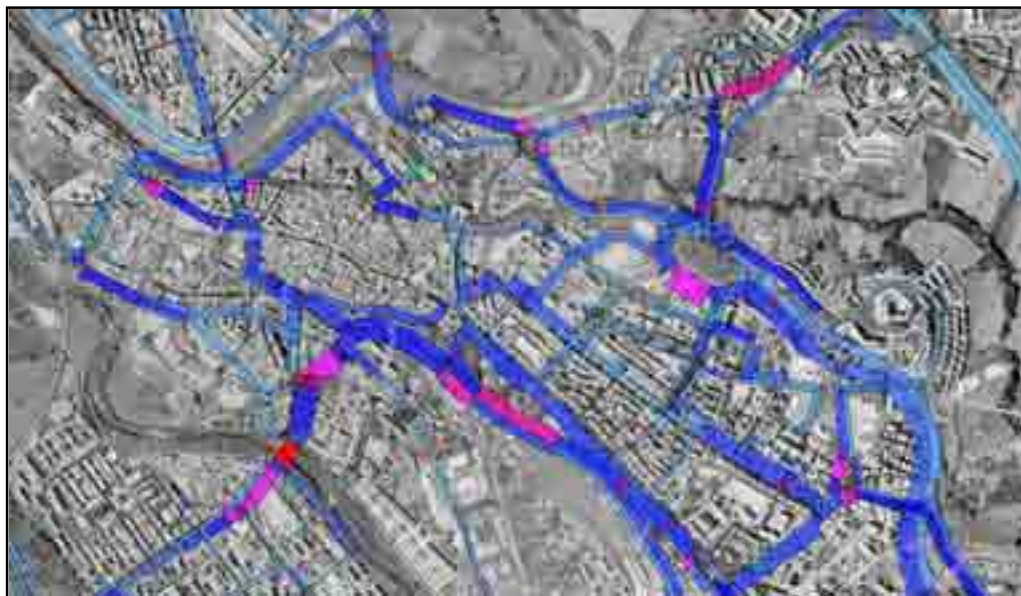




**Città di Benevento**  
*Settore Ambiente e Mobilità*  
*Ufficio Tecnico del Traffico*

**AGGIORNAMENTO DEL PIANO URBANO DEL  
TRAFFICO DEL COMUNE DI BENEVENTO**



*Elaborato:*

**RELAZIONE TECNICA**

**R.01**

**Progettazione:**

*Comune di Benevento, Settore Ambiente e Mobilità, Ufficio Tecnico del Traffico*

Dott. ing. Giuseppe Soreca

Dott. ing. Dalila Beatrice

**Consulenza tecnico-scientifica:**

*Università degli Studi del Sannio, Dipartimento di Ingegneria*

Prof. ing. Mariano Gallo

<i>Versione</i>	<i>File</i>	<i>Data</i>
<b>1.16</b>	<b>Relazione_tecnica.pdf</b>	<b>25/08/2009</b>
<i>Il Dirigente</i> <b>Dott.ssa Lorena Lombardi</b>	<i>L'Assessore</i> <b>Dott. Giuseppe De Lorenzo</b>	<i>Il Sindaco</i> <b>Dott. ing. Fausto Pepe</b>

## Indice

DESCRIZIONE DEL GRUPPO DI LAVORO .....	6
PREMESSA .....	7
INTRODUZIONE .....	9
<b>1. RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI.....</b>	<b>13</b>
1.1 INTRODUZIONE.....	13
1.2 RACCOLTA DATI RELATIVI ALL'OFFERTA DI TRASPORTO ATTUALE .....	13
1.3 RACCOLTA DATI RELATIVI ALLA DOMANDA DI TRASPORTO .....	13
1.4 RACCOLTA DATI STATISTICI E DEMOGRAFICI .....	14
1.5 RACCOLTA CARTOGRAFIE .....	14
1.6 RACCOLTA PROGETTI SULLA MOBILITÀ .....	15
<b>2. INDIVIDUAZIONE AREA DI STUDIO E ZONIZZAZIONE.....</b>	<b>16</b>
2.1 INTRODUZIONE.....	16
2.2 INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI STUDIO .....	16
2.3 ZONIZZAZIONE .....	17
<b>3. COSTRUZIONE DEL MODELLO DI OFFERTA DI TRASPORTO STRADALE ..</b>	<b>23</b>
3.1 INTRODUZIONE.....	23
3.2 SCELTA, ACQUISIZIONE ED INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE DI SIMULAZIONE.....	23
3.3 ESTRAZIONE DELLA RETE DI BASE.....	24
3.4 COSTRUZIONE DEL GRAFO.....	25
3.5 GERARCHIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DELLE INFRASTRUTTURE VIARIE .....	27
3.6 CLASSIFICAZIONE DELLE INTERSEZIONI STRADALI E DEI NODI .....	31
3.7 DATI SINTETICI DEL GRAFO DELLA RETE NELLA CONFIGURAZIONE ATTUALE.....	34
<b>4. INDAGINI SUI FLUSSI DI TRAFFICO .....</b>	<b>36</b>
4.1 INTRODUZIONE.....	36
4.2 INDIVIDUAZIONE DEI PERIODI DI CONTEGGIO .....	36
4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE SEZIONI DI CONTEGGIO .....	37
4.4 PREPARAZIONE DELLE SCHEDE DI CONTEGGIO E DELLE ISTRUZIONI PER I RILEVATORI ...	40
4.5 INDIVIDUAZIONE ED ADDESTRAMENTO DEI RILEVATORI .....	42
4.6 CALENDARIO DEI RILIEVI .....	43
4.7 METODOLOGIE DI CARICAMENTO ED ANALISI DEI DATI.....	43
4.7.1 <i>Esame dei conteggi della fascia oraria di punta del mattino ed individuazione dell'ora di punta .....</i>	<i>43</i>
4.7.2 <i>Esame dei conteggi relativi all'intera giornata.....</i>	<i>44</i>
4.7.3 <i>Esame dei conteggi relativi all'ora di punta del mattino .....</i>	<i>46</i>

<b>5.</b>	<b>STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ .....</b>	<b>48</b>
5.1	INTRODUZIONE.....	48
5.2	STIMA DA MODELLO DI UNA MATRICE OD DEGLI SPOSTAMENTI INTERNI ALL'AREA DI STUDIO .....	49
5.2.1	<i>Il modello di generazione .....</i>	52
5.2.2	<i>Il modello di distribuzione .....</i>	58
5.3	STIMA DA MODELLO DELLE MATRICI OD DEGLI SPOSTAMENTI DI SCAMBIO E DI ATTRAVERSAMENTO .....	62
5.4	CORREZIONE DELLA MATRICE OD CON I FLUSSI DI TRAFFICO .....	66
<b>6.</b>	<b>SIMULAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE.....</b>	<b>69</b>
6.1	INTRODUZIONE.....	69
6.2	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI ASSEGNAZIONE.....	69
6.3	I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE .....	71
6.4	LA SIMULAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DI RITORNO .....	72
6.5	LA SIMULAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DI MORBIDA .....	73
<b>7.</b>	<b>GLI INTERVENTI PROPOSTI.....</b>	<b>74</b>
7.1	INTRODUZIONE.....	74
7.2	RIONE FERROVIA .....	74
7.2.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate.....</i>	74
7.2.2	<i>Individuazione delle principali criticità.....</i>	76
7.2.3	<i>Scenari simulati .....</i>	78
7.2.4	<i>Scenario proposto ed elenco degli interventi.....</i>	79
7.2.5	<i>Altre proposte di intervento .....</i>	81
7.2.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi .....</i>	82
7.3	CENTRO STORICO.....	82
7.3.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate.....</i>	82
7.3.2	<i>Individuazione delle principali criticità.....</i>	84
7.3.3	<i>Scenari simulati .....</i>	86
7.3.3.1	Area via dei Mulini, via delle Puglie, rampa San Barbato .....	89
7.3.3.2	Area via del Pomerio, via Sandro Pertini.....	90
7.3.3.3	Area corso Dante, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, ponte Vanvitelli .....	92
7.3.3.4	Area Duomo .....	94
7.3.3.5	Area ponte Santa Maria degli Angeli.....	94
7.3.4	<i>Scenari proposti ed elenco degli interventi .....</i>	95
7.3.5	<i>Altre proposte di intervento .....</i>	97
7.3.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi .....</i>	97
7.4	ZONA MELLUSI.....	98
7.4.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate.....</i>	98

7.4.2	<i>Individuazione delle principali criticità</i> .....	99
7.4.3	<i>Scenari simulati</i> .....	100
7.4.4	<i>Scenario proposto</i> .....	101
7.4.5	<i>Altre proposte di intervento</i> .....	101
7.4.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi</i> .....	101
7.5	QUARTIERE PACEVECCHIA.....	102
7.5.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate</i> .....	102
7.5.2	<i>Individuazione delle principali criticità</i> .....	102
7.5.3	<i>Scenari simulati</i> .....	104
7.5.4	<i>Scenario proposto</i> .....	104
7.5.5	<i>Altre proposte di intervento</i> .....	105
7.5.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi</i> .....	105
7.6	RIONE LIBERTÀ.....	105
7.6.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate</i> .....	106
7.6.2	<i>Individuazione delle principali criticità</i> .....	107
7.6.3	<i>Scenari simulati</i> .....	107
7.6.4	<i>Scenario proposto</i> .....	108
7.6.5	<i>Altre proposte di intervento</i> .....	108
7.6.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi</i> .....	109
7.7	QUARTIERE PONTICELLI.....	109
7.7.1	<i>Struttura della rete attuale e principali attività insediate</i> .....	109
7.7.2	<i>Individuazione delle principali criticità</i> .....	109
7.7.3	<i>Scenari simulati</i> .....	110
7.7.4	<i>Scenario proposto</i> .....	110
7.7.5	<i>Altre proposte di intervento</i> .....	110
7.7.6	<i>Suggerimenti per il Piano Parcheggi</i> .....	110
<b>8.</b>	<b>DEFINIZIONE E VERIFICA DELLO SCENARIO FINALE DI PROGETTO.....</b>	<b>111</b>
8.1	INTRODUZIONE.....	111
8.2	DESCRIZIONE DELLO SCENARIO ED ELENCO DEGLI INTERVENTI.....	111
8.3	I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE.....	114
8.3.1	<i>Tempi totali di viaggio</i> .....	114
8.3.2	<i>Velocità media di viaggio</i> .....	116
8.3.3	<i>Consumi di carburante</i> .....	117
8.3.4	<i>Emissioni di agenti inquinanti</i> .....	126
<b>9.</b>	<b>LA GESTIONE DELL'EMERGENZA.....</b>	<b>128</b>
9.1	INTRODUZIONE.....	128
9.2	INTERVENTI PROPOSTI.....	128

<b>10.</b>	<b>ALTRE ATTIVITÀ COMPLEMENTARI .....</b>	<b>132</b>
10.1	INTRODUZIONE.....	132
10.2	PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INTERSEZIONI SEMAFORICHE.....	132
10.3	PROGETTAZIONE DI MASSIMA E LOCALIZZAZIONE DEL TERMINAL AUTOBUS .....	137
10.4	PROPOSTE DA SVILUPPARE NEI PIANI PARTICOLAREGGIATI ED ESECUTIVI .....	139
10.5	COORDINAMENTO CON IL PIANO PARCHEGGI .....	140
10.6	DIVULGAZIONE DEI RISULTATI E PRESENTAZIONE DELLO SCENARIO FINALE .....	140
<b>11.</b>	<b>SINTESI DEI RISULTATI.....</b>	<b>142</b>
11.1	INTRODUZIONE.....	142
11.2	MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI CIRCOLAZIONE .....	142
11.3	RISPARMIO ENERGETICO .....	142
11.4	RIDUZIONE INQUINAMENTO .....	143
11.5	SALVAGUARDIA DEI BENI STORICI E MONUMENTALI .....	143
<b>12.</b>	<b>ELENCO ALLEGATI E TAVOLE .....</b>	<b>144</b>
12.1	ALLEGATI .....	144
12.2	TAVOLE .....	144

## Descrizione del gruppo di lavoro

### **Comune di Benevento**

*Dott. ing. Fausto Pepe*

Sindaco

*Dott. Giuseppe De Lorenzo*

Assessore alle politiche per la motilità sostenibile, viabilità, traffico, sistema trasporti, sicurezza, logistica, mobilità urbana, polizia urbana, piano parcheggi

*Dott.ssa Lorena Lombardi*

Dirigente del Settore Ambiente e Mobilità

*Dott. ing. Giuseppe Soreca*

Mobility Manager del Comune di Benevento e responsabile del progetto

*Dott. ing. Dalila Beatrice*

Consulente tecnico del Comune di Benevento

*L'arch. Pasquale Fiore* ha collaborato alla costruzione delle rappresentazioni grafiche

*L'ing. Francesco Bozzi* ed *l'ing. Francesco Finelli* hanno collaborato alla fase di raccolta dati e costruzione delle tavole

*Il sig. Antonio Pacilio* ha coordinato l'esecuzione su strada dei rilievi dei flussi di traffico

Si ringrazia l'assessore *Enrico Castiello*, Assessore all'Ambiente del Comune di Benevento, per gli utili suggerimenti relativi alle questioni ambientali

Si ringrazia il *prof. ing. Francesco Capaldo* per la proficua collaborazione nell'ambito del coordinamento con il Piano Parcheggi

Si ringrazia il *dott. ing. Francesco Volpe* dell'AMTS per la proficua collaborazione nell'ambito del coordinamento con il Piano delle Linee di TPL

### **Dipartimento di Ingegneria dell'Università del Sannio**

*Prof. ing. Mariano Gallo*

Responsabile scientifico della convenzione di consulenza stipulata tra il Dipartimento ed il Comune di Benevento

*L'ing. Fulvio Simonelli* ha collaborato alla fase di stima della domanda di trasporto

## **Premessa**

Questo rapporto rappresenta la versione finale della relazione tecnica predisposta per l'Aggiornamento del Piano Urbano del Traffico del Comune di Benevento; il lavoro è stato condotto dal Settore Ambiente e Mobilità, Ufficio Tecnico del Traffico del Comune con la consulenza tecnico-scientifica del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi del Sannio. La consulenza, formalizzata tramite convenzione tra il Comune di Benevento ed il Dipartimento di Ingegneria, ha costituito il supporto tecnico e scientifico alle attività svolte dal personale del Comune o da questo incaricato.

Le principali attività svolte per la redazione dell'Aggiornamento del Piano Urbano del Traffico sono state le seguenti:

- raccolta ed acquisizione dei dati utili relativi all'offerta di trasporto attuale;
- raccolta ed acquisizione dei dati disponibili relativi alla domanda di trasporto;
- raccolta ed acquisizione di dati statistici relativi al Comune di Benevento;
- raccolta ed acquisizione delle cartografie disponibili;
- raccolta ed acquisizione dei progetti di cui bisogna tener conto per la preparazione degli scenari di progetto;
- implementazione del modello di offerta della rete di trasporto stradale;
- indagini sui flussi di traffico per la stima della domanda di mobilità;
- stima e correzione delle matrici Origine-Destinazione (OD) relative al trasporto stradale nel Comune di Benevento;
- simulazione della situazione attuale del traffico stradale;
- proposta di scenari di intervento, loro valutazione e comparazione;
- scelta dello scenario finale della configurazione dell'offerta di trasporto;
- nuova progettazione di dettaglio di tutte le intersezioni semaforizzate in corrispondenza dello scenario finale;

- confronto tra scenario attuale e scenario finale;
- piano di divulgazione e pubblicizzazione dello scenario finale e dei risultati ad esso connessi.

Questa relazione, redatta congiuntamente dai tecnici del Comune di Benevento e del Dipartimento di Ingegneria, riporta tutte le attività svolte per la redazione dell'Aggiornamento del Piano Urbano del Traffico ed i risultati conseguiti.

Completano questa relazione alcune tavole illustrative del progetto ed alcuni allegati tecnici.



## Introduzione

Il Piano Urbano del Traffico (PUT) è uno strumento tecnico-amministrativo di gestione del trasporto urbano di breve periodo, che deve essere aggiornato ogni due anni, per tener conto delle nuove esigenze di mobilità e degli interventi previsti da progetti di più lungo periodo, sia dal punto di vista trasportistico (Piani Comunali dei Trasporti, Piani Urbani della Mobilità, ecc.) che dal punto di vista territoriale (Piani Urbani Comunali, Piani Strategici, ecc.).

Il PUT non ha il compito di decidere la realizzazione di nuove infrastrutture, in quanto tali decisioni sono di competenza dei piani di lungo periodo prima citati, ma di gestire nel miglior modo possibile le infrastrutture esistenti, intese come le strade urbane attualmente esistenti, le intersezioni e gli spazi di sosta; non sono, pertanto, previsti investimenti economici, eccettuati quelli necessari alla variazione e realizzazione della segnaletica, per l'attuazione dei dispositivi di traffico. Il PUT deve, pertanto, essere considerato un "piano di immediata realizzabilità" mediante interventi di modesto onere economico. Il Piano può prevedere l'istituzione di nuovi semafori e limitati interventi infrastrutturali alle intersezioni (allargamento, canalizzazione, ecc.).

Nel PUT sono, comunque, individuati anche degli interventi infrastrutturali di maggiore portata, ma essi devono essere visti solo come un suggerimento all'Amministrazione Comunale per la progettazione di opere in grado di migliorare la mobilità nel medio-breve periodo; tali interventi potranno essere inseriti in strumenti di pianificazione di più lungo periodo previsti dall'Amministrazione Comunale.

Gli obiettivi principali che deve perseguire un PUT, in accordo con quanto previsto dalle "Direttive per la redazione, adozione ed attuazione dei piani urbani del traffico", emanate nel giugno 1995 dal Ministro dei Lavori Pubblici, sono i seguenti:

- miglioramento delle condizioni di circolazione e sosta;
- riduzione dell'inquinamento atmosferico ed acustico;

- risparmio energetico;
- aumento della sicurezza stradale.

Le Direttive citate articolano il PUT in tre livelli di progettazione:

- il Piano Generale del Traffico Urbano (PGTU), che rappresenta il progetto della viabilità principale dell'intero centro abitato, ed è quello oggetto del presente lavoro;
- i Piani Particolareggiati del Traffico Urbano (PPTU);
- i Piani Esecutivi del Traffico Urbano (PETU).

Gli ultimi due livelli di pianificazione sono affrontati successivamente alla definizione del PGTU e riguardano ambiti territoriali più ristretti dell'intera area urbana (singoli quartieri o zone della città); essi sono rivolti all'attuazione di interventi specifici quali, ad esempio, la realizzazione di aree pedonali, l'organizzazione della circolazione delle strade locali, la sistemazione e la progettazione di particolari nodi della rete (piazze, intersezioni, ecc.), ecc.; essi hanno, come il PGTU, l'obiettivo di migliorare le condizioni di circolazione stradale con interventi locali che, però, spesso possono avere un forte impatto sulle condizioni di circolazione stradale.

Il presente lavoro si occupa dell'aggiornamento del PGTU del Comune di Benevento; esso consiste nel definire la migliore configurazione possibile per la rete stradale urbana principale, dal punto di vista dei sensi di marcia delle strade, della gestione delle intersezioni e della sosta. In particolare, per quanto riguarda la sosta, il PUT è svolto in parallelo al Piano della Sosta, che il Comune di Benevento sta realizzando; i due piani si scambiano, necessariamente, le informazioni e prendono decisioni condivise sugli aspetti relativi alla sosta.

