamento strutturale galleria artificiale e potenziamento impianto di aggotamento	1.676.364	1.527.693	-	1.527.693
5	POR - AdP	13	Circumvesuviana	Consolidamento cordone roccioso Stazione di Castellammare Centrale	1.196.064	1.146.048	1.025.566	120.498
6	APQ	SMR.02	Circumvesuviana	Riqualificazione architettonica stazioni di Madonna e Barillo Longo	4.478.682	3.194.525	2.555.620	638.905
7	RPOR - FI - AdP	24	Metropolitana NordEst	Tratta Pisanella - Secondigliano. Opere civili	88.827.310	44.914.258	42.834.476	2.079.782
8	POR - AdP		Metropolitana NordEst	Tratta Secondigliano - Capodichino/Di Vittorio. Opere civili	88.777.104	-	-	-
9	POR - FI - AdP - PON		Metropolitana NordEst	Tratta Pisanella - Secondigliano - Capodichino. Tecnologie, finiture accessibilità e riqualificazione urbana	193.667.860	971.527	-	971.527
10	POR		Metropolitana NordEst	Ammodernamento della ferrovia Cancello - Benevento. Adeguamento tecnologie / fase	19.876.411	-	-	-
11	FI		Commissario ex L. 887/84	Breccia di collegamento da Socorro a Mostra tra le ferrovie Cumana e Circumflegrea. Tratta P.co S. Paolo - Terracina	121.220.389	121.220.389	-	121.220.389
12	FI		SEPSA	Consolidamento Galleria Caraccioli	26.400.063	26.400.063	-	26.400.063
13	RPOR		SEPSA	Stazione di Tivoli. Completamento	2.088.327	-	-	-
14	RPOR		SEPSA	Stazione di Tivoli. Completamento	493.654	-	-	-
15	AdP	2 (Legge 910/86)	SEPSA	Ferrovia Cumana. Tratta Dazio/Gerolomini: Soppressione P.L. Fabbri, Completamento raddoppio della tratta. Ammodernamento, Elettificazione, Segnalemento, Posto di Movimento di Accadia, Impianti vari, Trenorino di ricordo tra il P.M. Accadia e la Stazione di Accadia. Tratta Gerolomini/Cantieri: Completamento Nuova Galleria di Pozzuoli, Nuova Stazione di Cantieri, Opere civili ed impianti, Attraccaggi (Ammodernamento, Elettificazione, Segnalemento), Nuova Stazione di Pozzuoli e opere di linea tra la Galleria di Pozzuoli e la Galleria Coerone	8.584.040	241.272	241.272	-
16	RPOR - FI		Comune di Napoli	Linea 6 della Metropolitana di Napoli. Tratta Margellina - S. Pasquale	297.422.182	200.974.131	88.237.631	112.736.500
17	FI - LO		Comune di Napoli	Linea 6 della Metropolitana di Napoli. Tratta S. Pasquale - Municipio	291.036.681	291.036.681	-	291.036.681
18	POR - ALTRO		Comune di Napoli	Completamento Linea 1 della Metropolitana di Napoli - Tratta Dante (Stazione Esclusa) / Municipio / Garibaldi / Centro Direzionale (stazione esclusa)	965.406.449	754.203.762	189.405.400	564.748.363
19	APQ - AdP - PAR	SMR.04 - 18	Commissario ex L. 887/84	Breccia di collegamento da Socorro a Mostra tra le ferrovie Cumana e Circumflegrea. Tratta Monte S. Angelo - Parco San Paolo (2° lotto funzionale), con adeguamento della Stazione di Parco S. Paolo alle Linee Guida del SMR	132.516.631	46.429.000	43.287.034	8.141.599
20	RPOR - APQ - FI	SMR.07	Comune di Salerno	Metropolitana delle Conurbazioni salernitane - Completamento 1° o Lotto - Salerno Centrale-Arcadi	62.316.562	56.225.798	11.430.562	44.805.184
21	APQ - AdP	SMR.08	Commissario ex L. 887/84	Breccia di collegamento da Socorro a Mostra tra le ferrovie Cumana e Circumflegrea. Tratta Monte S. Angelo (1° o Lotto - 1° o 2° stralzo funzionale)	101.493.641	52.798.814	40.314.801	12.484.019
22			Metropolitana NordEst	Tratta Santa Maria Capua Vetere - Teverola ASD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

FONTE: Documenti di Programmazione Regione Campania

Tabella 3-2: Altri interventi infrastrutturali relativi alla rete ferroviaria

Scenario di Riferimento - Rete Ferroviaria - Altri interventi								
23	AdP	15	Circumvesuviana	Interventi finalizzati ad aumentare l'accessibilità alla stazione di Acerra	336.255	-	-	-
24	POR - AdP	13	Circumvesuviana	Accessibilità alla stazione di S. Giovanni e Tuficcioli	627.703	-	-	-
25	AdP	13	Circumvesuviana	Mantenimento straordinario n. 40 stazioni fermate	1.379.318	-	-	-
26	POR		Metropolitana NordEst	Lavori per l'eliminazione dei PP LL ai km 22+051 e 22+190 nel Comune di Pisciotta: inasprimento la costruzione di una strada parallela al binario con la realizzazione di un sottopasso pedonale	372.929	-	-	-
27	POR		Metropolitana NordEst	Opere civili inerenti la costruzione di una strada in frangio alla sede ferroviaria, propedeutico alla successiva soppressione del PL, presenziato posto al km 41+753 in località Monte Pino del Comune di Benevento	446.330	-	-	-
28	RPOR - FI		Comune di Napoli	Completamento Trenvia Eridio di Poggioreale - Piazza Nazionale	4.475.716	3.680.370	2.753.849	1.126.521
29	POR		Comune di Napoli	Completamento Trenvia di Via Stadera	7.017.000	7.017.000	1.400.000	5.617.000
30	APQ	TR.008	RFI	Prolungamento del sottopasso pedonale della stazione di giugliano e sistemazione aree esterne di piazzale	1.760.531	1.760.531	1.175.064	585.471
31	APQ	SMR.11	Metropolitana NordEst	Sistema della Metropolitana Regionale - Ferrovia Metropolitana Nord Est - Impianto SCMT	15.386.172	12.773.654	10.363.022	2.420.632
32	AdP	8	Circumvesuviana	Fornitura in opere di impianti di asseveramento su esse ambulatori, Fornitura impianti di telecomunicazioni e fibre ottiche. Infilamento del PBA sulla tratta Torre A-Berna ad automazione. Controllo accessi per stazioni e fermate	31.367.393	12.068.029	12.068.029	-

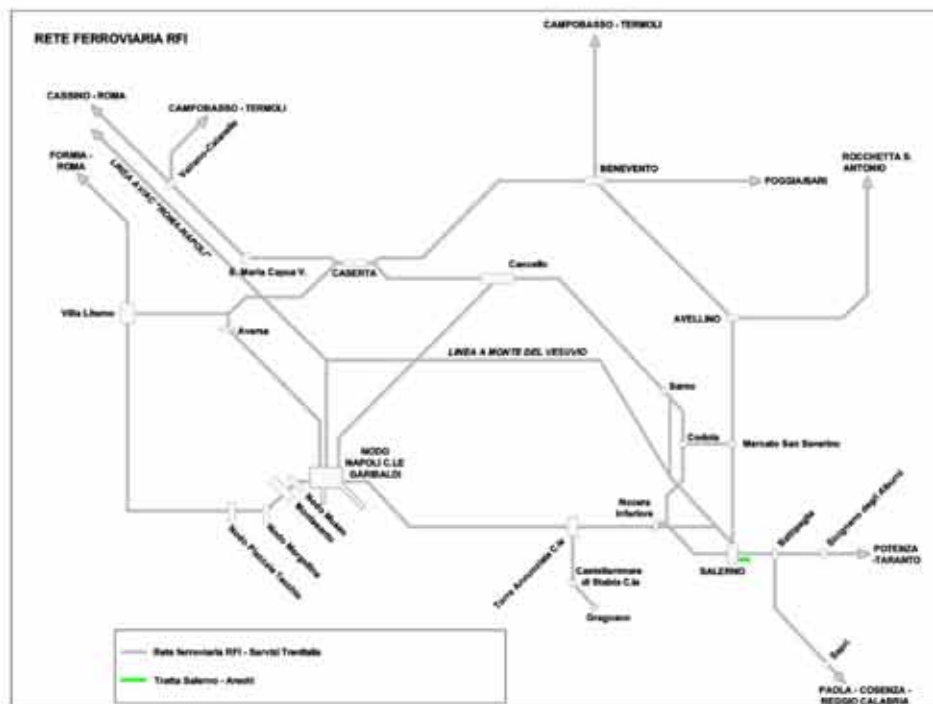


Figura 3-1: Le modifiche alla rete RFI

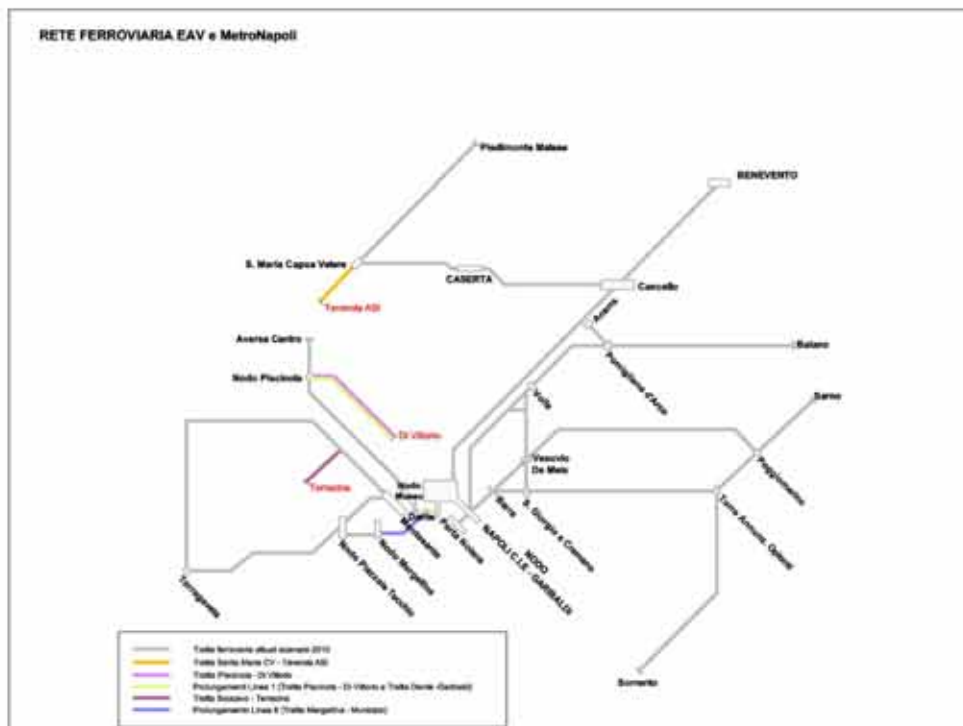


Figura 3-2: Le modifiche alla rete Regionale

La rete stradale

In questo paragrafo si è individuato l'assetto della rete di offerta di trasporto stradale al 2020. Lo scenario di progetto sarà quindi costituito dalla rete stradale attuale, e da tutti gli interventi in corso di realizzazione e quelli in progettazione, totalmente finanziati.

Analogamente alla rete ferroviaria, per la rete stradale, la definizione degli interventi è stata ricavata sulla base dei contenuti dei documenti di programmazione della Regione Campania, a partire dal "Primo programma degli interventi infrastrutturali" n. 1282 del 5 aprile 2002, sviluppato secondo successivi piani attuativi, predisposti e deliberati in relazione all'avanzamento delle progettazioni, dell'iter approvativo e quindi della cantierabilità delle opere stesse.

Una successiva ricognizione ha permesso di individuare ulteriori interventi, in particolare definiti nella programmazione dell'ANAS, rilevanti rispetto alla scala del progetto di sistema.

Nel dettaglio gli interventi maggiormente significativi che si prevede vengano realizzati al 2020 che impatteranno con l'area di progetto sono:

- interventi di riqualificazione viaria nella provincia di Napoli (manutenzione straordinaria e nuove realizzazioni)
- completamento dell'Autostrada A3 Napoli-Salerno
- realizzazione di un collegamento stradale tra l'autostrada A1, l'Aeroporto Grazzanise e la SS7 Quater.

3.2.1 Le modifiche dei servizi

I nuovi servizi ferroviari

Per la scelta relativa ai servizi ferroviari al 2020 è stato scelto un profilo di minimo impatto, da un punto di vista dell'incremento di costo, che ha portato al prolungamento dei servizi esistenti oppure alla individuazione delle frequenze dei treni per le nuove tratte da realizzare al 2020.

In particolare per il prolungamento dei servizi di Linea 6 sulla tratta Mergellina- Municipio si prevede un esercizio con 8 treni/ora per la punta e 4 treni/ora per le ore di morbida con un totale di 165 treni/giorno e circa 56 mila treni/anno a cui corrisponde un ammontare di contributi pari a circa 4 Milioni di Euro anno.

Per l'istituzione di un servizio con 3 coppie di treni/ora di punta sulla tratta funzionale di Linea 7 Soccavo –Terracina si prevede un esercizio con 3 treni/ora per la punta e 2 treni/ora per le ore di morbida con un totale di 76 treni/giorno e circa 26 mila treni/anno a cui corrisponde un ammontare di contributi pari a oltre 2 Milioni di Euro anno.

I nuovi servizi su gomma

Nello Scenario attuale vengono contribuiti, dalla Regione, oltre 165 Milioni di bus*Km. La definizione dei servizi di trasporto pubblico nello scenario di progetto al 2020 dovrebbe tenere conto dei principi di intermodalità e complementarità rispetto alla rete ed ai servizi su ferro così come espressi nei documenti di pianificazione relativi al SMR.

Le singole Province, nella redazione dei singoli Piani di Bacino e dei successivi programmi triennali di maggiore dettaglio, hanno in generale tenuto in considerazione questi principi solo in misura secondaria tanto che nel dettaglio hanno previsto solo un incremento generalizzato dei servizi.

Dal canto suo l'Amministrazione regionale, anche in virtù dell'oggettiva situazione finanziaria e delle conseguenti ipotesi di ridimensionamento delle risorse distribuite ha definito dei tagli che riguardano particolarmente il Comune di Napoli.

Per la definizione dei servizi al 2020 sono stati tenuti in conto di tutti questi dati ed in particolare si è definito:

- nella fascia di punta del mattino presumibilmente verranno eseguiti minori tagli rispetto alle altre fasce orarie della giornata;
- nel modello di simulazione, i tagli previsti sono stati modellati in termini di aumento di intertempo per i servizi bus con coefficienti differenti per macro aree origine –destinazione; in particolare, si sono ipotizzate riduzioni di servizi bus maggiori per quelle relazioni OD in cui esisterà al 2020 una alternativa ferroviaria e tagli minori (talvolta assenti) per quelle relazioni OD per le quali l'alternativa bus è l'unica alternativa di trasporto collettivo.

3.3. Analisi socio-economica dell'area di studio

Il presente paragrafo descrive le caratteristiche socio-economiche dell'area di studio, in termini di popolazione ed addetti, nei due scenari di riferimento: lo scenario attuale e lo scenario di progetto al 2020. Le analisi e le descrizioni proposte sono corredate da immagini rappresentative di alcuni tematismi, redatti in ambiente GIS elaborando dati prevalentemente di fonte ISTAT su base comunale.

Le analisi e le elaborazioni riguardanti i principali elementi socioeconomici della Regione Campania sono state realizzate avvalendosi dei dati tratti da fonti istituzionali (in prevalenza, Istat e Regione Campania). Nello specifico sono state utilizzate le seguenti fonti:

- Censimenti Popolazione ed Abitazioni 1991 e 2001;

- Popolazione residente nei Comuni italiani derivanti dalle indagini effettuate presso gli Uffici di Anagrafe (fonte Istat “Popolazione residente comunale per sesso, anno di nascita e stato civile - Posas” dal 1991 al 2010);
- Dati sul bilancio demografico della popolazione, rilevazione annuale "Movimento e calcolo della popolazione residente" che l'Istat esegue presso gli Uffici di Anagrafe dei Comuni italiani;
- Censimento Industria e Servizi 1991 e 2001.

3.3.1 Lo scenario attuale

La popolazione totale della regione nello scenario attuale è pari a 5.824.662¹ abitanti, di cui il 15,6% nella provincia di Caserta, il 4,9% nella provincia di Benevento, il 52,8% nella provincia di Napoli, il 7,5% nella provincia di Avellino ed il 19% nella provincia di Salerno. La distribuzione della popolazione all'interno dei bacini di traffico, risulta caratterizzata da una prevalente concentrazione nei bacini di Napoli, Aversa e Nord Vesuvio dove si registra rispettivamente una popolazione totale di 962.940, 886125 e 536145 abitanti, corrispondenti a circa il 43% dell'intera popolazione regionale.

Per quanto riguarda la distribuzione territoriale della popolazione nei comuni, circa il 22% risiede in piccoli Comuni (fino a 10.000 abitanti), il 24% in Comuni medi (da 10.000 a 30.000 abitanti), il 52% in grandi Comuni (con più di 30.000 abitanti). I comuni che superano i 100.000 abitanti sono tre: Giugliano in Campania, Napoli e Salerno.

Tabella 3-3: Popolazione e addetti scenario attuale per Provincia e variazione % 2001-2010

<i>Cod. ISTAT Provincia</i>	<i>Nome Provincia</i>	<i>Popolazione al 2010</i>	<i>Addetti al 2010</i>	<i>Variazione % popolazione 2001-2010</i>	<i>Variazione % addetti 2001- 2010</i>
061	Caserta	910.006	179.729	6,70%	5,93%
062	Benevento	288.283	63.484	0,43%	1,09%
063	Napoli	3.079.685	685.718	0,67%	-0,73%
064	Avellino	439.036	104.857	2,30%	3,07%
065	Salerno	1.107.652	251.261	3,17%	3,03%
Totale Regione Campania		5.701.931	5.824.662	1,38%	2,15%

¹ Fonte: Istat “Popolazione residente comunale per sesso, anno di nascita e stato civile – (Posas)” al 2010

Tabella 3-4: Popolazione e addetti scenario attuale per Bacino di Traffico e variazione % 2001-2010

<i>Nome Bacino di Traffico</i>	<i>Popolazione al 2010</i>	<i>Addetti al 2010</i>	<i>Variazione % popolazione 2001-2010</i>	<i>Variazione % addetti 2001- 2010</i>
Agro Nocerino	159.187	35.736	4,17%	4,03%
Avellino	408.030	100.839	1,79%	2,79%
Aversa	886.125	139.659	4,53%	3,49%
Benevento	286.218	63.219	0,42%	1,09%
Caserta	430.543	100.104	7,42%	6,13%
Caserta Nord	167.380	28.427	0,74%	1,22%
Castellammare di Stabia	149.088	26.717	0,76%	-0,04%
Cilento	234.691	44.567	2,37%	3,08%
Costiera Amalfitana	32.944	8.296	0,60%	0,40%
Costiera Sorrentina	81.476	18.335	3,90%	2,99%
Isole	86.889	21.149	9,16%	7,96%
Litorale Domitio	265.540	35.557	13,06%	12,32%
Litorale Flegreo	124.012	29.421	5,01%	5,32%
Napoli	962.940	314.483	-4,14%	-4,14%
Nord Vesuvio	536.145	107.331	4,26%	3,28%
Salerno	306.014	85.408	4,65%	3,20%
Salerno Nord	147.924	32.863	3,67%	4,13%
San Giorgio - Torre del Greco	244.684	34.993	-5,28%	-5,42%
Torre Annunziata	188.473	31.299	0,29%	0,31%
Vallo di Diano	126.359	26.646	-0,95%	-0,55%
Totale Regione Campania	5.824.662	1.285.049	2,15%	1,28%

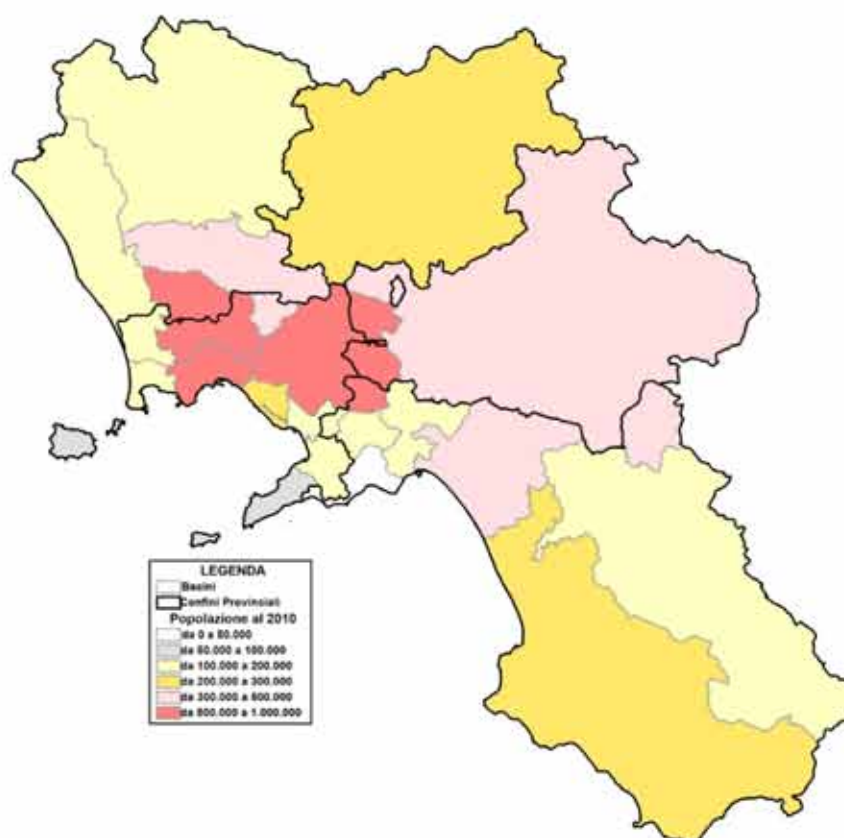


Figura 3-3: Popolazione scenario attuale per Bacini di Traffico

In relazione alla dinamica di popolazione, nel decennio 2001-2010, la variazione della popolazione totale registra un tasso di aumento meno marcato rispetto al passato, con una media regionale del +2,15%. In particolare nelle provincie di Caserta, Salerno e Avellino, si rileva un incremento rispettivamente del +6,7%, del +3,17% e del +2,3%. La popolazione nella provincia di Napoli e Benevento subiscono un leggero incremento, rispettivamente del +0,67% e dello +0,43%. In termini aggregati di bacini di traffico, la dinamica della popolazione nel decennio 2001-2010, presenta un fenomeno più marcato di riduzione della popolazione nei bacini di San Giorgio-Torre del Greco (-5,28%), nel bacino di Napoli (-4,14%), nel bacino del Vallo di Diano (-0,95%). Al contrario dal 2001 al 2010, è aumentata la popolazione dei bacini di traffico, in ordine decrescente, del Litorale Domizio (+13,1%), delle isole (+9,16%), di Caserta (+7,42%), del litorale flegreo (+5,01), di Salerno (+4,65%), di Aversa (+4,53%) del Nord Vesuvio (+4,26%). Negli altri bacini la variazione di popolazione è compresa tra il +4% dell'Agro Nocerino ed il +0,29% del bacino di Torre Annunziata.

In sintesi, in relazione ai fenomeni di mobilità intraprovinciale e interprovinciale la variazione percentuale della popolazione per ciascun comune nel periodo 2001-2010, offre una fotografia significativa della variazione della struttura demografica della regione, di cui è importante evidenziare:

- lo spopolamento delle zone più interne e in particolare un decremento nell'Alta Irpinia e a sud-est (Alburni, Alto Calore, Lambro e Mingardo, Bussento);
- una marcata riduzione della popolazione anche nella città di Napoli con parallelo aumento significativo della corona dell'hinterland;
- una riduzione di popolazione nella fascia costiera dei comuni vesuviani, anche grazie alle politiche di incentivazione all'abbandono della cosiddetta "zona rossa" del Vesuvio;
- un incremento concentrato a nord ovest nel Casertano e ad ovest nel giuglianeso verso il litorale domizio, lungo l'autostrada Napoli-Bari tra Napoli e Avellino e lungo la Napoli- Salerno ad est;
- un incremento diffuso nel quadrante territoriale compreso tra i quattro sistemi urbani di Napoli, Caserta, Avellino e Salerno.

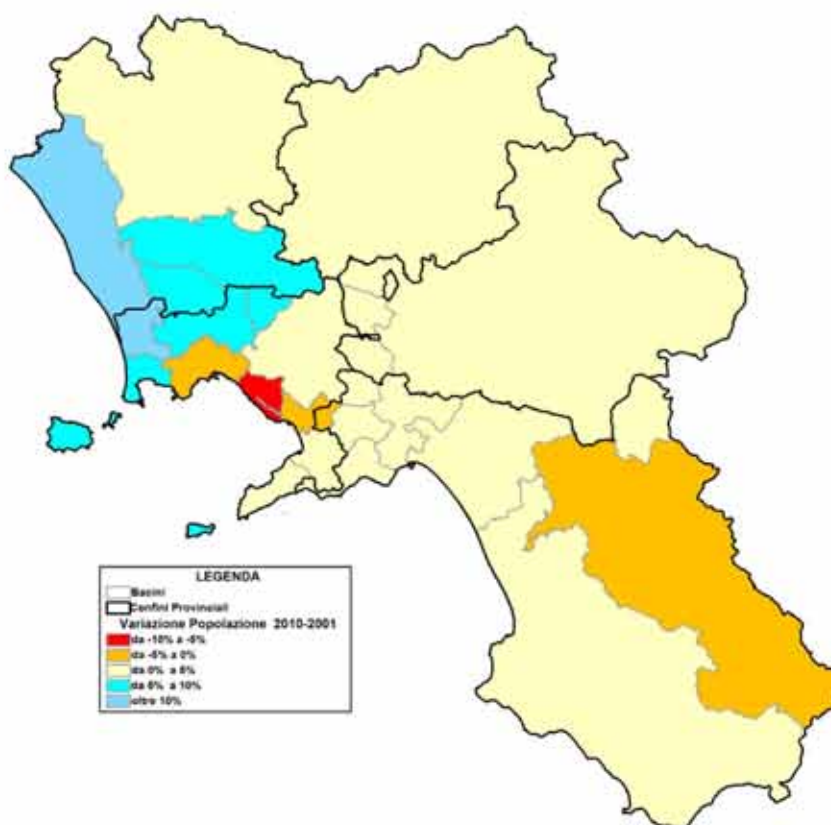


Figura 3-4: Variazione Popolazione scenario di base (2001) e scenario attuale per Bacini di Traffico

Per quanto riguarda la struttura economica e produttiva del territorio, il numero totale di addetti alle unità locali di imprese ed istituzioni è pari a 1.285.049², mantenendo quasi inalterata la distribuzione percentuale aggregata per territori provinciali rispetto al 2001.