Il lavoro di aggiornamento del PUT è stato articolato nelle seguenti fasi, alcune delle quali sono state svolte in parallelo:

- 1) *Raccolta dati ed informazioni*; in questa fase sono stati raccolti tutti i dati e le informazioni utili per la realizzazione del piano, quali la configurazione attuale dell'offerta di trasporto, i dati di domanda di mobilità disponibili, le

cartografie disponibili, i dati del censimento ISTAT suddivisi per particelle censuarie, ecc.;

- 2) *Individuazione area di studio e zonizzazione*; in questa fase è stata individuata l'area di studio e la stessa è stata suddivisa in zone di traffico, in modo da poter avere un numero finito di possibili punti di origine e destinazione degli spostamenti;
- 3) *Costruzione del modello di offerta di trasporto stradale*; in questa fase è stato costruito il modello della rete stradale del Comune di Benevento; il modello è stato implementato nel software Omnitrans 5, acquistato dal Comune di Benevento, utilizzato per la simulazione del sistema e per la correzione delle matrici OD;
- 4) *Indagini sui flussi di traffico*; in questa fase è stata progettata ed eseguita una ampia indagine sui flussi di traffico necessaria per la fase di stima e correzione della domanda di mobilità;
- 5) *Stima della domanda di mobilità*; in questa fase è stata stimata la matrice OD che sintetizza tutti gli spostamenti che avvengono tra le varie zone della città di Benevento, tramite modelli matematici; la matrice ottenuta è stata migliorata con una procedura di correzione della stessa in base ai flussi di traffico rilevati;
- 6) *Simulazione della situazione attuale del traffico stradale*; in questa fase è stata simulata la configurazione attuale del sistema di trasporto stradale, sia per avere i dati necessari per poter comparare i nuovi scenari con quello attuale, sia per poter verificare la corretta implementazione del modello di offerta e la corretta stima della domanda di trasporto;
- 7) *Proposta di scenari di modifica della configurazione attuale*; in questa fase sono stati proposti, simulati e confrontati con la situazione attuale diversi scenari di modifica della configurazione dell'offerta di trasporto;
- 8) *Definizione e verifica dello scenario finale di progetto*; in questa fase è stato individuato lo scenario finale del progetto della rete stradale; esso è stato descritto nel dettaglio e confrontato con la situazione attuale;

- 9) *La gestione dell'emergenza*; il Piano ha previsto come gestire situazioni di sfioramento dei livelli di inquinamento da traffico veicolare;
- 10) *Altre attività complementari svolte*; il Piano ha previsto delle altre attività complementari e di supporto alle fasi sopra definite; le più importanti hanno riguardato:
- a. la progettazione di dettaglio, in corrispondenza dello scenario finale, di tutte le intersezioni semaforiche;
  - b. la progettazione di massima e localizzazione del terminal autobus;
  - c. le indicazioni di quali interventi, in corrispondenza dello scenario finale, dovranno essere studiati nei Piani Particolareggiati ed Esecutivi;
  - d. il coordinamento con il Piano dei Parcheggi;
  - e. la divulgazione dei risultati e la presentazione dello scenario finale.

La presente relazione è articolata in capitoli, uno per ciascuna delle fasi sopra elencate.

Alla relazione sono, inoltre, allegate delle tavole grafiche e degli allegati tecnici, il cui elenco è riportato al termine della stessa.

# **1. RACCOLTA DATI ED INFORMAZIONI**

## **1.1 Introduzione**

In questo capitolo si descrivono le attività svolte per la raccolta dei dati e delle informazioni utili per la redazione dell'aggiornamento del Piano Urbano del Traffico.

## **1.2 Raccolta dati relativi all'offerta di trasporto attuale**

Pur non essendo disponibile un vero e proprio catasto delle strade urbane, presso il Comune di Benevento è stato raccolto del materiale utile all'individuazione delle caratteristiche dell'offerta di trasporto stradale; in particolare sono state acquisite le tavole grafiche in formato Autocad dell'intera rete stradale del Comune di Benevento, dalle quali è stato possibile desumere le caratteristiche principali degli archi della rete, quali lunghezza, larghezza, presenza marciapiedi, ecc.

I dati ottenuti sono stati integrati da dei rilievi, effettuati sul campo, sulle caratteristiche principali degli archi stradali (numero di corsie, sensi di marcia, ecc.) e dei nodi (tipologia di regolazione, segnali di precedenza, piani semaforici, ecc.).

## **1.3 Raccolta dati relativi alla domanda di trasporto**

Allo stato attuale il Comune di Benevento dispone solo della matrice OD prodotta per la redazione del precedente Piano Urbano del Traffico (anno 1998).

Considerato che sono trascorsi quasi 10 anni dalla stima di questa matrice e che in questo periodo la mobilità del Comune di Benevento si è fortemente modificata,

anche a seguito dell'insediamento delle sedi Universitarie, si ritiene necessario ricostruire completamente la matrice OD. Si è, pertanto, predisposta (si veda anche il Capitolo 4) una ampia campagna di indagini sui flussi di traffico, necessaria per una accurata stima della matrice OD.

Sono stati, inoltre, raccolti i dati ISTAT del censimento del 2001 relativi agli spostamenti intercomunali, utili per una prima stima da modello della matrice OD, da sottoporre successivamente a correzione.

#### **1.4 Raccolta dati statistici e demografici**

Sono stati raccolti tutti i dati statistici disponibili presso il Comune di Benevento; in particolare i dati dell'ultimo censimento ISTAT della popolazione e dell'industria suddivisi per particelle censuarie.

La localizzazione delle particelle censuarie ed i dati statistici relativi a ciascuna di esse sono elementi necessari per la suddivisione in zone dell'area di studio (zonizzazione) e per la stima iniziale della matrice OD.

Sono stati raccolti i dati statistici suddivisi per particelle censuarie e la cartografia, in formato GIS, con l'individuazione e la numerazione delle particelle censuarie del Comune di Benevento.

#### **1.5 Raccolta cartografie**

Sono state raccolte le cartografie digitalizzate in formato Autocad e l'ortofotografia del Comune di Benevento.

Le cartografie in formato Autocad sono state utilizzate per avere informazioni dettagliate sulla rete stradale e sulle sue caratteristiche geometriche e fisiche; infatti, la qualità delle tavole cartografiche consente di rilevare alcune importanti caratteristiche geometriche della strada (larghezza, lunghezza, ecc.), senza la necessità di un rilievo sul campo; come detto in precedenza, alcuni rilievi integrativi sul campo sono stati effettuati per rilevare alcune caratteristiche della configurazione della rete non ricavabili dall'esame cartografico.

L'ortofotografia consente di avere una rappresentazione sintetica dell'intero territorio del Comune di Benevento ed è stata utilizzata per la costruzione del modello di offerta di trasporto; essa è stata utilizzata anche come sfondo per il caricamento degli archi della rete sul software di simulazione.

## **1.6 Raccolta progetti sulla mobilità**

Sono stati raccolti i principali piani e progetti predisposti dal Comune di Benevento che possono avere influenza sulla mobilità cittadina.

I principali piani e progetti esaminati sono stati:

- il Piano Urbano della Mobilità (PUM);
- il Progetto di riqualificazione del Rione Libertà;
- il Progetto di ristrutturazione dell'intersezione a Piazza Bissolati.

Inoltre, sono stati effettuati degli incontri con il settore urbanistica del Comune di Benevento per avere informazioni sul PUC, che è in corso di redazione.

Considerato che il PUM ed il progetto di riqualificazione del Rione Libertà hanno tempi di realizzazione maggiori rispetto all'orizzonte temporale del PUT, la simulazione e la proposta di scenari è indipendente da tali piani e progetti che, dovranno, invece, essere esaminati nei successivi aggiornamenti del Piano.

Per quanto riguarda il progetto di piazza Bissolati, esso è stato acquisito e considerato nella redazione dello scenario finale, essendo un intervento di più ravvicinata realizzazione.

## **2. INDIVIDUAZIONE AREA DI STUDIO E ZONIZZAZIONE**

### **2.1 Introduzione**

Fasi preliminari alla costruzione di un modello di simulazione di un sistema di trasporto sono l'individuazione dell'area di studio e la zonizzazione.

### **2.2 Individuazione dell'area di studio**

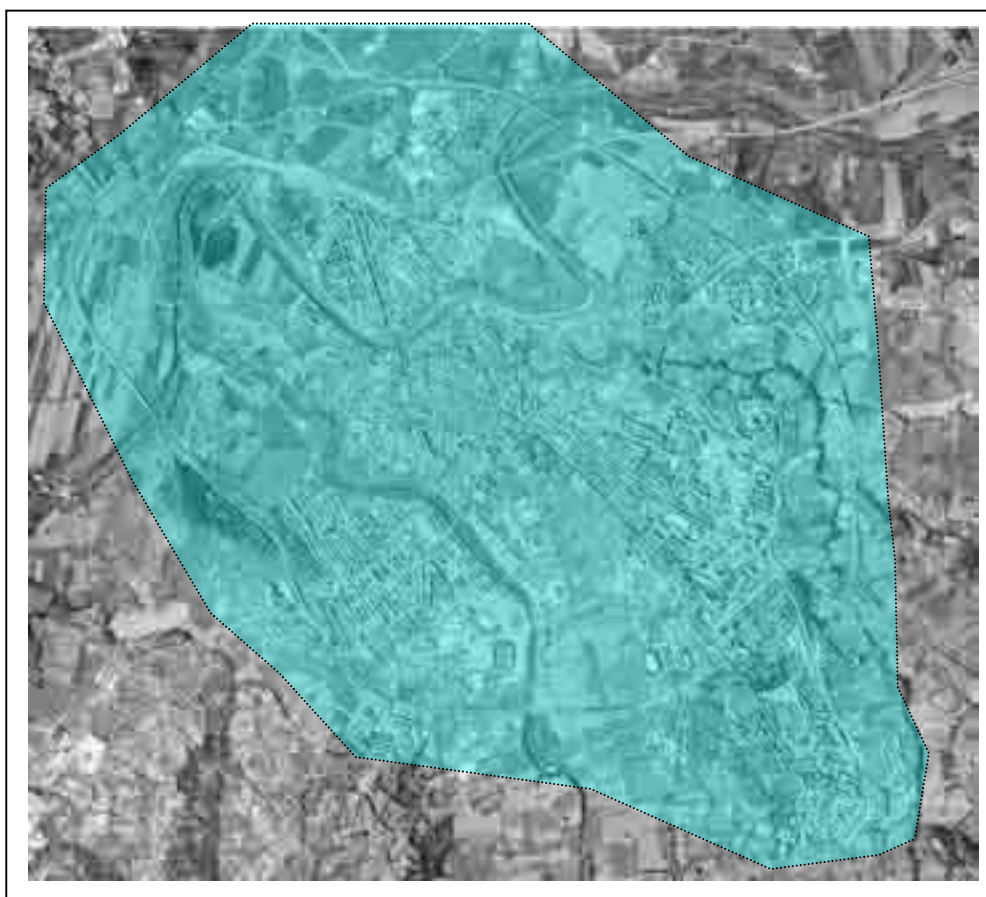
L'area di studio rappresenta il territorio all'interno del quale si può ritenere si esauriscano la maggior parte degli effetti previsti dagli interventi sul sistema di trasporto; esso, ovviamente, comprende anche il territorio all'interno del quale si trova il sistema di trasporto sul quale si opera.

Nel caso in oggetto l'area di studio deve comprendere, necessariamente, tutta l'area fortemente urbanizzata del comune di Benevento, all'interno della quale si ritiene possibile agire con sensibili variazioni della configurazione topologica della rete stradale. Tale area è stata individuata come la parte di rete stradale del Comune di Benevento che ricade interamente nella cerchia individuata dal Raccordo Autostradale A16-BN, dalla Tangenziale Ovest e suo prolungamento con la SS 7 Appia. Inoltre, l'area di studio è stata estesa verso sud fino a comprendere anche la porzione del quartiere di Pacevecchia che è esterno alla cerchia così individuata. La Figura 2.1 mostra l'area di studio così individuata.

Il modello di offerta è stato costruito relativamente al territorio così individuato, considerato che all'esterno di esso, essendo le infrastrutture viarie di tipo suburbano, non è possibile in generale modificare i sensi di marcia delle stesse. Nelle aree delle contrade esterne all'area di studio così individuata possono essere



proposti, laddove necessario, degli interventi di tipo locale, tesi prevalentemente al miglioramento delle condizioni di sicurezza stradale (nuova segnaletica, attraversamenti pedonali, illuminazione, ecc.), in particolare a seguito di specifiche richieste della cittadinanza.



*Figura 2.1 – Area di studio*

### **2.3 Zonizzazione**

Per poter ricondurre ad un numero finito e limitato il numero teoricamente infinito di punti di origine e destinazione degli spostamenti è necessario suddividere in zone di traffico l'area di studio; a ciascuna zona è attribuito un nodo centroide, in cui si ipotizzano concentrate tutte le origini degli spostamenti che hanno origine

dalla zona e tutte le destinazioni degli spostamenti che hanno destinazione nella zona. Tale operazione è detta “zonizzazione”.

Al fine di una corretta rappresentazione del funzionamento del sistema di trasporto, l'operazione di zonizzazione deve rispettare alcuni criteri di omogeneità tra le parti di territorio aggregate. Tali criteri vengono normalmente indicati come:

- omogeneità territoriale;
- omogeneità socioeconomica;
- omogeneità fisica;
- omogeneità trasportistica.

Di tali criteri il più importante, e che in parte include gli altri, è senz'altro il criterio di omogeneità trasportistica. Per tale aspetto appare evidente che l'operazione di zonizzazione è strettamente legata alla fase di implementazione del modello di offerta ed in particolare alla fase di estrazione del grafo, ossia alla selezione delle infrastrutture e dei servizi rilevanti (quelli di cui si intende simulare il funzionamento e le prestazioni).

L'operazione di zonizzazione è stata effettuata, pertanto, congiuntamente alla fase di estrazione del grafo; essa ha aggregato le sezioni di censimento ISTAT, che rappresentano le unità territoriali minime per le quali sono disponibili i dati socioeconomici.

Si è preferito effettuare una zonizzazione territoriale molto spinta, con un elevato numero di zone di traffico, per poter avere una maggiore precisione nella simulazione dei flussi di traffico; tale soluzione si accompagna ad un modello di offerta di trasporto (rete stradale) molto preciso, in cui sono rappresentati esplicitamente anche gli archi di svincolo, e ad un progetto di indagine sui flussi di traffico che prevede un gran numero di sezioni di rilievo, rispetto alla dimensione complessiva del sistema di trasporto da simulare. Operando in questo modo si riesce ad ottenere un modello di simulazione molto preciso, idoneo a valutare interventi anche locali sull'offerta di trasporto, dal cambiamento di un senso di marcia alla progettazione di una singola intersezione.

Sono state, in particolare, individuate 66 zone di traffico; in Tabella 2.1 si riporta per ciascuna zona di traffico, il codice numerico delle particelle censuarie che la compongono, la popolazione residente ed il numero di addetti. Questi ultimi due valori, insieme con gli altri dati censuari ISTAT associati alle singole particelle e, pertanto, alle zone, sono stati utilizzati per la stima della domanda di mobilità.

La zonizzazione è riportata nella Figura 2.2.

Zona	Sezioni censuarie ISTAT	Residenti	Addetti
1	709; 247	100	152
2	711; 171	289	92
3	718; 174	488	172
4	206; 151; 207; 507; 152	535	18
5	715; 223; 264; 537; 536; 263; 522	860	83
6	708; 663	678	15
7	178; 84	81	297
8	199	290	11
9	300; 291	244	25
10	486; 160; 485; 157; 155; 154; 159; 488; 487; 158	1.062	1.314
11	177; 142; 140; 141; 138; 136	871	327
12	556; 309	282	42
13	23; 4; 22; 5; 24; 28	465	454
14	333; 329; 330; 332	238	107
15	484; 145; 143; 146; 148	740	215
16	88; 90; 89; 87	341	212
17	471; 470; 91; 102; 92	395	83
18	261; 327; 260	1.306	70
19	316; 315; 310; 311; 557	1.450	141
20	308; 303; 302; 307	874	153
21	292; 299; 297; 551	175	476
22	86; 78; 85; 83; 82	233	350
23	246; 244; 242; 527	366	569
24	30; 31; 29; 25; 27; 26; 32	401	332
25	288; 544; 287; 286; 262; 282; 285; 283; 277; 545; 278	855	131
26	262; 535; 282; 285; 283; 545; 277; 278	810	93
27	284	429	85
28	312; 313	680	23
29	323; 322; 320; 321; 319	902	106
30	293; 546; 304; 295; 296; 549; 554; 555; 548; 294; 553	1.793	91
31	237; 230; 233; 523; 235; 238	1.315	740
32	387	25	25
33	229; 521; 222; 227; 221; 95	810	458
34	14; 10; 11; 7; 15; 17; 3; 16; 9; 6; 8; 18; 2; 1; 13	653	365
35	81; 194; 499; 195; 500; 69	196	523

Tabella 2.1 – Zonizzazione (continua)

Zona	Sezioni censuarie ISTAT	Residenti	Addetti
36	198; 472; 197	820	46
37	99; 473; 100; 101; 98; 97; 96	759	609
38	54; 53; 55; 52; 466; 468; 56; 57	241	127
39	60; 59; 20; 61; 50; 21; 19; 48; 58; 51	477	243
40	196; 501	303	292
41	79; 67; 66; 76; 80; 77; 68; 469; 72	143	426
42	62; 71; 70; 65; 74; 73; 75; 64; 63	284	368
43	232; 241; 240; 234; 231; 239; 524	1242	831
44	529; 528; 525; 526; 248	215	388
45	249; 254; 252; 253; 251; 255; 531; 256; 534; 258; 250; 257	1.954	914
46	189; 568; 191; 569; 201; 200; 190; 192	1.093	461
47	349; 351; 563; 350; 561	662	100
48	490; 168	388	40
49	118	0	395
50	354; 353	648	18
51	114; 115; 117; 116; 479	589	102
52	163; 489; 156; 131; 130; 129	1.242	635
53	134; 139; 133; 137; 132; 112; 123; 135	1.348	392
54	704; 183; 187; 188; 186; 182; 575; 184; 565; 495	926	201
55	462; 463; 34; 41; 47; 465; 46; 36; 37; 38; 39; 40; 42	377	1.138
56	111; 107; 104; 106; 105; 475; 477	529	878
57	334; 336; 340; 337; 339; 338	896	486
58	119; 108; 480; 109; 110; 122; 120; 121	1.156	454
59	125; 482; 128; 481; 127; 126; 124	1.034	149
60	345; 346; 347; 344; 341; 343; 342; 348	1.182	282
61	493; 179; 162; 176; 180; 175; 165; 164	1.462	771
62	492; 172; 173; 491; 170; 167; 166	539	31
63	713; 496; 494; 413; 409; 181; 185; 598	968	235
64	324; 328; 317; 318	575	88
65	150	607	14
66	570; 220; 219; 571; 511; 572; 520; 573; 574; 214; 213; 513; 212; 209; 514; 515; 217; 216; 518; 517; 516; 211; 512; 510	3.874	141

Tabella 2.1 – Zonizzazione

Ad ogni zona è assegnato un nodo centroide interno che rappresenta nel modello il punto di origine di tutti gli spostamenti che hanno origine dalla zona ed il punto di destinazione di tutti gli spostamenti che hanno destinazione nella zona.

Pertanto, il modello presenta 66 centroidi interni che, nella fase di costruzione del modello di offerta, sono stati collegati alla rete stradale tramite archi connettori; tali centroidi nel modello sono numerati da 1 a 66, con i corrispondenti numeri di zona.

Ai centroidi interni devono essere aggiunti dei centroidi esterni, rappresentativi delle sezioni di ingresso ed uscita dall'area di studio; essi sono posizionati in corrispondenza strade principali che attraversano il confine dell'area di studio, detto cordone. I centroidi esterni sono 14, numerati da 67 a 80.

In Figura 2.3 si riporta il posizionamento dei centroidi interni e dei centroidi esterni.



*Figura 2.2 – Zonizzazione*

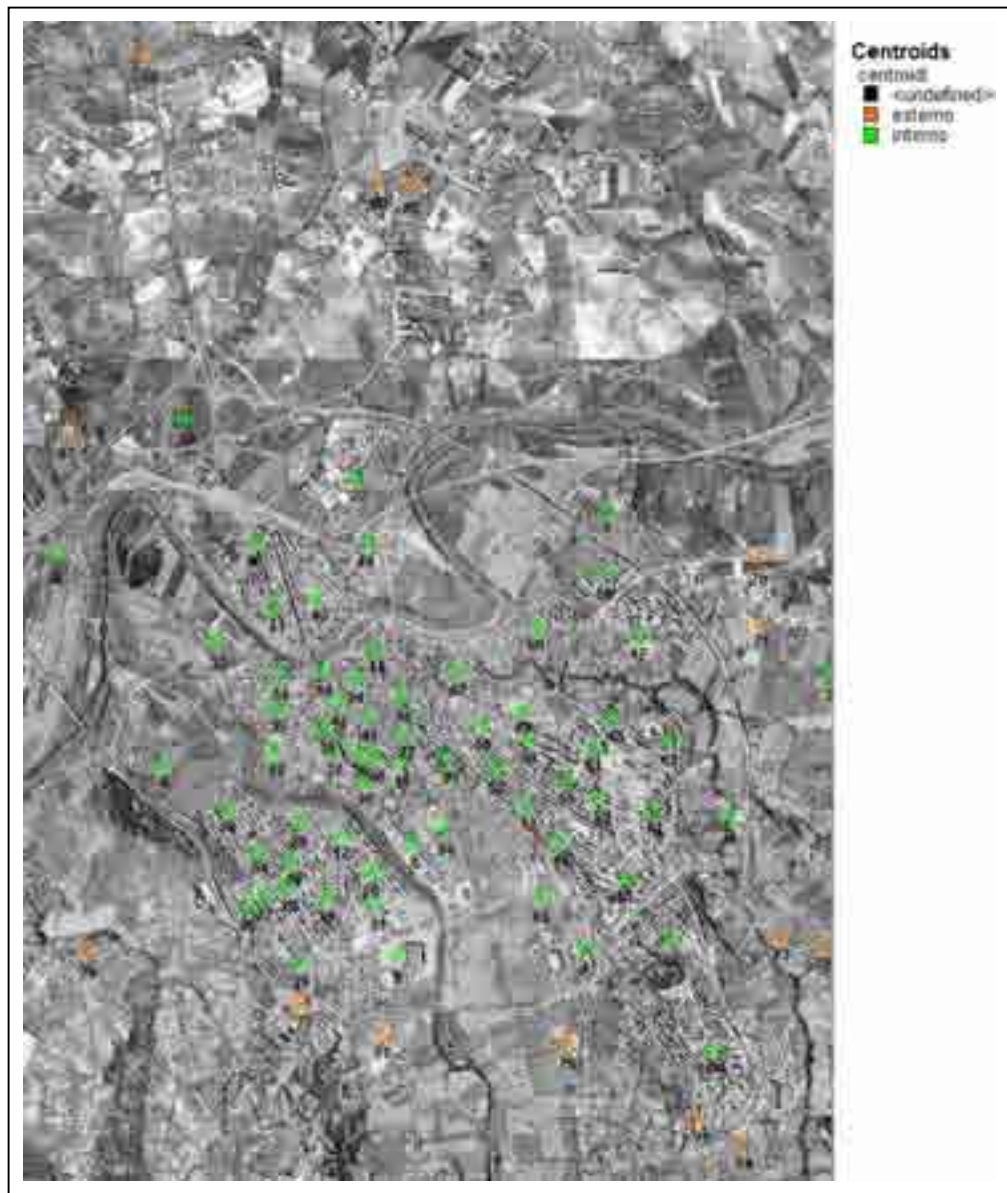


Figura 2.3 – Centroidi interni ed esterni

## **3. COSTRUZIONE DEL MODELLO DI OFFERTA DI TRASPORTO STRADALE**

### **3.1 Introduzione**

In questo capitolo si descrivono le attività svolte per la costruzione del modello di offerta di trasporto stradale del Comune di Benevento. Questa fase del lavoro, insieme con la fase di indagine sui flussi di traffico, rappresenta una delle fasi più delicate ed importanti dell'intero lavoro, in quanto costituisce la base per le simulazioni di tutti gli scenari che saranno proposti e valutati nelle successive fasi del lavoro.

### **3.2 Scelta, acquisizione ed installazione del software di simulazione**

Il software di simulazione che è stato ritenuto più idoneo per gli scopi del progetto è “*Omnitrans – Transport Planning Software*”, versione 5, prodotto dalla società olandese *Omnitrans International* e distribuito in Italia da T-LOG S.r.l. (Roma).

Tale software possiede una elevata flessibilità di azione, sia nella fase di costruzione del modello di offerta, grazie ad una potente interfaccia grafica, che nella fase di simulazione del sistema, utilizzando avanzati algoritmi per la stima dei flussi di traffico. Inoltre, esso consente la correzione delle matrici OD dai flussi di traffico rilevati, procedura indispensabile per la corretta valutazione della domanda di mobilità nell'area di studio.

Il Comune di Benevento ha acquistato la licenza del software relativamente ai pacchetti base, assegnazione statica e correzione della matrice OD, che sono necessari per lo sviluppo del progetto.

Il Software è pervenuto, completo di CD di installazione, licenza e manuale, a metà febbraio 2008 ed è stato installato presso il Comune di Benevento.

### **3.3 Estrazione della rete di base**

L'estrazione della rete di base consiste nell'individuazione di tutte le infrastrutture stradali che si ritengono rilevanti per la mobilità cittadina e che possono essere oggetto di azioni nell'ambito dell'aggiornamento del Piano Urbano del Traffico.

La rete di base, per il progetto in questione, coincide con tutte le seguenti categorie di strade che ricadono nell'area di studio:

- tangenziali, strade extraurbane e raccordi autostradali: tutti i rami stradali ed i relativi svincoli;
- strade urbane: tutte le strade urbane ricadenti nell'area di studio assimilabili a strade di scorrimento, tutte quelle assimilabili a strade di quartiere e le strade urbane assimilabili a strade locali che risultino essere utili alla rappresentazione della mobilità principale cittadina ed alla sosta.

La rappresentazione topologica della rete di base prevede, per ciascun arco stradale, l'indicazione del senso di percorrenza.

Anche se la rete di base è da un punto di vista teorico antecedente alla costruzione del grafo, essa è stata effettuata congiuntamente alla fase di costruzione del grafo, durante la quale, esaminando più nel dettaglio la rete stradale, sono state inserite o eliminate dalla rete di base alcuni archi stradali, in funzione delle esigenze di rappresentazione della mobilità cittadina.

La rappresentazione della rete di base, senza l'indicazione dei versi di percorrenza per motivi grafici, è riportata in Figura 3.1; la Tavola 1 riporta in maggiore dettaglio la rete di base, con l'indicazione dei versi di percorrenza.





*Figura 3.1 – Rete di base*

### **3.4 Costruzione del grafo**

Un grafo è un modello matematico di rappresentazione di una rete di trasporto, i cui elementi principali sono:

- *archi*; rappresentano tratte di strada con caratteristiche omogenee dal punto di vista topologico, geometrico, funzionale e prestazionale; in molti casi un arco rappresenta un tratto di strada compreso tra due intersezioni;

- *nodi*; rappresentano i punti del territorio che sono collegati dagli archi; possono essere rappresentativi di intersezioni, punti di confluenza, punti di immissione, punti dell'infrastruttura in cui cambiano le caratteristiche geometriche, ecc.;
- *funzioni di costo*; rappresentano delle relazioni matematiche che forniscono i tempi di percorrenza su ogni arco stradale ed i tempi di attesa alle intersezioni poste al termine dell'arco stradale in funzione dei flussi di traffico.

A partire dalla rete di base, la costruzione del grafo consiste nel definire gli archi, i nodi e nel decidere le funzioni di costo da utilizzare; la definizione degli archi e dei nodi avviene congiuntamente tenendo conto delle caratteristiche della rete stradale. La costruzione del grafo, pertanto, ha comportato anche dei rilievi sul campo delle caratteristiche della rete stradale, necessari a definire nel miglior modo possibile le caratteristiche degli archi e dei nodi.

La costruzione del grafo è stata effettuata utilizzando l'interfaccia grafica del software Omnitrans 5; tale interfaccia consente un disegno degli archi stradali che segue l'andamento della infrastruttura viaria, mediante dei nodi di rappresentazione grafica detti nodi di forma. Inoltre, il software consente di classificare le infrastrutture viarie in categorie e di attribuire dei dati di default alle caratteristiche prestazionali degli archi (velocità, capacità, ecc.).

Le fasi che hanno condotto alla costruzione del grafo sono state, pertanto, le seguenti:

- classificazione degli archi stradali e gerarchizzazione della rete;
- attribuzione di caratteristiche di default ad ogni categoria di arco stradale;
- individuazione della posizione dei nodi e conseguente costruzione degli archi stradali, con l'utilizzo dei nodi di forma;
- classificazione e caratterizzazione dei nodi.

Per quanto riguarda le funzioni di costo, il software di simulazione richiede i coefficienti delle funzioni di costo BPR per il calcolo dei tempi di percorrenza sugli archi stradali; questi sono stati scelti in maniera differente a seconda della

tipologia di strada, distinguendo soprattutto le strade urbane dalle strade extraurbane (o come tali da considerare), vista la notevole differenza di comportamento dei flussi di traffico in questi casi. L'indicazione dei coefficienti della funzione di costo BPR da utilizzare è richiesta in fase di assegnazione e, pertanto, si rimanda al Capitolo 6.

Per i tempi di attesa alle intersezioni, invece, il software li calcola in funzione della caratterizzazione dell'intersezione che è resa possibile dal modulo *junction editor*; tale modulo consente di rappresentare l'intersezione con un elevato livello di dettaglio, indicando il numero di corsie di ogni accesso, le manovre consentite e vietate ad ogni corsia, i segnali presenti su ogni accesso (stop, dare precedenza) e, se l'intersezione è semaforica, i tempi della semaforizzazione ed il piano di fasatura. In questo caso, il software richiede nella fase di assegnazione la sola indicazione di utilizzare i dati costruiti nel *junction editor*; i dettagli della fase di simulazione sono riportati nel Capitolo 6.

Nei paragrafi seguenti si esaminano in maggior dettaglio le attività svolte per la caratterizzazione degli archi stradali e dei nodi.

### **3.5 Gerarchizzazione e caratterizzazione delle infrastrutture viarie**

Per caratterizzare la rete stradale sono state definite diverse categorie di archi stradali; tali categorie sono state costruite in modo da adeguarsi alla classificazione gerarchico-funzionale prevista dalle Direttive ministeriali per la redazione dei Piani Urbani del Traffico, già citate in precedenza. Le direttive ministeriali prevedono le seguenti categorie di strade:

- autostrade urbane;
- strade di scorrimento veloce;
- strade di scorrimento;
- strade interquartiere;
- strade di quartiere;

- strade locali interzonali;
- strade locali.

Le suddette categorie sono state elencate nell'ordine gerarchico; rispetto a questa classificazione, nel modello di offerta costruito è stato necessario aggiungere altre tipologie di archi stradali e introdurre diverse categorie in funzione del numero di corsie di ciascuna strada.

In definitiva gli archi stradali sono stati classificati nelle seguenti categorie:

- connettore,
- raccordo autostradale/tangenziale;
- rampa;
- strada di scorrimento veloce (2 corsie);
- strada di scorrimento veloce (1 corsia);
- strada di scorrimento (2 corsie);
- strada di scorrimento (1 corsia);
- strada interquartiere (3 corsie);
- strada interquartiere (2 corsie);
- strada interquartiere (1 corsia);
- strada di quartiere (3 corsie);
- strada di quartiere (2 corsie);
- strada di quartiere (1 corsia);
- strada locale interzonale (2 corsie);
- strada locale interzonale (1 corsia);
- strada locale (1 corsia);
- arco di rotatoria e svincolo (2 corsie);
- arco di rotatoria e svincolo (1 corsia);

– Zona a Traffico Limitato.

Gli archi *connettori* sono archi fittizi che si utilizzano per collegare il centroide di zona alla rete reale; la categoria *rampe* è utilizzata per gli archi relativi alle rampe di strade extraurbane, tangenziali e raccordi autostradali; la categoria *arco di rotatoria e svincolo* è utilizzata in ambito urbano per gli archi rappresentativi di segmenti di rotatorie, quando queste ultime sono state rappresentate in maniera esplicita, cioè non con un singolo nodo, e per gli archi rappresentativi della canalizzazione di intersezioni; la categoria *Zona a Traffico Limitato* è utilizzata per gli archi di strade riservate ai residenti: in questo caso, per evitare in fase di simulazione l'uso indifferenziato di tali archi, è stato ad essi attribuita una velocità molto inferiore a quella delle altre infrastrutture viarie.

Si noti come si siano differenziate le categorie di strade anche in base al numero di corsie per senso di marcia delle stesse, per poter attribuire a queste diversi valori di capacità, essendo quest'ultima strettamente dipendente dal numero di corsie.

Tipologia di strada	Capacità (veic/h)	Velocità di flusso libero (km/h)
Connettore	5.000	10
Raccordo autostradale/tangenziale	3.600	80
Rampa	1.500	40
Strada di scorrimento veloce (2 corsie)	3.200	70
Strada di scorrimento veloce (1 corsia)	1.600	70
Strada di scorrimento (2 corsie)	3.200	65
Strada di scorrimento (1 corsia)	1.600	65
Strada interquartiere (3 corsie)	4.500	55
Strada interquartiere (2 corsie)	3.000	55
Strada interquartiere (1 corsia)	1.500	55
Strada di quartiere (3 corsie)	4.500	50
Strada di quartiere (2 corsie)	3.000	50
Strada di quartiere (1 corsia)	1.500	45
Strada locale interzonale (2 corsie)	2.800	40
Strada locale interzonale (1 corsia)	1.400	40
Strada locale (1 corsia)	1.400	30
Arco di rotatoria e svincolo (2 corsie)	3.000	30
Arco di rotatoria e svincolo (1 corsia)	1.500	30
Zona a Traffico Limitato	1.400	10

Tabella 3.1 – Caratteristiche di default per le categorie di archi stradali

A ciascuna delle categorie di arco stradale sono state attribuite dei valori di default alle caratteristiche *velocità di flusso libero* e *capacità* (vedi Tabella 3.1); i valori sono stati scelti in base a quanto previsto dal Codice della Strada, al comportamento usuale degli utenti e ad alcuni rilievi effettuati sul campo, nonché

per analogia a quanto ritrovato in studi analoghi svolti in Italia. Le caratteristiche così inserite possono essere modificate arco per arco laddove la situazione locale lo richieda.

In Figura 3.2 si riporta la gerarchizzazione della rete stradale.

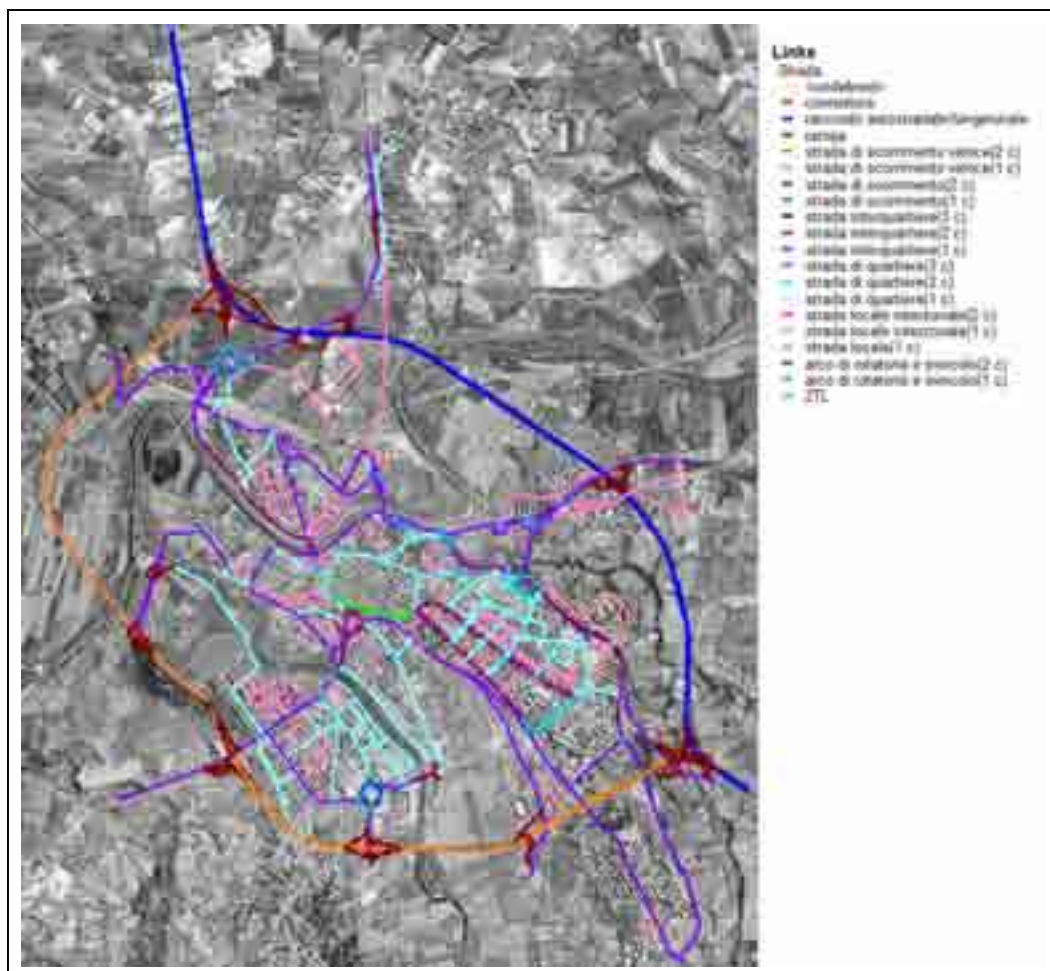


Figura 3.2 – Gerarchizzazione della rete stradale

Il modello di rete nella configurazione iniziale è composto da 1.061 tratte stradali, ciascuno classificato e caratterizzato come descritto in precedenza; considerato che un arco stradale rappresenta un solo senso di marcia nel modello di offerta e che vi sono diversi archi della rete a doppio senso di marcia, gli archi monodirezionali che costituiscono il grafo rappresentativo dell'offerta di trasporto sono pari a 1.577.

### 3.6 Classificazione delle intersezioni stradali e dei nodi

I nodi del grafo sono, per prima cosa, classificati in nodi reali e nodi centroidi; i nodi reali rappresentano punti fisici della rete stradale (intersezioni, confluenze, variazioni di caratteristiche di un arco stradale, ecc.), mentre i nodi centroidi rappresentano i punti “immaginari” in cui si ipotizzano concentrate le origini e le destinazioni degli spostamenti (vedi paragrafo 2.3 e Figura 2.3).

I nodi centroidi, come già detto nel paragrafo 2.3, sono stati classificati in:

- *centroidi interni*; strettamente correlati alla zonizzazione, rappresentano i punti di origine degli spostamenti originati nelle diverse zone in cui è suddivisa l’area di studio, ed i punti di destinazione degli spostamenti che sono destinati nelle diverse zone in cui è suddivisa l’area di studio;
- *centroidi esterni*; rappresentano le sezioni di accesso all’area di studio ed ivi sono concentrate le origini e le destinazioni di tutti gli spostamenti di scambio e di attraversamento che interessano l’area di studio.

I nodi reali sono stati classificati in:

- *nodi priorità*; rappresentanti intersezioni in cui vige la regola della precedenza a destra;
- *nodi stop*; rappresentanti intersezioni in cui una strada ha la precedenza su di un’altra, ai cui accessi sono presenti segnali di STOP;
- *nodi dare precedenza*; rappresentanti intersezioni in cui una strada ha la precedenza su di un’altra, ai cui accessi sono presenti segnali di “dare precedenza”;
- *nodi semaforo*; rappresentanti intersezioni regolate da impianti semaforici;
- *nodi rotatoria*; rappresentanti intersezioni regolate dalla presenza di una rotatoria;
- *nodi indefiniti*; che non rappresentano alcuna intersezione (ad esempio nodi di collegamento con i centroidi interni ed esterni) o intersezioni in cui non vi sono punti di conflitto e, pertanto, a ritardo nullo.

Il modello di rete nella configurazione iniziale è composto da 677 nodi reali ed 80 nodi centroidi, ciascuno classificato come descritto in precedenza. In Figura 3.3 si riporta l'immagine del grafo con i nodi reali opportunamente classificati.