Come al 2001, nei bacini di traffico di Napoli, Caserta e Salerno è concentrata la gran parte dei comuni oltre la soglia demografica dei 5000 abitanti e dove si registrano i valori più elevati di densità di addetti alle unità locali. In tali aree si evidenzia anche la più forte propensione, rispetto ad altre aree della regione, allo sviluppo delle attività terziarie, come dimostra la distribuzione delle unità locali e degli addetti per i servizi e per il commercio.

Per quanto riguarda la variazione di addetti dal 2001 al 2010, si stima nel complesso un incremento regionale del +1,28%. Nelle provincie di Caserta, Avellino e Salerno, in coerenza con la variazione di popolazione totale, si stima un incremento di addetti alle unità locali rispettivamente del +5,93%, del +3,07% e del +3,03%. Per la provincia di Benevento si stima un leggero incremento del +1,09, mentre nella Provincia di Napoli, una riduzione del -0,76%.

In termini aggregati per bacino di traffico, la stima della variazione del numero di addetti registra un incremento più marcato di addetti nel bacino del litorale domizio (+12,32%), nelle isole (+7,96%), nel bacino di Caserta (+6,70) e del Litorale Flegreo (+5,32). Al contrario, si stima una riduzione di addetti superiore alla media regionale nel bacino di traffico di San Giorgio (-5,42%) e di Napoli (-4,14%).

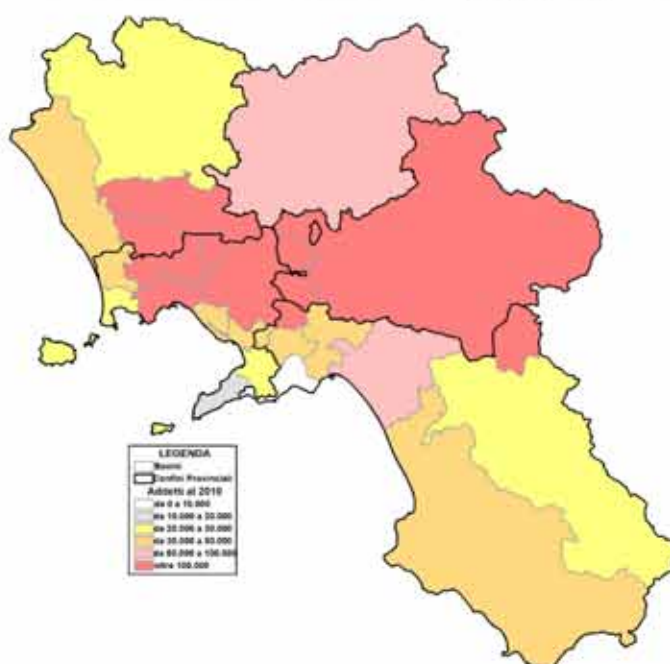


Figura 3-5: Addetti scenario attuale per Bacini di traffico

² Il numero di addetti, per ciascun comune, è stato stimato partendo dai dati del Censimento all'Industria e Servizi del 2001, dal dato di popolazione e occupati al 2010 e ipotizzando il rapporto tra addetti e occupati costante per ciascun comune.



Figura 3-6: Variazione addetti scenario di base (2001) e scenario attuale per Bacini

3.3.2 *Lo scenario di progetto (2020)*

La stima della popolazione della Regione Campania è stata ottenuta con il metodo previsionale standard della proiezione lineare, utilizzando la serie di dati rilevati dal 1991 al 2010, su base comunale.

Lo scenario della popolazione residente nella regione è stato stimato per ciascun comune attraverso un modello aggregato empirico lineare sulla base dei dati osservati nel periodo 1991-2010. In relazione alle finalità del presente studio e in base alla disponibilità di dati di base, si è preferito infatti utilizzare un modello demografico che restituisse delle stime aggregate.

La relazione tra l'andamento della popolazione ed il tempo, è stato presupposto di tipo lineare, ovvero la curva di crescita viene rappresentata da una retta. La popolazione stimata P al tempo t è stata determinata utilizzando la formula dell'interesse semplice, dove il tasso aritmetico di aumento è considerato costante. Denominata P_0 la popolazione all'istante iniziale t_0 ed i il saggio aritmetico d'aumento nell'unità di tempo, la popolazione stimata dopo t unità di tempo sarà data da:

$$P = P_0 (1 + t_i)$$

Il calcolo del coefficiente angolare della retta di interpolazione lineare è stato effettuato con il “metodo dei minimi quadrati”, ovvero attraverso la minimizzazione della somma di quadrati degli scostamenti verticali tra i valori osservati e quelli calcolati.

Una volta definita la retta interpolante, è stato possibile ricavare per ciascun comune il valore di popolazione totale corrispondente all'anno 2020 sulla retta individuata.

I risultati ottenuti sono stati verificati con le previsioni demografiche dell'Istat all'anno 2020 su base provinciale ricavate con l'utilizzo del modello per componenti (Cohort Component Model).

Si riportano di seguito i grafici descrittivi del modello, che rappresentano l'evoluzione della popolazione aggregata per province.

Una volta individuati a valori della popolazione, per ciascun comune, si è calcolato il numero totale di addetti alle unità locali. La stima degli addetti al 2020 si basa sul dato della popolazione per comune ottenuto dal modello di regressione e ipotizzando un rapporto tra addetti e popolazione costante dall'ultima rilevazione Istat disponibile (2001). I valori risultanti da tale stima sono stati quindi verificati con i dati del registro statistico delle unità locali delle imprese attive (ASIA-unità locali), anni 2004, 2006, 2007, 2008 per i comuni con popolazione superiore ai 5000 abitanti.

Per quanto riguarda l'evoluzione demografica al 2020, si stima che la popolazione totale della regione Campania sia pari a 5.884.132, con un incremento complessivo del +1,02%. In particolare si stima un incremento del +4,3% nella provincia di Caserta e del +1,63% nella provincia di Salerno. La provincia di Napoli resta stabile con un incremento dello +0,19%, mentre nelle provincie di Benevento ed Avellino la popolazione diminuisce rispettivamente del -0,76% e del -0,28%. In sintesi, si stima un rallentamento del trend di crescita complessivo registrato nel decennio 2001-2010 ed un inversione di tendenza per le provincie di Avellino e Benevento.

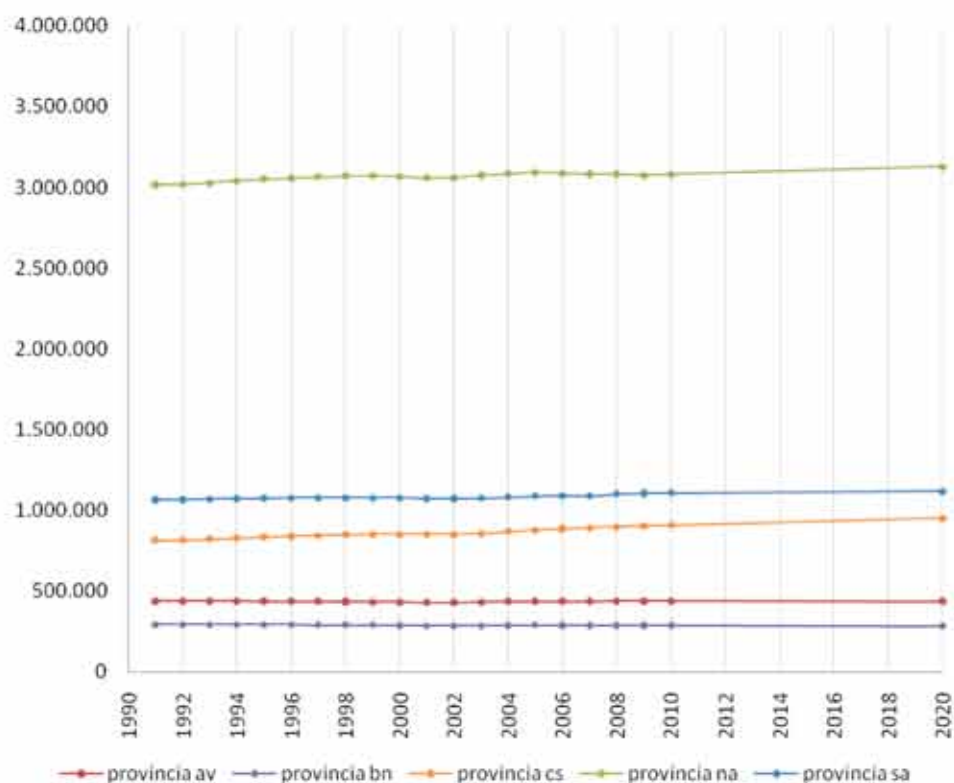


Figura 3-7: Proiezione popolazione totale al 2020 - Regione Campania

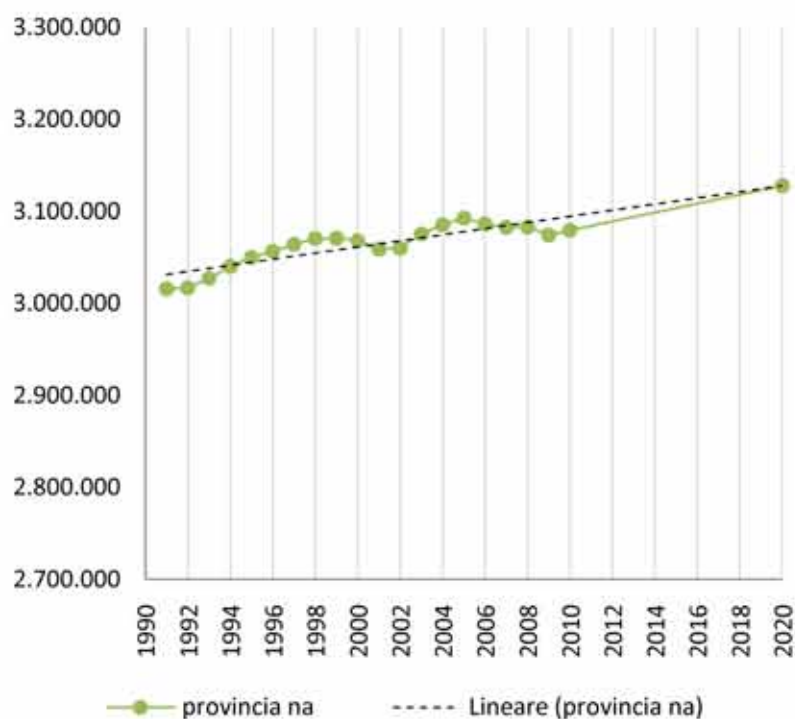


Figura 3-8: Proiezione popolazione totale al 2020 – Provincia di Napoli

In termini di bacini di traffico, si stima una riduzione più marcata, in ordine decrescente, nel bacino San Giorgio – Torre del Greco (-14,1%), nel bacino di Napoli (-5,87%) e nel bacino del Vallo di Diano (-4,09%). Al contrario stima un incremento di popolazione nei bacini del Litorale Domizio (+11,22%) delle isole (+10,01), di Caserta (+6,70), del Litorale Flegreo (+4,76), di Aversa (+4,54), del Nord Vesuvio (+4,43%), di Salerno e Salerno Nord (circa +4%). Per gli altri bacini la variazione è compresa tra il +3,9 della Costiera Sorrentina e -1,1% di Caserta Nord.

In sintesi, si confermano alcuni dei fenomeni generali già rilevati nel decennio 2001-2010:

- una riduzione della popolazione zone più interne e in particolare un decremento nell’Alta Irpinia.
- una riduzione della popolazione nella città di Napoli con conseguente aumento della prima corona di comuni intorno al capoluogo di regione;
- una riduzione di popolazione della “zona rossa” del Vesuvio;
- un incremento concentrato nel Casertano e ad ovest nel giuglianese verso il litorale domizio;
- un incremento diffuso nel quadrante territoriale compreso tra i quattro sistemi urbani di Napoli, Caserta, Avellino e Salerno.

Per quanto riguarda la stima degli addetti alle unità locali, si stima un totale di 1.288.260 addetti sul territorio regionale al 2020 con una variazione regionale solo del +0,25% rispetto al valore del 2010. Si prevede quindi un rallentamento nella crescita economica nel prossimo decennio, come anche dimostrato dall’andamento dei tassi occupazionali degli ultimi anni (fonte Istat).

Per le provincie di Caserta e Salerno si stima un incremento del numero di addetti rispettivamente del +4,65% e del +1,73%, una crescita comunque inferiore rispetto a quella registrata dal 2001 al 2010; per le provincie di Avellino e Benevento si prevede un minimo incremento del numero di addetti pari rispettivamente al +0,44% e 0,33%; infine per la provincia di Napoli si prevede una diminuzione del numero complessivo di addetti del -1,48%, confermando la tendenza del passato decennio.

In termini di bacini di traffico, il numero di addetti segue in linea di massima gli andamenti già descritti della dinamica demografica. In particolare si stima una riduzione più marcata del numero di addetti per i bacini di San Giorgio – Torre del greco (-14,34%), di Napoli (-5,87%) e del Vallo di Diano (3,58%). Si prevede al contrario un incremento maggiore nei bacini del Litorale Domizio (+10,45%), delle isole (+9,51%), di Caserta (+6,32%) e del Litorale Flegreo (+5%).

Tabella 3-5: Popolazione e addetti scenario di progetto per Bacino di Traffico e variazione % attuale-2020

<i>Nome Bacino di Traffico</i>	<i>Popolazione al 2020</i>	<i>Addetti al 2020</i>	<i>Variazione % popolazione attuale-2020</i>	<i>Variazione % addetti attuale-2020</i>
Agro Nocerino	159.566	35.787	0,24	0,14
Avellino	403.679	100.904	-1,07	0,06
Aversa	926.344	145.118	4,54	3,91
Benevento	284.107	63.439	-0,74	0,35
Caserta	459.374	106.427	6,70	6,32
Caserta Nord	165.497	28.318	-1,12	-0,38
Castellammare di Stabia	150.626	26.813	1,03	0,36
Cilento	233.731	45.059	-0,41	1,10
Costiera Amalfitana	33.130	8.381	0,56	1,02
Costiera Sorrentina	84.657	18.847	3,90	2,79
Isole	95.586	23.160	10,01	9,51
Litorale Domitio	295.328	39.271	11,22	10,45
Litorale Flegreo	129.910	30.912	4,76	5,07
Napoli	906.459	296.037	-5,87	-5,87
Nord Vesuvio	559.919	110.170	4,43	2,65
Salerno	318.257	87.628	4,00	2,60
Salerno Nord	153.774	34.226	3,95	4,15
San Giorgio - Torre del Greco	210.182	29.976	-14,10	-14,34
Torre Annunziata	192.810	32.094	2,30	2,54
Vallo di Diano	121.196	25.693	-4,09	-3,58
Totale Regione Campania	5.884.132	1.288.260	1,02	0,25

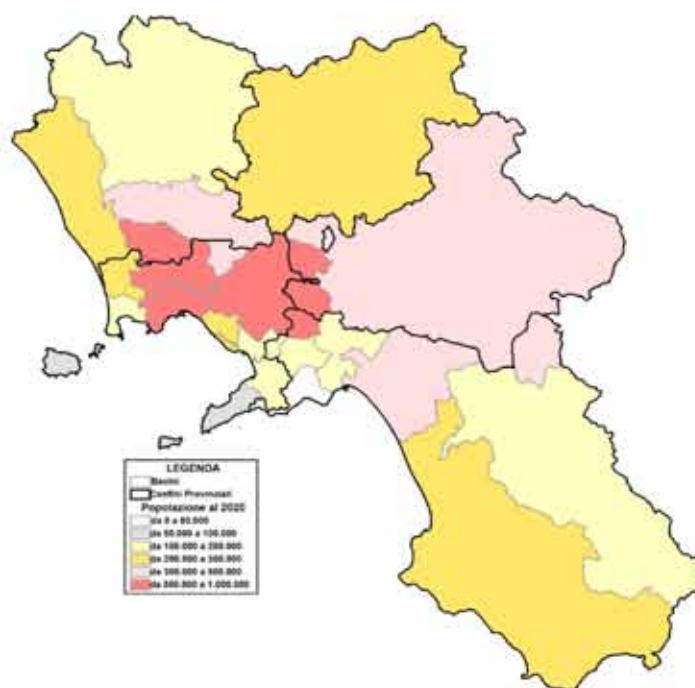


Figura 3-9: Popolazione scenario di progetto per Bacini di Traffico (2020)



Figura 3-10: Variazione Popolazione scenario attuale e scenario di progetto (2020) per Bacini di Traffico

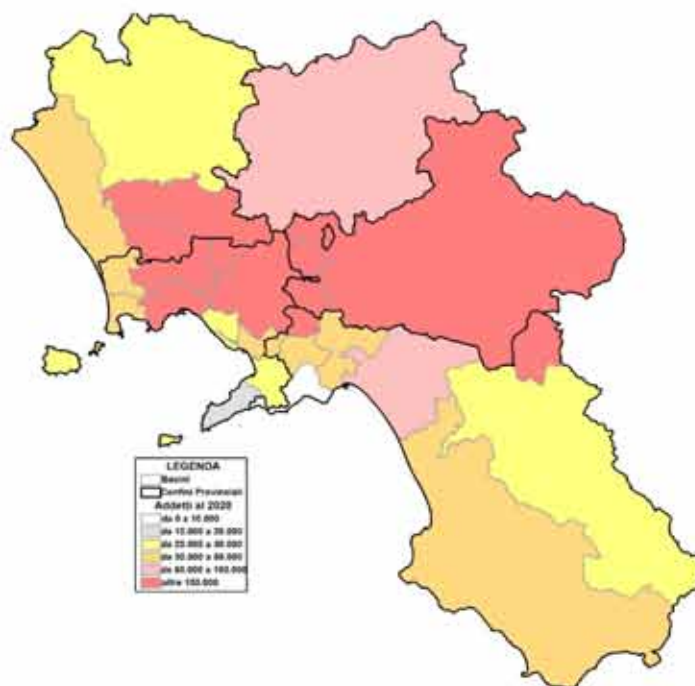


Figura 3-11: Addetti scenario di progetto per bacini di traffico (2020)



Figura 3-12: Variazione addetti scenario attuale e scenario di progetto(2020) per bacini

4 INDAGINI DI MOBILITÀ PROPEDEUTICHE ALLA STIMA DELLE CRITICITÀ ATTUALE DELL'AREA DI PROGETTO

4.1 I conteggi di traffico

Al fine di valutare l'attuale funzionamento della viabilità dell'area di progetto e quindi applicare i modelli di domanda per la stima dei flussi di traffico previsti per lo scenario di progetto al 2020, durante la redazione del progetto definitivo, è stata effettuata una accurata campagna di conteggi di traffico. Tali rilievi hanno permesso di stimare i flussi veicolari giornalieri ed orari nonché l'attuale grado di congestione delle infrastrutture monitorate.

Complessivamente, si stima che nel giorno feriale medio le infrastrutture di progetto sono attraversate da circa 28 mila autovetture equivalenti/giorno. Per contro, l'analisi dell'ora di punta (Figura 4-1 e Figura 4-2) ha mostrato come ci sia una sostanziale domanda interessante l'area di studio costante nella giornata, fatta eccezione per il primo pomeriggio dove si evidenzia un calo dei flussi di traffico significativo. Volendo individuare l'ora di massimo carico, si è stimato che tra le 08:30 e le 09:30 (nel seguito "ora di punta" del mattino) si verificano i flussi massimi e l'area di progetto è attraversata oltre 4 mila autovetture equivalenti/ora. **Al fine di progettare le infrastrutture a vantaggio si sicurezza, tutte le analisi sono state condotte con riferimento all'ora di punta del mattino, salvo poi verificare il corretto funzionamento viario anche nelle altre ore della giornata ed in particolare nell'ora di punta del pomeriggio.**

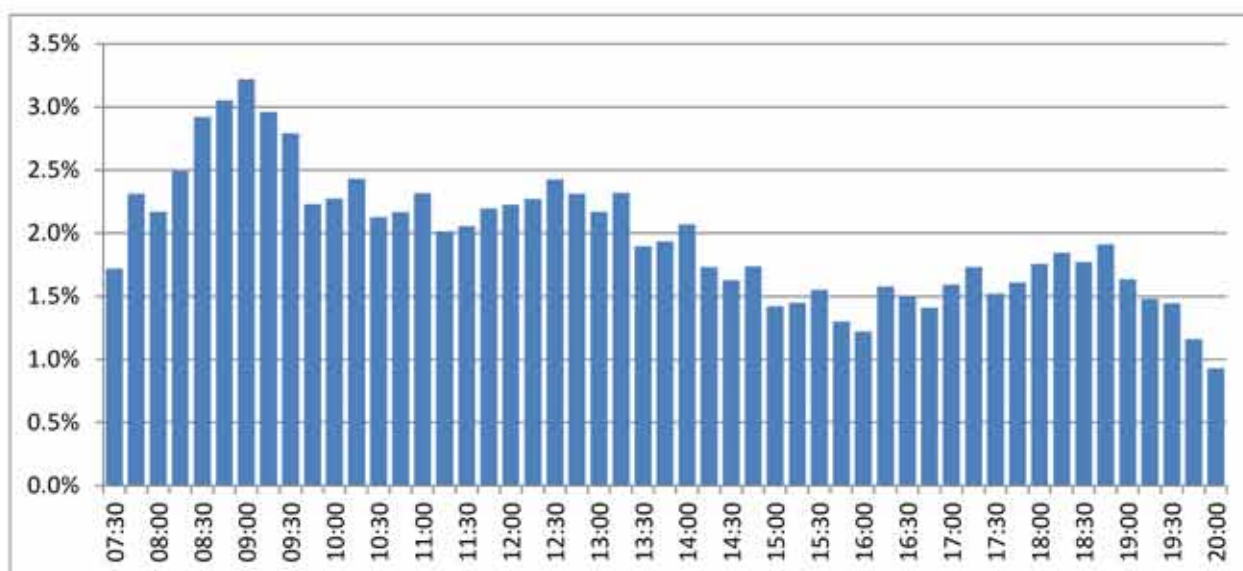


Figura 4-1: Ripartizione percentuale dei traffici (veicoli equivalenti) in INGRESSO a Napoli interessanti l'area di studio

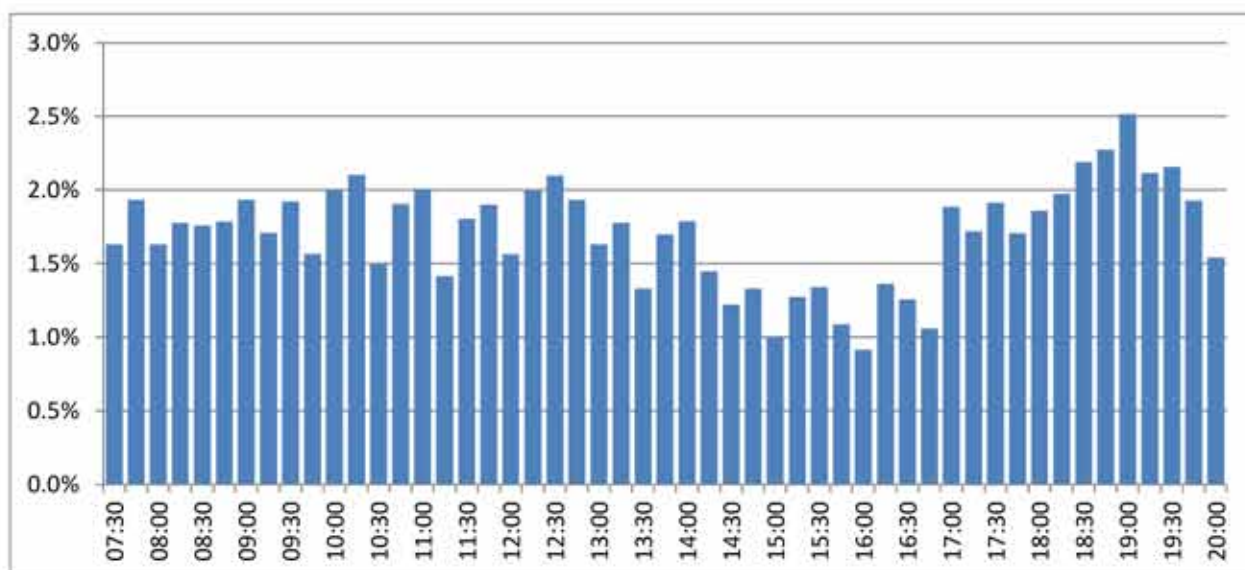


Figura 4-2: Ripartizione percentuale dei traffici (veicoli equivalenti) in USCITA da Napoli interessanti l'area di studio

La verifica del livello di servizio attualmente offerto mostra come nell'ora di punta del mattino del giorno feriale il grado di congestione medio (rapporto tra flusso veicolare e capacità dell'infrastruttura) risulta per molte infrastrutture dell'area di progetto, soprattutto per quelle confluenti nell'intersezione tra via G. Ferrari e via E. Gianturco, superiore al 50% con punte del 78%.