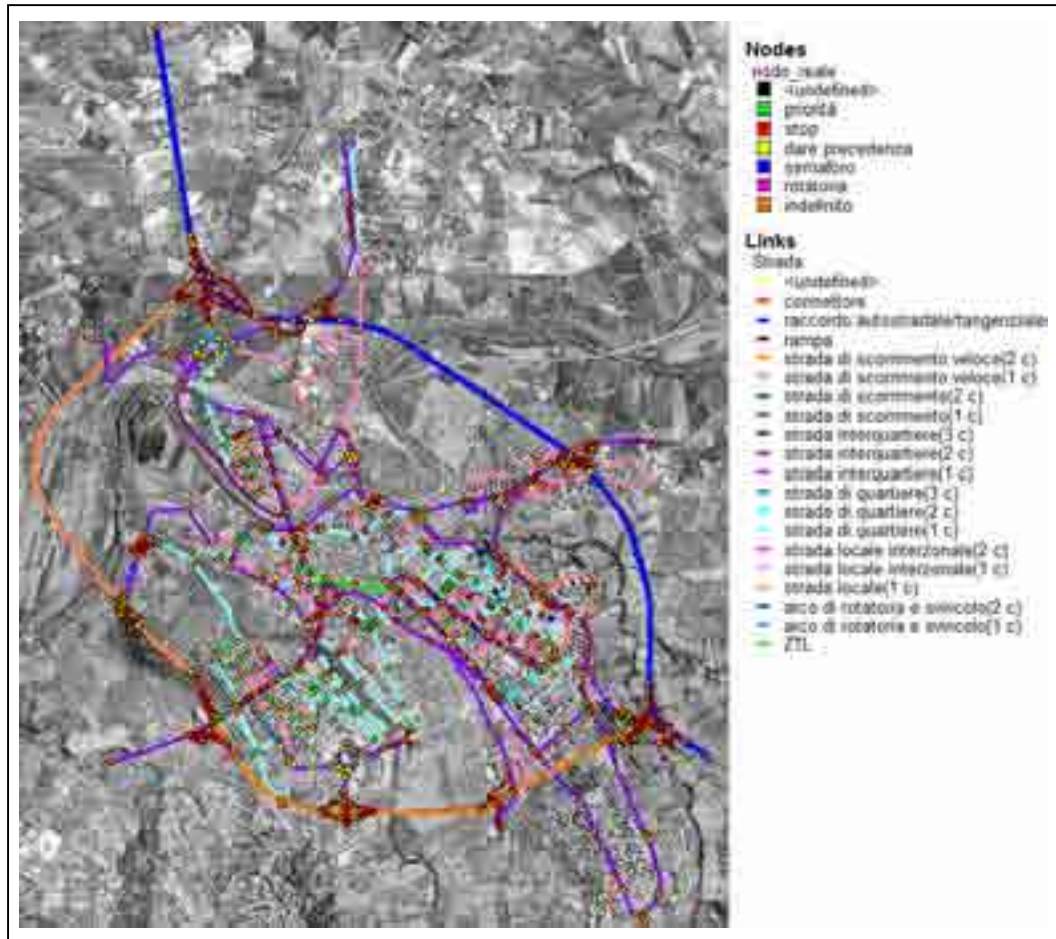


Figura 3.3 – Classificazione dei nodi reali

Ciascun nodo reale rappresentativo di una intersezione, utilizzando il modulo *Junction Editor* del software *Omnitrans*, è stato rappresentato con uno specifico modello, in cui sono rappresentate le manovre, suddivise per corsie, ed i segnali cui le manovre devono attenersi (STOP, dare precedenza, divieto di svolta, ecc.).

Questa rappresentazione è fondamentale per una corretta simulazione dei flussi di traffico, in quanto consente il calcolo preciso dei tempi di attesa medi (ritardi) ad ogni singola intersezione, di cui il modello di assegnazione terrà conto nella fase



di individuazione dei percorsi seguiti dagli utenti della rete e di cui si tiene conto nel calcolo del tempo totale speso dagli utenti sulla rete.

In Figura 3.4 si riportano degli esempi di rappresentazione di intersezioni con il Junction Editor.



Figura 3.4 – Esempi di rappresentazione di intersezioni con il Junction Editor

Per alcune rotatorie di grandi dimensioni è stata necessaria una rappresentazione esplicita degli archi di manovra; alcuni esempi di rappresentazioni esplicite di rotatoria sono riportati in Figura 3.5.

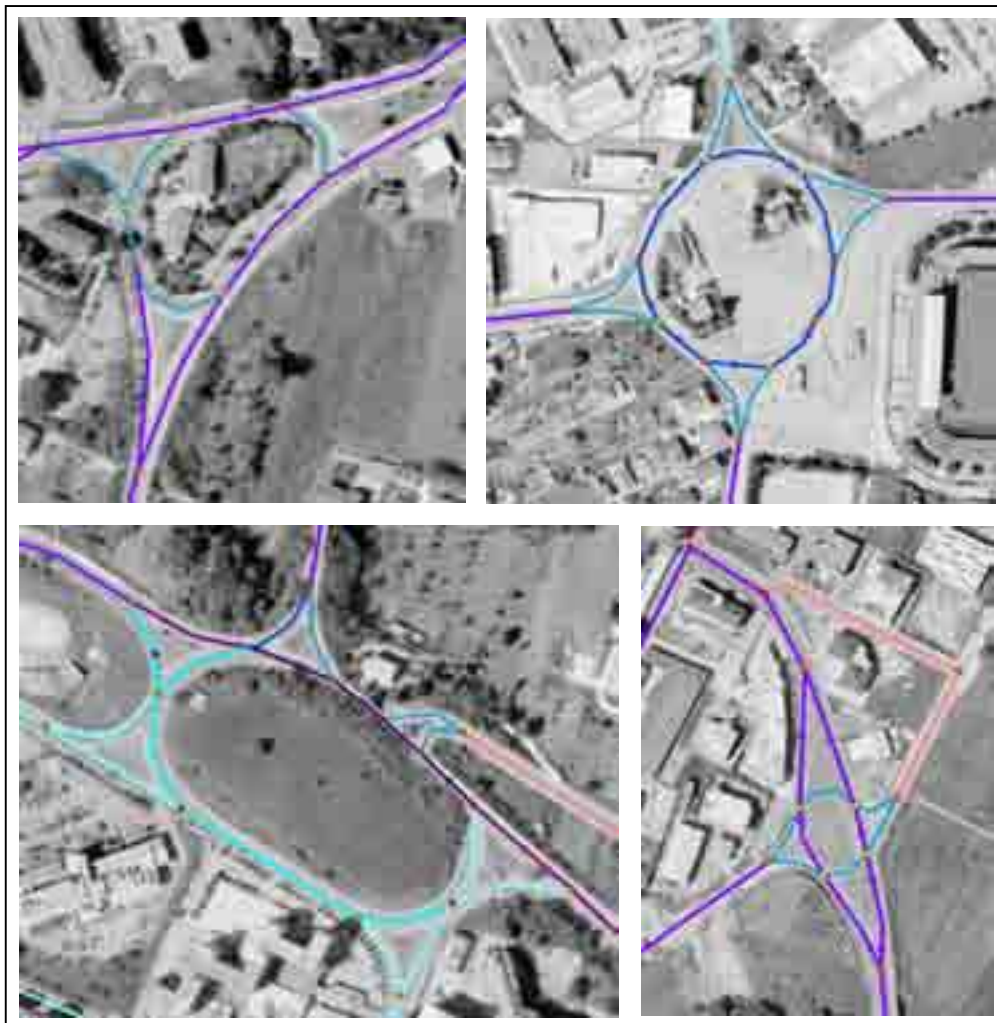


Figura 3.5 – Esempi di rappresentazione esplicita di rotatorie

### 3.7 Dati sintetici del grafo della rete nella configurazione attuale

Il grafo rappresentativo della rete nella configurazione attuale è costituito da 1.063 archi, 678 nodi reali e 80 nodi centroidi; la rete rappresentata si estende per 216,82 km di strade. Nell'Allegato 1 si riporta il database relativo agli archi e nell'Allegato 2 si riporta il database relativo ai nodi del grafo nella situazione attuale.

In Tabella 3.2 si riporta l'estensione in km della rete per singola categoria di strada ed il corrispondente numero di archi bidirezionali.

La Tavola 2 riporta il grafo complessivo, con la classificazione degli archi stradali e dei nodi, nonché l'indicazione dei centroidi ed la loro connessione alla rete.

<b>Tipologia di strada</b>	<b>N. di archi bidirezionali</b>	<b>Estensione (km)</b>
Connettore	220	31,668
Raccordo autostradale/tangenziale	21	15,483
Rampa	134	16,565
Strada di scorrimento veloce (2 corsie)	15	7,763
Strada di scorrimento veloce (1 corsia)	8	7,987
Strada di scorrimento (2 corsie)	0	0,000
Strada di scorrimento (1 corsia)	0	0,000
Strada interquartiere (3 corsie)	4	0,172
Strada interquartiere (2 corsie)	76	8,000
Strada interquartiere (1 corsia)	380	49,471
Strada di quartiere (3 corsie)	3	0,135
Strada di quartiere (2 corsie)	10	0,862
Strada di quartiere (1 corsia)	312	36,450
Strada locale interzonale (2 corsie)	1	0,168
Strada locale interzonale (1 corsia)	221	29,562
Strada locale (1 corsia)	35	5,766
Arco di rotatoria e svincolo (2 corsie)	16	1,068
Arco di rotatoria e svincolo (1 corsia)	118	5,109
Zona a Traffico Limitato	3	0,587
<b>Totale</b>	<b>1.577</b>	<b>216,817</b>

*Tabella 3.2 – Numero di archi ed estensione chilometrica della rete per categorie di strada*

## 4. INDAGINI SUI FLUSSI DI TRAFFICO

### 4.1 Introduzione

In questo capitolo si descrivono le attività svolte per il rilievo dei flussi di traffico, indispensabile per una corretta stima della matrice OD e, conseguentemente, per una corretta simulazione del sistema di trasporto.

### 4.2 Individuazione dei periodi di conteggio

I periodi di conteggio sono gli intervalli di tempo durante i quali effettuare le indagini sui flussi di traffico; essi devono consentire la conoscenza del fenomeno mobilità nelle diverse fasce orarie della giornata e l'individuazione dell'ora di punta. Sono stati scelti i seguenti periodi di conteggio:

- *fascia oraria di punta del mattino (7:00-9:30);*
- *ora di punta del mattino: da individuare in base ai risultati dei conteggi nella fascia oraria di punta;*
- *intera giornata (7:00-22:30).*

Mentre i conteggi nell'ora di punta del mattino sono stati effettuati su tutte le sezioni di conteggio individuate (vedi paragrafo 4.3), in quanto i risultati su queste sezioni si utilizzano per la fase di correzione della matrice OD, i conteggi nella fascia oraria di punta e per l'intera giornata hanno riguardato solo le tratte stradali più significative; come sarà meglio dettagliato in seguito, i conteggi nella fascia oraria di punta sono serviti ad individuare con precisione l'ora di punta del mattino, mentre i conteggi nel corso dell'intera giornata sono serviti ad individuare l'andamento del fenomeno della mobilità nel corso della giornata, al

fine di individuare altre ore di punta e come, tra punta mattutina e punta pomeridiana, i flussi di traffico si “invertono”.

### 4.3 Individuazione delle sezioni di conteggio

Sono state individuate 77 tratte stradali su cui effettuare il conteggio dei flussi di traffico; la lista delle tratte stradali individuate è riportata in Tabella 4.1.

Tipologia	Codice Sezione	Localizzazione
Cordone esterno A	A1	Via Vitulanese
Cordone esterno A	A2	S.S. dei Due Principati
Cordone esterno A	A3	S.S. 212
Cordone esterno A	A4	S.S. 90 Bis delle Puglie
Cordone esterno A	A5	Via Raffaele Viviani
Cordone esterno A	A6	Raccordo Autostradale con A16 (Est)
Cordone esterno A	A7	S.S. 7 (per San Giorgio del Sannio)
Cordone esterno A	A8	S.P. 25
Cordone esterno A	A9	S.P. 42
Cordone esterno A	A10	Via Avellino
Cordone esterno A	A11	S.P. 94
Cordone esterno A	A12	S.P. 1
Cordone esterno A	A13	S.S. 7 (per Caserta)
Cordone esterno A	A14	Strada Comunale Benevento Pietrelcina
Cordone interno B	B1	Via Napoli (ponte fiume Sabato)
Cordone interno B	B2	Via Principe di Napoli (ponte Fiume Calore)
Cordone interno B	B3	Via dei Longobardi (ponte Fiume Calore)
Cordone interno B	B4	Via Ponticelli
Cordone interno B	B5	Via F. Hirsch
Cordone interno B	B6	Via A. Paoletta
Cordone interno B	B7	Viale Mellusi (parte alta)
Cordone interno B	B8	Viale Atlantici (parte alta)
Cordone interno B	B9	Via delle Puglie (parte alta)
Cordone interno B	B10	Via dei Mulini - Piano Morra
Cordone interno B	B11	Via Martiri d'Ungheria
Screen line C	C1	Tangenziale Est (dopo BN centro)
Screen line C	C2	Via del Pomerio
Screen line C	C3	Via Torre della Catena (zona S.M. Grazie)
Screen line C	C4	Tangenziale Ovest (dopo R.L.)
Screen line C	C5	Tangenziale Ovest (prima di Stadio)
Screen line C	C6	Tangenziale Est (prima di BN centro)
Screen line C	C7	Via dei Dauni

Tabella 4.1 – Lista tratte stradali su cui effettuare i conteggi (continua)

Tipologia	Codice Sezione	Localizzazione
Screen line D	D1	Via R. Delcogliano
Screen line D	D2	Via A. Meomartini
Screen line D	D3	Via N. Sala
Screen line D	D4	Via S. Pasquale
Screen line D	D5	Via Valfortore
Screen line D	D6	Via F. Compagna
Zona Ferrovia F	F1	Via Grimoaldo Re
Zona Ferrovia F	F2	Via Adua
Zona Ferrovia F	F3	Via C. Nuzzolo
Zona Ferrovia F	F4	Viale Principe di Napoli
Zona Ferrovia F	F5	Via XXV Luglio
Zona Ferrovia F	F6	Lungo Calore M. Di Svevia
Zona Garibaldi G	G1	Via delle Puglie (parte bassa)
Zona Garibaldi G	G2	Via G. Rummo
Zona Garibaldi G	G3	Via Torre della Catena (zona poste)
Zona Garibaldi G	G4	Viale dell'Università
Zona Garibaldi G	G5	Viale dei Rettori
Zona Garibaldi G	G6	Via E. Goduti
Zona Garibaldi G	G7	Corso Dante
Zona Garibaldi G	G8	Via Posillipo
Zona Garibaldi G	G9	Via Port'Arsa
Zona Libertà L	L1	Via M. Pacifico
Zona Libertà L	L2	Via T. Mommsen
Zona Libertà L	L3	Via Napoli
Zona Libertà L	L4	Via Cavour
Zona Libertà L	L5	Via Santa Colomba
Zona Libertà L	L6	Lungo Sabato don E. Matarazzo
Zona Libertà L	L7	Via Casselli
Zona Mellusi M	M1	Viale Atlantici (parte bassa)
Zona Mellusi M	M2	Viale Mellusi (parte bassa)
Zona Mellusi M	M3	Via N. Calandra
Zona Mellusi M	M4	Via Mustilli
Zona Mellusi M	M5	Via S. Pertini
Zona Mellusi M	M6	Via M. Schipa
Zona Mellusi M	M7	Via M. Vetrone
Zona Mellusi M	M8	Via Vanvitelli
Zona Mellusi M	M9	Via Giustiniani
Zona Mellusi M	M10	Via Perasso
Zona Pacevecchia P	P1	Via Avellino
Zona Pacevecchia P	P2	Via Pacevecchia
Zona Pacevecchia P	P3	Viale A. Moro (parte bassa)
Zona Pacevecchia P	P4	Via Bachelet
Zona Pacevecchia P	P5	Via Fratelli Rosselli
Zona Pacevecchia P	P6	Viale A. Moro (parte alta)
Zona Pacevecchia P	P7	Via Intorcia

Tabella 4.1 – Lista tratte stradali su cui effettuare i conteggi

Ciascun segmento ha generato 1 o 2 sezioni di conteggio a seconda del numero di sensi di marcia; la lista delle sezioni di conteggio, risultate in totale pari a 139, con relativa codifica e descrizione dettagliata, è riportata nell'Allegato 3.

Il codice della sezione di conteggio è costituito da una lettera maiuscola seguita da un numero progressivo e, dopo un trattino, da un numero che può essere 1 o 2 (esempio: A7-1); la lettera classifica le sezioni di conteggio in base alla loro localizzazione, secondo la seguente codifica:

- *A: cordone esterno*; rappresenta le sezioni di conteggio relative al cordone (confine) dell'area di studio; questi conteggi sono necessari alla stima della domanda di trasporto di scambio e di attraversamento;
- *B: cordone interno*; rappresenta le sezioni di conteggio relative ad un cordone che delimita la zona del centro storico di Benevento;
- *C e D: screen lines*; rappresentano delle sezioni di conteggio relative a "linee di valico" che attraversano da una parte all'altra la città;
- *F: zona Ferrovia*; rappresentano le ulteriori sezioni di conteggio individuate all'interno del rione ferrovia;
- *G: zona Garibaldi*; rappresentano le ulteriori sezioni di conteggio individuate all'interno della zona centrale del Comune di Benevento intorno all'area pedonalizzata di Corso Garibaldi;
- *L: zona Libertà*; rappresentano le ulteriori sezioni di conteggio individuate all'interno Rione Libertà;
- *M: zona Mellusi*; rappresentano le ulteriori sezioni di conteggio individuate all'interno della zona Mellusi;
- *P: zona Pacevecchia*; rappresentano le ulteriori sezioni di conteggio individuate all'interno della zona Pacevecchia.

Le sezioni di conteggio coprono le diverse zone della rete stradale del Comune di Benevento ed il loro numero è tale da consentire degli ottimi risultati nella fase di correzione della matrice OD.

In Figura 4.1 si riporta la localizzazione delle sezioni di conteggio, implementate sul software *Omnitrans 5*, classificate in base alla loro localizzazione. La Tavola 3 riporta la localizzazione delle sezioni di conteggio.

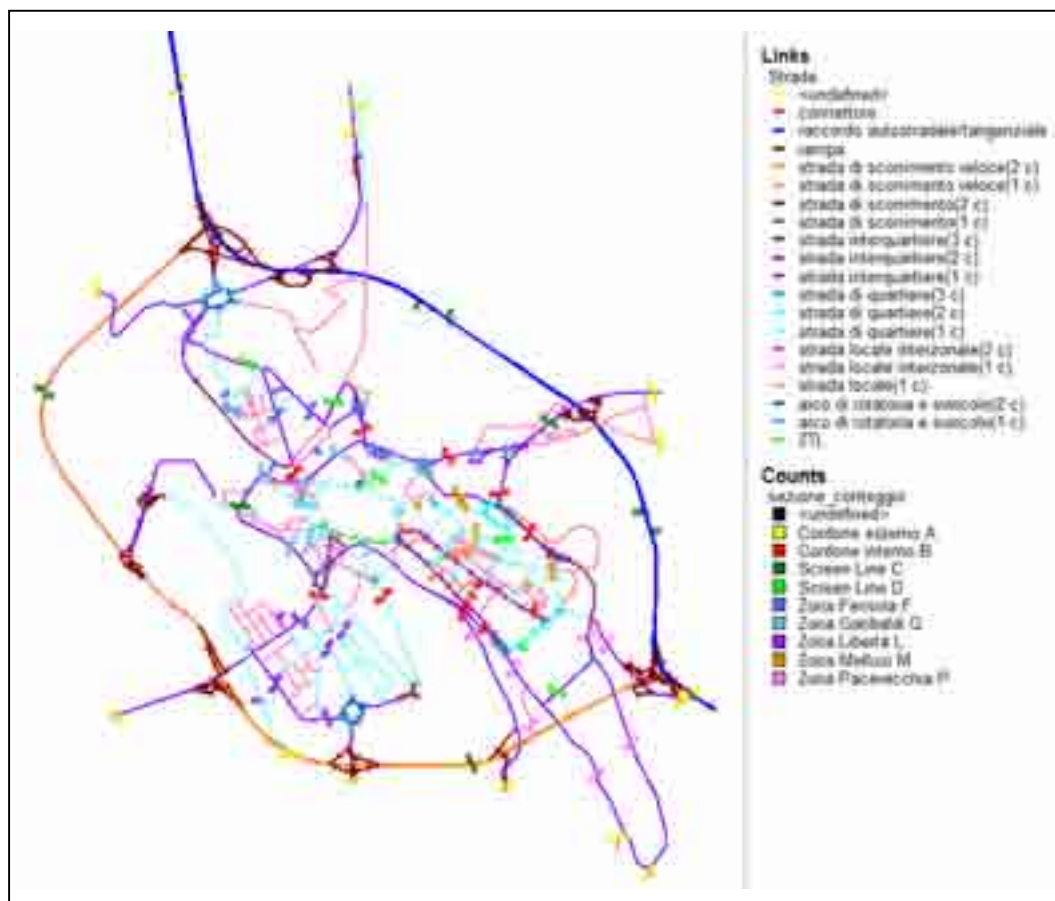


Figura 4.1 – Localizzazione sezioni di conteggio

#### 4.4 Preparazione delle schede di conteggio e delle istruzioni per i rilevatori

Per ogni fascia oraria è stata predisposta una scheda di conteggio “tipo”; le schede fornite ai rilevatori sono state pre-compilate con tutte le informazioni necessarie ad individuare con precisione la sezione di conteggio e la persona che effettua il rilievo, e con dei codici per l’individuazione univoca della scheda; in particolare le “schede tipo” predisposte sono le seguenti:



- *scheda tipo fascia oraria di punta del mattino*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 15' dalle 7:00 alle 9:30;
- *scheda tipo ora di punta del mattino*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 15' dalle 7:45 alle 8:45;
- *scheda tipo fascia giornaliera 1 (9:30-13:00)*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 30' dalle 9:30 alle 13:00;
- *scheda tipo fascia giornaliera 2 (13:00-16:30)*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 30' dalle 13:00 alle 16:30;
- *scheda tipo fascia giornaliera 3 (16:30-19:30)*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 30' dalle 16:30 alle 19:30;
- *scheda tipo fascia giornaliera 4 (19:30-22:30)*: consente il conteggio dei flussi di traffico ogni 30' dalle 19:30 alle 22:30.

Le schede sono riportate nell'Allegato 4.

Ciascuna scheda consente il rilievo per ogni periodo di 15' o di 30', a seconda dei casi, delle autovetture, dei veicoli merci leggeri e dei veicoli merci pesanti.

Ogni scheda riporta, inoltre, le seguenti informazioni:

- *numero della scheda*: è un numero progressivo che individua univocamente la scheda;
- *data*: riporta il giorno in cui è stato effettuato il conteggio dei flussi;
- *arco stradale*: è un campo che associa al conteggio l'arco del grafo corrispondente;
- *codice sezione*: rappresenta il codice della sezione di conteggio;
- *ubicazione*: riporta la descrizione del luogo della sezione di conteggio e del relativo verso di percorrenza;
- *da ... a*: consente al rilevatore di segnare un verso di percorrenza diverso da quello riportato nell'ubicazione, nel caso riscontri differenze sul campo;
- *rilevatore n.*: riporta il numero attribuito ad ogni rilevatore;

- *rilevatore*: riporta il cognome del rilevatore;
- *firma rilevatore*: spazio libero per la firma del rilevatore.

Sulle schede relative alle fasce orarie è lasciato uno spazio per eventuali note del rilevatore.

Ad ogni rilevatore, oltre alle schede di conteggio, sono state fornite delle istruzioni sintetiche da utilizzare per il rilievo; tali istruzioni sono riportate anche esse nell'Allegato 4.

Ad ogni scheda è associato un foglio di localizzazione della sezione di conteggio che riporta, con l'ausilio di idonea cartografia, la localizzazione precisa sul territorio della sezione di conteggio; è stato preparato un foglio di localizzazione per ciascuna delle sezioni di conteggio, associato alla relativa scheda e consegnato unitamente a questa al rilevatore. Esempi di localizzazione sono riportati nell'Allegato 4.

#### **4.5 Individuazione ed addestramento dei rilevatori**

Sono stati incaricati di effettuare i conteggi dei flussi di traffico 12 persone (rilevatori); i rilevatori sono stati istruiti su come effettuare le operazioni di conteggio e sull'utilizzo del materiale loro assegnato in un incontro presso l'Assessorato ai Trasporti del Comune di Benevento; ad ogni rilevatore è stato fornito il calendario dei conteggi, le schede relative ai conteggi da effettuare, con i relativi fogli di localizzazione, le istruzioni per il conteggio, un tesserino di riconoscimento, un gilet catarifrangente, una penna ed un supporto rigido su cui appoggiare le schede di rilievo.

Sulle strade a doppio senso di circolazione i rilevatori hanno lavorato in coppia, uno per ciascun senso di marcia, mentre sulle strade a senso unico hanno lavorato singolarmente.

## 4.6 Calendario dei rilievi

I rilievi dei flussi di traffico sono stati effettuati in giorni feriali durante i quali il traffico urbano non è stato perturbato da eventi straordinari (scioperi, manifestazioni cittadine, chiusura delle scuole, ecc.).

## 4.7 Metodologie di caricamento ed analisi dei dati

I dati raccolti con le schede di conteggio sono stati caricati in formato .xls; sono stati predisposti diversi fogli elettronici di Excel, rispettivamente per il caricamento dei dati relativi alla fascia oraria di punta del mattino, all'ora di punta del mattino ed all'intera giornata.

Il caricamento in formato .xls consente una rapida fase di analisi dei dati e di costruzione di grafici rappresentativi dell'andamento della domanda di mobilità.

Le principali analisi dei dati sono le seguenti:

- esame dei conteggi della fascia oraria di punta del mattino; l'analisi ha condotto ad individuare l'ora di punta del mattino;
- esame dei conteggi relativi all'intera giornata; le analisi hanno condotto ad individuare le altre ore di punta della giornata, la loro entità relativa rispetto all'ora di punta del mattino e la direzionalità oraria dei flussi di traffico (risultano, infatti, generalmente differenti gli andamenti del traffico sulle strade che conducono verso il centro storico, con punte maggiori al mattino, rispetto alle strade che conducono al di fuori del centro storico, che presentano punte maggiori al pomeriggio);
- esame dei conteggi relativi all'ora di punta del mattino; hanno consentito di individuare le situazioni di maggiore e minore criticità, note le caratteristiche geometriche e di capacità degli archi stradali.

### *4.7.1 Esame dei conteggi della fascia oraria di punta del mattino ed individuazione dell'ora di punta*

I conteggi nella fascia oraria di punta del mattino sono stati effettuati su 31 sezioni di conteggio, 5 relative a tratte di strada a senso unico e 26 relative ai due sensi di

marcia di 13 tratte di strada a doppio senso di percorrenza. Tali conteggi sono stati utilizzati per individuare con precisione l'ora di punta del mattino; essi sono stati effettuati in sottoperiodi di 15' (7:00-7:15, 7:15-7:30, ecc.) dalle ore 7:00 alle ore 9:30. L'esame dei risultati ha consentito di individuare l'ora di punta dalle 7:45 alle 8:45, come il periodo di tempo di 4 intervalli consecutivi di 15' cui corrisponde il massimo flusso orario. In Figura 4.2 si riporta l'andamento dei flussi di traffico dalle 7:00 alle 9:30, come somma dei flussi di traffico sulle 31 sezioni di conteggio su cui sono stati rilevati i flussi nella fascia oraria di punta.

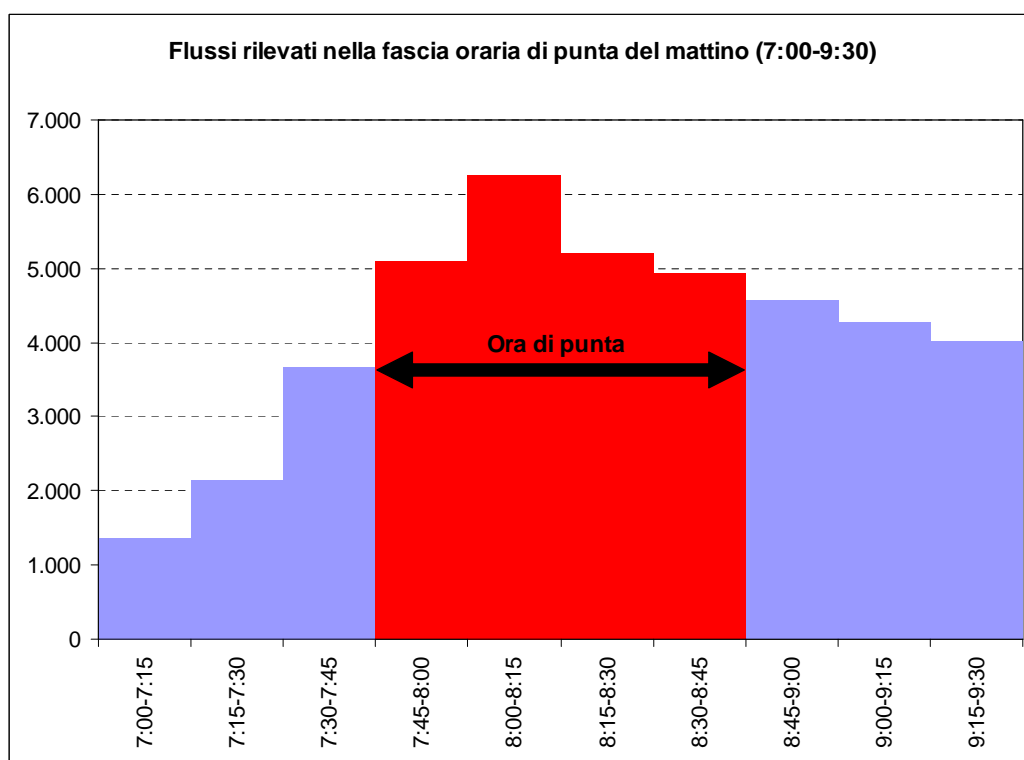


Figura 4.2 – Individuazione ora di punta

#### 4.7.2 Esame dei conteggi relativi all'intera giornata

Le indagini condotte sull'intero arco della giornata (7:00 – 22:30) hanno consentito di verificare l'andamento del traffico anche nelle fasce orarie diverse dalla fascia oraria di punta del mattino e di individuare altre ore di punta della giornata e la loro entità rispetto a quella mattutina.

I conteggi per l'intera giornata sono stati effettuati su due sezioni stradali di particolare rilevanza per la mobilità cittadina: Ponte Santa Maria degli Angeli e

Ponte Vanvitelli; tali conteggi consentono di evidenziare una diversa direzionalità della domanda di trasporto tra le fasce orarie del mattino e quelle pomeridiane.

In particolare i flussi di traffico rivolti verso il centro hanno mostrato una maggiore intensità nelle ore di punta del mattino mentre i flussi nel verso opposto presentano punte in orari differenti, soprattutto negli orari di ritorno dal lavoro.

In Figura 4.3 e 4.4 si riportano gli andamenti dei flussi di traffico sulle sezioni di conteggio verso il centro e verso la periferia, con evidenziate le diverse fasce orarie di punta. E' da precisare che tali risultati, essendo relativi a due sole sezioni di conteggio sono rappresentative in maniera qualitativa degli spostamenti verso il centro e verso la periferia, utili per la definizione degli scenari, ma non rappresentativi necessariamente della mobilità complessiva.

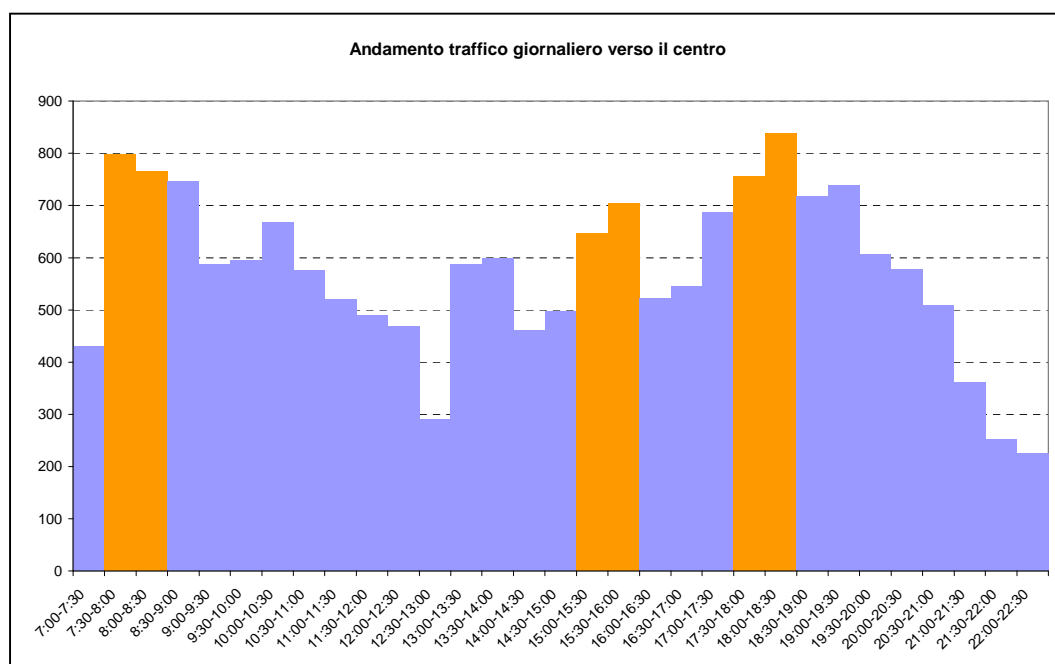


Figura 4.3 – Andamento giornaliero flussi di traffico verso il centro

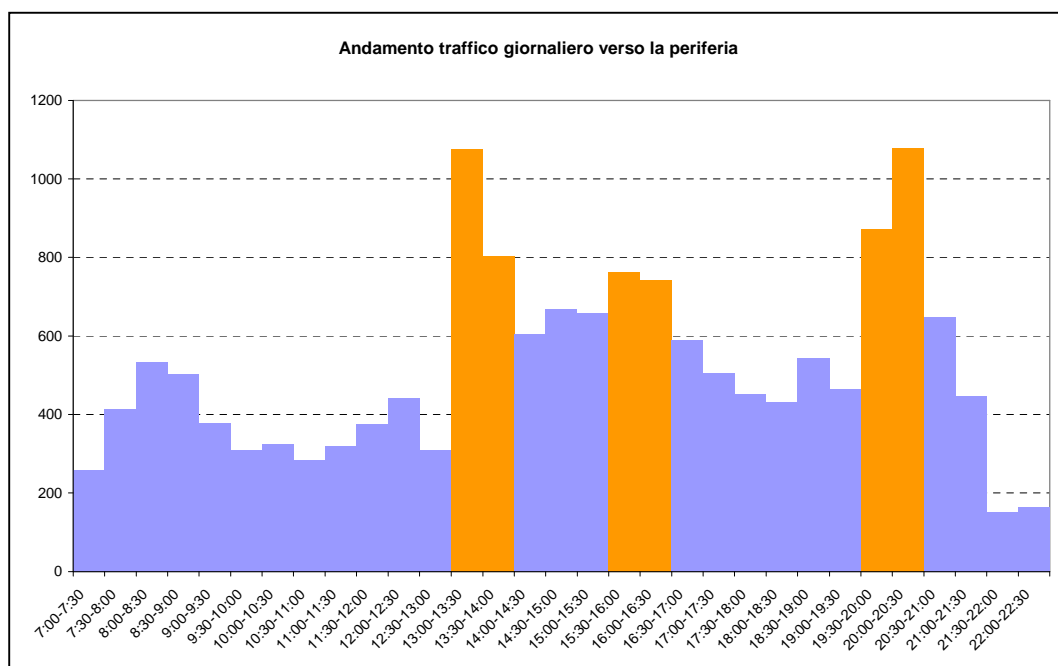


Figura 4.4 – Andamento giornaliero flussi di traffico verso la periferia

#### 4.7.3 Esame dei conteggi relativi all'ora di punta del mattino

Di particolare importanza per stima e la correzione della matrice OD sono i conteggi effettuati nell'ora di punta del mattino (7:45-8:45), relativi alle sole autovetture. Tali conteggi, come detto, sono stati effettuati su tutte le 139 sezioni di rilievo. In Tabella 4.2 si riportano i valori dei flussi di traffico conteggiati su tutte le sezioni in termini di autovetture/ora, riferiti all'ora di punta.

I valori dei flussi conteggiati sono stati implementati, associandoli alle singole sezioni di conteggio, nel modello di offerta costruito con il software Omnitrans 5; essi sono stati, poi, utilizzati per la stima e la correzione della matrice OD (vedi Capitolo 5).

Sezione di conteggio	Veic/ora	Sezione di conteggio	Veic/ora	Sezione di conteggio	Veic/ora
A1-1	730	C1-1	779	G8-2	170
A1-2	377	C1-2	1016	G9-1	216
A2-1	1067	C2-1	121	G10-1	597
A2-2	593	C3-1	424	G10-2	462
A3-1	266	C3-2	290	G11-1	412
A3-2	119	C4-1	492	G11-2	630
A4-1	679	C4-2	259		
A4-2	341	C5-1	1213	L1-1	185
A5-1	195	C5-2	641	L2-1	93
A5-2	104	C6-1	503	L3-1	605
A6-1	602	C6-2	701	L3-2	336
A6-2	798	C7-1	690	L4-1	361
A7-1	350	C7-2	319	L4-2	241
A7-2	148			L5-1	192
A8-1	292	D1-1	295	L5-2	381
A8-2	130	D1-2	485	L6-1	333
A9-1	230	D2-1	1395	L6-2	100
A9-2	123	D3-1	537	L7-1	201
A10-1	200	D3-2	417	L7-2	304
A10-2	93	D4-1	454		
A11-1	605	D4-2	81	M1-1	1152
A11-2	676	D5-1	220	M2-1	935
A12-1	190	D5-2	195	M3-1	277
A12-2	57	D6-1	1012	M3-2	242
A13-1	1000	D6-2	484	M4-1	468
A13-2	387			M4-2	425
A14-1	138	F1-1	610	M5-1	393
A14-2	131	F2-1	115	M6-1	370
		F2-2	99	M6-2	909
B1-1	890	F3-1	146	M7-1	487
B1-2	246	F4-1	323	M7-2	417
B2-1	485	F4-2	462	M8-1	225
B2-2	630	F5-1	469	M9-1	200
B3-1	811	F5-2	466	M10-1	1300
B3-2	739	F6-1	484		
B4-1	507			P1-1	476
B4-2	265	G1-1	601	P1-2	318
B5-1	797	G1-2	571	P2-1	802
B5-2	536	G2-1	589	P2-2	527
B6-1	1105	G2-2	695	P3-1	900
B6-2	1369	G3-1	255	P3-2	1330
B7-1	2096	G3-2	302	P4-1	541
B8-1	1059	G4-1	236	P4-2	799
B9-1	455	G4-2	371	P5-1	557
B9-2	551	G5-1	318	P5-2	304
B10-1	313	G6-1	799	P6-1	658
B10-2	210	G6-2	524	P6-2	865
B11-1	276	G7-1	735	P7-1	625
B11-2	221	G8-1	651	P7-2	373

Tabella 4.2 – Conteggi nell'ora di punta (autovetture/ora)

## 5. STIMA DELLA DOMANDA DI MOBILITÀ

### 5.1 Introduzione

In questo capitolo si descrivono le attività svolte per la stima e la correzione della domanda di mobilità, in base ai dati ISTAT ed ai conteggi dei flussi di traffico effettuati come descritto nel Capitolo 4.

Le fasi che hanno condotto alla stima della matrice OD, utilizzata per le simulazioni della situazione attuale e dei diversi scenari, sono le seguenti:

- stima da modello di una matrice OD degli spostamenti interni all'area di studio; tale matrice è stimata in funzione dei dati ISTAT utilizzando modelli matematici calibrati per altre realtà italiane;
- stima da modello di una matrice OD degli spostamenti di scambio (tra l'area di studio e l'ambiente esterno) e di attraversamento (dell'area di studio); tali matrici sono state stimate in base ai risultati dei conteggi al cordone esterno dell'area di studio (sezioni di conteggio A) e dei dati ISTAT sugli spostamenti intercomunali tra il Comune di Benevento e l'ambiente esterno;
- unione delle 4 matrici così generate per ottenere una matrice OD complessiva;
- correzione della matrice OD così ottenuta utilizzando i rilievi sui flussi di traffico.

Nei paragrafi successivi sono descritte le fasi sopra elencate.



## **5.2 Stima da modello di una matrice OD degli spostamenti interni all'area di studio**

La stima di una matrice Origine-Destinazione (OD) iniziale è fondamentale per poterla poi correggere in base ai dati dei conteggi dei flussi di traffico; tale matrice iniziale può essere stimata con modelli matematici calibrati su realtà simili a quella oggetto di studio o, se disponibile, si può utilizzare una matrice stimata in studi di traffico svolti di recente.

Non essendo disponibili matrici OD recenti, è stato necessario stimare con dei modelli matematici la matrice OD, che sintetizza, come noto, il numero di spostamenti che avvengono da ogni zona di origine ad ogni zona di destinazione e, pertanto, la domanda di trasporto. I modelli matematici sono utilizzati per stimare gli spostamenti che avvengono tra le zone interne all'area di studio.

La domanda di trasporto è caratterizzata da un motivo dello spostamento, connesso all'attività da svolgere in destinazione, da un periodo di riferimento e da un modo di trasporto.