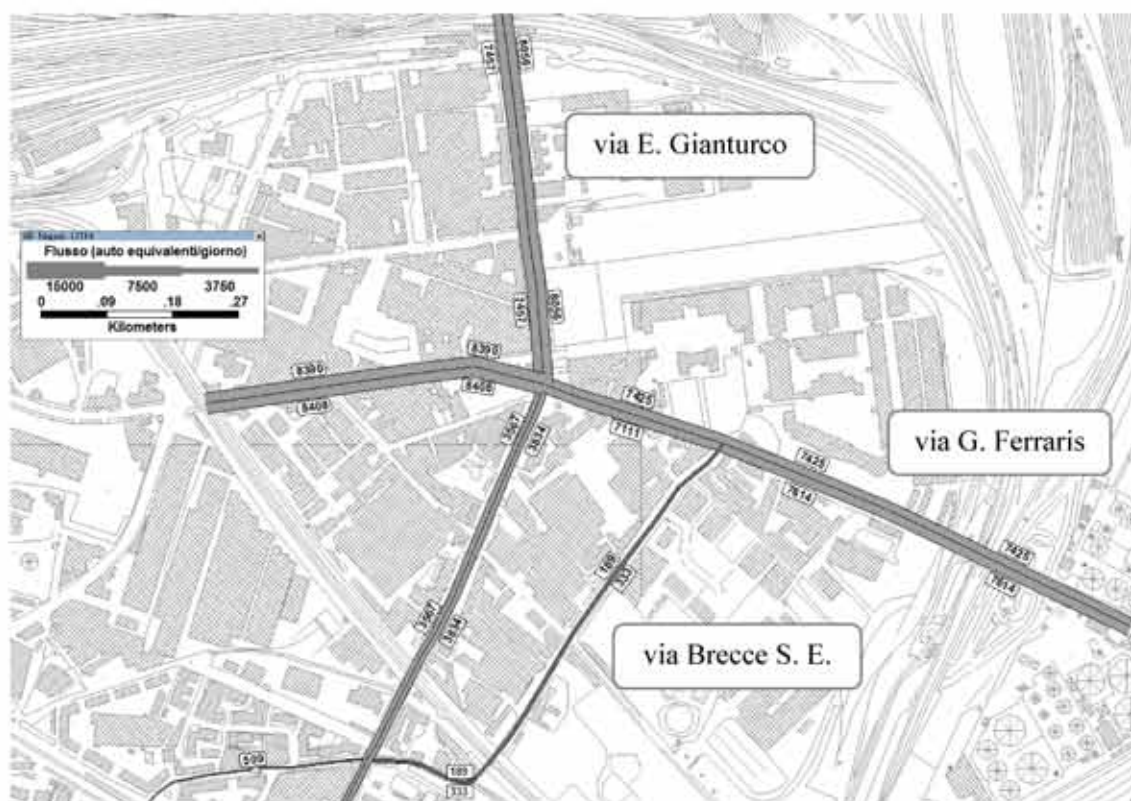


Figura 4-3: Conteggi di traffico giorno feriale medio (scenario attuale)

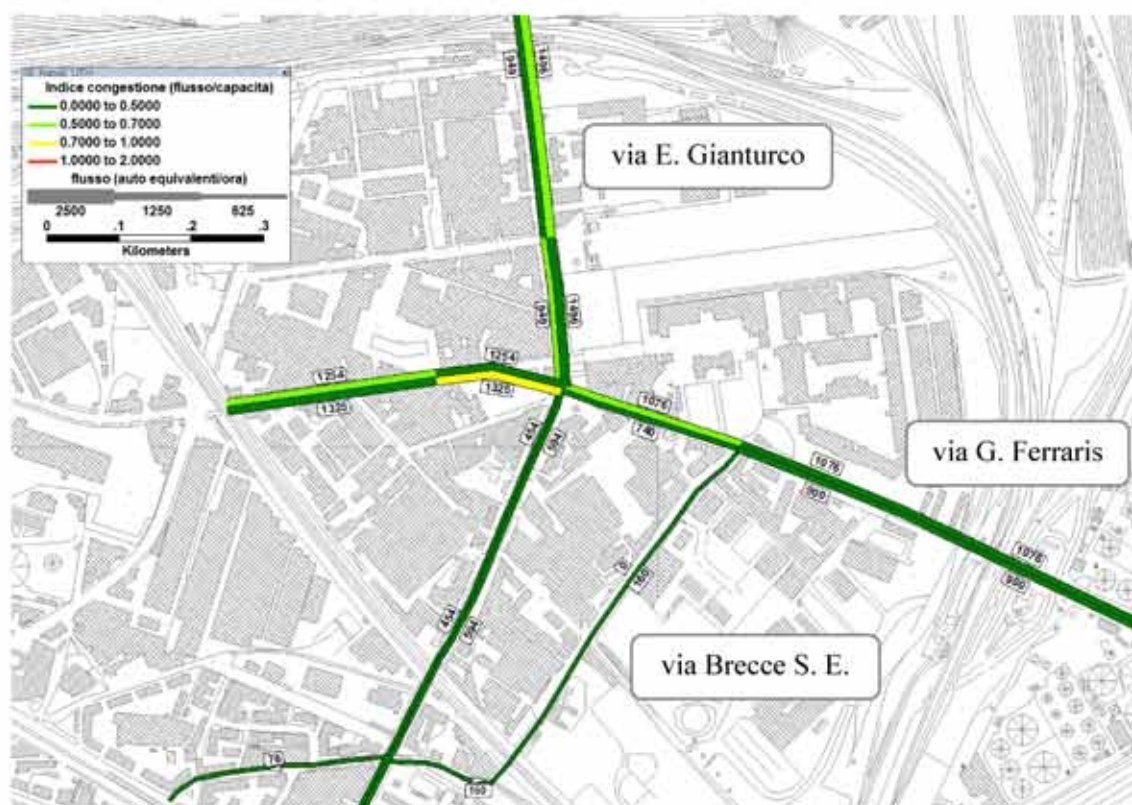


Figura 4-4: Conteggi di traffico ora di punta del mattino del giorno feriale medio (scenario attuale)

Il Traffico Giornaliero Medio (TGM) risulta pari a circa 17 mila veicoli/giorno sulle due direzioni per via G. Ferraris, mentre risulta pari a oltre 15,5 mila veicoli/giorno sulle due direzioni per via Gianturco.

La composizione veicolare vede come mediamente il 78%-80% dei veicoli transitanti siano autovetture, il 19%-20% siano moto e motocicli ed il restante circa 2% siano mezzi pesanti.

Tabella 4-1: Traffico giornaliero medio e composizione veicolare

	auto	moto	pesanti	Totale veicoli	veicoli. equivalenti	strada
TGM	15.099	3.550	302	18.952	16.799	via Ferraris
	79,7%	18,7%	1,6%	100,0%		
TGM	13.823	3.527	301	17.651	15.514	via Gianturco
	78,3%	20,0%	1,7%	100,0%		

4.3 I rilievi di velocità per la sicurezza stradale

Al fine di quantificare l'attuale livello di sicurezza per le infrastrutture di progetto e stata condotta una campagna di misurazione volta alla stima delle velocità di percorrenza lungo le strade: Via Galileo Ferraris lato *est* e *ovest* e Via Emanuele Gianturco lato *sud* e *nord*.

L'analisi della letteratura circa le metodologie di rilievo possibile ha evidenziato sostanzialmente due tecniche di misurazione:

- **metodi intrusivi** (si intendono quei metodi in cui il rilevatore si trova sulla pavimentazione);
- **metodi non intrusivi** (si intendono quei metodi in cui il rilevatore è posizionato in prossimità della carreggiata).

Tra i metodi *non intrusivi*, sono state considerate diverse tecniche che si distinguono in base allo specifico principio fisico che rende possibile la rilevazione. Tra le tecniche esistenti, e ormai consolidate nel settore, sono state analizzate quelle in cui i rilevatori di velocità si avvalgono di:

- Sensori Radar (mediante microonde);
- Sensori a Raggi Infrarossi;
- Sensori Acustici;
- Sensori Video;

I **sensori radar** basano il loro funzionamento sul principio fisico dell'effetto Doppler: in particolare, i radar a microonde sono dei sensori che utilizzano una lunghezza d'onda dell'energia trasmessa compresa tra 1 cm e 30 cm, a cui corrisponde un intervallo di frequenza compresa tra 1 a 30 GHz. Quando un veicolo attraversa il raggio di energia trasmessa dal radar una parte di quest'ultima viene riflessa verso l'antenna del sensore, permettendo il calcolo di grandezze quali velocità e lunghezza del flusso veicolare. Il principio di funzionamento di detti sensori ha un' applicazione di impiego relativa all'Autovelox.

I **Sensori a Raggi Infrarossi** basano il loro funzionamento mediante un sistema ottico, in cui un materiale sensibile all'infrarosso viene montato sul piano focale. Dunque, con suddetta metodologia, il sensore è un dispositivo che traduce l'energia riflessa o emessa in un segnale elettrico. Tra i principali vantaggi di detta tecnica vi è il basso livello di disturbo alla circolazione durante l'installazione del sensore stesso ed il basso livello di degradamento delle prestazioni in concomitanza di particolari fenomeni atmosferici (ad esempio nebbia).

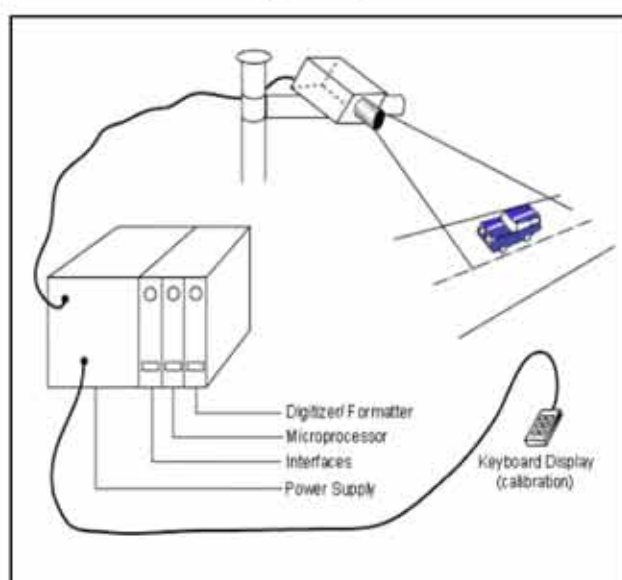
I **Sensori acustici** si distinguono tra sensori ad ultrasuoni e sensori acustici cosiddetti passivi. Il principio di funzionamento del sensore si basa sul fenomeno della riflessione delle onde sonore, secondo cui il tempo impiegato da un'onda per lasciare la sorgente, rimbalzare su una superficie riflettente (posta ortogonalmente alla direzione di propagazione) e ritornare alla sorgente stessa è direttamente proporzionale alla distanza tra la sorgente e la superficie di riflessione. Sfruttando tale fenomeno, quindi,

il sensore misura la sua distanza dalla superficie riflettente (che può essere la strada o la parte superiore di un veicolo) e sulla base di tale distanza riconosce il passaggio dei veicoli. L'energia ultrasonica ricevuta dal sensore viene convertita dal processore in segnale elettrico.

Suddetti sensori sono strumenti di modeste dimensioni fisiche costituiti essenzialmente da un generatore ed un ricevitore di onde sonore (ad ultrasuoni) con una frequenza compresa tra i 25 kHz ed i 60 kHz. Tale strumento non richiede interventi sul manto stradale e può essere installato o perpendicolarmente su di un portale o su di un cavalcavia sovrastante la via di corsa, oppure orizzontalmente al lato della strada.

Tra i principali vantaggi associati all'utilizzo di detta metodologia di rilevamento vi è la facilità di installazione, una modesta manutenzione, una affidabile valutazione della portata stradale ed inoltre la possibilità di distinguere diverse categorie veicolari. Tuttavia, si segnalano costi elevati ed un grado di precisione delle rilevazioni che può risentire di fenomeni quali elevate temperature e turbolenze dell'aria.

Infine, vi sono i **Sensori Video con telecamera e relativo software automatico** per l'elaborazione dei dati rilevati con metodo a spire virtuali. Proprio quest'ultimo è stato il metodo adottato per il rilevamento delle velocità medie nell'area di progetto. Tale metodologia, nota in letteratura con l'acronimo T.A.I. (Trattamento Automatico di Immagini), consiste nell'utilizzo di una telecamera (anche mobile) che rileva le immagini di traffico, convertendole in un segnale elettrico, di un convertitore analogico-digitale che consente la traduzione dei segnali elettrici in forma digitale e da un elaboratore che, mediante un complesso software risolutivo, consente tramite operazioni matematiche, morfologico - matematiche, ed altre, di intervenire sulle immagini digitalizzate per fornire in uscita dei parametri di interesse, quali ad esempio la velocità del flusso veicolare. Una rappresentazione del principio di funzionamento di suddetta metodologia di rilevamento viene fornita nella figura seguente.



Fonte: ENEA (2011) - "Sistema di monitoraggio e previsione della mobilità veicolare"

Figura 4-5: Principio di funzionamento dei sensori video con telecamera

Tra i principali vantaggi associati all'utilizzo di suddetta tecnica vi è l'elevato grado di precisione ed affidabilità dei parametri così rilevati.

Le indagini per il rilevamento delle velocità medie, nell'area di progetto, sono state effettuate nel mese di ottobre dell'anno 2013, in più giorni feriali medi ed in corrispondenza delle cosiddette ore non di punta, ovvero quella parte della giornata in cui non si sono riscontrati fenomeni di congestione (per più del 50% delle ore della Giornata). Inoltre, per ogni troco stradale monitorato sono state realizzate più di 100 misurazioni casuali.

4.2.1 Le velocità misurate in via Emanuele Gianturco

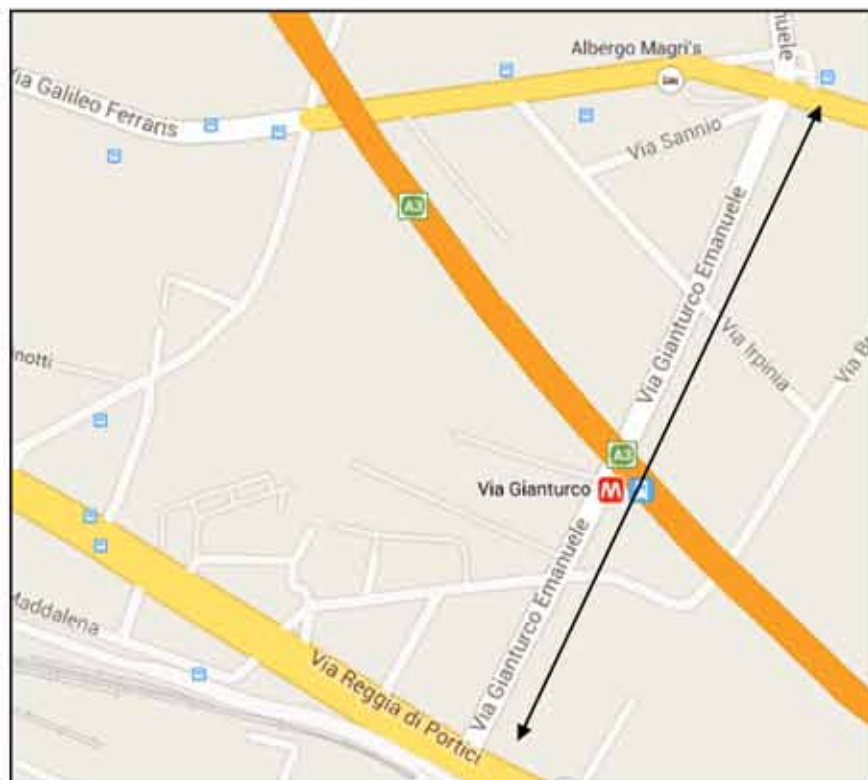
Su via Emanuele Gianturco sono stati individuati due trochi stradali, quello sud (da via Reggia di portici fino all'incrocio con via Galileo Ferraris) e quello nord (dall'incrocio con via Galileo Ferraris fino al viadotto).

I risultati della fase di rilevamento sono stati elaborati ed analizzati. Se ne riporta di seguito una rappresentazione per frequenza delle velocità misurate sia per la tratta sud che per quella nord.

Come emerge dall'analisi dei risultati, per la tratta Sud, si può constatare come circa il 40% delle osservazioni sono state relative a velocità di circa 60 km/h; dato notevole è quello per cui un complessivo 80% delle osservazioni ha fatto registrare valori di velocità veicolari superiori a 55 km/ora.

Anche con riferimento alla tratta Nord sono stati registrati valori di velocità veicolari che eccedono il limite massimo, che per la tipologia di strada è fissato in 30 km/h. In particolare, solo il 5% circa delle osservazioni hanno misurato valori di velocità uguale o inferiore a 30 km/h (quindi entro i limiti del codice stradale), mentre il 35% delle osservazioni ha fatto segnare valori di velocità pari a circa 50 km/h ed il 15% circa è stato relativo a velocità di circa 55 km/h; complessivamente la frequenza con cui sono stati registrati delle velocità superiori al limite consentito è stata superiore al 95%.

Al fine di un più dettagliato quadro di insieme si riportano, nelle tabelle seguenti i dati relativi alla velocità media, alla deviazione standard, nonché ai valori di velocità minima e massima per le due tratte.



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4-6: Rappresentazione su Mappa della tratta Sud di via Emanuele Gianturco



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4-7: Rappresentazione del punto di rilevamento (spira virtuale) con telecamera sulla tratta Sud di Via E.Gianturco



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4-8: Rappresentazione su Mappa della tratta Nord di via Emanuele Gianturco



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4-9: Rappresentazione del punto di rilevamento (spira virtuale) con telecamera sulla tratta Nord di Via E.Gianturco

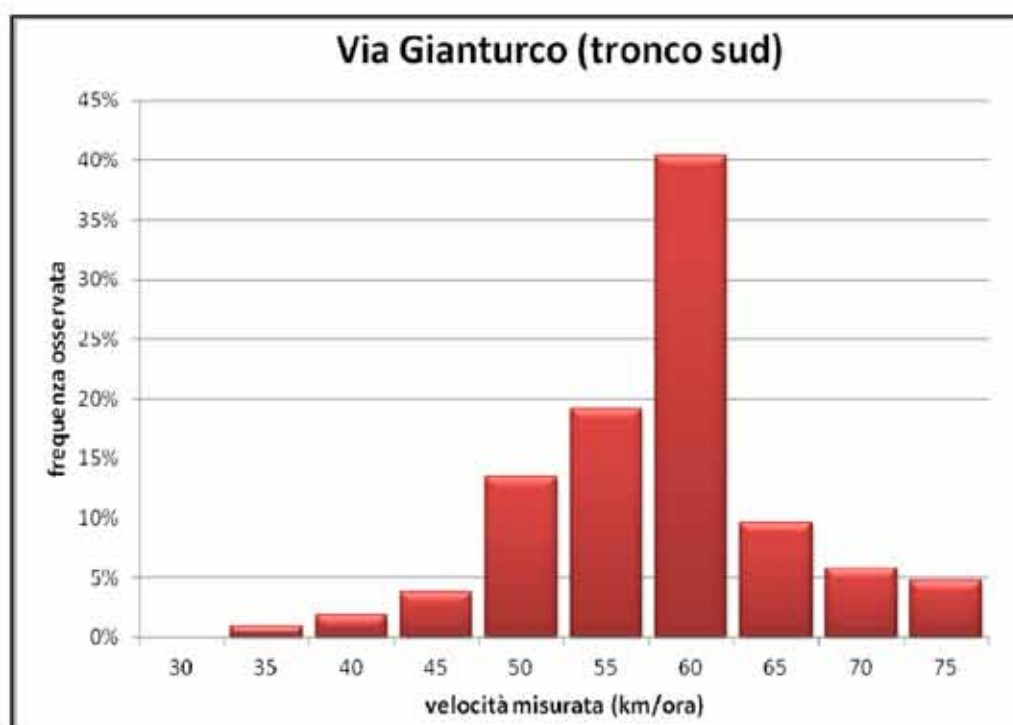


Figura 4-10: Frequenza osservata delle velocità sulla tratta Sud di Via E. Gianturco

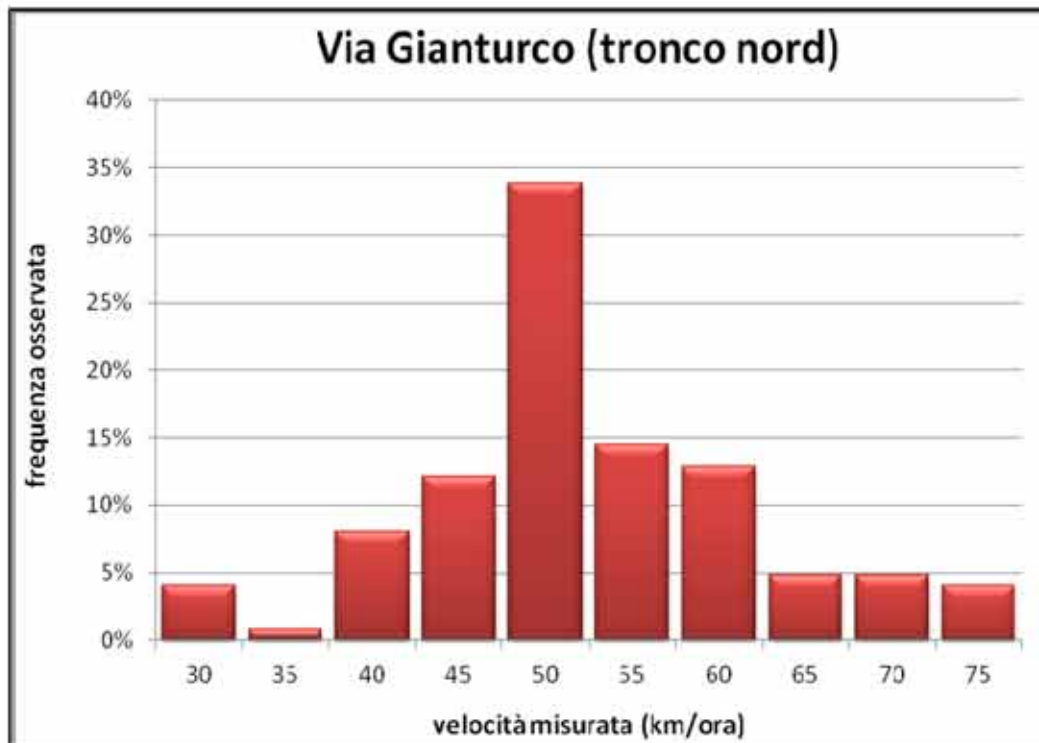


Figura 4-11: Frequenza osservata delle velocità sulla tratta Nord di Via E. Gianturco

Sezione	Velocità media	Deviazione Standard	Velocità Minima	Velocità Massima
	(km/ora)		(km/ora)	(km/ora)
Via Gianturco (sezione Sud)	58,2	7,25	35,2	75,8

Tabella 4-2: Quadro di sintesi dei principali valori rilevati per la sezione Sud di Via E. Gianturco

Sezione	Velocità media	Deviazione Standard	Velocità Minima	Velocità Massima
	(km/ora)		(km/ora)	(km/ora)
Via Gianturco (sezione Nord)	51,3	11,51	29,7	75,4

Tabella 4-3: Quadro di sintesi dei principali valori rilevati per la sezione Nord di Via E. Gianturco

4.2.2 Le velocità misurate in via Galileo Ferraris

Anche per via Galileo Ferraris sono stati individuati due tronchi stradali, quello est (dall'incrocio con via Emanuele Gianturco fino all'incrocio con via Benedetto Brin) e quello ovest (dall'incrocio con via Emanuele Gianturco fino al viadotto ferroviario).

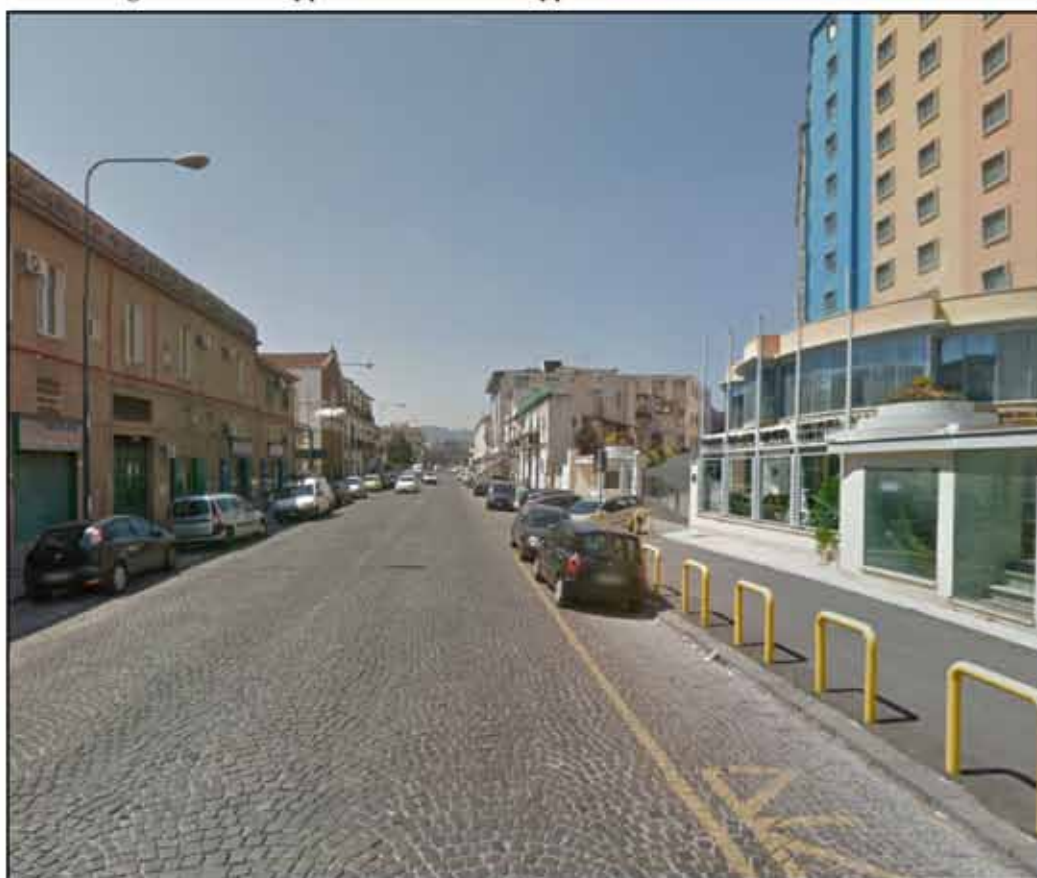
I risultati della fase di rilevamento sono stati elaborati ed analizzati. Se ne riporta di seguito una rappresentazione per frequenza delle velocità misurate sia per la tratta est che per quella ovest. Dall'analisi dei suddetti diagrammi si può osservare come sono state registrate velocità veicolari inferiori rispetto a quanto rilevato per i tronchi Sud e Nord di Via Emanuele Gianturco: tale evidenza può essere in parte motivata dalla presenza di un manto stradale in condizioni peggiori; in particolare, i valori massimi registrati sono stati poco superiori ai 60 km/h per il tronco est e circa 66 km/h per il tronco ovest. Tuttavia, anche in relazione al suddetto tratto stradale è stato possibile constatare come la gran parte delle rilevazioni abbiano evidenziato un sistematico superamento dei limiti di velocità.

Nella fattispecie, con riferimento al tronco est di via Ferraris, circa il 90% delle osservazioni hanno fatto registrare il superamento del limite valido in ambito urbano (che per la strada in esame è fissato in 30 km/h); per il tronco ovest della tratta stradale in esame, è stato possibile constatare come il superamento del limite abbia riguardato addirittura il 95% circa delle rilevazioni, di cui il 60% circa con velocità comprese tra i 50 ed i 55 km/h.



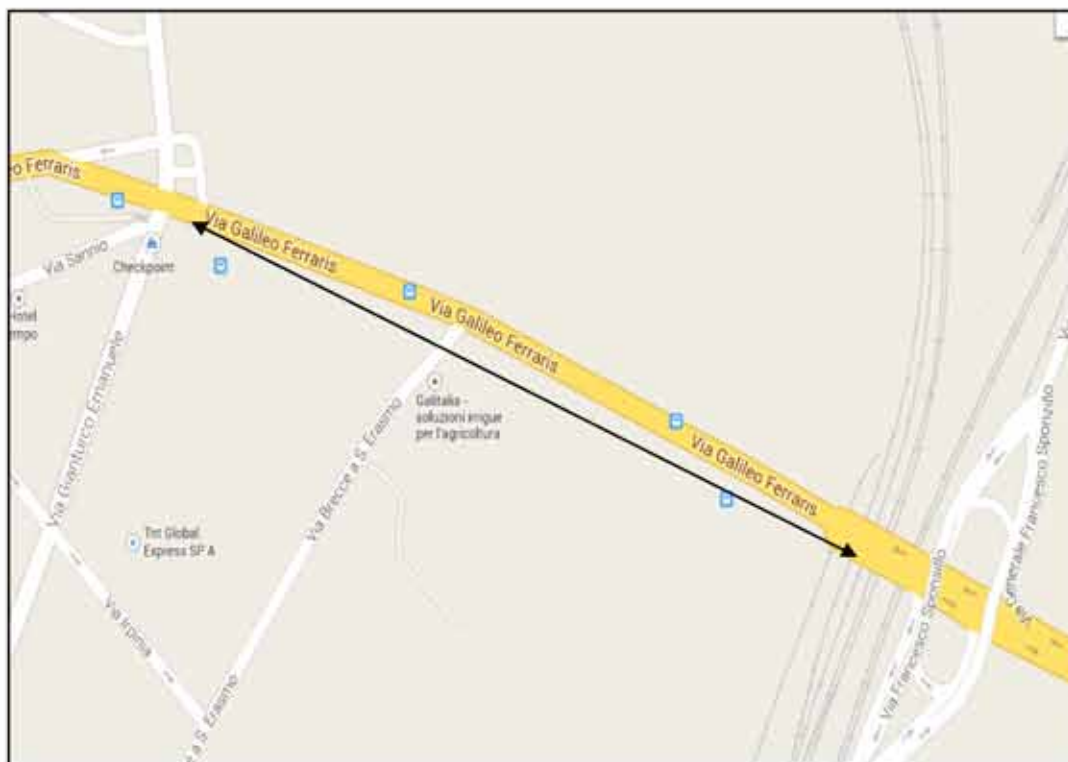
Fonte: www.google.it/maps

Figura 4.10 – Rappresentazione su mappa del tronco Est di Via G.Ferraris



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4.11 – Rappresentazione del punto di rilevamento (spira virtuale) con telecamera sul tronco Est di Via G.Ferraris



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4.12 – Rappresentazione su mappa del tronco Ovest di Via G.Ferraris



Fonte: www.google.it/maps

Figura 4.13 – Rappresentazione del punto di rilevamento (spira virtuale) con telecamera sul tronco Ovest di Via G.Ferraris

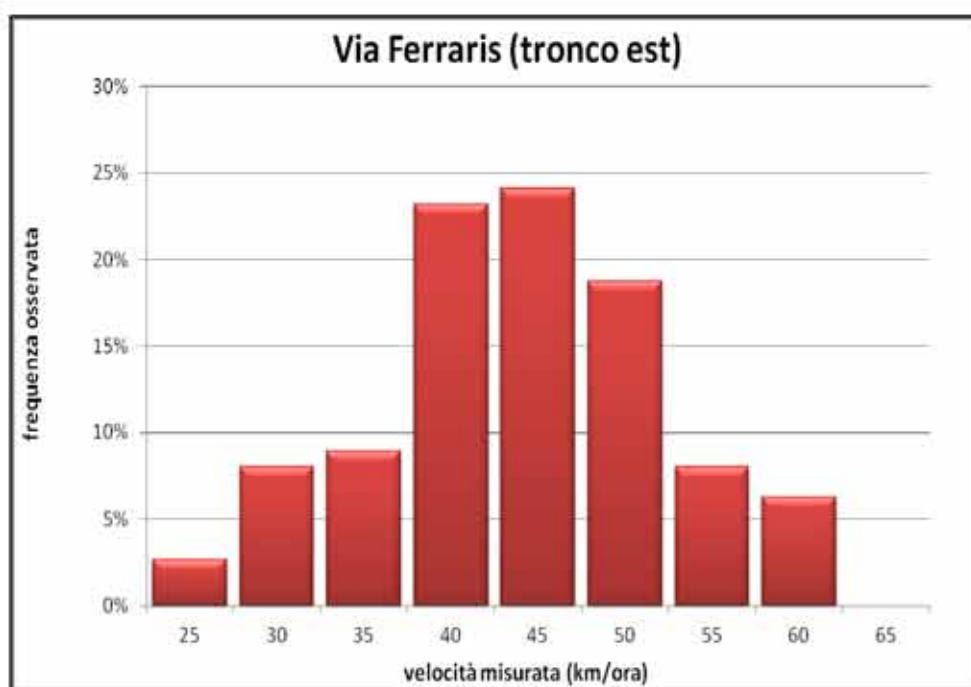


Figura 4-14: Frequenza osservata delle velocità sul tronco Est di Via G.Ferraris

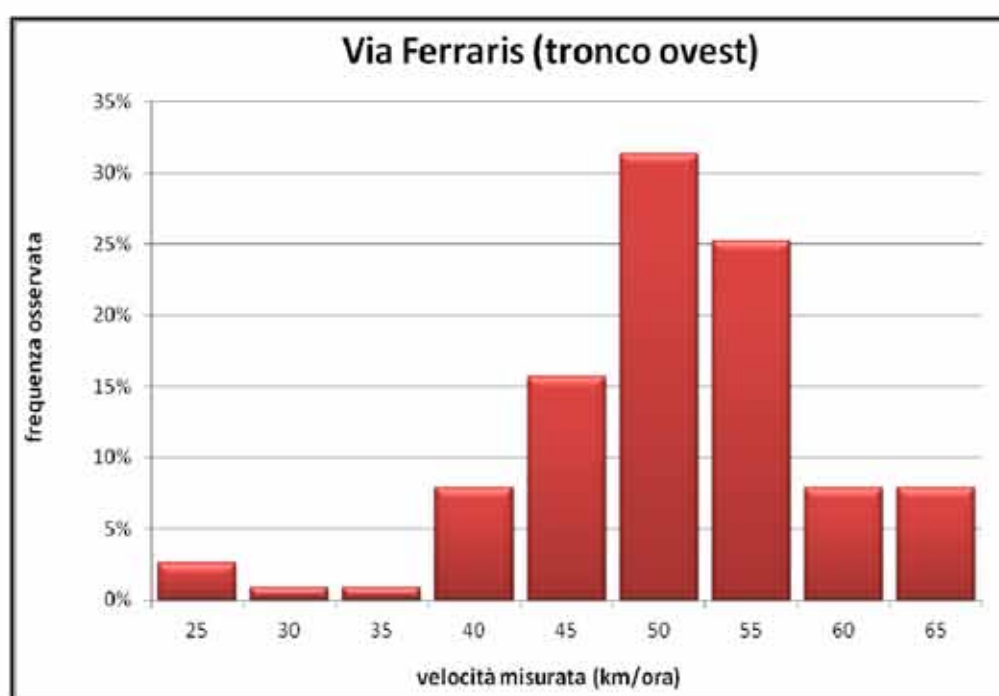


Figura 4-15: Frequenza osservata delle velocità sul tronco Ovest di Via G.Ferraris

Al fine di un più dettagliato quadro di insieme si riportano, nelle tabelle seguenti i dati relativi alla velocità media, alla deviazione standard, nonché ai valori di velocità minima e massima per i due tronchi oggetto di analisi.

Come emerge dai dati riportati nelle suddette tabelle di sintesi, i valori di velocità media per il tronco est di via Ferraris sono sensibilmente inferiori rispetto a quanto emerso dalle rilevazioni riguardanti via Gianturco (tuttavia con un specifico valore di deviazione standard pari a 9,62); viceversa, per il tronco ovest di via Ferraris, i valori di velocità media elaborati hanno prodotto risultati in linea con quanto emerso dalle rilevazioni di via Gianturco, seppur con velocità massima registrata sensibilmente inferiore.

Sezione	Velocità media	Deviazione Standard	Velocità Minima	Velocità Massima
	(km/ora)		(km/ora)	(km/ora)
Via Ferraris (tronco Est)	45,1	9,62	25,2	61,2

Tabella 4-4: Quadro di sintesi dei principali valori rilevati per la tronco Est di Via G. Ferraris

Sezione	Velocità media	Deviazione Standard	Velocità Minima	Velocità Massima
	(km/ora)		(km/ora)	(km/ora)
Via Ferraris (tronco Ovest)	51,4	10,68	25,5	66,3

Tabella 4-4: Quadro di sintesi dei principali valori rilevati per la tronco Ovest di Via G. Ferraris

4.3 *Analisi di incidentalità*

Al fine di meglio comprendere la sicurezza dell'area di progetto, si riporta nel seguito l'analisi di incidentalità nelle varie Municipalità del Comune di Napoli nell'anno 2011. In particolare, la IV Municipalità, in cui ricadono sia via Gianturco che la quasi totalità di via Galileo Ferraris, risulta essere quella più interessata dal fenomeno degli incidenti stradali. Infatti nel 2011 (ultimo dato disponibile) si sono verificati 753 incidenti che hanno determinato 3 decessi e 451 feriti. Inoltre, gli incidenti avvenuti nella IV Municipalità costituiscono il 16% degli incidenti che avvengono nel Comune di Napoli e determinano 14% dei feriti e poco meno del 10% dei decessi.

Una possibile spiegazione può essere la funzione che questa parte di viabilità cittadina ha verso gli assi del sistema autostradale, oltre alla difficile comprensibilità della rete stradale. Tale circostanza è stata anche confermata, come detto, dall'indagine sulle velocità (paragrafo precedente).

Municipalità	Numero Incidenti	Feriti	Prognosi	Deceduti	Incidenti con Danni
I	645	432	8	2	306
II	547	398	4	4	242
III	432	240	5	1	237
IV	752	442	9	3	405
V	494	303	4	2	247
VI	385	292	11	8	165
VII	184	137	5	4	81
VIII	316	195	7	4	157
IX	313	257	2	4	129
X	445	345	9	3	196
ND	31	12	0	0	19

Tabella 4-5: Analisi degli incidenti registrati nelle varie Municipalità del Comune di Napoli nell'anno 2011.

5 IL SISTEMA DI MODELLI DI OFFERTA

Nel caso più generale un modello di offerta di trasporto (modello di rete) viene implementato attraverso una sequenza di fasi schematicamente riportate di seguito:

- delimitazione dell'area di studio;
- zonizzazione;
- selezione degli elementi di offerta rilevanti (reti di base);
- costruzione del grafo;
- individuazione delle funzioni di costo;

La costruzione di un grafo rappresentativo dei collegamenti offerti da un sistema di trasporto richiede la definizione degli elementi che lo costituiscono (nodi ed archi) in funzione delle caratteristiche del sistema fisico che si intende rappresentare. Nodi e archi sono relativi all'insieme delle infrastrutture e/o ai servizi di trasporto che sono stati individuati come rilevanti. Si tratta, in definitiva, di rappresentare con un grafo i collegamenti fra le zone di traffico, o meglio fra i centroidi che le rappresentano, consentiti dalla rete di base.

Gli *archi* rappresentano fasi o attività dello spostamento fra le diverse zone di traffico consentite dal sistema di offerta di trasporto in oggetto, per le quali si ipotizza che siano omogenee le caratteristiche fisiche e funzionali dell'offerta, e quindi le modalità di funzionamento, ed alle quali è possibile associare un costo generalizzato di trasporto. In questo senso gli archi costituiscono una discretizzazione degli spostamenti in segmenti di uguali caratteristiche; il livello di dettaglio di tale discretizzazione può ovviamente essere assai diverso per lo stesso sistema fisico e dipende dai fini dell'analisi.

I *nodi* corrispondono ad eventi significativi che delimitano le fasi degli spostamenti (archi). I nodi possono corrispondere a punti di coordinate spaziali (luoghi) e/o temporali (istanti) diverse nei quali si svolgono gli eventi rappresentati dai nodi. Un importante sottoinsieme di nodi è costituito dai *nodi centroidi* che corrispondono agli eventi di inizio e termine degli spostamenti di una certa zona. I centroidi possono rappresentare i punti interni ad una zona di traffico in cui iniziano e terminano gli spostamenti (in questo caso si chiamano *centroidi di zona*); in altri casi, i centroidi rappresentano i luoghi in cui o da cui entrano od escono spostamenti che solo in parte avvengono all'interno del sistema di studio (*centroidi di cordone o esterni*). In questo caso essi sono associati ai luoghi fisici (sezioni stradali, stazioni ferroviarie, ecc.) per i quali transitano gli spostamenti che "entrano" o "escono" dall'area di intervento.

Nel grafo sono presenti *archi* di diverso tipo: *reali* e *connettori*. Gli *archi reali* per quanto detto in precedenza, corrispondono ad una fase dello spostamento (collegamento di una coppia ordinata di nodi) consentita da una componente "fisica" dell'offerta di trasporto (infrastruttura o servizio). Quando i nodi

centroidi non coincidono con nodi reali si introducono nel grafo degli *archi connettori* ai quali corrisponde lo spostamento fra il centroide di zona ed un nodo reale della rete.

Una rete di trasporto è data dall'unione di un grafo rappresentativo dei collegamenti consentiti dal sistema di offerta e dai *costi generalizzati di trasporto* che gli utenti percepiscono per percorrere gli archi che rappresentano i collegamenti fra nodi. I costi di arco dipendono quindi sostanzialmente dal tipo di servizio di trasporto che l'arco rappresenta. Le funzioni di costo sono delle relazioni matematiche che esprimono il valore medio del costo generalizzato, o di alcune sue componenti, in funzione delle caratteristiche fisiche e funzionali del collegamento rappresentato dall'arco e, in presenza della congestione, dei flussi di arco.

5.3 *La rete delle infrastrutture stradali*

La rete stradale a servizio del Bacino Orientale della città, nel cui ambito ricadono gli assi stradali oggetto dell'intervento, è fortemente condizionata dalla presenza delle connessioni con il Sistema Autostradale Urbano. In questo –Bacino, infatti, si sviluppano:

- Autostrada Roma – Napoli;
- Raccordo dell'Autostrada Roma – Napoli con l'Autostrada Napoli - Pompei – Salerno;
- SS 162 di collegamento del capoluogo con i paesi vesuviani.

Il raccordo dell'Autostrada Roma – Napoli con l'Autostrada Napoli - Pompei – Salerno si collega alla viabilità ordinaria in:

- via Galileo Ferraris con due rampe, una in prossimità della stazione centrale e una in prossimità dell'intersezione con via Argine;
- via Argine;
- via Volta.

La SS 162 si collega alla viabilità ordinaria in:

- via Argine;
- via Ferrante Imparato;
- via Gianturco.

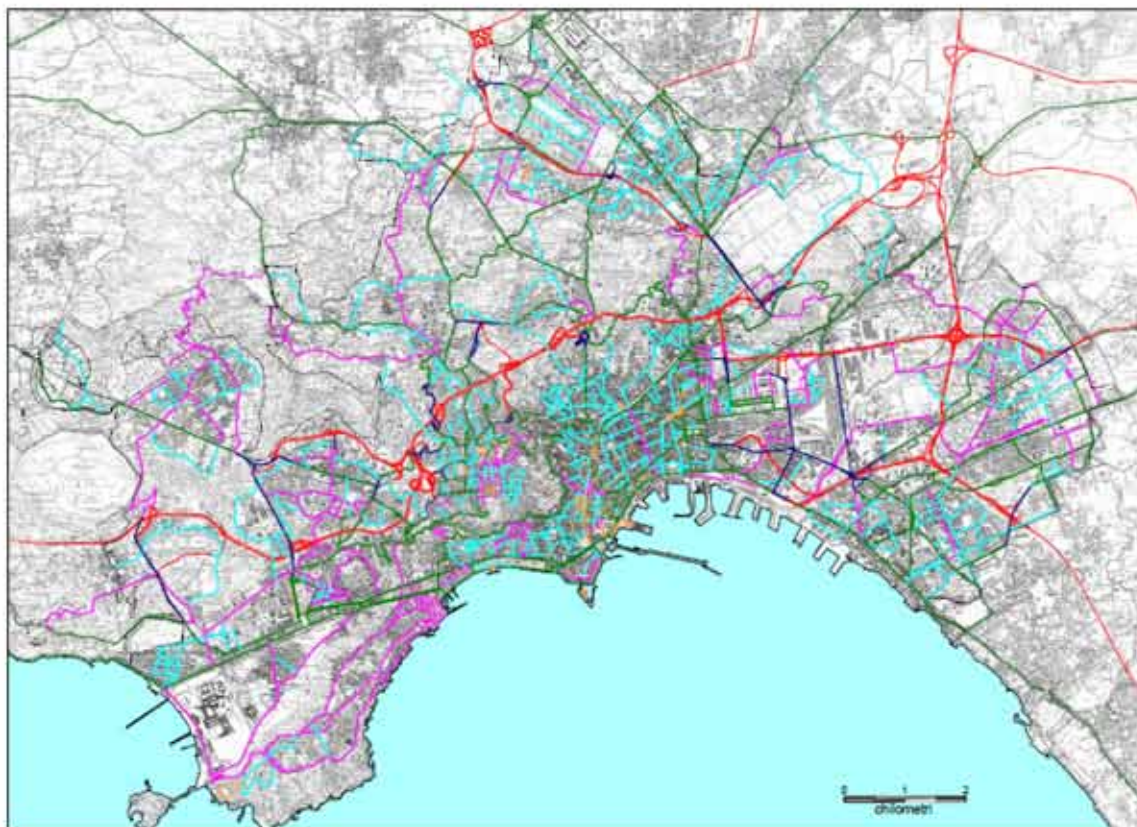


Figura 5-1 : Classificazione della rete stradale del Comune di Napoli

fonte: "Regolamento viario del Comune di Napoli approvato con Delibera di C.C. n. 210 del 21/12/2001



Figura 5-2 : Classificazione della rete stradale del Comune di Napoli

fonte: "Regolamento viario del Comune di Napoli approvato con Delibera di C.C. n. 210 del 21/12/2001

Il Regolamento viario del Comune di Napoli, pertanto, individua in questi assi, e in particolare in via Galileo Ferrarsi e via Gianturco oggetto del presente appalto, non solo una funzione di strada primaria, ma di “Strada primaria di collegamento con il sistema Autostradale”.

La rete primaria del Bacino Orientale che trova il suo cardine sulle connessioni al Sistema Autostradale urbano, si articola in tre assi est – ovest:

- corso San Giovanni – via ponte dei Francesi – via Ponte dei Granili – via Volta;
- via Argine – via Ferraris;
- via provinciale delle Puglie – via Stadera – via Nuova Poggioreale.

Queste direttrici collegano il Bacino centrale dell’area urbana con la zona orientale della conurbazione napoletana.

Le connessioni con il sistema autostradale, oltre che delle tratte terminali della linea ferroviaria Roma – Napoli e delle linee ferroviarie della Circumvesuviana, che si sviluppano prevalentemente in viadotto e in rilevato, costituiscono degli elementi di sutura della rete stradale che, pertanto, risulta difficilmente comprensibile per gli utenti.

La restata parte della rete stradale considerata nel sistema di modelli implementato è costituita dalle strade e autostrade, urbane ed extraurbane regionali, rilevanti ai fini della simulazione degli spostamenti interessanti l’area di progetto.

In ambito extraurbano sono state considerate le autostrade, le strade extraurbane principali e le più importanti strade extraurbane secondarie; in ambito urbano sono state considerate le autostrade urbane, le strade di scorrimento e le più importanti strade interquartiere. A queste sono state aggiunte le strade che svolgono una funzione di adduzione alla rete ferroviaria regionale.

Le strade così individuate sono state classificate in differenti tipologie:

- autostrade (classe A);
- strade extraurbane a scorrimento veloce (classe B);
- strade extraurbane ordinarie (classe C);
- strade urbane (D, E ed F).

Autostrade (classe A). Sono strade a due o più corsie per senso di marcia, a carreggiate separate e a svincoli sfalsati sulle quali può essere pagato o meno un pedaggio (fisso o chilometrico).

Strade extraurbane a scorrimento veloce (classe B). Sono le strade statali sulle quali non si paga alcun tipo di pedaggio, che presentano caratteristiche simili alle autostrade nell'andamento del tracciato e nella sezione trasversale. Possono essere o meno a carreggiate separate e sono nella maggior parte dei casi caratterizzate da intersezioni sfalsate.

Rientrano in tale categoria le strade tipo 3 (diverse dalle autostrade), 4 ed A della classificazione CNR. Esempi di tali strade sono la variante alla SS 7 quater da Pozzuoli a Mondragone, la variante alla SS 268 del Vesuvio, la ex SS162 ("asse mediano"), la ex SS256 ("asse di andata al lavoro"), ecc...

Strade extraurbane ordinarie (classe C). Appartengono a tale categoria tutte le rimanenti strade, comunali, provinciali e statali diverse da quelle urbane.

Per la rete delle infrastrutture stradali si è costruito l'insieme dei nodi posizionando i nodi in corrispondenza delle intersezioni stradali "esplodendole" laddove necessario (per esempio, in corrispondenza degli svincoli stradali). Successivamente si è costruito l'insieme degli archi stradali (coppie ordinate di nodi reali) rappresentativi delle infrastrutture stradali appartenenti alla rete di base. Sono stati, infine, inseriti gli archi connettori tra i centroidi e i nodi reali.

Complessivamente la rete implementata risulta costituita da 6.455 nodi e 8.455 archi, suddivisi tra le diverse tipologie così come riportato nelle tabelle seguenti.

Tabella 5-1 : Riepilogo nodi della rete

Nodi	numero
Centroidi	285
Nodi rete stradale	5.478
Totale	5.763

Tabella 5-2: Riepilogo archi della rete

Archi	numero
Connettori	570
Archi rete stradale	7.421
Totale	7.991

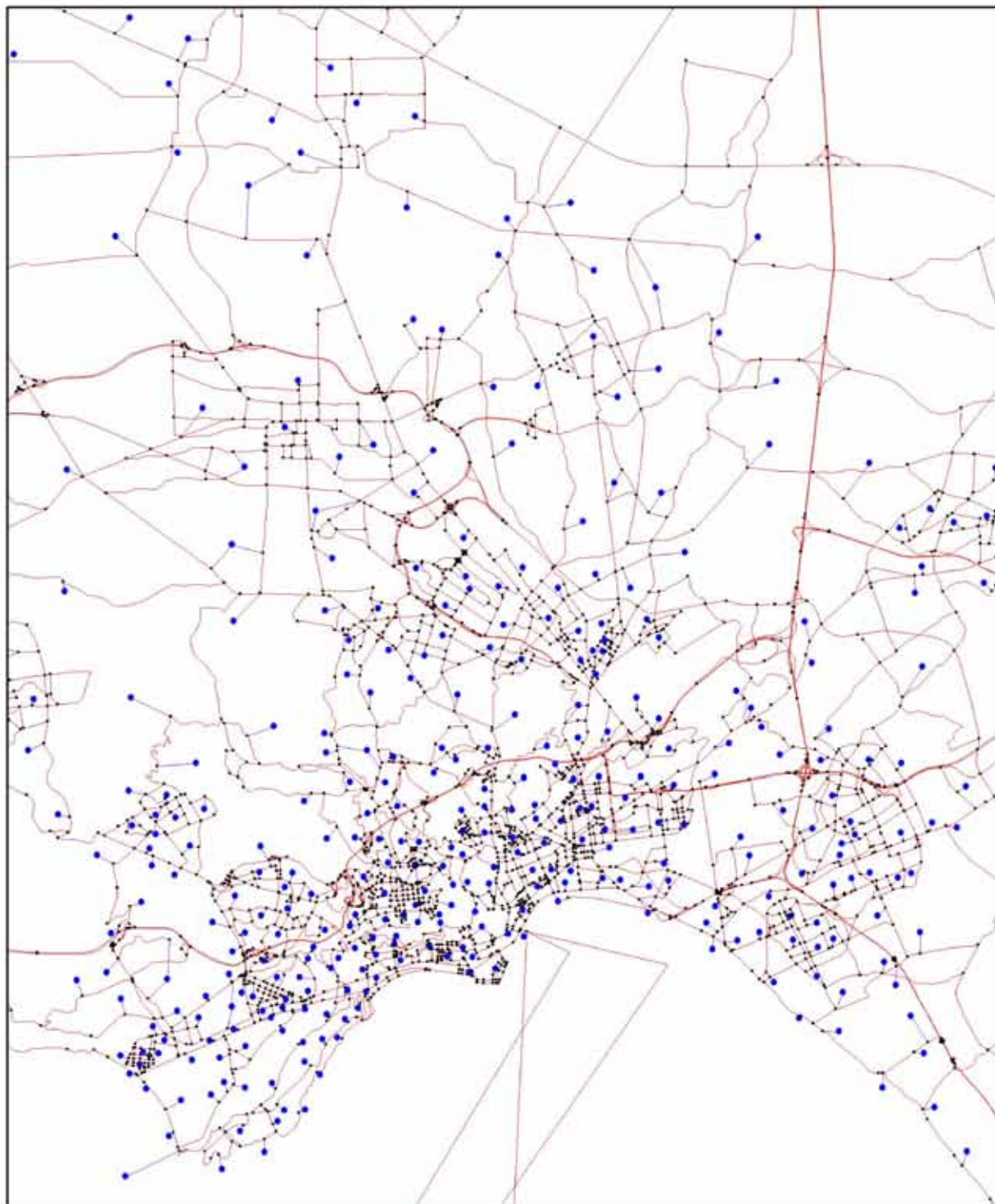


Figura 5-3 : Il grafo della rete stradale della città di Napoli

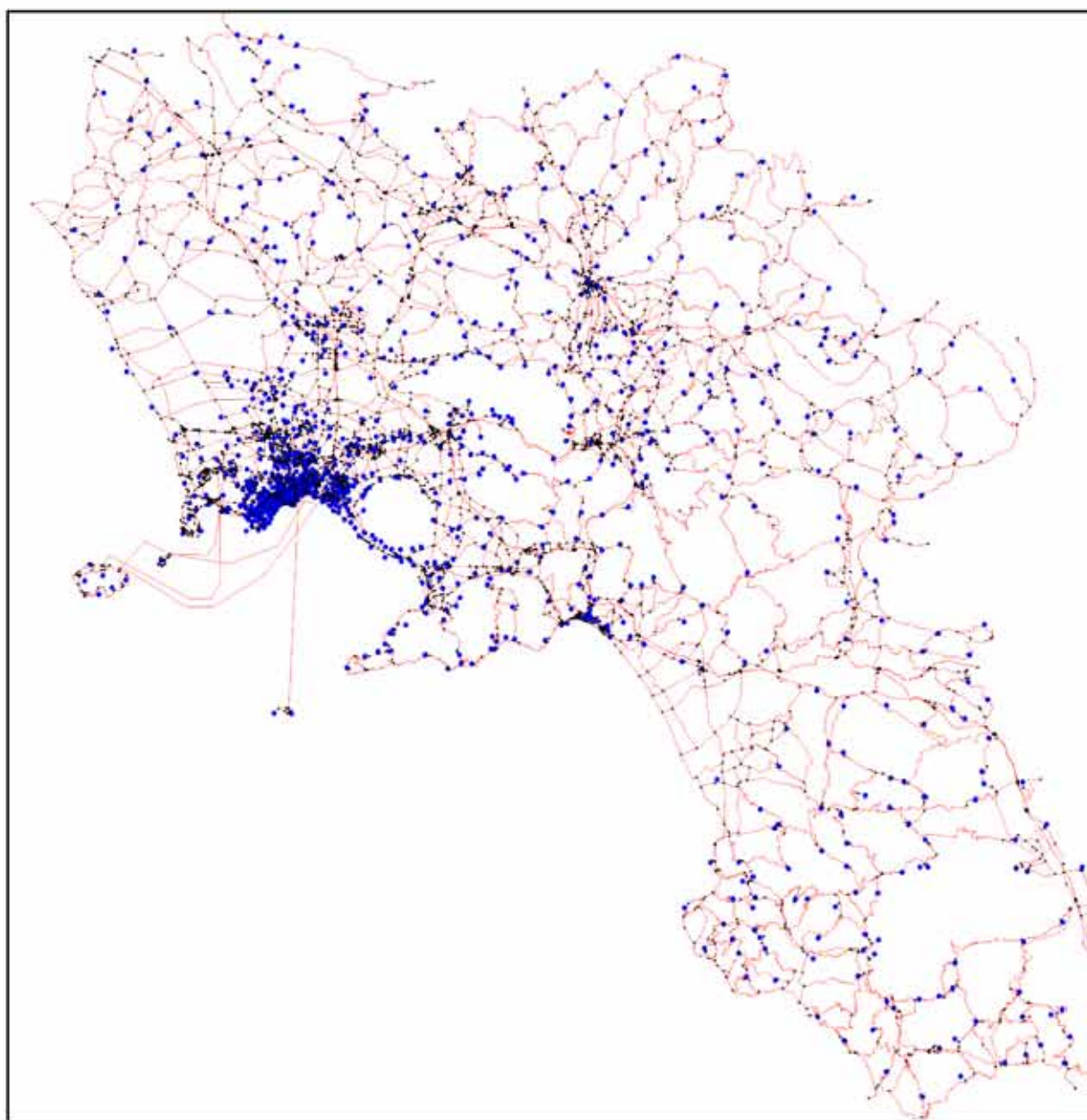


Figura 5-4 : Il grafo della rete stradale regionale

Ad ogni arco del grafo è associato il tempo di percorrenza dell'arco stesso. Questo è stato stimato a partire da una serie di caratteristiche fisiche e funzionali, mediante le quali è stato stimato prima il tempo di percorrenza a flusso nullo e poi, tramite opportune funzione di prestazione, il tempo di percorrenza in condizione di congestione.