I motivi dello spostamento possono essere distinti in due categorie: motivi di tipo sistematico (casa-lavoro, casa-scuola) e motivi non sistematici (casa-acquisti, casa-svago, ecc.).

Il periodo di riferimento rappresenta l'intervallo temporale in cui avvengono gli spostamenti; nel caso in oggetto l'ora di punta del mattino 7:45-8:45 del giorno feriale medio.

Per modo di trasporto si intende la modalità utilizzata per effettuare lo spostamento stesso; in particolare, per gli scopi del presente lavoro, si prende in considerazione solo la modalità di spostamento che prevede l'uso dell'auto privata.

Le fasi preliminari di individuazione dell'area di studio e di zonizzazione sono state descritte nel Capitolo 2.

Il modello utilizzato per la stima della matrice OD si inserisce nell'ampia letteratura del settore, utilizzando una serie di sottomodelli calibrati mediante appositi studi condotti in realtà territoriali assimilabili, almeno per grandi linee, al contesto in esame. Nel seguito si descriveranno i modelli adoperati, motivando le scelte del tipo di modello anche in funzione dei dati disponibili per la loro applicazione.

La matrice OD è la rappresentazione numerica dell'insieme degli spostamenti che si svolgono all'interno dell'area di studio durante un determinato periodo di riferimento. Ciascun elemento  $i,j$  della matrice rappresenta il numero di spostamenti, ossia la domanda, che ha come origine la zona  $i$  e destinazione la zona  $j$ . Tali spostamenti possono avvenire in diversi momenti della giornata, per diversi motivi ed adoperando le varie modalità disponibili.

Per valutare gli spostamenti con le loro caratteristiche è necessario definire un sistema di modelli che riproduca la generazione degli spostamenti, la loro distribuzione nell'area di studio (ovvero la scelta della destinazione) e la scelta del modo di trasporto tra le diverse coppie OD. La struttura modellistica che riproduce tali scelte è il sistema di modelli ad aliquote parziali, così detto perché suddivide in fattori le principali dimensioni di scelta simulate.

Formalmente, dette  $o$  la zona d'origine dello spostamento,  $d$  la sua destinazione,  $m$  il modo scelto,  $s$  il motivo e  $h$  la fascia oraria d'inizio dello spostamento, il modello generale può essere formulato come segue:

$$d(o,d,m,s,h) = d(o/s,h) \cdot p(d/o,s,h) \cdot p(m/o,d,s,h)$$

dove il termine al primo membro rappresenta il numero di spostamenti effettuati da un'origine  $o$  verso una destinazione  $d$  con il modo  $m$ , per il motivo  $s$  durante la fascia oraria  $h$ , mentre i fattori del prodotto al secondo membro rappresentano rispettivamente:

- il numero di spostamenti generati dalla zona di origine  $o$  per il motivo  $s$  durante la fascia oraria  $h$ ;

- la probabilità, o percentuale, che tali spostamenti generati da  $o$  scelgano la destinazione  $d$ ;
- la probabilità, o percentuale, che coloro che si muovono sulla coppia  $od$  scelgano il modo  $m$  per effettuare lo spostamento.

Questa struttura modellistica consente la valutazione delle variazioni di domanda in tutte le dimensioni (generazione, distribuzione, scelta modale) come effetto di variazioni di variabili indipendenti (caratteristiche demografiche e socioeconomiche, o caratteristiche di livello di servizio dell'offerta di trasporto).

In tale studio non è stata modellizzata esplicitamente la scelta modale, in funzione degli attributi di livello di servizio dei vari modi alternativi, ma sono state applicate in maniera globale le percentuali di ripartizione modale desumibili dalle fonti ISTAT.

In particolare, essendo di interesse la simulazione della sola modalità di trasporto che prevede l'uso dell'auto privata, si è applicato alla matrice OD relativa a tutti i modi di trasporto un coefficiente di riduzione pari a 0,9, che tiene conto che gli spostamenti all'interno del Comune di Benevento utilizzano per solo il 10 % il sistema di trasporto collettivo.

Per la stima della domanda di mobilità interna all'area di studio si sono utilizzati i primi due sottomodelli del modello ad aliquote parziali prima descritto. In particolare la domanda di spostamenti  $d(o,d,s,h)$  tra l'origine  $o$  e la destinazione  $d$  per il motivo  $s$  nella fascia oraria  $h$  è stata espressa come:

$$d(o,d,s,h) = d(o/s,h) \cdot p(d/o,s,h)$$

dove:

$d(o/s,h)$  rappresenta il numero di spostamenti emessi dall'origine  $o$  per il motivo  $s$  nella fascia oraria  $h$ ; tali spostamenti sono stati stimati tramite il modello di generazione;

$p(d/o,s,h)$  rappresenta la percentuale di tali spostamenti diretti verso la destinazione  $d$ ; tale percentuale è stata stimata con un modello di distribuzione.

### 5.2.1 Il modello di generazione

Il modello di generazione stima il numero di spostamenti emessi, per un determinato motivo e in fissata fascia oraria, da ciascuna zona dell'area di studio.

Esso è ottenuto come somma del numero medio di spostamenti effettuati dagli utenti appartenenti alle diverse categorie socio-economiche e residenti nella zona. Il numero medio di spostamenti effettuati dagli utenti di ciascuna categoria è ottenuto moltiplicando il numero medio di spostamenti effettuato da ciascun elemento della categoria per il numero di elementi appartenenti alla categoria stessa. Il numero di elementi di ciascuna categoria presenti in ogni zona è desumibile dai dati ISTAT, mentre il numero medio di spostamenti effettuati nella fascia oraria di riferimento può essere ottenuto da modelli calibrati in altre realtà.

La gran parte dei modelli di generazione applicati nella pratica professionale possono essere ricondotti ad una semplice formulazione nella quale le persone presenti in ciascuna zona vengono suddivise in classi in funzione delle loro caratteristiche socioeconomiche e viene valutato il livello di domanda attraverso gli spostamenti che mediamente compiono gli elementi di ciascuna classe socioeconomica per i diversi motivi.

Formalmente, detta  $c$  la generica categoria socioeconomica,  $s$  il motivo dello spostamento,  $mc(s)$  il numero di spostamenti medio giornaliero di ciascun elemento della categoria  $c$  per il motivo  $s$ ,  $nc(o)$  il numero di residenti nell'origine  $o$  ed appartenenti alla categoria  $c$ ,  $p_{h,s}$  la percentuale di domanda che viene generata durante la fascia oraria  $h$  per il motivo  $s$ , la domanda totale generata dall'origine  $o$  per il motivo  $s$  può essere stimata come:

$$d(o/s,h) = \sum_c nc(o) \cdot mc(s) \cdot p_{h,s}$$

I modelli che valutano l'entità degli spostamenti di ogni singolo componente delle diverse classi socioeconomiche considerate sono fondamentalmente di due famiglie: *descrittivi* e *comportamentali*. Mentre i primi semplicemente riproducono il valore della generazione attraverso relazioni statistico-descrittive più o meno complesse, i secondi simulano le scelte effettuate dagli individui, in termini di numero di spostamenti da effettuare per un determinato motivo, in funzione di caratteristiche socioeconomiche degli stessi individui, della zona di residenza e del sistema dei trasporti.

A differenza dei descrittivi, i modelli comportamentali hanno la capacità di valutare, compiutamente e congruamente con le ipotesi sul comportamento degli individui, l'elasticità della domanda in funzione delle variazioni delle caratteristiche sia territoriali che, soprattutto, del sistema dei trasporti. Nel contempo, però, questi richiedono da un lato basi dati generalmente più ampie e/o più complesse di quelle relative ai modelli descrittivi, dall'altro una maggiore difficoltà computazionale. Il loro uso, quindi, è particolarmente raccomandato quando gli interventi in esame modificano, nell'intervallo temporale cui ci si riferisce, le scelte degli utenti in maniera sensibile e diventa necessario valutarne gli impatti sull'utenza.

Per i motivi sopra esposti e sicuramente per la loro indubbia semplicità di applicazione, nella pratica professionale è oramai ampiamente condiviso l'uso di modelli statistico-descrittivi nella definizione del modello di previsione della generazione degli spostamenti a breve termine temporale.

Per la stima degli spostamenti emessi per motivi non sistematici si è allora fatto uso di un modello indice per categorie e si sono utilizzati come parametri di emissione quelli riportati nella Tabella 5.1, desunti da studi condotti in contesti analoghi a quello in esame.

I dati socioeconomici utilizzati per alimentare il modello, desunti dal database ISTAT relativo al Censimento della popolazione e dell'industria e dei servizi del 2001, sono riportati per ciascuna zona nella Tabella 5.2.

I risultati dell'applicazione del modello di generazione sono riportati nella Tabella 5.3.

Motivo	Descrizione	Categoria socio-economica	mc(s)	$p_{h,s}$
C-L	Casa-Lavoro	Attivo industria	1,024	0,35
		Attivo servizi pubblici	1,245	0,35
		Attivo servizi privati	0,931	0,35
C-S	Casa-Studio	Studenti medie	0,87	0,84
		Studenti superiori	0,86	0,84
C-Aq	Casa-Acquisti	Famiglie-acquisto beni non durevoli	0,25	0,3
		Famiglie-acquisto beni durevoli	0,11	0,3
C-SP	Casa-Servizi Personali	Famiglie	0,16	0,21
C-AP	Casa-Accompagnamento Persone	Famiglie	0,11	0,3
C-AL	Casa-Altro	Famiglie	0,13	0,3

Tabella 5.1 – Parametri del modello di generazione

ZONA	Attivi industria	Attivi servizi	Attivi servizi pubblici	Attivi servizi privati	Studenti medie	Studenti superiori	Famiglie
1	7	26	22	4	6	9	49
2	22	72	47	25	23	19	108
3	30	120	76	44	33	27	166
4	64	306	217	89	80	72	308
5	94	200	127	73	77	47	312
6	57	136	82	54	51	44	226
7	3	32	24	8	5	4	25
8	29	82	56	26	22	7	85
9	17	51	31	20	17	14	72
10	70	327	226	101	56	45	407
11	33	265	183	82	53	33	338
12	19	64	44	20	27	15	101
13	12	128	74	54	18	14	189
14	13	70	44	26	12	16	92
15	25	286	201	85	42	29	289
16	23	86	52	34	10	15	114
17	27	109	58	51	34	23	135
18	119	323	218	105	150	113	573
19	100	248	126	122	100	60	506
20	70	152	90	62	64	73	257
21	17	45	31	14	26	21	111
22	10	63	23	40	10	6	93
23	31	87	49	38	18	16	147
24	11	117	64	53	26	12	153
25	78	166	105	61	70	52	331
26	51	209	119	90	50	34	259
27	31	97	63	34	31	22	147

Tabella 5.2 – Dati socio-economici utilizzati nel modello di generazione (continua)

ZONA	Attivi industria	Attivi servizi	Attivi servizi pubblici	Attivi servizi privati	Studenti medie	Studenti superiori	Famiglie
28	61	103	69	34	51	43	265
29	89	173	95	78	68	35	360
30	123	350	213	137	127	90	727
31	72	346	233	113	77	72	489
32	4	1	0	1	0	0	11
33	34	209	129	80	40	32	305
34	19	176	97	79	29	30	258
35	3	62	35	27	8	3	72
36	57	126	75	51	52	54	223
37	40	211	134	77	46	30	341
38	13	55	30	25	14	7	88
39	15	109	68	41	36	14	172
40	27	77	46	31	15	11	112
41	7	38	20	18	5	1	65
42	14	83	44	39	19	6	114
43	55	305	206	99	65	48	459
44	18	49	28	21	7	5	77
45	129	411	266	145	124	105	686
46	61	420	277	143	72	67	345
47	90	190	133	57	71	90	356
48	24	216	158	58	38	43	159
49	0	0	0	0	0	0	0
50	43	198	146	52	58	39	192
51	18	192	143	49	26	22	197
52	57	324	221	103	54	55	471
53	48	392	263	129	63	44	539
54	64	244	161	83	67	48	349
55	27	114	67	47	20	11	202
56	16	158	108	50	22	13	219
57	53	241	155	86	55	45	356
58	28	323	245	78	42	37	437
59	59	274	189	85	45	54	386
60	60	316	193	123	75	65	400
61	81	457	283	174	68	55	483
62	24	205	150	55	47	51	147
63	89	194	110	84	69	41	337
64	42	122	69	53	41	35	241
65	43	176	107	69	52	36	186
66	223	1126	786	340	285	234	1192

Tabella 5.2 – Dati socio-economici utilizzati nel modello di generazione

ZONA	Emessi C-L	Emessi C-S (inf)	Emessi C-S (sup)	Emessi C-Aq	Emessi C-SP	Emessi C-AP	Emessi C-AL	Totale emessi
1	13	4	7	5	2	2	2	30
2	37	17	14	12	4	4	4	73
3	58	24	20	18	6	5	6	113
4	146	58	52	33	10	10	12	264
5	113	56	34	34	10	10	12	213
6	74	37	32	24	8	7	9	154
7	14	4	3	3	1	1	1	22
8	43	16	5	9	3	3	3	66
9	26	12	10	8	2	2	3	52
10	156	41	33	44	14	13	16	276
11	118	39	24	37	11	11	13	214
12	32	20	11	11	3	3	4	65
13	54	13	10	20	6	6	7	105
14	32	9	12	10	3	3	4	64
15	124	31	21	31	10	10	11	207
16	42	7	11	12	4	4	4	77
17	52	25	17	15	5	4	5	97
18	172	110	82	62	19	19	22	376
19	130	73	43	55	17	17	20	282
20	85	47	53	28	9	8	10	192
21	24	19	15	12	4	4	4	63
22	27	7	4	10	3	3	4	51
23	45	13	12	16	5	5	6	88
24	49	19	9	17	5	5	6	90
25	94	51	38	36	11	11	13	202
26	99	37	25	28	9	9	10	179
27	50	23	16	16	5	5	6	97
28	63	37	31	29	9	9	10	151
29	99	50	25	39	12	12	14	201
30	182	93	65	79	24	24	28	402
31	164	56	52	53	16	16	19	321
32	2	0	0	1	0	0	0	4
33	94	29	23	33	10	10	12	183
34	75	21	22	28	9	9	10	152
35	25	6	2	8	2	2	3	43
36	70	38	39	24	7	7	9	156
37	98	34	22	37	11	11	13	192
38	26	10	5	10	3	3	3	50
39	48	26	10	19	6	6	7	95
40	40	11	8	12	4	4	4	72
41	17	4	1	7	2	2	3	32
42	37	14	4	12	4	4	4	66

Tabella 5.3 – Risultati del modello di generazione (continua)



ZONA	Emessi C-L	Emessi C-S (inf)	Emessi C-S (sup)	Emessi C-Aq	Emessi C-SP	Emessi C-AP	Emessi C-AL	Totale emessi
43	142	48	35	50	15	15	18	274
44	25	5	4	8	3	3	3	46
45	209	91	76	74	23	23	27	432
46	189	53	48	37	12	11	13	311
47	109	52	65	38	12	12	14	250
48	96	28	31	17	5	5	6	161
49	0	0	0	0	0	0	0	0
50	96	42	28	21	6	6	7	165
51	85	19	16	21	7	7	8	143
52	150	39	40	51	16	16	18	291
53	174	46	32	58	18	18	21	321
54	120	49	35	38	12	12	14	229
55	54	15	8	22	7	7	8	105
56	69	16	9	24	7	7	9	125
57	115	40	33	38	12	12	14	223
58	142	31	27	47	15	14	17	262
59	131	33	39	42	13	13	15	253
60	146	55	47	43	13	13	16	278
61	209	50	40	52	16	16	19	352
62	92	34	37	16	5	5	6	160
63	107	50	30	36	11	11	13	209
64	62	30	25	26	8	8	9	139
65	85	38	26	20	6	6	7	150
66	533	208	169	129	40	39	46	957

Tabella 5.3 – Risultati del modello di generazione

Per quanto riguarda la componente sistematica è opportuno confrontare i risultati del modello con il database della mobilità ISTAT. A tal proposito va detto che dai dati del censimento 2001 gli spostamenti emessi dal comune di Benevento per motivi di studio e lavoro nella fascia di punta del mattino risultano pari a 12.005 mentre l'elaborazione del modello di generazione applicato all'area di studio in esame, che contiene circa l'85% della popolazione di Benevento, fornisce per la fascia oraria in esame 7:45-8:45 un totale di 10.220 spostamenti di tipo sistematico, pari appunto a circa l'85% del totale ISTAT e 3.760 spostamenti di tipo non sistematico. Pertanto i risultati ottenuti, anche in vista della successiva fase di correzione della matrice OD con i flussi di traffico, possono ritenersi accettabili.

### 5.2.2 Il modello di distribuzione

Il modello di distribuzione stima le probabilità di scelta della zona di destinazione per tutti gli spostamenti originati da ciascuna zona di traffico, per un fissato motivo dello spostamento e durante un determinato intervallo di tempo.

Ciascuna zona, così come possiede una “capacità” di generazione, ha anche una “capacità” di attrazione che è funzione da un lato delle opportunità che essa offre per poter svolgere l’attività (motivo) che richiede lo spostamento, e dall’altro della facilità con cui è raggiungibile dalle zone di origine degli spostamenti.

Le caratteristiche che misurano l’attrazione della zona sono le “variabili di attrattività”, mentre quelle che misurano la difficoltà di collegamento con le altre zone sono le “variabili di impedenza”. Un qualsiasi modello di distribuzione deve contenerle entrambe. L’insieme delle variabili di attrattività e di impedenza, opportunamente pesate e combinate rappresentano l’accessibilità di ciascuna zona per un determinato motivo durante un intervallo di tempo di riferimento.

Nella pratica professionale vengono adoperati modelli di tipo Logit multinomiale, la cui espressione può essere scritta come segue:

$$p(d / osh) = \frac{\exp(Vd / osh)}{\sum_{d'} \exp(Vd' / osh)}$$

In essa l’argomento dell’esponenziale, detto “utilità sistematica”, riassume le variabili di attrattività della zona e di impedenza sulla coppia OD in una combinazione lineare pesata attraverso opportuni coefficienti.

Particolare attenzione deve essere posta nella definizione delle variabili quantitative che misurano l’attrattività; al fine di rendere il modello indipendente dalla zonizzazione su cui è stato calibrato, è opportuno che le variabili di attrattività siano tutte inserite come trasformata logaritmica. Nell’aggregazione di più zone, infatti, si sommano sia le caratteristiche di attrattività, sia le probabilità di scelta delle singole zone nella probabilità di scelta della zona aggregata. La relazione non lineare tra probabilità di scelta e attributi delle alternative nel modello Logit non permette il soddisfacimento di entrambe le condizioni. Il

passaggio al logaritmo delle caratteristiche additive delle zone permette la loro linearizzazione nell'espressione della probabilità. Analogamente, il termine di impedenza dovrebbe tenere in conto dell'intera offerta di trasporto sulle diverse modalità, attraverso una utilità media connessa con le caratteristiche di livello di servizio dei modi a disposizione sulla coppia OD considerata.

Nelle applicazioni raramente si riesce ad utilizzare un'espressione che tenga conto di quest'ultimo aspetto e si ritiene che la distribuzione degli spostamenti non si modifichi al variare dell'offerta di trasporto e che, di conseguenza, si possano approssimare le caratteristiche dell'offerta di trasporto attraverso una *proxy* quale la distanza su rete.

Utilizzando anche per l'attributo di impedenza la trasformata logaritmica si perviene per la probabilità di scelta della destinazione alla seguente espressione:

$$p(d / osh) = \frac{Add_{d,s}^{\beta_1} dist_{od}^{\beta_2}}{\sum_{d'} Add_{d',s}^{\beta_1} dist_{od'}^{\beta_2}}$$

dove:

$Add_{d,s}$  sono gli addetti relativi al motivo  $s$  presenti nella zona di destinazione  $d$ ;

$dist_{od}$  è la distanza su rete stradale tra il centroidi di origine,  $o$ , e di destinazione,  $d$ , dello spostamento;

$\beta_1$  e  $\beta_2$  sono i parametri del modello.

Si utilizza un modello di letteratura calibrato per stimare gli spostamenti all'interno della Regione Campania; gli attributi utilizzati ed i relativi parametri sono riportati in Tabella 5.4.

Gli addetti alle diverse attività misurano l'attrattività di ciascuna zona rispetto ai diversi motivi dello spostamento. I valori degli addetti alle diverse attività sono stati ricavati dai dati ISTAT del censimento dell'industria e dell'artigianato.