Per la stima dei tempi di percorrenza associati ad ogni singolo arco sono state considerate tre tipologie di veicolo a cui sono state associate differenti funzioni di costo:

- veicoli di trasporto individuale;
- veicoli merci leggeri (capacità di carico <3,5 tonnellate);
- veicoli merci pesanti (capacità di carico >3,5 tonnellate).

Per il trasporto individuale il tempo di attraversamento è stato stimato tramite la funzione di costo BPR:

$$t_{BPR} = t_o [1 + \alpha (f / Cap)^\beta]$$

$$\text{con, } t_o = \frac{L}{V_0}$$

La velocità a flusso nullo V_0 è stata calcolata applicando la relazione sperimentale, messa a punto dal CNR per le strade italiane:

$$V_0 (Km / h) = 56,6 + 3,2 \cdot L + 4,5 \cdot L_0 - 240 \cdot p - 9,6 \cdot Tr - 5,4 \cdot D$$

dove:

L = larghezza utile dell'arco (metri);

L_0 = distanza degli ostacoli laterali dal bordo della strada (metri); per le strade extraurbane a scorrimento veloce si è posto L_0 pari a 2,2 metri; si è trascurato tale termine per le strade extraurbane ordinarie

p = pendenza del ramo (in percentuale);

Tr = grado di tortuosità dell'infrastruttura (elevato = 1, medio = 0,66, basso = 0,33, nullo = 0);

D = coefficiente di disturbo (1 se vi è disturbo laterale, 0 altrimenti).

La pendenza degli archi è stata valutata qualitativamente dall'analisi dell'andamento altimetrico del tracciato dell'arco, sulla cartografia in scala 1:25000; sono state individuate 4 "classi di pendenza" (elevata P1, media P2, bassa P3, nulla P4) alle quali sono stati associati i seguenti valori medi:

- P1 = 0,08;
- P2 = 0,05;
- P3 = 0,02;
- P4 = 0,00.

Per gli archi connettori il tempo di attraversamento è stato calcolato considerando una velocità media di

percorrenza per le auto di 30 Km/h.

Per gli archi urbani della città di Napoli è stato stimato anche il tempo perso alle intersezioni semaforizzata tramite la relazione di Dhoerty che permette, note le caratteristiche semaforiche (durata del ciclo, numero di fasi e durata di rosso e verde) di stimare il tempo medio perso alle intersezioni in funzione del flusso di veicoli che impegnano i vari archi confluenti nell'incrocio.

La stima del tempo di percorrenza per i veicoli merci si è reso necessario per poter assegnare una stima della matrice OD merci come pre-carico della rete stradale al fine di stimare con maggiore precisione le scelte di percorso (e quindi i tempi di viaggio) per il trasporto individuale. Per i veicoli merci il tempo di percorrenza T del generico arco è stato calcolato con le relazioni proposte da Nuzzolo e Russo (1993); in particolare sono state considerate quattro tipologie di infrastrutture:

- autostrade;
- strade extraurbane;
- strade urbane;
- barriere autostradali.

Per le *autostrade* il tempo di attraversamento è stato calcolato come:

$$T = \max(T_a; T_b) * \frac{L}{3600}$$

dove T_a è il tempo per unità di distanza [sec/Km], calcolabile tramite l'espressione:

$$T_a = \frac{3600}{113 * (1 - \delta(p - 0.025) * 4.2)}$$

T_b è il tempo "base" per i veicoli merci (in sec/Km), calcolabile tramite l'espressione:

$$T_b = \frac{3600}{V_{\max}} + 662.4 * [p - \frac{3600}{662.4 * V_{\max}} + 0.0625] * \alpha$$

dove:

L_i è la lunghezza del ramo in Km;

p è la pendenza in percentuale;

$$\delta = \begin{cases} 0 & \text{se } p \leq 0.025 \\ 1 & \text{se } p > 0.025 \end{cases}$$

$$\alpha = \begin{cases} 0 & \text{se } p \leq -\frac{3600}{662.4 V_{\max}} + 0.0625 \\ 1 & \text{se } p > -\frac{3600}{662.4 V_{\max}} + 0.0625 \end{cases}$$

V_{max} è la velocità reale presumibilmente utilizzata in autostrada; è stato assunto per le due tipologie di veicoli merci considerate:

- veicoli merci leggeri: $V_{max}=100$ Km/h;
- veicoli merci pesanti: $V_{max}=80$ Km/h.

Per i veicoli merci il tempo di percorrenza t del generico arco *extraurbano* è stato valutato attraverso la relazione:

$$t = \frac{L}{V}$$

dove:

$$V = V_{max} - 4,44 \cdot Tr - 333,33 \cdot p \text{ in km/h;}$$

Tr = indice di tortuosità; elevato = 1, medio = 0,66, basso = 0,33, nullo = 0;

p è la pendenza in percentuale;

L è la lunghezza dell'infrastruttura in Km;

V_{max} è la velocità massima reale presumibilmente utilizzata:

veicoli merci leggeri: $V_{max}=70$ Km/h;

veicoli merci pesanti: $V_{max}=50$ Km/h.

Per i veicoli merci il tempo di percorrenza t per le altre tipologie di arco considerate risulta:

- per gli archi barriera autostradale si è posto $t = 5$ minuti il tempo di percorrenza medio;
- per gli archi urbani il tempo è stato calcolato considerando una velocità media di percorrenza pari a 20 km/h;
- per gli archi connettori il tempo di attraversamento è stato calcolato considerando una velocità media di percorrenza pari a 40 Km/h per extraurbano e 20 Km/h urbano.

Per tutte le categorie veicolari, per il calcolo dei pedaggi autostradali è stato necessario considerare, a seconda del tipo di autostrada:

- il costo per km di strada percorsa (autostrada con ticket prelevato in ingresso e pagamento in uscita);
- il costo fisso (per le autostrade con pagamento alla barriera).

5.4 La rete dei servizi di trasporto collettivo

La rete delle infrastrutture considerate per i servizi di trasporto collettivo è costituita dalla:

- rete pedonale di accesso ai servizi di trasporto collettivo;
- rete ferroviaria;
- rete stradale su cui transitano linee di trasporto collettivo su gomma.

La rete pedonale e quella delle infrastrutture stradali è costituita dalle strade e autostrade (solo per la rete delle infrastrutture), urbane ed extraurbane, rilevanti ai fini della simulazione degli spostamenti regionali.

La rete infrastrutturale ferroviaria è costituita dagli archi (ferroviari) di collegamento tra tutte le stazioni dell'area di studio.

Il periodo di riferimento considerato ai fini della costruzione del modello d'offerta è costituito dall'intervallo temporale compreso tra le 7:00 e le 9:30 (fascia di punta mattutina). Ai fini della simulazione del sistema di trasporto collettivo regionale sono state pertanto considerate tutte le corse ferroviarie e le corse delle autolinee extraurbane il cui orario di partenza da capolinea ricade all'interno di tale fascia temporale.

L'approccio seguito per la rappresentazione dei servizi "su ferro" e "su gomma" è del tipo "per linee": le corse relative ad uno stesso servizio sono aggregate in un'unica linea; ad ogni linea è quindi associata una frequenza pari al numero totale di corse in partenza da capolinea nella fascia temporale considerata.

Complessivamente la rete implementata risulta costituita da 7.576 nodi e 10.252 archi, suddivisi tra le diverse tipologie così come riportato nelle tabelle.

Tabella 5-3 : Riepilogo nodi della rete

Nodi	numero
Centroidi	285
Nodi rete pedonale e gomma	6.280
Nodi Stazione	319
Totale	6.884

Tabella 5-4: Riepilogo archi della rete

Archi	numero
Connettori	570
archi stradali pedonale e gomma	8.801
archi ferroviari	417
Totale	9.788

Ad ogni arco del grafo è associato il tempo di percorrenza dell'arco stesso. Per gli archi ferroviari tale caratteristica è stata rilevata direttamente dall'orario ferroviario. Per gli archi stradali (e quindi anche per gli archi bus) sono state invece associate una serie di caratteristiche fisiche e funzionali, mediante le quali si è risaliti prima al tempo di percorrenza a flusso nullo e poi, tramite opportune funzione di prestazione al tempo di percorrenza in condizione di congestione.

Da un punto di vista modellistico, la rappresentazione corretta delle linee di trasporto collettivo avviene attraverso la cosiddetta "rete espansa". Di seguito è riportata una descrizione sintetica di tale modello³, che è dato dall'unione della rete pedonale, dei nodi fermata e della rete delle linee di trasporto collettivo.

Sul grafo pedonale è stato posizionato un nodo fermata in corrispondenza di ogni fermata o stazione (Stop fisico). Ogni nodo pedonale è stato collegato ai nodi fermata tramite archi di diversione. Il grafo delle linee è stato ottenuto collocando per ogni linea in corrispondenza di ogni nodo fermata un nodo di linea (stop di route). Ad ogni nodo fermata sono stati collegati tanti nodi linea quante sono le linee che impegnano la fermata. Nodo linea e nodo fermata sono collegati tra loro da archi di salita e discesa.



Figura 5-5 : Il grafo dei servizi della rete di trasporto collettivo

³ Per una descrizione dettagliata si veda Cascetta E. (2009), *Transportation System Modeling: Theory and Applications*, Springer.

I nodi linea della stessa linea sono stati collegati tra di loro tramite archi di linea (o archi a bordo).

Per il grafo della rete dei servizi, gli archi sono stati classificati in:

- archi di diversione (o di attesa): rappresentano le connessioni temporali tra i nodi pedonali e i nodi fermata; permettono di riprodurre le scelte degli utenti sulla scelta delle linee “attrattive” che transitano per quella fermata. Ad una fermata, le “linee attrattive” per un utente sono quelle che appartengono ad uno o più percorsi utilizzabili dall’utente per spostarsi sulla coppia origine/destinazione. A questo tipo di archi è stato associato il tempo medio che l’utente spende in attesa alla fermata per salire sul mezzo di trasporto collettivo, che è funzione della frequenza delle “linee attrattive”.
- archi di salita: rappresentano le connessioni temporali tra i nodi fermata e i nodi di linea. A questi archi è stato associato il solo tempo di imbarco sui mezzi (assunto fisso, noto a priori, indipendente dall’occupazione dei mezzi che afferiscono alle linee ed, in via approssimata, uguale per tutte le linee della fermata.
- archi di linea (o archi a bordo): rappresentano la connessione spazio-temporale tra due nodi di linea. Il tempo associato a tali archi è ottenuto come somma del tempo di corsa e del tempo di sosta ad ogni fermata.
- archi di discesa: rappresentano le connessioni temporali tra i nodi di linea ed i nodi pedonali. Ad essi è stato associato un tempo medio di discesa.

6 IL MODELLO DI DOMANDA

La stima dei flussi della domanda di mobilità riveste un ruolo centrale per l'analisi, la modellazione e la progettazione dei sistemi di trasporto; infatti, le infrastrutture e i servizi di trasporto trovano la loro ragione nell'esigenza di soddisfare i bisogni di mobilità e le loro caratteristiche. Salvo pochi casi limitati, uno spostamento non è di per se fonte di "utilità" o "soddisfazione", esso, piuttosto, rappresenta un'attività complementare allo svolgimento di altre attività in luoghi diversi da quello in cui ci si trova.

Per stimare la domanda attuale è possibile effettuare delle indagini, tipicamente delle interviste, su di un campione di utenti e da queste, utilizzando le tecniche della statistica inferenziale, ottenere delle *stime dirette* della domanda.

In alternativa si può stimare la domanda con dei modelli matematici. La *stima da modello* richiede che i modelli siano specificati (cioè sia scelta la forma funzionale e le variabili che vi compaiono), calibrati (cioè siano stimati i valori dei coefficienti in essi contenuti) e validati (cioè ne sia valutata la capacità di riprodurre le osservazioni disponibili). Queste operazioni possono essere effettuate sulla base di informazioni disaggregate relative ad un campione di individui. È anche possibile ricorrere a dati aggregati, sia per aggiornare una stima dei parametri del modello di domanda, ma anche per ottenere una stima diretta della domanda di mobilità.

Nel presente studio, per la stima della domanda di mobilità, attuale e futura, interessante l'area di progetto si è proposta una stima da modello. Si ritiene che gli interventi previsti nell'area di progetto possano avere effetti sulla frequenza, sulla distribuzione, e sul modo e percorso/servizio.

Per la stima da modello della domanda è stata utilizzata la tecnica del *pivoting*. Questo metodo è generalmente utilizzato quando si ha a disposizione una stima attendibile ed affidabile di una o più matrici di domanda (per singolo motivo e modo). Le evidenze sperimentali mostrano come è possibile diminuire notevolmente le approssimazioni di stima calcolando la domanda di mobilità relativa ad uno scenario progettuale tramite la relazione:

$$d_2^{PIVOT} = d_1 \cdot \frac{d_2^{Mod}(SE^2, T^2, \beta)}{d_1^{Mod}(SE^1, T^1, \beta)} \quad (1)$$

dove:

d_2^{PIVOT} è la stima del vettore (matrice) di domanda di mobilità relativa ad uno scenario 2 da simulare (es. uno scenario di progetto);

d_1 è una stima attendibile del vettore di domanda di mobilità relativa ad uno scenario 1 "base" (es. scenario attuale o di riferimento), stimata per via diretta (es. correzione della matrice tramite conteggi di traffico);

d_1^{Mod} e d_2^{Mod} sono le stime da modello dei vettori di domanda relative allo scenario 1 e 2;

SE^1, SE^2, T^1, T^2 sono i vettori delle variabili socioeconomiche e di livello di servizio relative agli scenari 1 e 2 (variabili di input del modello di domanda);

β è il vettore dei parametri del modello di domanda.

Per la stima del vettore d_1 è stata utilizzata la tecnica dell'aggiornamento (o correzione) del vettore di domanda tramite dati aggregati di traffico. Per lo studio in questione sono stati utilizzati dei conteggi di traffico disponibili (conteggi UNICO per il trasporto collettivo e conteggi ad-hoc per il trasporto individuale passeggeri/merci).

Indicando con d una stima disponibile del vettore di domanda, il problema di stima (aggiornamento) della domanda di mobilità tramite conteggi di traffico può essere posto in una forma generale come:

$$d_1 = d^* = \operatorname{argmin} [z_1(x, d) + z_2(v(x), f)] \quad \text{con } x \geq 0$$

dove x rappresenta il vettore di domanda incognito. Le due funzioni $z_1(x, d)$ e $z_2(v(x), f)$ possono essere considerate, rispettivamente, come delle misure di "distanza" del vettore di domanda incognito x dalla stima a priori d e del vettore dei flussi ottenuto assegnando x alla rete, $v(x)$, dal vettore dei conteggi di traffico f .

Il problema di stima della domanda utilizzando dati di traffico può quindi essere interpretato intuitivamente come quello di ricavare il vettore d^* che sia il più vicino alla stima a priori d , ovvero ne minimizzi la distanza, e contemporaneamente, una volta assegnato alla rete, produca dei flussi $v(d^*)$ i più vicini a quelli misurati f . Nel caso più generale la forma funzionale dei due termini z_1 e z_2 dipende, come detto, dal tipo di informazioni disponibili (sperimentali e non-sperimentali) e dalle leggi di probabilità associate a tali informazioni.

Nello studio in questione è stato utilizzando uno stimatore dei *Minimi Quadrati Generalizzati (GLS)*. Lo stimatore *GLS* fornisce la stima del vettore incognito, in questo caso il vettore dei flussi di domanda, a partire da un sistema di equazioni stocastiche.

Per la stima da modello si è utilizzato un sistema di modelli *ad aliquote parziali*. Tale sistema consente di stimare la domanda di mobilità origine - destinazione (nella fascia di punta antimeridiana "h" del giorno medio feriale) relativa agli utenti con caratteristiche socioeconomiche "c", che, partendo dalla zona di residenza "o", si recano nella zona "d", per il motivo "s" utilizzando il modo "m":

$$d_{od}^c(s, h, m) = n^c(o) \cdot m^c(s) \cdot p^c(h/s) \cdot p(d/osh) \cdot p(m/oshd)$$

dove:

$d_{od}^c(s, h, m)$ è la domanda di mobilità con caratteristiche c,o,d,s,h,m;

$n^c(o)$ è il numero di utenti della categoria socioeconomica "c" (ad esempio gli occupati, gli studenti,...) residenti nella zona "o";

$m^c(s)$ è il numero medio giornaliero di spostamenti di sola andata, per il motivo "s", compiuti da un utente della categoria "c";

$p^c(h/s)$ è la probabilità che un utente della categoria "c", che si sposta per il motivo "s", compia almeno uno spostamento nella fascia di punta h;

$p(d/osh)$ è la probabilità che un utente, residente nella zona "o" si sposti nella fascia di punta h verso la destinazione "d" per il motivo "s";

$p(m/oshd)$ è la probabilità che un utente, che si sposta dalla zona "o" verso la destinazione "d", per il motivo "s" nella fascia di punta h, utilizzi il modo "m".

I motivi dello spostamento considerati sono:

- Lavoro;
- Studio scuola superiore;
- Studio università;
- Altri motivi (cure personali, accompagnamento familiari/amici, ...).

La popolazione, coerentemente con la classificazione ISTAT, è stata suddivisa in 4 categorie socio - economiche "c" individuate in base al tipo di attività svolta:

- occupato;
- studente di scuola media superiore e d'istituti professionali;
- studente universitario;
- altro > 14 anni (casalinghe, pensionati, disoccupati, ...).

Combinando il motivo dello spostamento e le categorie socio-economiche si sono individuati sette segmenti di domanda per i quali è stato calibrato ed applicato un distinto modello di domanda:

- occupato per Lavoro;
- occupato per Altri motivi;
- studente di scuola superiore e d'istituti professionali per Studio scuola superiore;
- studente di scuola media superiore e d'istituti professionali per Altri Motivi;

- studente universitario per Studio università;
- studente universitario per Altri motivi;
- altro > 14 anni per Altri motivi.

Per ciascun segmento di domanda è stato specificato calibrato e validato uno specifico modello di *generazione*; i modelli di *distribuzione* e di *ripartizione modale* sono stati specificati calibrati e validati, invece, in funzione del solo motivo “s”.

6.3 Il modello di generazione

Il modello di generazione fornisce, per ciascun segmento di domanda il numero di spostamenti emessi da ogni zona di traffico nella fascia di punta antimeridiana.

I modelli di generazione implementati sono non-comportamentali del tipo “indice per categoria”; per i motivi dello spostamento considerati e per ogni categoria d’utenza “c” è stato stimato:

- il *tasso di emissione* giornaliero $m^c(s)$, ovvero il numero di spostamenti che il generico utente della categoria “c” effettua mediamente in una giorno feriale della settimana;
- la *probabilità di spostamento nell’ora di punta* $p^c(h/s)$, calcolata come percentuale di spostamenti che il generico utente della categoria “c” effettua per il motivo “s” nell’ora di punta del mattino del giorno feriale medio della settimana.

Aggregando i risultati del modello di generazione su tutte le categorie (occupati, studenti, ...) è stato possibile stimare il numero medio di emessi da ogni zona di traffico nella fascia oraria di punta e per ciascun motivo s:

$$d_{hs}(o) = \sum_c n^c(o) \cdot m^c(s) \cdot p^c(h/s)$$

essendo $n^c(o)$, $m^c(s)$, $p^c(h/s)$ le grandezze precedentemente descritte.

6.4 Il modello di distribuzione

Il modello di distribuzione fornisce la percentuale di spostamenti emessi dalla zona “o” che si recano alla zona “d” per il motivo “s”. Tale percentuale è stata stimata tramite un modello di tipo Logit Multinomiale:

$$p_{d/os} = \frac{\exp(V_{od}^s)}{\sum_{d'} \exp(V_{od'}^s)}$$

in cui V_{od}^c è l'utilità sistematica per la destinazione (d) a partire dall'origine (o), combinazione lineare di attributi di *costo* (o di *separazione*), funzione della coppia od , ed attributi di *attrattività*, funzione esclusivamente della destinazione d .

Le espressioni delle utilità sistematiche risultate le più significative in fase di validazione dei modelli per i diversi motivi sono:

Lavoro:

$$V_{od} = \beta_1 \cdot \text{Logsum}_m + \beta_2 \text{int bacino}_{od} + \beta_4 \text{Napoli} + \beta_5 \cdot \ln(Ad_{tot}(d)) + \beta_{10} \text{int zona}_{od} + \beta_{11} \text{int Napoli}_{od}$$

Scuola:

$$V_{od} = \beta_1 \cdot \text{Logsum}_m + \beta_2 \text{int bacino}_{od} + \beta_4 \text{Napoli} + \beta_8 \cdot \ln(Ad_{scuola}(d)) + \beta_{10} \text{int zona}_{od} + \beta_{11} \text{int Napoli}_{od}$$

Università:

$$V_{od} = \beta_1 \cdot \text{Logsum}_m + \beta_2 \text{int bacino}_{od} + \beta_4 \text{Napoli} + \beta_9 \cdot \ln(Ad_{UNI}(d)) + \beta_{10} \text{int zona}_{od} + \beta_{11} \text{int Napoli}_{od}$$

Altro:

$$V_{od} = \beta_1 \cdot \text{Logsum}_m + \beta_2 \text{int bacino}_{od} + \beta_4 \text{Napoli} + \beta_7 \cdot \ln(Ad_{serv}(d)) + \beta_6 \cdot \ln(Ad_{com}(d)) + \beta_{10} \text{int zona}_{od} + \beta_{11} \text{int Napoli}_{od}$$

Gli attributi che compaiono nella funzione d'utilità sistematica della generica zona di destinazione sono i seguenti:

- Logsum_m è la variabile inclusiva (logsum) sulla scelta modale con espressione:

$$\text{Logsum}_m = \ln \sum_j \exp(V_j / \theta);$$

dove V_m sono le utilità sistematiche associate ai singoli modi considerati. Tale variabile risulta essere una variabile di accessibilità e permette di meglio simulare l'offerta di trasporto (di tutti i modi disponibili) per raggiungere la destinazione d .

- int zona_{od} è una variabile *dummy* che vale 1 per gli spostamenti intrazonali (ovvero quelli la cui origine e destinazione appartengono alla stessa zona di traffico), 0 altrimenti;
- int bacino_{od} è una variabile *dummy* che vale 1 se le zone di origine e destinazione appartengono allo stesso bacino di traffico, 0 altrimenti;
- int Napoli_{od} è una variabile *dummy* che vale 1 se le zone di origine e destinazione sono entrambe interne al comune di Napoli, 0 altrimenti;
- Napoli_d è una variabile *dummy* che vale 1 se la zona destinazione è interna al comune di Napoli, 0 altrimenti;

- $\ln(Ad_{tot}(d))$ è il logaritmo degli addetti totali nella zona d ;
- $\ln(Ad_{serv}(d))$ è il logaritmo degli addetti ai servizi nella zona d ;
- $\ln(Ad_{com}(d))$ è il logaritmo degli addetti al commercio nella zona d ;
- $\ln(Ad_{scuola}(d))$ è il logaritmo degli addetti alla scuola superiore nella zona d ;
- $\ln(Ad_{uni}(d))$ è il logaritmo degli addetti all'università nella zona d ;

È da precisare che per i motivi dello spostamento Scuola e Università, per l'applicazione sono state introdotte delle opportune condizioni logiche nel listato del software in modo da ottenere spostamenti nulli (percentuale di utenti pari a zero) destinati nelle zone di traffico prive di addetti all'istruzione e all'università a seconda dei casi (per gli altri motivi questa circostanza non si è mai verificata).

6.5 Il modello di scelta modale

Il modello di scelta modale fornisce l'aliquota $p(m/ods)$ di utenti, che, spostandosi dalla zona o alla zona d per il motivo s , usa il modo m . I modelli di scelta modale implementati sono modelli di comportamentali di tipo Logit Multinomiale. La probabilità di scelta della generica alternativa m è data da:

$$p(m / ods) = \frac{\exp(V_m^{ods})}{\sum_m \exp(V_m^{ods})}$$

Le alternative modali considerate sono:

- Auto;
- Trasporto collettivo (Gomma e/o Ferro).

A tali alternative è associata una funzione d'utilità che misura il grado di preferenza accordata dal generico utente. La funzione d'utilità è una funzione lineare degli attributi propri dell'alternativa:

$$V_m^{ods} = \sum_k \beta_k(s) \cdot X_{mk}^{od}$$

dove:

- X_{mk}^{od} è il generico attributo k relativo al modo m ed alla coppia od ;
- $\beta_k(s)$ è il coefficiente dell'attributo k stimato per il motivo s .

Gli attributi che compaiono nella funzione di utilità sono, in generale, *attributi di livello di servizio* e *attributi socioeconomici*: i primi sono attributi relativi alle caratteristiche del servizio offerto dal singolo modo, ad esempio il tempo di viaggio e il costo dello spostamento; i secondi sono relativi a talune caratteristiche dell'utente che influenzano la scelta del modo (ad esempio il numero di auto in famiglia, il reddito, il numero di familiari, ...). Esistono inoltre *attributi specifici dell'alternativa*, o costanti modali, che valgono 1 per un modo e 0 per gli altri e tengono conto di quelle caratteristiche proprie di ciascun modo non valutabili quantitativamente (ad esempio la privacy dell'auto) o comunque non esplicitamente presenti all'interno delle funzioni d'utilità.

Le funzioni d'utilità sono le seguenti:

$$V_{Auto}^{od} = \beta_1 \cdot T_{Auto}^{od} + \beta_2 \cdot C_{Auto}^{od} + \beta_7 \cdot zona_TDM^d + \beta_8 \cdot zona_urbana^d + \beta_{10} \cdot intra_bacino^{od}$$

$$V_{PT}^{od} = \beta_1 \cdot T_{PT}^{od} + \beta_2 \cdot C_{PT}^{od} + \beta_3 \cdot Tatt^{od} + \beta_4 \cdot Tae_Urb^{od} + \beta_5 \cdot Tae_exUrb^{od} + \beta_6 \cdot Ntrasb^{od} + \beta_9 \cdot PR_Ferro^{od} + \beta_{11}$$

essendo:

- T_{Auto}^{od} il tempo di viaggio (espresso in ore) sulla relazione *od* utilizzando il modo Auto sul minimo percorso;
- T_{PT}^{od} il tempo di viaggio (espresso in ore) sulla relazione *od* utilizzando il modo di trasporto collettivo (autolinee, ferrovie o combinazioni di queste due modalità), stimato come media pesata (sui flussi di passeggeri conteggiati, imputabili alla medesima coppia OD) dei tempi di viaggio dei vari servizi offerti per quella OD;
- C_{Auto}^{od} il costo dello spostamento (espresso in euro) sulla relazione *od* utilizzando il modo Auto;
- C_{PT}^{od} il costo dello spostamento (espresso in euro) sulla relazione *od* utilizzando il modo di trasporto collettivo;
- $zonaTDM^d$ è una variabile “dummy” che vale 1 se la zona di destinazione dello spostamento *d* è una zona in cui sono applicate politiche di controllo della domanda (tariffazione della sosta, zone a traffico limitato, ...), 0 altrimenti;
- $zonaUrbana^d$ è una variabile “dummy” che vale 1 se la zona di destinazione dello spostamento *d* è una zona urbana, 0 altrimenti;
- $intra_bacino^{od}$ è una variabile “dummy” che vale 1 se la zona di origine e quella di destinazione appartengono allo stesso bacino di traffico, 0 altrimenti;

- $Tatt^{od}$ è la frequenza media delle linee utilizzate per lo spostamento sulla relazione od utilizzando il modo di trasporto collettivo;
- Tae_Urb^{od} è il tempo di accesso/egresso ai servizi di trasporto collettivo considerato all'interno della funzione di utilità solo se la zona di origine e quella di destinazione sono zone urbane;
- $Tae_extraUrb^{od}$ è il tempo di accesso/egresso ai servizi di trasporto collettivo considerato all'interno della funzione di utilità solo se o la zona di origine o quella di destinazione non sono zone urbane;
- $Ntrasb^{od}$ è il numero di trasbordi per spostarsi sulla relazione od utilizzando il trasporto collettivo;
- PR_Ferro^{od} un indice di accessibilità al trasporto pubblico su ferro relativo alla coppia od e varia tra 0 e 1.

Si osserva che le diverse aliquote del tempo di viaggio, nonché il numero di trasbordi e la frequenza media dei servizi sulla relazione generica od , sono state calcolate utilizzando i modelli di rete descritti precedentemente.

Il costo dello spostamento sul trasporto collettivo, C_{PT}^{od} , è stato calcolato considerando le diverse fasce di tariffazione, per le relazioni od ricadenti nelle zone "UNICO"; per le coppie od per le quali sono presenti anche altri servizi non ricadenti in quelli del consorzio UNICO, è stato stimato come costo del trasporto collettivo la media pesata (sui flussi di passeggeri conteggiati, imputabili alla medesima coppia OD) dei costi dei vari servizi offerti.

Il costo dello spostamento su auto, C_{Auto}^{od} , è stato calcolato considerando il costo di trazione, il costo dovuto all'eventuale pedaggio autostradale (fisso o chilometrico a seconda dei casi) ed il costo della sosta in destinazione.

L'indice d'accessibilità al trasporto pubblico su ferro, PR_ferro^{od} , si è stato calcolato moltiplicando l'indice di accessibilità relativo alla zona di origine e quello relativo alla zona di destinazione dello spostamento. Tali indici a loro volta sono calcolati come rapporto tra l'area (intrazonale) d'influenza delle fermate delle linee di trasporto su ferro (ovvero i cerchi di raggio 2 Km e centro nella fermata considerata) e l'area totale della zona.

7 IL MODELLO DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA

Il modello d'interazione domanda-offerta (o modello d'assegnazione), noti i flussi di domanda e note le caratteristiche dell'offerta di trasporto, consente la stima dei flussi veicolari e di passeggeri sugli archi della rete.

7.3 Il modello di assegnazione alla rete stradale

Nel corso dello studio, come modello di assegnazione alla rete stradale è stato utilizzato un modello di assegnazione di equilibrio, basato su un modello stocastico di scelta del percorso, descritto brevemente nel seguito, evitando la trattazione matematica, fuori dagli scopi di questa relazione⁴.

L'*assegnazione di equilibrio* consiste nello studio delle configurazioni di equilibrio del sistema, configurazioni nelle quali i flussi di domanda, di percorso e di arco sono congruenti con i costi che da essi derivano. Da un punto di vista matematico combinando i modelli di domanda e di offerta si ottiene un sistema di equazioni non-lineari che può essere studiato con un modello di punto fisso (o in alcuni casi di disequazione variazionale).

Il comportamento di scelta del percorso, per gli utenti di una coppia origine-destinazione, è simulato con modelli (stocastici) derivati dalla teoria dell'utilità aleatoria, nei quali l'utilità percepita dagli utenti per ciascun percorso è considerata una variabile aleatoria per rappresentare varie fonti di incertezza relative all'utente ed all'analista, quali errori di percezione, errori di misura, dispersione dei comportamenti, ecc. . Formalmente un'assegnazione di tipo SUE risulta:

$$f_{SUE} = f_{SUE}(c; d) = \sum_{od} d_{od} \Delta_{od} p_{od}(c(f_{SUE}))$$

dove:

f_{SUE} è la stima del vettore dei flussi di arco relativi al trasporto individuale risultato dell'assegnazione di equilibrio;

$c(f_{SUE})$ è una stima del vettore dei tempi di viaggio per i veicoli del trasporto individuale funzione dei flussi veicolari di equilibrio, calcolata tramite il modello di rete e le funzioni di costo descritte nel capitolo 3;

Δ è la matrice di incidenza archi-percorsi che permette il calcolo dei flussi di arco noto il vettore di domanda;

⁴ Per una descrizione dettagliata si veda Cascetta E. (2009), *Transportation System Modeling: Theory and Applications*, Springer.

P è una stima della matrice di probabilità di scelta del percorso stimata tramite il modello di rete relativo al trasporto delle merci in maniera probabilistica (ogni percorso ha una probabilità non nulla di essere scelto) descritto nel capitolo 3;

d è il vettore di domanda per i veicoli del trasporto individuale stimata tramite la tecnica del pivoting descritta in precedenza (capitolo 6).

Essendo la configurazione di equilibrio (vettore dei flussi di arco) funzione del numero medio di veicoli di tutte le categorie che “chiede” di utilizzare la rete di trasporto nella fascia oraria di punta del mattino del girono feriale medio, nel presente studio parallelamente alla stima della domanda di mobilità relativa al trasporto individuale è stata stimata una matrice origine-destinazione relativa al trasporto merci pre-caricata alla rete tramite un’assegnazione stocastica a rete non congestionata (Assegnazione SUN).

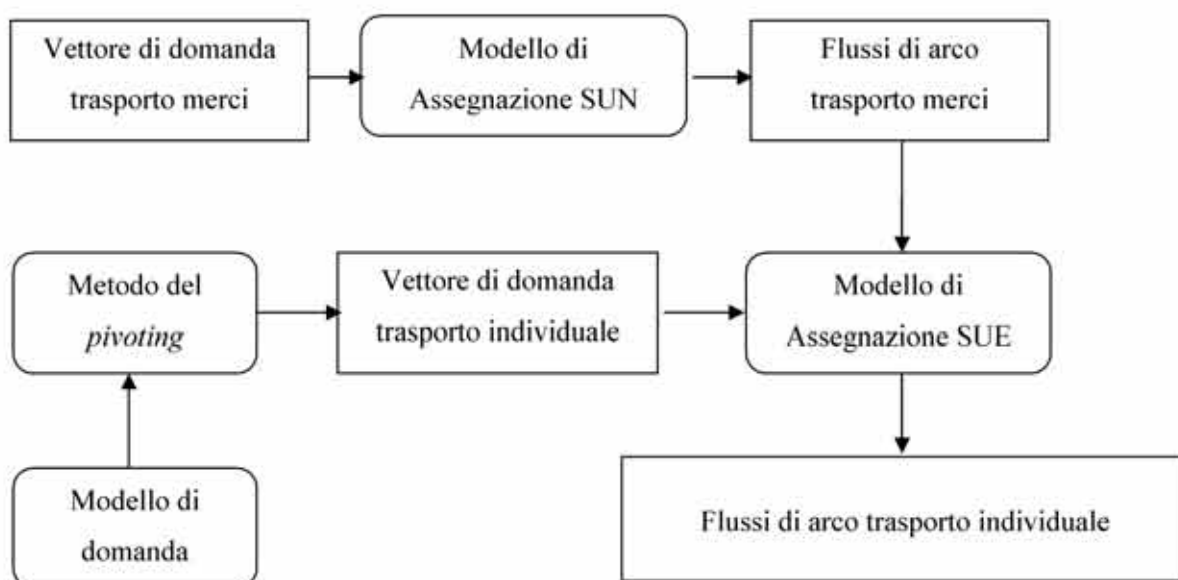


Figura 7-1: Metodologia di stima dei flussi di arco relativi al trasporto individuale

Nell’ipotesi di comportamento di scelta del percorso di tipo probabilistico i flussi di arco o di percorso risultanti dal modello di assegnazione a reti non congestionate corrispondono ad una condizione in cui “per ciascuna coppia O-D il costo percepito dei percorsi utilizzati è minore o uguale al costo di ogni altro percorso”. In questo caso le probabilità di scelta del percorso sono funzioni dei costi di percorso e, dunque, di arco attraverso un modello di utilità aleatoria; in altri termini ad ogni vettore dei costi di arco e di percorso corrisponde un unico vettore delle probabilità di scelta; ne consegue:

$$f_{SUN} = f_{SUN}(c; d_{merci}) = \sum_{od} d_{od} \Delta_{od} p_{od}(c)$$

dove:

f_{SUN} è la stima del vettore dei flussi di arco relativi al trasporto delle merci (veicoli merci leggeri e pesanti) usati come pre-carico per l'assegnazione stocastica di equilibrio per il trasporto individuale;

c è una stima del vettore dei tempi di viaggio per i veicoli del trasporto delle merci (veicoli merci leggeri e pesanti) calcolata tramite il modello di rete e le funzioni di costo descritte nel capitolo 3;

Δ è la matrice di incidenza archi-percorsi che permette il calcolo dei flussi di arco noto il vettore di domanda;

P è una stima della matrice di probabilità di scelta del percorso stimata tramite il modello di rete relativo al trasporto delle merci in maniera probabilistica (ogni percorso ha una probabilità non nulla di essere scelto) descritto nel capitolo 6;

d_{merci} è una stima del vettore di domanda per i veicoli del trasporto delle merci (veicoli merci leggeri e pesanti).

Per la stima del vettore d_{merci} è stata utilizzata la tecnica dell'aggiornamento (o correzione) del vettore di domanda tramite dati aggregati di traffico. Per lo studio in questione sono stati utilizzati sia conteggi di traffico disponibili sul territorio regionale che stime aggregate di domanda disponibili (fonte: elaborazioni CNT e ISTAT anni 2006-2009). Nello studio in questione è stato utilizzando uno stimatore dei *Minimi Quadrati Generalizzati (GLS)*.

7.4 Il modello di assegnazione alla rete del trasporto collettivo

Nel corso dello studio è stato utilizzato un modello di scelta del percorso e di interazione domanda/offerta per sistemi di trasporto collettivo ad alta frequenza, utilizzando lo schema comportamentale delle strategie ottimali di viaggio (o dell'ipercammino), che viene sinteticamente descritto nel seguito.

La caratteristica strutturale del trasporto collettivo è quella di offrire un servizio funzionante in modo discontinuo (cioè fra punti discreti nello spazio individuati dalle fermate) e non contemporaneo (cioè disponibile solo in alcuni istanti di tempo corrispondenti alla partenza delle corse).

Queste caratteristiche fanno sì che i modelli di offerta che rappresentano tali sistemi siano differenti dai modelli utilizzati per la schematizzazione di sistemi di trasporto continui e simultanei, quali il trasporto su autovettura.

Inoltre i meccanismi comportamentali sulla base dei quali sono specificati i modelli di scelta del percorso, e quindi i modelli di interazione domanda/offerta (assegnazione), non consentono di utilizzare i modelli messi a punto per il trasporto su autovettura.

La differenza di base esistente nella trattazione di reti di trasporto collettivo rispetto alle reti di trasporto su autovettura sta nel fatto che occorre prevedere la possibilità che le alternative di scelta considerate da

un utente prima di iniziare lo spostamento comprendano più linee “equivalenti”, ovvero più percorsi sul grafo che le rappresenta.

Alla base della definizione delle alternative di scelta vi è l'ipotesi che l'utente del sistema di trasporto collettivo non possiede all'inizio dello spostamento tutte le informazioni necessarie per poter decidere completamente le modalità dello stesso, in termini di fermate e linee da utilizzare. Ad esempio, non è in grado di prevedere con esattezza il suo istante di arrivo alle varie fermate e/o l'effettivo orario di passaggio degli autobus delle diverse linee alle fermate e quindi, prima di partire, non sceglie un preciso percorso ma piuttosto una strategia di comportamento, individuando un insieme di percorsi “attrattivi” tra i quali sceglie durante il viaggio sulla base di un comportamento adattivo, con l'obiettivo di minimizzare il costo medio dello spostamento.

Le decisioni dell'utente sono pertanto riconducibili ad un misto delle due tipologie di scelta, così schematizzabili:

scelta preventiva dell'insieme dei percorsi attrattivi, definiti dalla stessa prima fermata di salita e dell'insieme di linee che da questa fermata consentono di raggiungere la destinazione; tale scelta viene effettuata all'origine sulla base dell'esperienza effettuata in precedenti viaggi;

scelta adattiva della linea alla fermata; tale scelta può essere:

- indifferente: cioè l'utente sale sul primo veicolo che arriva di una linea compresa nell'insieme di linee “attrattive” scelto;
- intelligente: cioè all'arrivo di un autobus di una linea compresa nell'insieme di linee “attrattive” scelto, l'utente sale sul veicolo se la disutilità media (percepita) del viaggio connessa all'utilizzazione di quella linea è inferiore alla disutilità del viaggio, comprensivo dell'attesa, conseguente all'uso delle linee non ancora arrivate, tenendo anche conto del tempo già trascorso alla fermata.

Nel caso in esame è stato ipotizzato, un comportamento di scelta di tipo preventivo dell'insieme di percorsi attrattivi e di tipo adattivo indifferente alle fermate. In tale caso se si assume che l'arrivo degli utenti e dei veicoli alle fermate siano completamente casuali, cioè che siano processi di Poisson con probabilità uniforme di arrivare in qualunque istante, la probabilità di salire sulla linea l appartenente all'insieme delle linee attrattive alla fermata i , Li , può essere espressa con:

$$prob(l | i, Li) = \varphi_l / \sum_{n \in L_i} \varphi_n$$

dove φ_l rappresenta la frequenza (numero di passaggi /unità di tempo) della linea l .

La determinazione dei percorsi attrattivi richiede la definizione delle scelte adattive che si assume avvengano esclusivamente alle fermate e riguardino la decisione di salire su un veicolo di una linea

ovvero di attendere un veicolo di un'altra linea appartenente insieme delle linee attrattive L_i definito con regole preventive prima di iniziare lo spostamento.

Sotto tali ipotesi di comportamento misto preventivo/adattivo, un insieme di percorsi attrattivi può essere rappresentato sul grafo della rete dei servizi di trasporto collettivo come un sottografo detto *ipercammino*. I percorsi elementari sulla rete delle linee, ovvero le sequenze di archi consecutivi che collegano una origine con la destinazione senza cicli, sono definiti ipercammini semplici ed escludono scelte adattive. Per contro, strategie che includono scelte adattive ad una o più fermate generano l'unione di più ipercammini semplici che, per quanto detto in precedenza, devono essere tali che solo da nodi di diversione possono uscire più archi. Tali sottografi prendono il nome di ipercammini composti.

Ad ogni nodo di diversione i di un ipercammino h quindi corrisponderà un insieme L_{ih} di linee attrattive appartenenti all'ipercammino considerato. Agli archi di salita $l=(i,j)$ che collegano il nodo di diversione i con i nodi j delle linee che appartengono ad L_{ih} è possibile associare una probabilità di diversione, $\eta_{l,h}$, cioè la probabilità di utilizzare la linea corrispondente al nodo j all'interno dell'ipercammino h :

$$\begin{cases} \eta_{l,h} = p[l=(i,j)/i, L_{ih}] = \varphi_l / \sum_{n \in L_{ih}} \varphi_n & \text{se } l \in h \text{ ed } l \text{ è arco di salita} \\ \eta_{l,h} = 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Convenzionalmente si assegna una probabilità di diversione uguale a uno agli archi non di salita appartenenti all'ipercammino ed una probabilità nulla agli archi non appartenenti all'ipercammino:

$$\begin{cases} \eta_{l,h} = 1 & \text{se } l \in h \text{ ed } l \text{ NON E' arco di salita} \\ \eta_{l,h} = 0 & \text{se } l \notin h \end{cases}$$

Sulla base delle probabilità di diversione $\eta_{l,h}$ è possibile calcolare la probabilità q_{kh} di seguire il percorso k all'interno dell'ipercammino h durante un certo viaggio come prodotto delle probabilità di diversione per tutti gli archi l che appartengono al percorso k :

$$\begin{cases} q_{kh} = \prod_{l \in k} \eta_{l,h} & \text{se } k \in h \\ q_{kh} = 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Tale probabilità vale ovviamente uno se il percorso k coincide con un ipercammino semplice.

L'algoritmo utilizzato nel presente studio per l'assegnazione al trasporto collettivo è di tipo a rete non congestionate con scelta stocastica degli ipercammini. Come funzioni di costo per gli archi della rete sono state considerate delle relazioni matematiche indipendenti dal numero di utenti che "chiedono" di utilizzare l'infrastruttura in questione (ipotesi di rete non congestionata); inoltre, per meglio riprodurre le scelte di viaggio degli utenti è stata associata una probabilità non nulla ad ogni ipercammino così da stimare i carichi a bordo su tutti i servizi di trasporto collettivo esplicitamente simulati.

Il modello di scelta è definito sulla base della teoria dell'utilità casuale, si assume cioè che l'utente sia un decisore razionale che associa ad ogni ipercammino h , appartenente all'insieme I_{od} degli ipercammini che collegano la coppia od , un costo *percepito* somma del costo *medio* dell'ipercammino h , C_h , e di un residuo aleatorio, ε_h . La probabilità di scelta dell'ipercammino risulta:

$$p(h) = \text{prob}[C_h + \varepsilon_h \geq C_{h'} + \varepsilon_{h'}] \quad \forall h', h \in I_{rs}$$

Il costo generalizzato medio associato all'ipercammino C_h è dato dalla somma pesata (rispetto ai coefficienti beta di omogeneizzazione risultati dal modello di scelta modale) di diverse componenti (attributi), quali:

- tempo pedonale di accesso e di egresso alle/dalle fermate;
- tempo medio di attesa alle fermate;
- tempo medio di percorrenza a bordo;
- tempo medio speso per eventuali trasbordi (funzione del numero medio di trasbordi);
- costo medio del biglietto.

Nel modello in esame si è assunto che i residui aleatori fossero identicamente nulli, e che il valore degli attributi non dipendesse dai carichi sugli archi della rete.

Una volta calcolate le probabilità di scelta degli ipercammini è possibile ottenere la probabilità di scelta del generico percorso k che collega la coppia od :

$$p(k / od) = \sum_{h \in I_{od}} q_{kh} p(h)$$

e quindi i carichi sugli archi (percorsi) della rete tramite la relazione:

$$f_{UN} = f_{UN}(c; d) = \sum_{od} d_{od} A_{od} p_{od}(c)$$

dove:

f_{UN} è il vettore dei flussi di arco risultato dell'assegnazione a rete non congestionata (costi non funzione dei flussi);

d è il vettore di domanda relative al trasporto collettivo ed alla fascia di punta dle mattino del giorno feriale medio;

A_{od} la matrice delle probabilità di attraversamento di ciascun arco della rete all'interno di ciascun ipercammino per gli utenti della coppia od ;

p_{od} il vettore della probabilità di scelta degli ipercammini per gli utenti della coppia od stimata in maniera probabilistica (ad ogni ipercammino è stata associata una probabilità non nulla di essere scelto).

8 LA STIMA DEGLI IMPATTI

8.1 La metodologia di stima e validazione

Nel presente paragrafo si riportano i risultati dell'applicazione del sistema di modelli descritto in precedenza per la stima della domanda di mobilità attuale e al 2020 (scenario di progetto) che interessa le infrastrutture dell'area di progetto.

L'applicazione dei modelli descritti si basata sulla metodologia descritta in Figura 8-1. In particolare, sono stati seguiti i seguenti step:

1. stima della matrice attuale tramite la metodologia di aggiornamento della matrice OD con i conteggi di traffico;
2. calibrazione aggregata del modello di domanda tramite conteggi di traffico a partire da una stima disaggregata disponibile;
3. validazione del sistema di modelli attraverso un'analisi di tipo *back-casting*;
4. stima della matrice di progetto al 2020 tramite il metodo del *pivoting*.

Per quanto riguarda la stima della matrice attuale tramite la metodologia di aggiornamento della matrice OD, a partire da conteggi di traffico disponibili sia per il trasporto collettivo che per quello individuale, nota una stima disponibile di domanda, è stato possibile stimare le due matrici di domanda relative allo scenario attuale tramite la relazione:

$$d_{2013}^* = \operatorname{argmin}[z_1(x, \hat{d}) + z_2(M_{2013} \cdot x, \hat{f}_{2013})]$$

dove:

d_{2013}^* è la stima della matrice OD al 2013 tramite uno stimatore dei *Minimi Quadrati Generalizzati (GLS)*;

\hat{d} è una stima disponibile della matrice OD;

M_{2013} è una stima della matrice di assegnazione relativa al sistema di offerta stradale e di trasporto collettivo al 2013 (attuale);

\hat{f}_{2013} sono i conteggi di traffico stradali e del trasporto collettivo disponibili al 2013.

La seconda attività ha riguardato la calibrazione aggregata dei parametri del modello di domanda tramite conteggi di traffico a partire da una stima disponibile condotta in maniera disaggregata. Anche per questa attività sono stati utilizzati i conteggi di traffico \hat{f}_{2013} al 2013 ed in particolare si è utilizzata la relazione di calibrazione:

$$\beta^* = \operatorname{argmin}[z_1(b, \hat{\beta}) + z_2(M_{2013} \cdot d_{2013}^{mod}(b), \hat{f}_{2013})]$$

dove:

β^* è il vettore di parametri del modello risultato della calibrazione;

$\hat{\beta}$ è una stima del vettore dei parametri del modello risultato di una calibrazione disaggregata;

M_{2013} è una stima della matrice di assegnazione relativa al sistema di offerta stradale e di trasporto collettivo al 2013 (attuale);

d_{2013}^{mod} è la stima da modello della matrice OD per singolo modo (individuale e collettivo);

\hat{f}_{2013} sono i conteggi di traffico stradali e del trasporto collettivo disponibili al 2013.