I valori delle distanze su rete sono stati ricavati dal modello di offerta di trasporto attraverso la ricerca dei minimi percorsi su rete tra le diverse coppie origine-destinazione.

Motivo	Attributo attrattività	$\beta_1$	Attributo impedenza	$\beta_2$
C-L	totale addetti	1,02	distanza su rete	-0,7
C-S (inf)	addetti istruzione primaria	0,95	distanza su rete	-2,24
C-S (sup)	addetti istruzione secondaria	1,00	distanza su rete	-0,35
C-Aq	addetti al commercio	1,61	distanza su rete	-2,54
C-SP	addetti ai servizi	0,91	distanza su rete	-0,78
C-AP	addetti ai servizi	0,91	distanza su rete	-0,78
C-AL	addetti ai servizi	0,91	distanza su rete	-0,78

Tabella 5.4 – Parametri del modello di distribuzione

Note le probabilità di scelta è possibile ottenere le matrici OD relative ad ogni motivo moltiplicando per ogni origine gli emessi, depurati della componente di scambio interno-esterno (vedi paragrafo successivo), per la probabilità di scelta della destinazione.

Zona	Attratti C-L	Attratti C-S (inf)	Attratti C-S (sup)	Attratti C-Aq	Attratti C-SP	Attratti C-AP	Attratti C-AL
1	22	0	0	0	2	0	0
2	14	0	0	2	1	1	1
3	27	0	0	2	3	1	1
4	5	0	0	0	1	0	0
5	14	0	0	2	1	1	1
6	3	0	0	1	0	0	0
7	82	127	0	0	9	0	0
8	3	0	0	0	0	0	0
9	6	0	0	0	1	0	0
10	369	0	0	28	33	8	10
11	104	85	0	22	11	7	8
12	12	0	0	1	2	0	0
13	111	0	0	3	12	1	1
14	32	116	0	0	3	0	0
15	62	0	0	0	7	0	0
16	102	79	520	32	7	10	12
17	25	0	0	14	3	4	5
18	20	0	0	21	2	6	8
19	41	0	0	1	5	0	0
20	43	0	0	8	5	2	3
21	125	0	0	0	14	0	0
22	101	0	0	20	11	6	7
23	102	0	0	4	7	1	2

Tabella 5.5 – Spostamenti attratti da ciascuna zona di traffico (continua)

Zona	Attratti C-L	Attratti C-S (inf)	Attratti C-S (sup)	Attratti C-Aq	Attratti C-SP	Attratti C-AP	Attratti C-AL
24	87	0	0	1	10	0	0
25	31	0	0	1	4	0	0
26	25	0	0	20	3	6	7
27	23	0	0	2	3	1	1
28	6	0	0	0	1	0	0
29	29	0	0	1	4	0	0
30	31	231	0	44	3	14	16
31	180	99	0	16	17	5	6
32	4	0	0	1	0	0	0
33	102	0	0	6	9	2	2
34	105	0	0	115	10	35	42
35	173	0	0	282	16	86	102
36	12	0	0	0	1	0	0
37	174	0	0	140	16	43	51
38	34	0	0	3	4	1	1
39	60	0	0	0	7	0	0
40	64	98	0	9	7	3	3
41	121	106	0	0	13	0	0
42	101	0	0	11	11	4	4
43	210	0	0	95	21	29	34
44	89	0	0	22	9	7	8
45	186	0	0	42	16	13	15
46	123	130	0	26	12	8	10
47	22	0	0	1	2	0	0
48	10	0	0	0	1	0	0
49	109	0	0	0	12	0	0
50	4	0	0	1	1	0	0
51	37	0	0	72	3	22	26
52	216	0	321	68	18	21	25
53	120	0	0	25	12	8	9
54	45	143	0	0	3	0	0
55	324	75	0	61	31	19	22
56	291	191	403	49	24	15	18
57	144	137	0	92	12	28	33
58	156	281	0	76	14	23	28
59	52	0	0	82	5	25	30
60	71	61	0	13	6	4	5
61	217	0	0	70	20	21	25
62	9	0	0	4	1	1	1
63	64	69	348	19	4	6	7
64	24	0	0	0	3	0	0
65	4	0	0	0	0	0	0
66	32	0	0	34	3	10	12

Tabella 5.5 – Spostamenti attratti da ciascuna zona di traffico

Va poi precisato che la componente di scambio interno-esterno, stimata nel paragrafo successivo, è stata ripartita tra i vari motivi proporzionalmente agli emessi da ciascuna origine per il motivo considerato.

Nella Tabella 5.5 sono riportati i totali degli attratti dalle varie destinazioni per i vari motivi.

Applicando in sequenza il modello di generazione e di distribuzione ed assumendo una ripartizione modale pari al 90 % sul trasporto individuale, come prima precisato, si è ottenuta la matrice OD iniziale degli spostamenti interni.

### **5.3 Stima da modello delle matrici OD degli spostamenti di scambio e di attraversamento**

L'ambiente esterno interagisce con l'area di studio in ragione degli spostamenti che hanno origine [destinazione] esterna e destinazione [origine] interna all'area di studio e degli spostamenti che, pur avendo sia l'origine che la destinazione esterna all'area di studio, la attraversano, sommandosi alle componenti di traffico interne. Tali spostamenti, che nel loro insieme costituiscono le componenti di scambio ed attraversamento della matrice OD, devono essere stimate per via diretta.

Per tali spostamenti non è necessario conoscere l'effettiva origine [destinazione] esterna all'area di studio, ma piuttosto le infrastrutture e le sezioni attraverso le quali tali spostamenti entrano [escono] nell'area di studio. Pertanto gli spostamenti di scambio e di attraversamento sono considerati avere origine [destinazione] in corrispondenza dei centroidi al cordone (vedi Capitolo 2), posti in corrispondenza delle sezioni in cui le infrastrutture utilizzate per entrare [uscire] dall'area di studio intersecano il confine di tale area.

Per procedere alla stima diretta delle componenti di scambio ed attraversamento della matrice OD si procede solitamente mediante indagini al cordone, che dovrebbero comprendere oltre ai conteggi di traffico anche interviste agli utenti in corrispondenza delle sezioni al cordone. I conteggi di flusso consentono infatti di conoscere il numero totale di utenti emessi [attratti] da ogni centroide al cordone,

mentre le interviste consentono di stimare le percentuali di ripartizione di tali spostamenti tra le varie possibili destinazioni [origini] interne all'area di studio (scambio esterno/interno ed interno/esterno) o esterne (matrice di attraversamento).

Nel caso in esame sono stati individuati 14 centroidi esterni (vedi Capitolo 2), numerati da 67 a 80, corrispondenti alle sezioni di conteggio da A1 a A14. I flussi di traffico rilevati nell'ora di punta in corrispondenza di tali sezioni di conteggio sono riportati in Tabella 5.6.

Sezione	Flusso in Ingresso	Flusso in Uscita
A1	790	57
A2	1067	593
A3	266	119
A4	679	341
A5	195	104
A6	602	798
A7	350	148
A8	292	130
A9	230	123
A10	200	93
A11	605	676
A12	190	57
A13	1000	387
A14	138	131

Tabella 5.6 – Flussi di traffico in corrispondenza delle sezioni al cordone esterno

I flussi riportati in Tabella 5.6 rappresentano di fatto gli spostamenti in auto emessi e attratti da ogni centroide esterno e, pertanto, le somme delle righe e delle colonne relative a tali centroidi all'interno della matrice OD. Ovviamente questi flussi vanno ripartiti tra le varie origini/destinazioni.

Per effettuare tale ripartizione si è scelto di separare preliminarmente la componente di scambio da quella di attraversamento. In particolare, per avere una stima della componente di scambio si è fatto riferimento al database della mobilità sistematica messo a punto dall'ISTAT in occasione del censimento del 2001. Tale database raccoglie informazioni circa gli spostamenti per motivi di studio e di

lavoro: tali spostamenti sono classificati sulla base del comune di origine e di destinazione, dell'orario di partenza e del modo utilizzato.

Nella Tabella 5.7 sono riportati i comuni con i quali Benevento presenta i maggiori flussi di scambio in auto nella fascia di punta del mattino.

<b>Comune destinazione</b>	<b>Spostamenti in auto da Benevento</b>	<b>Comune origine</b>	<b>Spostamenti in auto verso Benevento</b>
San Giorgio del Sannio	95	San Giorgio del Sannio	308
Napoli	65	Sant'Angelo a Cupolo	223
Avellino	49	San Nicola Manfredi	152
Montesarchio	41	Ceppaloni	139
Sant'Angelo a Cupolo	34	Montesarchio	127
Ponte	33	San Leucio del Sannio	126
Telese Terme	33	Paduli	123
Ceppaloni	27	Foglianise	112
Apolloosa	26	Apice	96
Pietrelcina	24	Apolloosa	88
Apice	23	Pietrelcina	79
Torrecooso	22	Cervinara	78
Morcone	21	Torrecooso	71
Paduli	20	Vitulano	66

*Tabella 5.7 – Principali spostamenti di scambio tra Benevento ed i Comuni limitrofi*

Dall'elaborazione dei dati di mobilità ISTAT si è stimato che nell'ora di punta del mattino il 53% dei flussi in ingresso in corrispondenza dei centroidi esterni avrà una destinazione interna a Benevento ed il rimanente sarà flusso di attraversamento, mentre per i flussi in uscita tali percentuali risultano essere pari rispettivamente al 30% e al 70%. Applicando tali percentuali ai flussi misurati alle sezioni al cordone si è stimato per ogni centroide esterno il flusso di scambio (con destinazione interna all'area di studio) ed il flusso di attraversamento (con destinazione esterna all'area di studio).

Il flusso di attraversamento è stato ripartito tra i vari centroidi esterni proporzionalmente al flusso attratto. Per quanto riguarda i flussi di scambio, le componenti interno-esterno sono state ripartite tra le varie origini interne proporzionalmente agli spostamenti emessi (vedi Tabella 5.3) e le componenti esterno-interno sono state ripartite tra le varie destinazioni proporzionalmente agli spostamenti totali attratti (vedi Tabella 5.5).



In altri termini:

$$d_{o\_esterna,d\_esterna} = \frac{F_d}{\sum_{d' \in I_{d\_esterna} - \{o\_esterna\}} F_{d'}} f_{o\_attr.}$$

dove:

$f_{o\_attr.}$  rappresenta la componente di attraversamento del flusso entrante nell'area di studio misurato in corrispondenza del centroide esterno  $o\_esterna$ ;

$F_d$  rappresenta il flusso uscente dall'area di studio misurato in corrispondenza del centroide esterno  $d$ ;

$I_{d\_esterna} - \{o\_esterna\}$  rappresenta l'insieme di tutti i centroidi esterni tranne quello preso in considerazione come origine.

$$d_{o\_esterna,d\_interna} = \frac{A_d}{\sum_{d' \in I_c} A_{d'}} f_{o\_scambio.}$$

dove:

$f_{o\_scambio.}$  rappresenta la componente di scambio del flusso entrante nell'area di studio misurato in corrispondenza del centroide esterno  $o\_esterna$ ;

$A_d$  rappresenta il flusso attratto dalla destinazione interna  $d$  stimato con il modello di distribuzione;

$I_c$  rappresenta l'insieme di tutti i centroidi interni.

$$d_{o\_interna,d\_esterna} = \frac{E_o}{\sum_{o' \in I_c} E_{o'}} f_{d\_scambio}$$

dove:

$f_{d\_scambio}$  rappresenta la componente di scambio del flusso uscente dall'area di studio misurato in corrispondenza del centroide esterno  $d\_esterna$ ;

$E_o$  rappresenta il flusso emesso dalla origine interna  $o$  stimato con un modello di generazione;

$I_c$  rappresenta l'insieme di tutti i centroidi interni.

Le matrici di scambio e di attraversamento così generate, unite alla matrice degli spostamenti interni, costituisce la matrice OD iniziale da sottoporre a correzione con i flussi di traffico, utilizzando tutti i conteggi dei flussi di traffico.

## 5.4 Correzione della matrice OD con i flussi di traffico

La matrice OD generata con i modelli matematici deve essere corretta con i flussi di traffico rilevati sui diversi archi della rete di trasporto durante la campagna di indagine.

La correzione serve a migliorare la matrice OD generata con i modelli al fine di riprodurre al meglio la situazione attuale del traffico cittadino.

Per la correzione si è utilizzato il software Omnitrans 5; questo software necessita della scrittura di un codice, nel suo linguaggio proprietario (*OJL – Omnitrans Job Language*), per poter effettuare sia la simulazione del sistema, con conseguente stima dei flussi di traffico, che la correzione della matrice OD.

Tali codici di calcolo sono stati scritti per la stima dei flussi di traffico (come sarà precisato nel capitolo successivo), per la generazione della matrice di assegnazione (necessaria alla correzione) e per la correzione della matrice OD.

Nelle Figure 5.1 e 5.2 si riportano dei grafici che mostrano come i flussi rilevati (tramite indagine) siano riprodotti dai flussi assegnati (da modello), rispettivamente prima e dopo la correzione della matrice OD. Si può notare come vi sia un netto miglioramento di funzionamento del modello, considerato che questo funziona tanto meglio quanto maggiormente i punti del grafico si avvicinano alla retta a 45°, che rappresenta il luogo di perfetta coincidenza tra flussi rilevati e flussi assegnati.

Per avere un riscontro numerico della qualità del modello si può utilizzare un indicatore statistico che misura di quanto i punti si discostano dalla retta a 45°. Tale indicatore è detto  $R^2$  ed è calcolato come segue:

$$R^2 = 1 - ((\sum_i (f_{ril_i} - f_{ass_i})^2) / (\sum_i (f_{ril_i} - f_{ril_M})^2))$$

dove:

$f_{ril_i}$  è il flusso rilevato sull'arco  $i$ ;

$f_{ass_i}$  è il flusso assegnato sull'arco  $i$ ;

$f_{ril_M}$  è la media dei flussi rilevati.

Tanto più si avvicina ad 1 il valore di  $R^2$  tanto più il modello funziona bene, in quanto i flussi rilevati approssimano bene quelli assegnati; i risultati ottenuti mostrano come tale indicatore passi da un valore di 0,249, prima della correzione, ad un valore di 0,883, dopo la correzione.

Questo ultimo valore può essere sicuramente considerato rappresentativo di un modello che riproduce molto da vicino la realtà, per cui si può utilizzare la matrice OD corretta per tutte le successive fasi di simulazione della situazione attuale e di simulazione degli scenari proposti.

La matrice OD corretta è riportata nell'Allegato 5.

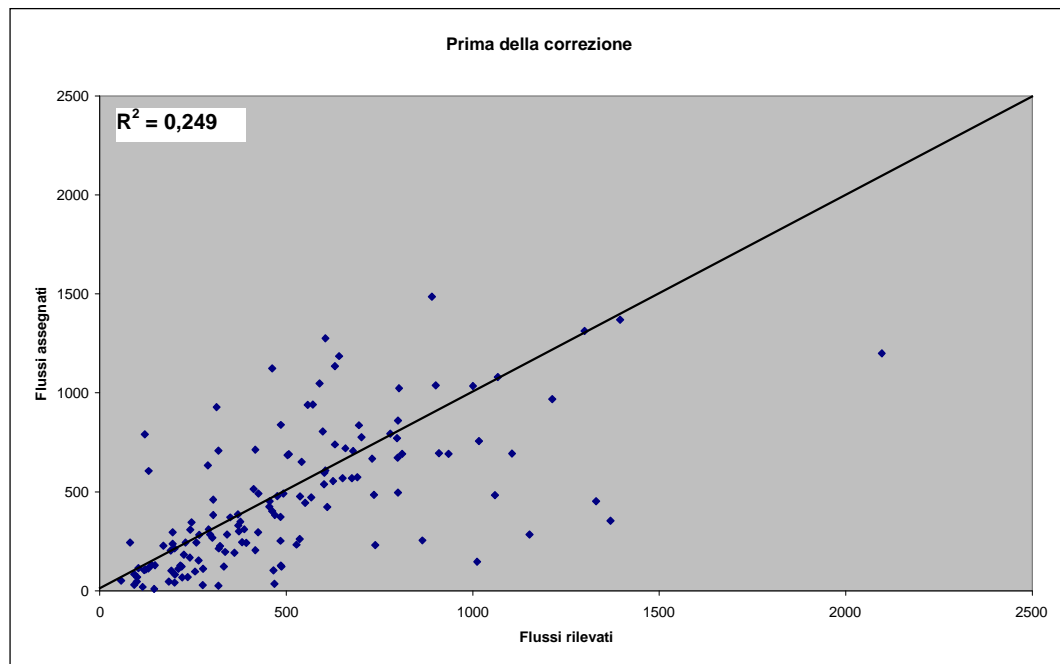


Figura 5.1 – Confronto tra flussi rilevati e flussi assegnati prima della correzione

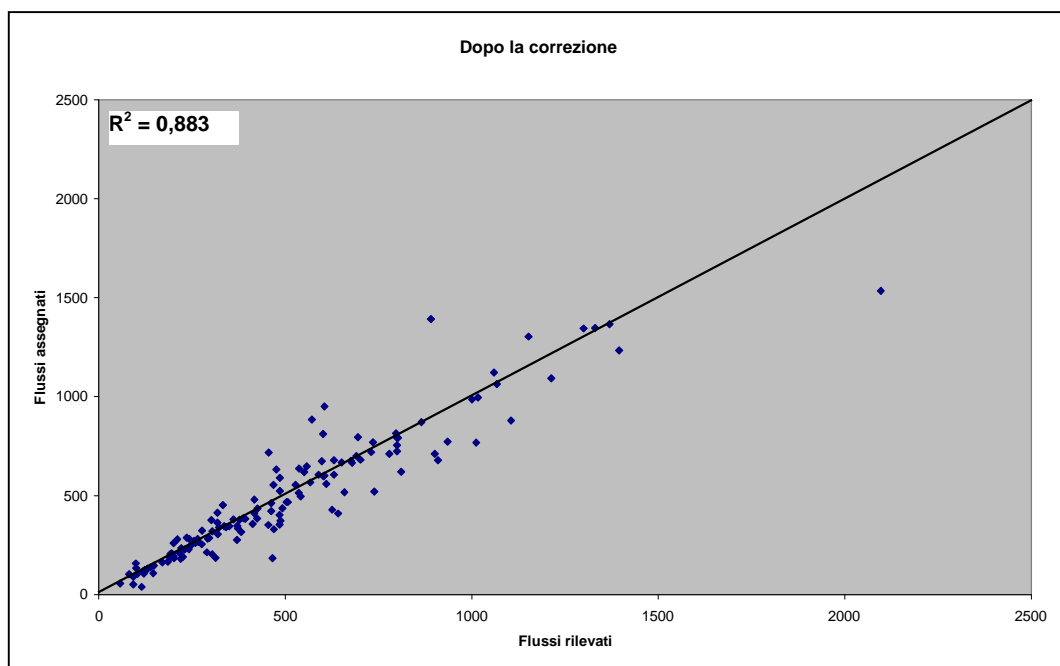


Figura 5.2 – Confronto tra flussi rilevati e flussi assegnati dopo la correzione

## 6. SIMULAZIONE DELLA SITUAZIONE ATTUALE

### 6.1 Introduzione

In questo capitolo si descrivono le attività svolte per la simulazione della situazione attuale del traffico stradale, utilizzando il modello di offerta implementato (vedi Capitolo 3) e la matrice OD stimata (vedi Capitolo 5).

### 6.2 Implementazione del modello di assegnazione

Il modello di assegnazione calcola i flussi di traffico sugli archi della rete stradale; la conoscenza dei flussi di traffico, che rappresentano i “carichi” sulla rete, è necessaria per individuare le criticità della configurazione dell’offerta di trasporto e per poter progettare gli interventi.

I modelli di assegnazione in ambito urbano devono tener conto di due importanti fenomeni:

- la *congestione*: i tempi di percorrenza sugli archi della rete dipendono dai flussi di traffico che li impegnano;
- l’*aleatorietà del fenomeno*: ciascun utente sceglie, per recarsi dalla propria origine alla propria destinazione, il percorso di minimo costo generalizzato percepito; ciascun utente che si sposta da una certa origine ad una certa destinazione percepisce in modo differente i costi e, pertanto, può scegliere percorso diverso da quello scelto dagli altri utenti.