Il modello così calibrato è stato validato in maniera “tradizionale” attraverso opportuni indicatori sintetici. In aggiunta, è stata condotta una validazione di tipo *back-casting*, ovvero è stata testata la capacità del sistema di modelli di riprodurre scenari progettuali differenti da quello attuale (utilizzato per la calibrazione) riferiti al passato (osservati e monitorati). In particolare, avendo a disposizione informazioni affidabili sia sulla domanda di mobilità (fonte ISTAT 2001) che sui servizi offerti (database dei servizi stradali e di trasporto collettivo relativi allo studio SMR 2001) relativi all'anno 2001, è stata valutata la capacità del modello di riprodurre tale scenario del passato. Tramite la tecnica del *pivoting* sono state stimate le matrici di domanda al 2001:

$$d_{2001}^{PIVOT} = d_{2013} \cdot \frac{d_{2001}^{mod}}{d_{2010}^{mod}}$$

dove:

d_{2001}^{PIVOT} è il risultato della stima della domanda di mobilità per singolo modo al 2001;

d_{2013} è la stima della domanda di mobilità per singolo modo al 2013 tramite la metodologia di aggiornamento della matrice OD tramite conteggi di traffico;

d_{2001}^{mod} è la stima da modello della domanda di mobilità per singolo modo al 2001;

d_{2013}^{mod} è la stima da modello della domanda di mobilità per singolo modo al 2013.

Le matrici così stimate sono state confrontate con delle elaborazioni delle matrici ISTAT al 2001 (elaborate per tener conto anche degli spostamenti non sistematici) tramite la stima di opportuni indicatori sintetici, al fine di valutare la capacità del modello di riprodurre questo scenario di validazione.

Verificata la capacità previsionale del modello, sono state stimate le matrici OD modali relative allo scenario 2020. Per fare ciò è stato definito lo scenario di riferimento, ovvero sono state stimate le variazioni delle variabili di input del sistema di modelli di tipo socio-economico, di tipo territoriale nonché quelle trasportistiche. In particolare:

- è stato valutato lo scenario socio-economico tendenziale al 2020, analizzando e stimando, da un lato, la struttura demografica, l'evoluzione del mercato del lavoro e dei comportamenti sociali

relativamente all'area di studio; dall'altro i mutamenti economici di lungo periodo i cambiamenti nella struttura produttiva, gli effetti dell'innovazione tecnologica e i mutamenti nei consumi e la relativa influenza sui comportamenti di spostamento

- è stato valutato lo scenario territoriale al 2020, stimando la distribuzione delle attività sul territorio (documento 20 "Analisi trasportistica – Analisi della domanda attuale e dello scenario di riferimento");
- sono stati considerati gli interventi previsti di riqualificazione dell'area est di Napoli che si prevede vengano realizzati entro il 2020;
- è stata valutata l'offerta futura di trasporto composta dall'insieme di tutti gli interventi sul sistema di trasporto stradale e ferroviario ritenuti.

Anche per la stima delle matrici modali al 2020 (scenario progetto) è stata utilizzata la tecnica del *pivoting*:

$$d_{2020}^{PIVOT} = d_{2013} \cdot \frac{d_{2020}^{mod}}{d_{2013}^{mod}}$$

dove:

d_{2020}^{PIVOT} è il risultato della stima della domanda di mobilità per singolo modo al 2020;

d_{2013} è la stima della domanda di mobilità per singolo modo al 2013 tramite la metodologia di aggiornamento della matrice OD tramite conteggi di traffico;

d_{2013}^{mod} è la stima da modello della domanda di mobilità per singolo modo al 2013;

d_{2020}^{mod} è la stima da modello della domanda di mobilità per singolo modo al 2020.

I dati utilizzati sono stati:

- i dati di domanda sistematica ISTAT 2001, a partire dai quali, con opportune elaborazioni, è stato validato il sistema di modelli (validazione *back-casting*);
- i dati relativi all'indagine sul trasporto collettivo in Campania tra il 2005 e il 2009, forniti dal consorzio Unico Campania, a partire dai quali, con opportune elaborazioni, sono stati stimati dei conteggi di traffico relativi al 2010 per il trasporto collettivo utilizzati per la correzione della matrice OD e per la stima dei parametri del modello di domanda;
- i conteggi di traffico al 2013 relativi al trasporto stradale, utilizzati per la correzione della matrice OD e per la stima dei parametri del modello di domanda.

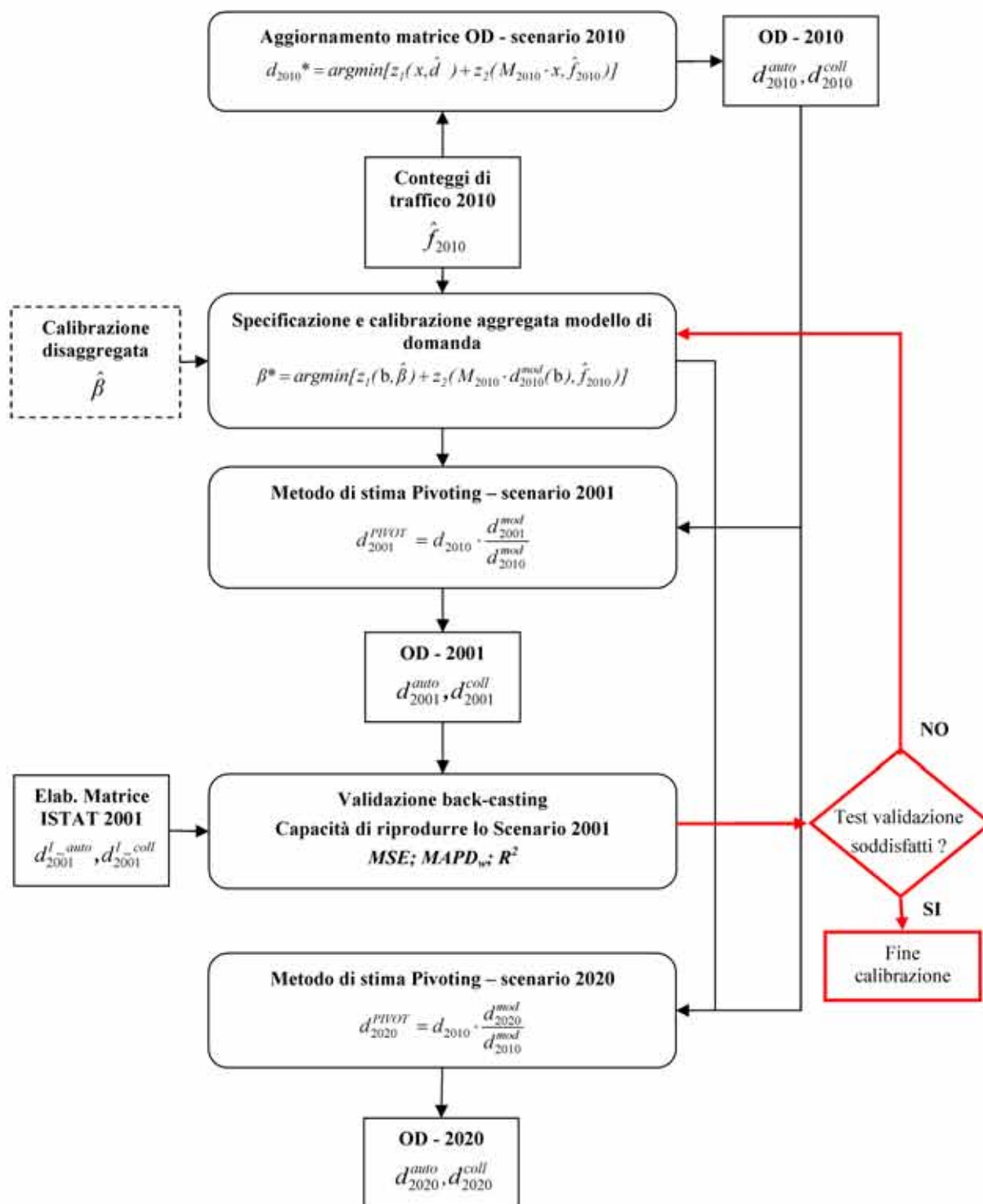


Figura 8-1: Metodologia di stima e validazione del sistema dei modelli implementato

8.2 La stima dei flussi di domanda

L'applicazione del sistema di modelli implementato ha permesso di stimare i flussi di domanda che interessano l'area di progetto sia attuali, ma soprattutto con riferimento allo scenario di progetto al 2020. I flussi stimati tramite i modelli di simulazione per il 2020 sono il risultato di più fattori che il modello di simulazione ha saputo "catturare":

- una graduale, seppur limitata, migrazione della popolazione napoletana verso aree esterne al Comune, che si prevede continuerà anche nei prossimi anni e che quindi comporterà un aumento dei flussi di spostamento in ingresso a Napoli ovvero di attraversamento delle infrastrutture di progetto;
- il completamento della metropolitana di Napoli (es. linea 1 sino a Capodichino) e di tutti gli interventi programmati per il trasporto collettivo che, per contro, farà diminuire i flussi di autoveicoli anche in ingresso alla città con una conseguente diminuzione dei flussi di attraversamento delle infrastrutture di progetto;
- la riqualificazione dell'area est di Napoli con la realizzazione di numerose e nuove attività residenziali, ricreative, commerciali e di servizi che, a diverso titolo, generano una nuova domanda di mobilità da e verso le aree interne all'area di progetto.

Complessivamente, si stima che in un giorno ferialo medio le infrastrutture di progetto al 2020 saranno attraversate da circa 40 mila autovetture equivalenti/giorno circa il 44% in più di quelle che transitano oggi (Figura 8-2 e Figura 8-3). Per contro, nell'ora di punta del mattino si prevede che transiteranno oltre 5 mila autovetture equivalenti/ora circa il 25% in più di quelle attuali (Figura 8-4 e

Figura 8-5). Il differente aumento percentuale della domanda giornaliera rispetto a quello dell'ora di punta è causato dalle attività previste nella riqualificazione di Napoli est che si stima genereranno una nuova domanda di mobilità prevalentemente in ore della giornata diverse da quella di punta del mattino (es. la punta ferialo per un centro commerciale è il tardo pomeriggio-sera).

La verifica del livello di servizio offerto per la situazione attuale mostra come nell'ora di punta del mattino del giorno ferialo il grado di congestione medio (rapporto tra flusso veicolare e capacità dell'infrastruttura) risulta per molte infrastrutture dell'area di progetto, soprattutto per quelle confluenti nell'intersezione tra via G. Ferrari e via E. Gianturco, superiore al 50% con punte del 78% (Figura 8-4). A partire dalla già caotica condizione attuale, mantenendo il pre-esistente schema di circolazione per l'intersezione tra via G. Ferrari e via E. Gianturco, ovvero di una intersezione semaforizzata, sono state stimate le condizioni di circolazione per lo scenario di progetto. Le verifiche effettuate mostrano che mantenendo l'attuale schema semaforizzato (anche ottimizzando fasi e durate di verde e rosso) il livello di servizio offerto risulterebbe insoddisfacente (indici di congestione del 90% - 100% e più, si veda la

Figura 8-5), circostanza per cui si è deciso di optare per una progettazione dell'intersezione con schema a rotatoria. Con tale soluzione progettuale, si stima che il livello di servizio offerto sarà più che soddisfacente (deflusso tra il fluido ed il soddisfacente, si veda la Figura 8-6 e Figura 8-7).

Inoltre, al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza sia per veicoli che per i pedoni, sono state previste tutte le opportune segnaletiche orizzontali e verticali; sono stati razionalizzati ed evidenziati i percorsi di veicoli e pedoni (es. mantenendo la colorazione della pista ciclabile per gli attraversamenti); sono state adottate misure contro le barriere architettoniche; sono stati garantiti elevati standard di luminosità e visibilità per la carreggiata e soprattutto per gli attraversamenti pedonali; sono stati canalizzati i flussi veicolari all'intersezione tramite apposite isole divisionali al fine di evitare manovre azzardate nonché pericolose.

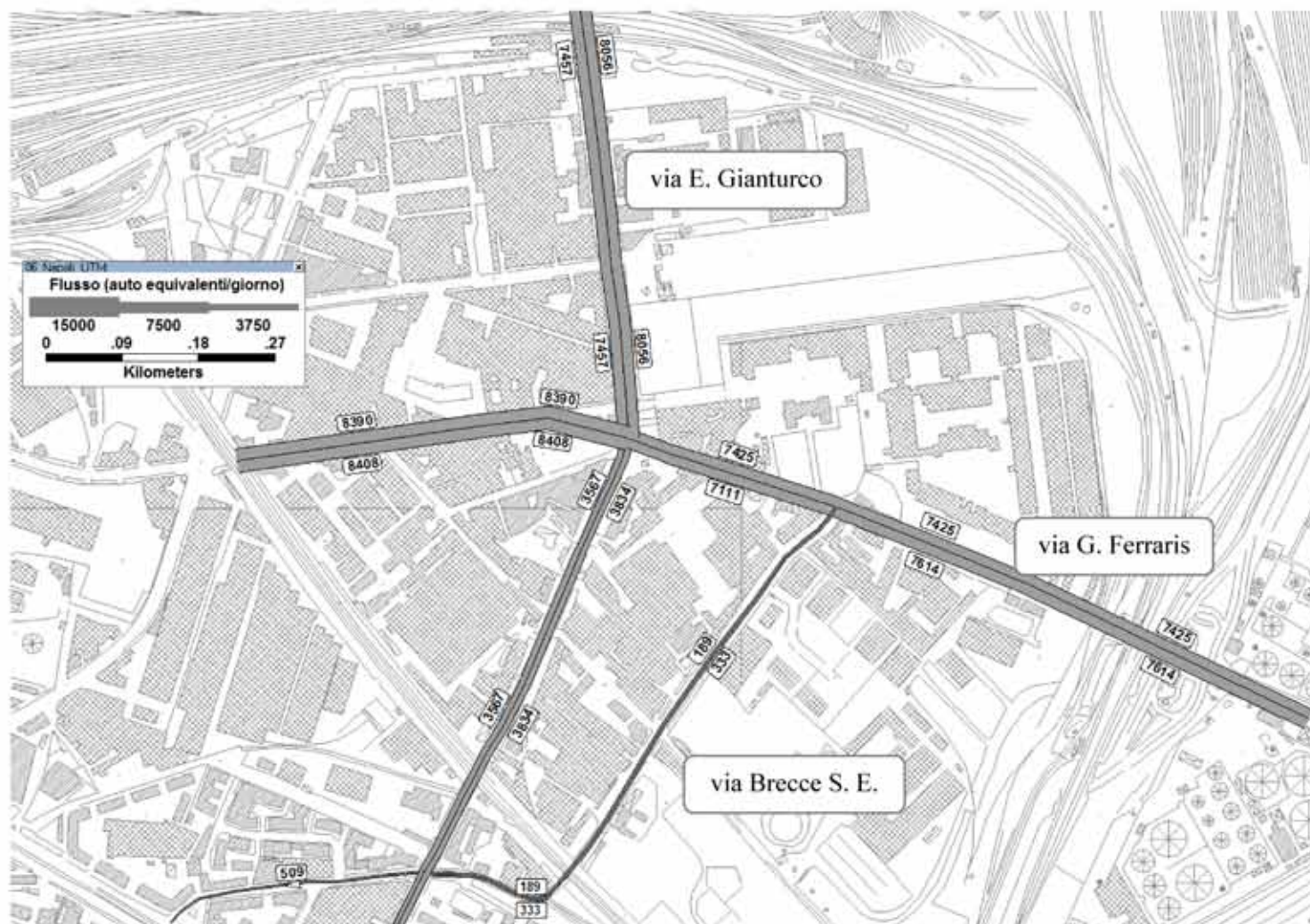


Figura 8-2: Flussogramma giorno feriale medio (scenario attuale)

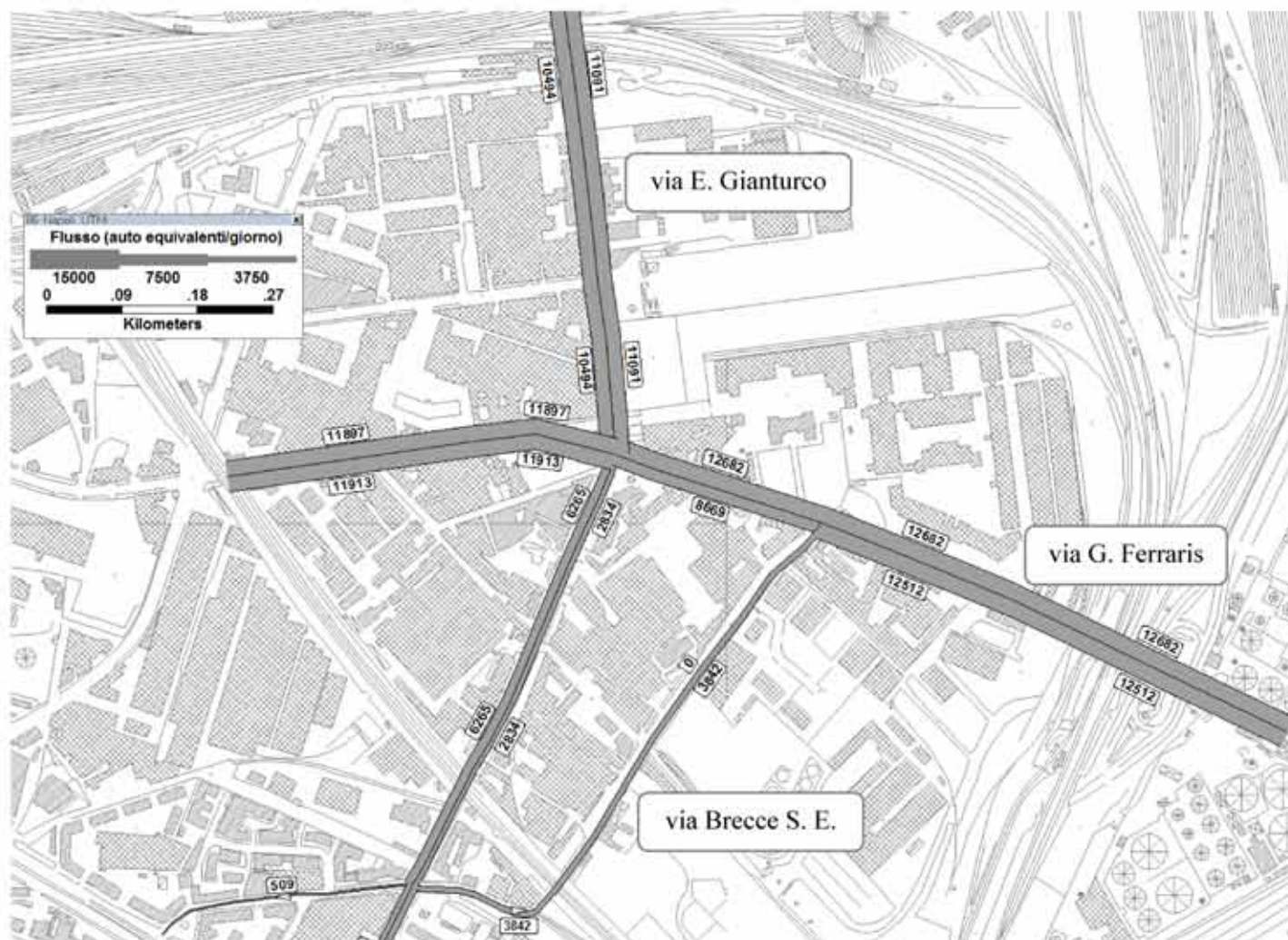


Figura 8-3: Flussogramma giorno feriale medio (scenario progetto al 2020)

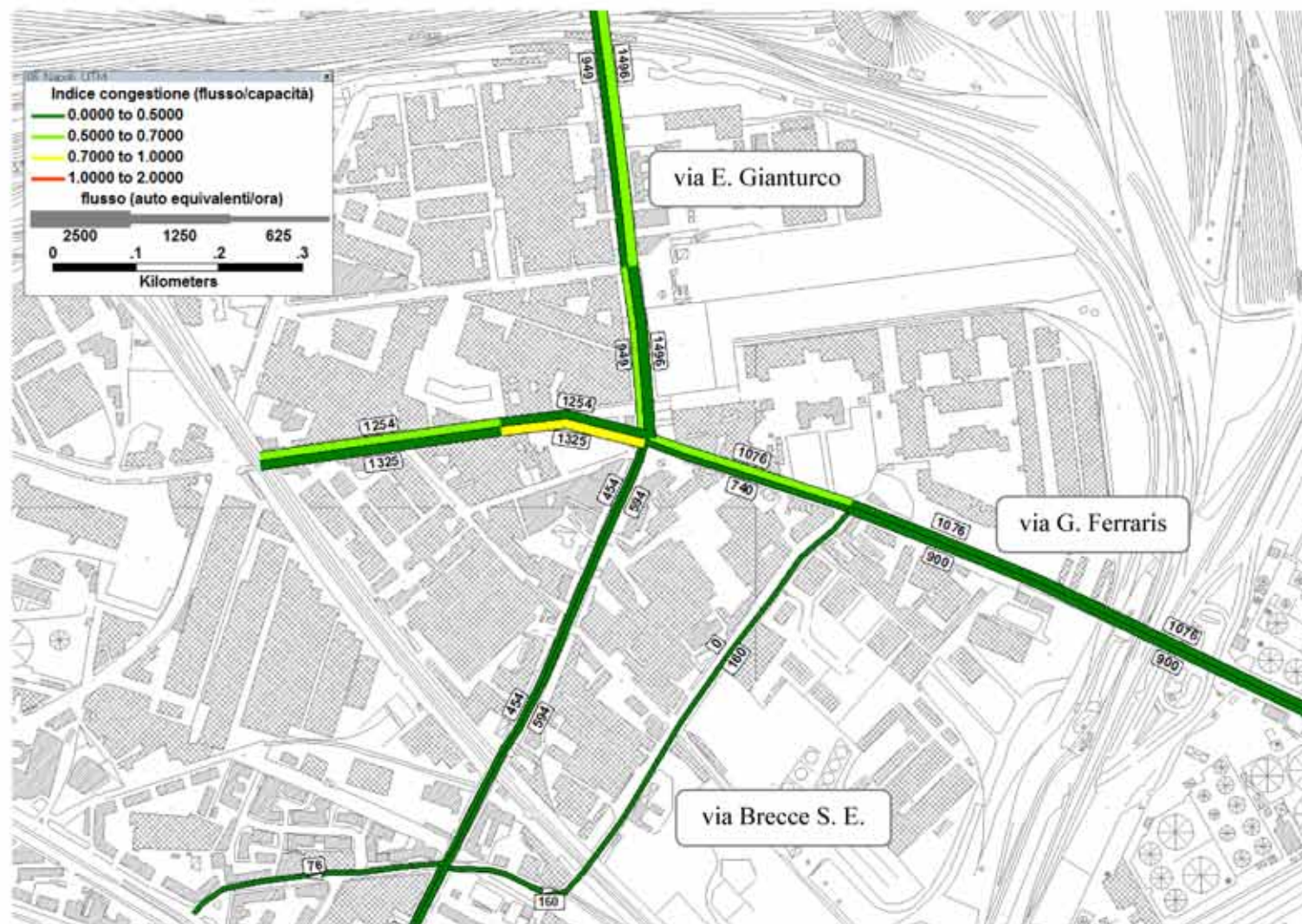


Figura 8-4: Flussogramma ora di punta del mattino del giorno feriale medio (scenario attuale)

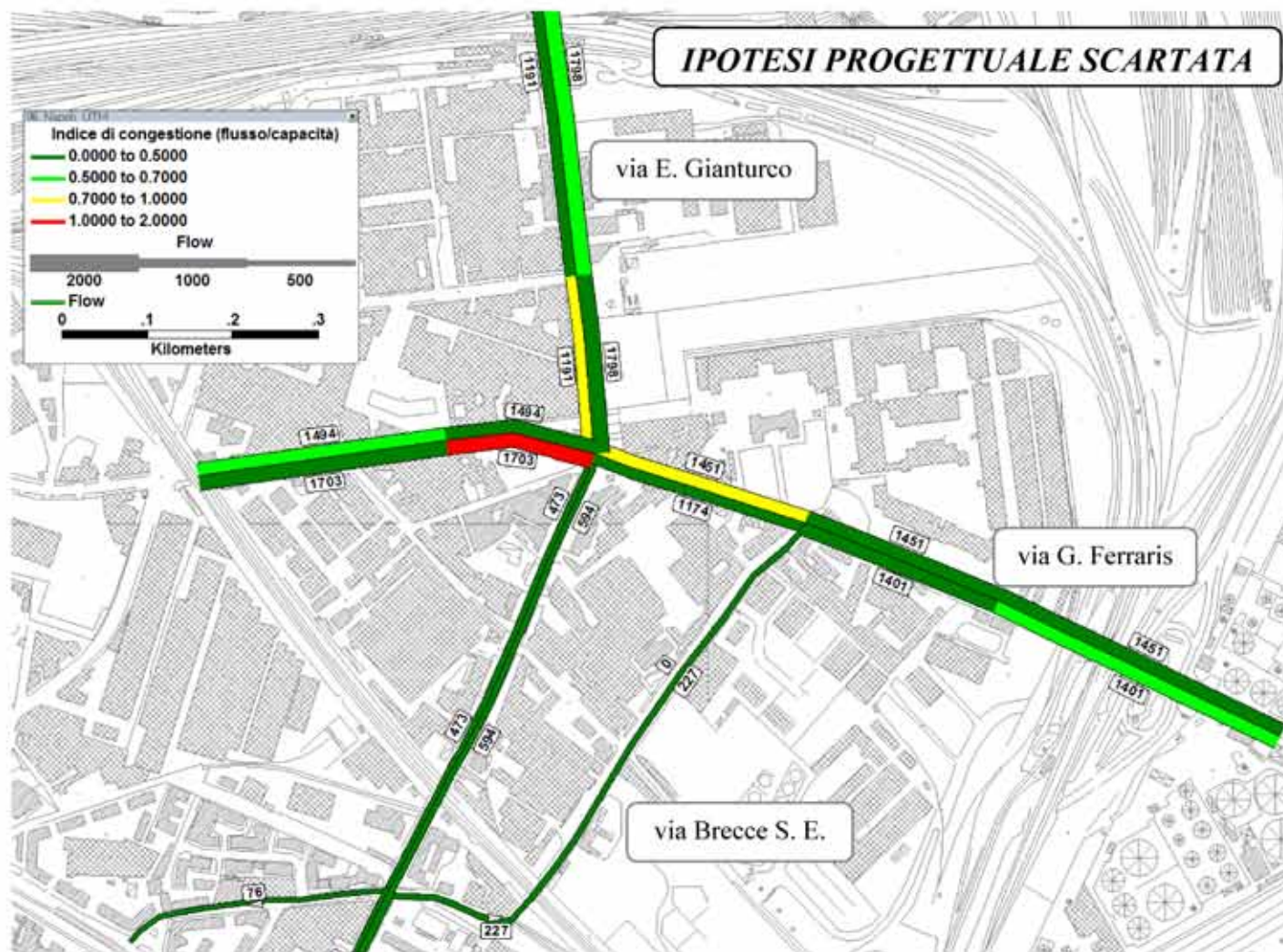


Figura 8-5: Flussogramma ora di punta del mattino del giorno feriale medio (scenario progetto al 2020 con ipotesi di intersezione semaforizzata tra via G. Ferraris e via E. Gianturco) – IPOTESI PROGETTUALE SCARTATA

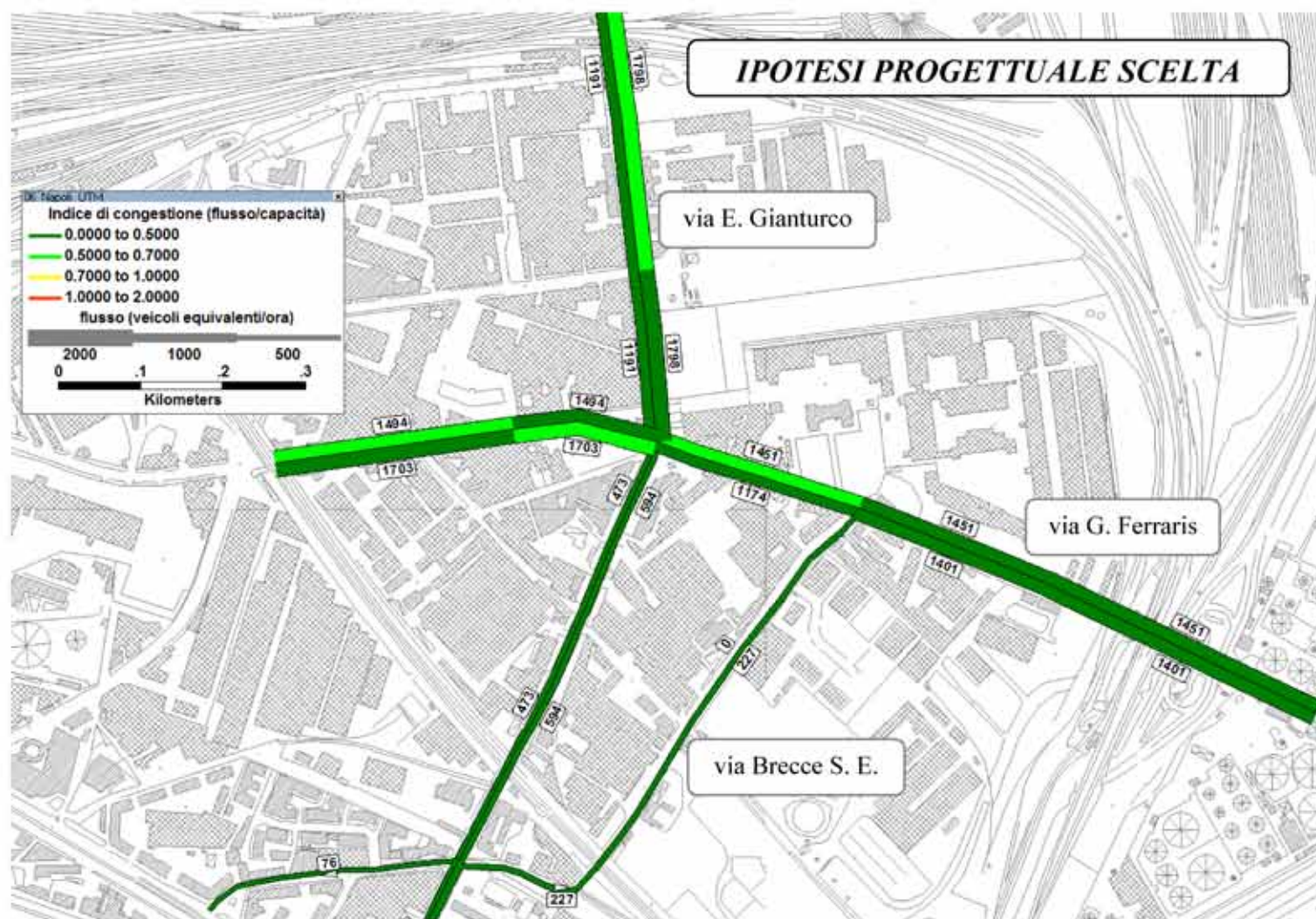


Figura 8-6: Flussogramma ora di punta del mattino del giorno feriale medio (scenario progetto al 2020 con ipotesi di rotatoria intersezione via G. Ferraris e via E. Gianturco) – IPOTESI PROGETTUALE SCELTA

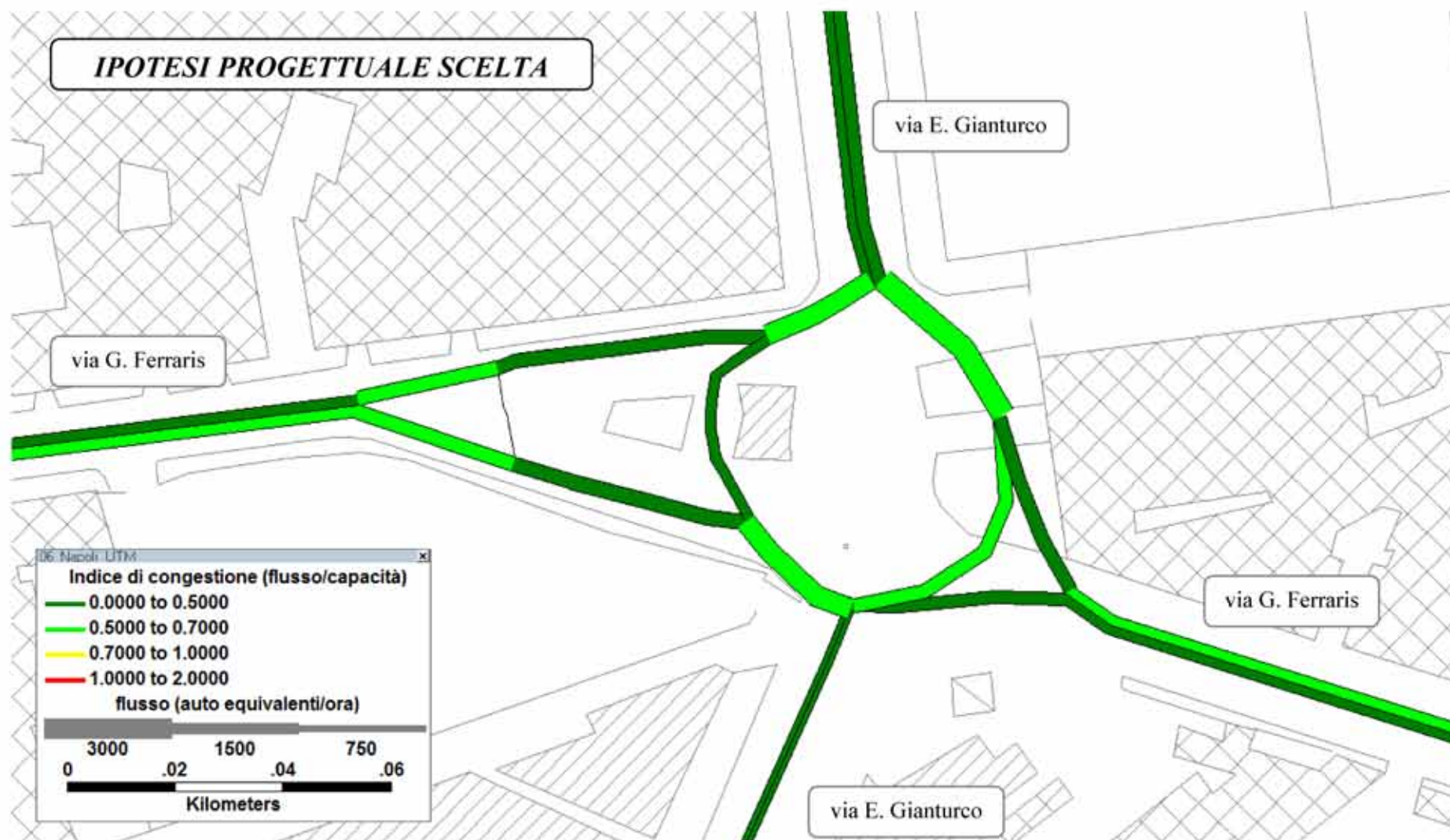


Figura 8-7: Flussogramma ora di punta del mattino del giorno feriale medio (scenario progetto al 2020); dettaglio dell'ipotesi di rotatoria intersezione via G. Ferraris e via E. Gianturco

8.3 Il progetto e la verifica della rotatoria tra via G. Ferraris e via E. Gianturco

Oltre a stimare l'indice di congestione medio (rapporto flusso/capacità, Figura 8-7), al fine di effettuare una più corretta verifica per la rotatoria progettata nell'intersezione tra via G. Ferraris e via E. Gianturco (nel seguito “rotatoria di progetto”) sono stati stimati e verificati sia i parametri geometrici che i flussi di traffico che interesseranno l'intersezione.

Per la stima della capacità delle intersezioni a rotatoria esistono numerose metodologie nella letteratura di settore, il metodo forse più utilizzato si basa sulla stima della capacità e del livello di servizio di ogni ramo di entrata nella rotatoria in funzione dei tempi di attesa. Con tale metodologia si tiene in conto:

- dei parametri geometrici,
- dei volumi di traffico entranti (Q_e),
- dei volumi di traffico uscenti (Q_u)
- dei volumi di traffico circolanti in prossimità degli ingressi (portata di disturbo Q_d)
- e della capacità semplice (C), ovvero la capacità del ramo che per primo evidenzia fenomeni di congestione

Attraverso queste grandezze è possibile stimare l'indice di congestione (Q_e/C) grandezza compresa tra 0 ed 1. Se il rapporto Q_e/C raggiunge o si avvicina al valore unitario si osservano fenomeni di congestione con la formazione di code di veicoli.

La letteratura di settore definisce delle soglie oggettive di valutazione del livello di funzionalità delle entrate, come illustrato in Tabella 8.1, basate sulla riserva di capacità (RC). La riserva di capacità è definita come la differenza tra la capacità del braccio C ed il flusso entrante Q_e . Se il valore della riserva di capacità raggiunge o si avvicina al valore unitario si ha una circolazione di flusso libero, nel caso contrario si ha l'insorgenza di fenomeni di congestione.

Tabella 8.1 - Livelli di Funzionalità delle Rotatorie in Base alla Riserva di Capacità

RISERVA DI CAPACITÀ	CONDIZIONE DI ESERCIZIO
$> 30\%$	<i>Fluida</i>
$15\% < Rc \leq 30\%$	<i>Soddisfacente</i>
$0\% < Rc \leq 15\%$	<i>Aleatoria</i>
$Rc \leq 0\%$	<i>Critica</i>

I metodi consolidati per la stima della capacità dei rami della rotatoria sono molteplici, tra i più utilizzati si citano: il metodo SETRA; il metodo CETUR ed il Metodo Kimber.

Nel presente elaborato si riporgano i risultati dell'applicazione del metodo SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes). Questo suppone che la capacità del ramo sia dipendente dal flusso di veicoli che abbandona la rotatoria in corrispondenza del ramo stesso. La capacità del ramo C dipende dalle caratteristiche geometriche (ANN larghezza dell'anello; SEP larghezza dell'isola spartitraffico all'estremità del braccio; ENT larghezza della semicarreggiata) e dai flussi di traffico (Q_u flusso uscente dalla rotatoria in corrispondenza del braccio; Q_c flusso che percorre l'anello frontalmente al ramo). Noti i dati suddetti è possibile calcolare la portata uscente (Q'_u), la portata di disturbo (Q_d) e la capacità semplice del ramo (C) secondo le seguenti relazioni:

$$Q'_u = Q_u \cdot \frac{15 - SEP}{15}$$

$$Q_d = \left(Q_c + \frac{2}{3} \cdot Q'_u \right) \cdot [1 - 0,085 \cdot (ANN - 8)]$$

$$C = (1330 - 0,7 \cdot Q_d) \cdot [1 + 0,1 \cdot (ENT - 3,5)]$$

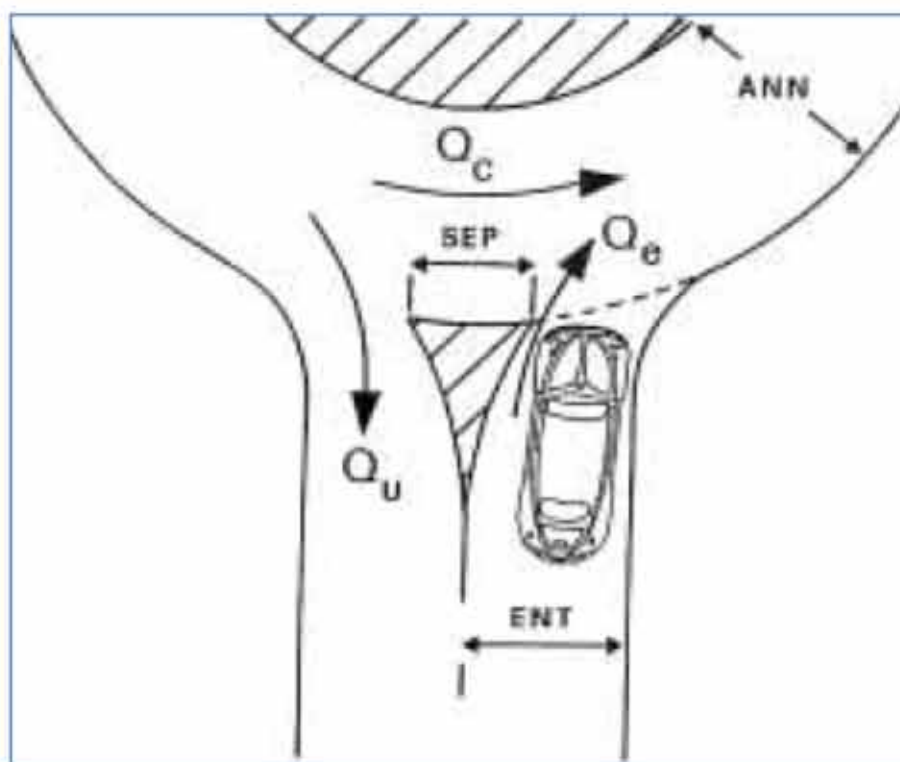


Figura 8.8 - Dimensioni Caratteristiche delle Rotatorie per il Metodi SETRA

La verifica del livello di servizio garantito dalla rotatoria è stato fatto sia per lo scenario attuale che per quello di progetto (immaginando che questa possa entrare in esercizio sicuramente prima del 2020).

Come si può vedere i risultati della verifica mostrano come il deflusso sia sempre tra il fluido e soddisfacente.

Tabella 8.2 – Verifica rotatoria intersezione via G. Ferraris e via E. Gianturco (scenario attuale, 2013)

	<i>Vai Ferraris tratta OVEST</i>	<i>Vai Ferraris tratta EST</i>	<i>Via Gianturco tratta NORD</i>	<i>Via Gianturco tratta SUD</i>
CONDIZIONI DI ESERCIZIO	FLUIDA	FLUIDA	FLUIDA	FLUIDA

Tabella 8.3 – Verifica rotatoria intersezione via G. Ferraris e via E. Gianturco (scenario progetto, 2020)

	<i>Vai Ferraris tratta OVEST</i>	<i>Vai Ferraris tratta EST</i>	<i>Via Gianturco tratta NORD</i>	<i>Via Gianturco tratta SUD</i>
CONDIZIONI DI ESERCIZIO	SODDISFACENTE	SODDISFACENTE	SODDISFACENTE	FLUIDA

8.4 Il livello di sicurezza per gli attraversamenti pedonali

Al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza per i pedoni, sono state previste tutte le opportune segnaletiche orizzontali e verticali; sono stati razionalizzati ed evidenziati i percorsi pedonali; sono state adottate misure contro le barriere architettoniche; sono stati garantiti elevati standard di luminosità e visibilità per la carreggiata e soprattutto per gli attraversamenti pedonali.

Inoltre, al fine di aumentare gli standard di sicurezza per tutti gli attraversamenti pedonali presenti nell'area di studio sono stati previsti dei semafori pedonali a chiamata dotati di avviso acustico.



Figura 8.9 – Semafori pedonali a chiamata sulle infrastrutture di progetto



Figura 8.10 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via G. Ferraris (tra via Gianturco e via brece a S. Erasmo)



Figura 8.11 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via G. Ferraris (tra via Gianturco e via brece a S. Erasmo)

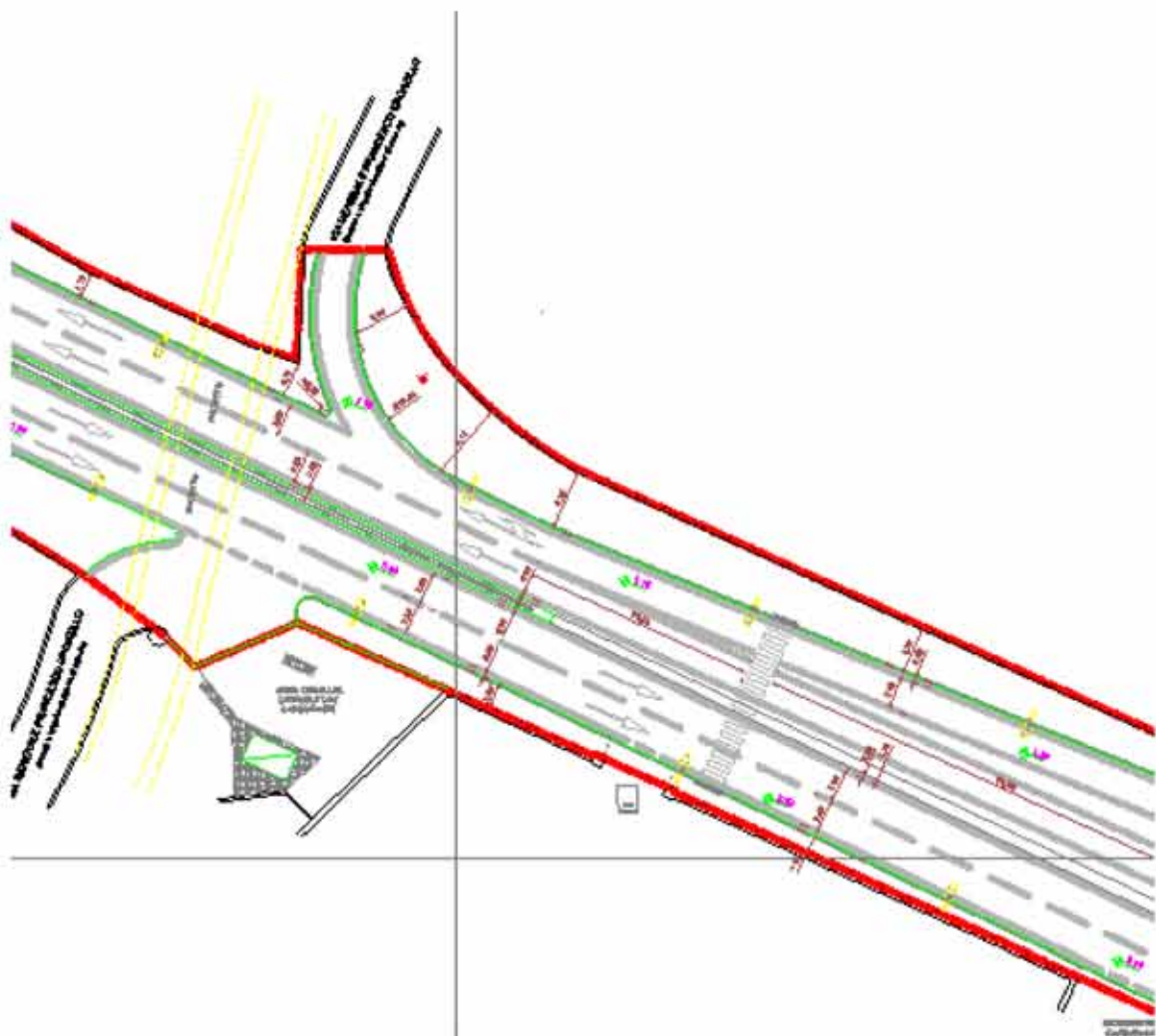


Figura 8.12 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via G. Ferraris (tra via breccia a S. Erasmo e via F. Sponsillo)



Figura 8.13 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via Gianturco (tra via G. Ferrari e via Taddeo da Sessa)

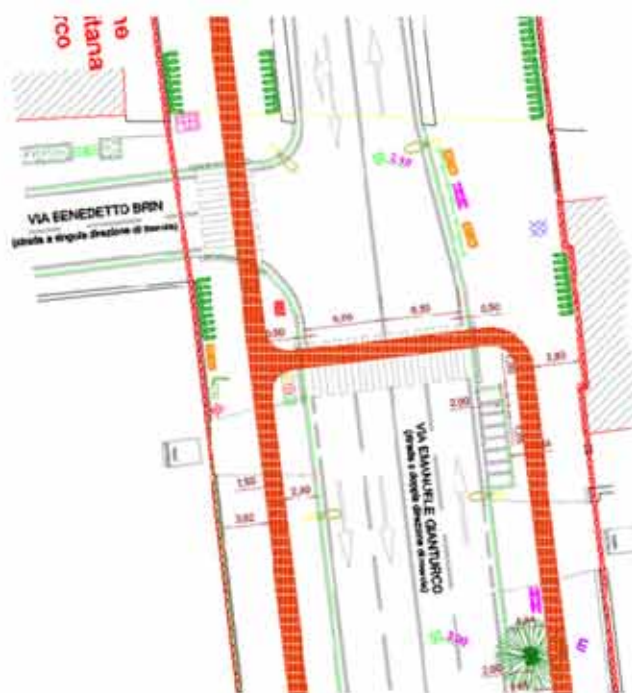


Figura 8.14 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via Gianturco (tra via G. Ferrari e via Taddeo da Sessa)



Figura 8.15 – Localizzazione attraversamento pedonale semaforizzato in via Gianturco (tra via G. Ferrari e via Taddeo da Sessa)

9. CONCLUSIONI

Il presente studio del traffico ha avuto come finalità, da una parte la stima dei flussi di veicoli (domanda di mobilità) che si prevede circoleranno sulle infrastrutture di progetto una volta completati gli interventi di riqualificazione dell'area est della città di Napoli, e dall'altra la verifica, noti i flussi di domanda, che il progetto proposto sia in grado di garantire adeguati livelli di sicurezza e regolarità del deflusso veicolare. Per fare ciò sono stati considerati due scenari di analisi: uno scenario attuale ed uno scenario di progetto al 2020 per il quale si è ipotizzato che vengano completati i principali interventi di riqualificazione previsti per Napoli est. I flussi stimati tramite i modelli di simulazione per il 2020 sono il risultato di più fattori:

- una graduale, seppur limitata, migrazione della popolazione napoletana verso aree esterne al Comune, che si prevede continuerà anche nei prossimi anni e che quindi comporterà un aumento dei flussi di spostamento in ingresso a Napoli ovvero di attraversamento delle infrastrutture di progetto;
- il completamento della metropolitana di Napoli (es. linea 1 sino a Capodichino) e di tutti gli interventi programmati per il trasporto collettivo che, per contro, farà diminuire i flussi di autoveicoli anche in ingresso alla città con una conseguente diminuzione dei flussi di attraversamento delle infrastrutture di progetto;
- la riqualificazione dell'area est di Napoli con la realizzazione di numerose e nuove attività residenziali, ricreative, commerciali e di servizi che, a diverso titolo, generano una nuova domanda di mobilità da e verso le aree interne all'area di progetto.

Complessivamente, si è stimato che in un giorno feriale medio le infrastrutture di progetto al 2020 saranno attraversate da circa 40 mila autovetture equivalenti/giorno circa il 44% in più di quelle che transitano oggi. Per contro, nell'ora di punta del mattino si prevede che transiteranno oltre 5 mila autovetture equivalenti/ora circa il 25% in più di quelle attuali. Il differente aumento percentuale della domanda giornaliera rispetto a quella dell'ora di punta è causato dalle attività previste nella riqualificazione di Napoli est che si stima genereranno una nuova domanda di mobilità prevalentemente in ore della giornata diverse da quella di punta del mattino (es. la punta feriale per un centro commerciale è il tardo pomeriggio-sera).

La verifica del livello di servizio offerto per la situazione attuale mostra come nell'ora di punta del mattino del giorno feriale il grado di congestione medio (rapporto tra flusso veicolare e capacità dell'infrastruttura) risulta per molte infrastrutture dell'area di progetto, soprattutto per quelle confluenti nell'intersezione tra via G. Ferrari e via E. Gianturco, superiore al 50% con punte del 78%. A partire dalla già caotica condizione attuale, mantenendo il pre-esistente schema di circolazione per l'intersezione tra via G. Ferrari e via E. Gianturco, ovvero di una intersezione semaforizzata, sono state stimate le condizioni di circolazione per lo scenario di progetto. Le verifiche effettuate mostrano che mantenendo l'attuale schema semaforizzato (anche ottimizzando fasi e durate di verde e rosso) il livello di servizio offerto risulterebbe insoddisfacente (indici di congestione del 90% - 100% e più), circostanza per cui si è

R.24) Studio del traffico: stima della domanda di mobilità, regolarità del deflusso e gestione dei conflitti

deciso di optare per una progettazione dell'intersezione con schema a rotatoria. Con tale soluzione progettuale, si stima che il livello di servizio offerto sarà più che soddisfacente (deflusso tra il fluido ed il soddisfacente).

Infine, dai risultati dell'incidentalità stradale nonché delle misure di velocità effettuate (spesso molto superiori ai limiti consentiti dalla legge), al fine di garantire un adeguato livello di sicurezza sia per veicoli che per i pedoni, sono state previste tutte le opportune segnaletiche orizzontali e verticali; sono stati razionalizzati ed evidenziati i percorsi di veicoli e pedoni (es. mantenendo la colorazione della pista ciclabile per gli attraversamenti); sono state adottate misure contro le barriere architettoniche; sono stati garantiti elevati standard di luminosità e visibilità per la carreggiata e soprattutto per gli attraversamenti pedonali; sono stati canalizzati i flussi veicolari all'intersezione tramite apposite isole divisionali al fine di evitare manovre azzardate nonché pericolose.