La presenza del primo fenomeno comporta la necessità di utilizzare dei modelli di assegnazione di equilibrio; considerato, infatti, che la scelta del percorso dipende dai costi dello stesso e che i costi dipendono dai flussi di traffico, è necessario

stimare il vettore dei flussi di traffico che generi dei costi di arco e, quindi, di percorso congruenti con i flussi di traffico stessi. Questo problema è noto in letteratura come problema di equilibrio dei flussi di traffico ed è, dal punto di vista matematico, un problema di punto fisso.

La presenza del secondo fenomeno comporta la necessità di utilizzare dei modelli di scelta del percorso di tipo stocastico; tali modelli devono essere in grado di calcolare le probabilità di scelta dei percorsi tra gli utenti in funzione dei costi degli stessi.

Il software *Omnitrans 5*, acquistato dal Comune di Benevento, consente la simulazione di entrambi i fenomeni, se viene impostato correttamente un codice di esecuzione della procedura di assegnazione nel linguaggio *JOL* del software; il codice dovrà indicare i seguenti parametri:

- *metodo di assegnazione*: per consentire il calcolo dei flussi di traffico all'equilibrio, si è utilizzata una assegnazione di tipo incrementale;
- *distribuzione dell'errore di percezione*: è necessario indicare la distribuzione dell'errore di percezione che consente di tener conto del fenomeno dell'aleatorietà; si è utilizzata una distribuzione uniforme che è maggiormente utilizzata nelle pratiche applicazioni; è stato, inoltre, fissato un parametro dell'errore di percezione ed il "seme" per l'estrazione dei numeri casuali;
- *numero di iterazioni*: bisogna indicare il numero di iterazioni dell'assegnazione incrementale; per avere una elevata precisione si sono utilizzate 100 iterazioni;
- *parametri delle funzioni di costo*: le funzioni di costo legano il tempo di percorrenza di un arco al flusso che lo impegna; il software *Omnitrans 5* utilizza le funzioni di costo BPR, per le quali è necessario definire i parametri; per ciascuna categoria di strada sono stati definiti degli opportuni parametri delle funzioni di costo BPR, distinguendo, in particolare, le strade con caratteristiche prettamente urbane da quelle con caratteristiche extraurbane.

Come già anticipato nella descrizione della fase di costruzione del modello, nel codice di assegnazione è stato indicato che, per il calcolo dei tempi di attesa

all'intersezione, si debba utilizzare il modulo Junction Editor, strumento attraverso il quale sono state specificate nel dettaglio le caratteristiche di tutte le intersezioni.

In corrispondenza della situazione attuale sono state sperimentate diverse assegnazioni per verificare i parametri inseriti e per deciderne i valori migliori prima di passare alla fase di progettazione dei nuovi scenari.

### **6.3 I risultati della simulazione della situazione attuale**

Definiti il metodo di assegnazione ed i parametri da utilizzare nel software, è stata effettuata una simulazione della configurazione attuale della rete di trasporto utilizzando il modello di offerta implementato (vedi Capitolo 3) e la matrice OD corretta (vedi Capitolo 5).

La Tavola 4 riporta i risultati della simulazione della situazione attuale nell'ora di punta del mattino; in essa con gli spessori è rappresentato l'entità del flusso di traffico e con il colore il grado di saturazione, cioè il rapporto tra il flusso di traffico e la capacità.

Sono stati, inoltre, calcolati alcuni indicatori di prestazione rappresentativi del funzionamento complessivo della rete di trasporto; questi indicatori si utilizzano per confrontare tra loro gli scenari proposti. Essi, infatti, forniscono una sintetica valutazione quantitativa della bontà della soluzione proposta e dei miglioramenti che tale soluzione riesce a produrre rispetto allo stato di fatto della rete.

Gli indicatori di prestazione relativi allo scenario sono riportati nel Capitolo 8.

## 6.4 La simulazione degli spostamenti di ritorno

La matrice OD stimata nel Capitolo 5 rappresenta gli spostamenti che interessano l'area di studio nell'ora di punta del mattino; la simulazione descritta nel paragrafo 6.3 rappresenta la situazione del traffico cittadino in questa ora critica della giornata.

Gli scenari di intervento sono definiti per migliorare le condizioni del traffico nell'ora di punta del mattino ma essi devono essere verificati anche in corrispondenza di una struttura diversa della domanda di mobilità; infatti, i cambiamenti dei sensi di marcia che hanno un effetto positivo sulla circolazione degli spostamenti che avvengono nell'ora di punta del mattino, potrebbero avere un effetto negativo sugli spostamenti che avvengono su direttrici opposte, quali, ad esempio, gli spostamenti di ritorno a casa dal lavoro.

E' necessario, pertanto, verificare il funzionamento degli scenari anche in corrispondenza di una diversa matrice OD che simula gli "spostamenti di ritorno"; siccome tali spostamenti di ritorno sono, in generale, ripartiti in diverse fasce orarie della giornata, si assume che il totale degli spostamenti di ritorno nell'ora più critica per tali spostamenti sia il 75 % degli spostamenti in andata. Tale ipotesi è stata verificata confrontando i flussi di traffico assegnati dal modello con quelli rilevati su alcune sezioni dove sono stati effettuati i conteggi per l'intera giornata.

Pertanto, si è generata una ulteriore matrice OD ottenuta trasponendo la matrice dell'ora di punta e moltiplicando i valori di tutte le celle della matrice per 0,75.

Una matrice così costruita, pur non essendo necessariamente riferita ad una specifica ora del giorno, è in grado di ricostruire una situazione di funzionamento della rete di trasporto inversa a quella dell'ora di punta e, pertanto, a verificare che gli scenari progettati siano validi anche per gli spostamenti di ritorno, evitando uno sbilanciamento della rete di trasporto nei confronti di alcune direttrici specifiche di traffico.

La Tavola 5 riporta i risultati della simulazione ottenuti con la matrice OD degli spostamenti di ritorno.



## **6.5 La simulazione degli spostamenti di morbida**

Per poter valutare gli effetti del progetto nel corso dell'intera giornata e per poter stimare gli stessi effetti relativamente ad un anno di funzionamento del nuovo schema di circolazione, è necessario simulare il funzionamento della rete stradale anche nelle ore di morbida della giornata.

E', pertanto, necessario stimare una matrice OD rappresentativa degli spostamenti che avvengono nel corso delle ore di morbida. Tale matrice è stata stimata pari al 40 % della matrice ottenuta come media degli spostamenti che avvengono nell'ora di punta del mattino e nelle ore di punta del pomeriggio (stimate nei paragrafi 6.3 e 6.4 rispettivamente).

Per quanto riguarda la simulazione di un giorno medio feriale, si è ritenuto che la mobilità sia equivalente a quella prodotta in un'ora di punta del mattino, due ore di punta del pomeriggio e dodici ore di morbida.

La simulazione delle ore di morbida è stata utilizzata solo per la stima degli effetti che il progetto produrrà ogni anno rispetto alla situazione attuale, mentre le simulazioni delle ore di punta del mattino e del pomeriggio sono state utilizzate per confrontare e verificare gli interventi di progetto che hanno condotto alla definizione dello scenario finale.

La Tavola 6 riporta i risultati della simulazione ottenuti con la matrice OD relativa all'ora di morbida.

## **7. GLI INTERVENTI PROPOSTI**

### **7.1 Introduzione**

In questo capitolo si descrivono, quartiere per quartiere, gli interventi sulla rete stradale che sono stati proposti durante la fase di elaborazione del Piano. L'insieme di tutti gli interventi definiti costituiranno lo scenario finale di progetto. Ciascun intervento è stato simulato e verificato con il modello di simulazione del sistema di trasporto implementato con il Software Omnitrans 5.

In ciascuno dei paragrafi successivi si descriveranno tutti gli interventi proposti, i risultati corrispondenti e le motivazioni che hanno condotto alla scelta/esclusione degli interventi che entreranno a far parte dello scenario finale di progetto.

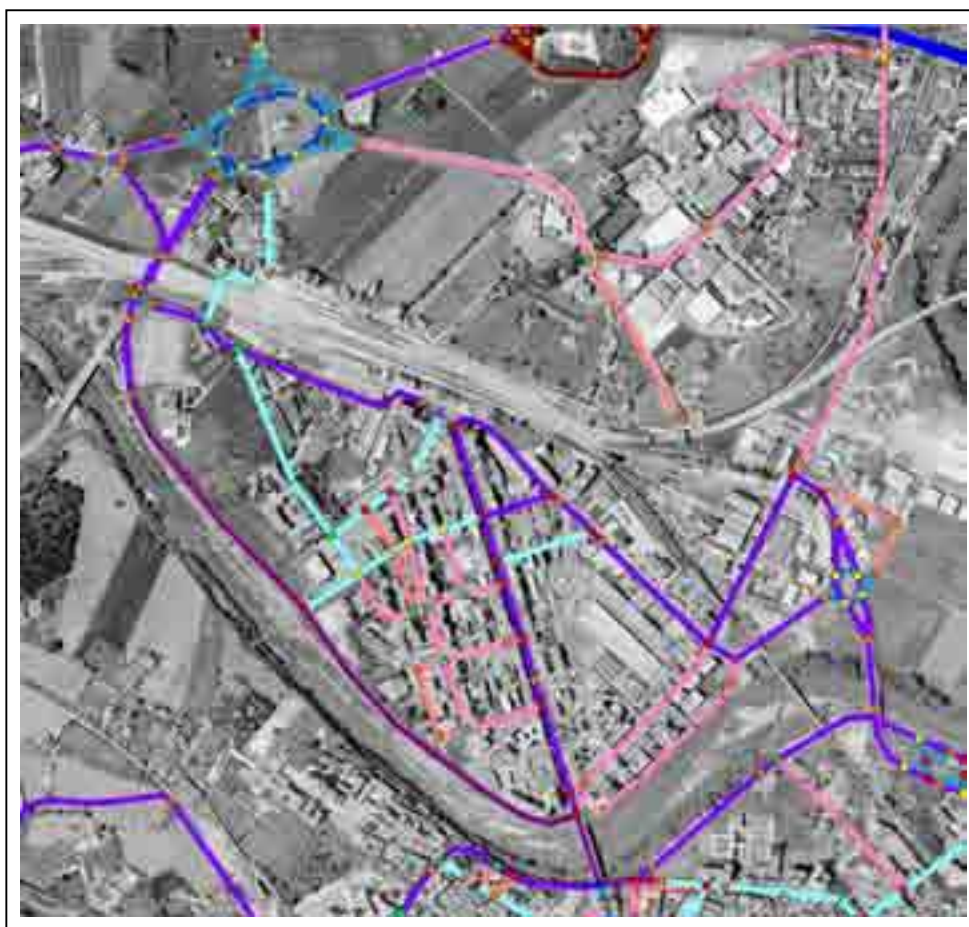
### **7.2 Rione Ferrovia**

Il Rione Ferrovia è un importante quartiere della Città di Benevento caratterizzato dalla presenza della Stazione Centrale, di un ospedale e di molteplici attività commerciali; inoltre esso è una delle porte di accesso alla Città da Nord e, pertanto, interessato da sensibili flussi di attraversamento.

#### *7.2.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate*

La rete di trasporto stradale presa in considerazione per il Rione Ferrovia è delimitata a Nord da via Francesco Compagna e Piazza Colonna, a Est da via Mariano Russo e via XXV Luglio, a Ovest da via Grimoaldo Re e a Sud da Piazza Bissolati e Lungo Calore Manfredi di Svevia. Inoltre, la rete si estende ulteriormente a Nord fino alla Rotonda dei Pentri e ad Est fino a via dei Longobardi.

La viabilità stradale in questo quartiere è caratterizzata dalla presenza di tre arterie principali che collegano la zona Nord del quartiere (zona della Stazione) alla zona Sud (Piazza Bissolati e Ponte Vanvitelli): via Grimoaldo Re, che è a senso unico da viale Virgilio verso piazza Bissolati, viale Principe di Napoli, che collega a doppio senso Piazza Bissolati a Piazza Colonna, e via Mariano Russo e via XXV Luglio che collegano a doppio senso piazza Colonna a via Francesco Paga e a Lungocalore Manfredi di Svevia.



*Figura 7.1 –Configurazione attuale della rete di trasporto al Rione Ferrovia*

I collegamenti tra le tre arterie principali sono limitati: via Grimoaldo Re e viale Principe di Napoli sono collegate in maniera diretta solo da via Adua; viale Principe di Napoli e via XXV Luglio sono collegate, nella zona Nord, da via Clino Ricci (senso unico) e da via Leonardo Bianchi, mentre il collegamento nella

zona Sud avviene tramite via Francesco Paga e Lungo Calore Manfredi di Svevia (entrambe a senso unico).

Nella zona del quartiere compresa tra viale Principe di Napoli e via Grimoaldo Re vi è un reticolo di strade locali o locali interzonalì, quasi tutte a doppio senso di marcia.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.1.

I punti di maggiore attrazione/generazione di spostamenti sono la Stazione Centrale e l'Ospedale Fatebenefratelli; viale Principe di Napoli è caratterizzato da una presenza importante di attività commerciali, mentre alcuni supermercati sono presenti nella zona compresa tra viale Principe di Napoli e via Grimoaldo Re.

A Est del quartiere sono presenti insediamenti industriali ed il centro commerciale "I Sanniti".

#### *7.2.2 Individuazione delle principali criticità*

La rete di trasporto stradale al Rione Ferrovia presenta alcune importanti criticità.

Il collegamento tra il Rione Ferrovia e la zona del Centro Storico della Città avviene prevalentemente attraverso il Ponte Vanvitelli, che collega Piazza Bissolati a via Posillipo e via Del Pomerio; l'altro ponte di collegamento, in corrispondenza di via Dei Longobardi, è soprattutto di collegamento con la zona industriale del Rione Ferrovia e con il centro commerciale "I Sanniti". I flussi di traffico che arrivano dalla Rotonda dei Pentri per la quasi totalità utilizzano il Ponte Vanvitelli per recarsi nella zona del Centro Storico.

Ai due estremi del Ponte Vanvitelli si trovano due nodi critici per la viabilità del Rione e, più in generale, cittadina: Piazza Bissolati e l'intersezione semaforica via Posillipo, via Del Pomerio, Corso Vittorio Emanuele e Ponte Vanvitelli; per entrambi questi nodi è necessario proporre delle ipotesi di intervento. Il nodo di Piazza Bissolati è critico anche perché interessato da una forte domanda di sosta, per la vicina presenza dell'ospedale, e per la mancanza di una buona organizzazione delle manovre. L'intersezione semaforica è, invece, caratterizzata

da rilevanti flussi di traffico e da un elevato numero di manovre, che provocano significativi ritardi all'intersezione.

Altro nodo critico della zona è Piazza Colonna, nella quale confluiscono le tre arterie principali, caratterizzata dal trovarsi in corrispondenza dell'ingresso della Stazione Centrale, con stalli di sosta per autobus e taxi.

Le indagini sui flussi di traffico e le simulazioni effettuate hanno mostrato su Viale Principe di Napoli un rapporto tra il flusso di traffico e la capacità della strada inferiore a 0,6 e, pertanto, non critico dal punto di vista della circolazione. I fenomeni di congestione che, in alcune ore del giorno, si hanno su viale Principe di Napoli sono dovuti per la maggior parte ad auto che sostano in doppia fila e al numero elevato di immissioni su viale Principe di Napoli dalle strade secondarie.

La presenza dell'ospedale Fatebenefratelli provoca disagi per la forte domanda di sosta che non riesce ad essere soddisfatta se non con il ricorso, almeno in parte, alla sosta vietata. Inoltre, l'accesso del Pronto Soccorso su via Francesco Paga, nella configurazione attuale dei sensi di marcia, è alquanto difficoltoso per chi giunge dalle zone centrali della Città.

Altri punti critici sono il tratto iniziale ed il tratto finale di via Grimoaldo Re. Nel tratto iniziale la strada è ad una sola corsia per la presenza di una recinzione che delimita una tratta stradale mai completata; nel tratto finale vi è una presenza elevata di sosta vietata, in molte ore del giorno, che limita ad una corsia l'accesso su Piazza Bissolati.

Infine, via Francesco Compagna è interessata da forti flussi di traffico, fondamentalmente diretti alla zona della Stazione Centrale, dovuti, prevalentemente a veicoli che si recano a parcheggiare in prossimità della stazione, la maggior parte dei quali provenienti da zone suburbane della Città o da altri Comuni della Provincia di Benevento.

Riepilogando, le principali criticità individuate nel Rione Ferrovia sono le seguenti:

- nodo di Piazza Bissolati;

- nodo intersezione con via Del Pomerio, via Posillipo (questa criticità riguarda, come ovvio, anche il quartiere del Centro Storico);
- nodo di Piazza Colonna;
- viale Principe di Napoli (problemi di sosta e immissioni dalle strade secondarie);
- Ospedale Fatebenefratelli (sosta e localizzazione ingresso del pronto soccorso);
- via Grimoaldo Re (riduzione numero corsie nella tratta iniziale e finale);
- via Francesco Compagna (elevato flusso di traffico di veicoli che si recano alla Stazione Centrale).

### 7.2.3 Scenari simulati

Sono stati simulati tre possibili scenari di modifica della situazione attuale, le cui caratteristiche principali sono di seguito sintetizzate:

- *Scenario RF1*: viale Principe di Napoli senso unico da piazza Bissolati a piazza Colonna; via Grimoaldo Re senso unico da viale Virgilio a piazza Bissolati; via F. Compagna senso unico da piazza Colonna a viale Virgilio; inversione senso di marcia via Paga; inversione senso di marcia Lungocalore Manfredi di Svevia; altre modifiche di sensi di marcia sulla viabilità secondaria;
- *Scenario RF2*: viale Principe di Napoli senso unico da piazza Colonna a piazza Bissolati; via Grimoaldo Re senso unico da piazza Bissolati a viale Virgilio; via F. Compagna senso unico da viale Virgilio a piazza Colonna; inversione senso di marcia via Paga; inversione senso di marcia Lungocalore Manfredi di Svevia; altre modifiche di sensi di marcia sulla viabilità secondaria;
- *Scenario RF3*: viale Principe di Napoli doppio senso di marcia; via Grimoaldo Re senso unico da viale Virgilio a piazza Bissolati; via F. Compagna doppio senso di marcia; inversione senso di marcia via Paga; inversione senso di marcia Lungocalore Manfredi di Svevia; altre modifiche di sensi di marcia sulla viabilità secondaria.

I tre scenari prevedono, inoltre, una riprogettazione dei tempi semaforici di tutte le intersezioni della Città; questa riprogettazione è effettuata, in queste prime fasi di simulazione, utilizzando la funzione “*automated*” del Junction Editor del software Omnitrans 5. Per lo scenario finale si sono riprogettate nel dettaglio tutte le intersezioni della rete.

I tre scenari sono stati implementati sul software Omnitrans 5 e sono stati simulati, calcolando i tempi di percorrenza ed i tempi di attesa corrispondenti. Il confronto ha evidenziato come funzioni nettamente meglio lo Scenario RF3, dal punto di vista sia dei tempi totali di viaggio.

#### *7.2.4 Scenario proposto ed elenco degli interventi*

Il confronto tra i tempi totali di viaggio ha mostrato come la migliore soluzione sia prodotta dallo Scenario RF3, che si propone di attuare. In Figura 7.2 si riporta la configurazione della rete stradale relativa allo Scenario RF3, mentre in Tabella 7.2 si riporta l’elenco delle variazioni dei sensi di marcia previste nello Scenario RF3.

Questo scenario risolve alcune delle criticità individuate nel paragrafo 7.2.2.

Infatti, la trasformazione di molte delle strade che si trovano tra viale Principe di Napoli e via Grimoaldo Re da doppio senso a senso unico consente di recuperare offerta di sosta nel Rione, eliminando il ricorso alla sosta vietata o in doppia fila che crea disagi sia su viale Principe di Napoli, che su via Grimoaldo Re (parte finale) che in piazza Bissolati, nonché in prossimità dell’Ospedale.

Inoltre, la configurazione a senso unico di tali strade limita il numero di manovre di immissione su viale Principe di Napoli, su cui peraltro si prevede di dare sempre la precedenza imponendo lo Stop alle strade secondarie che lo intersecano, favorendo la fluidificazione del traffico.

L’inversione dei sensi di marcia a via Francesco Paga e Lungocalore Manfredi di Svevia consente un migliore accesso al Pronto Soccorso ed una migliore circolazione dei veicoli in piazza Bissolati, in attesa della sua riqualificazione, che prevede, dai progetti già previsti dal Comune, la creazione di una rotatoria. Nella

prima fase di applicazione del Piano si consiglia la creazione di una rotatoria momentanea in attesa della costruzione di quella definitiva.

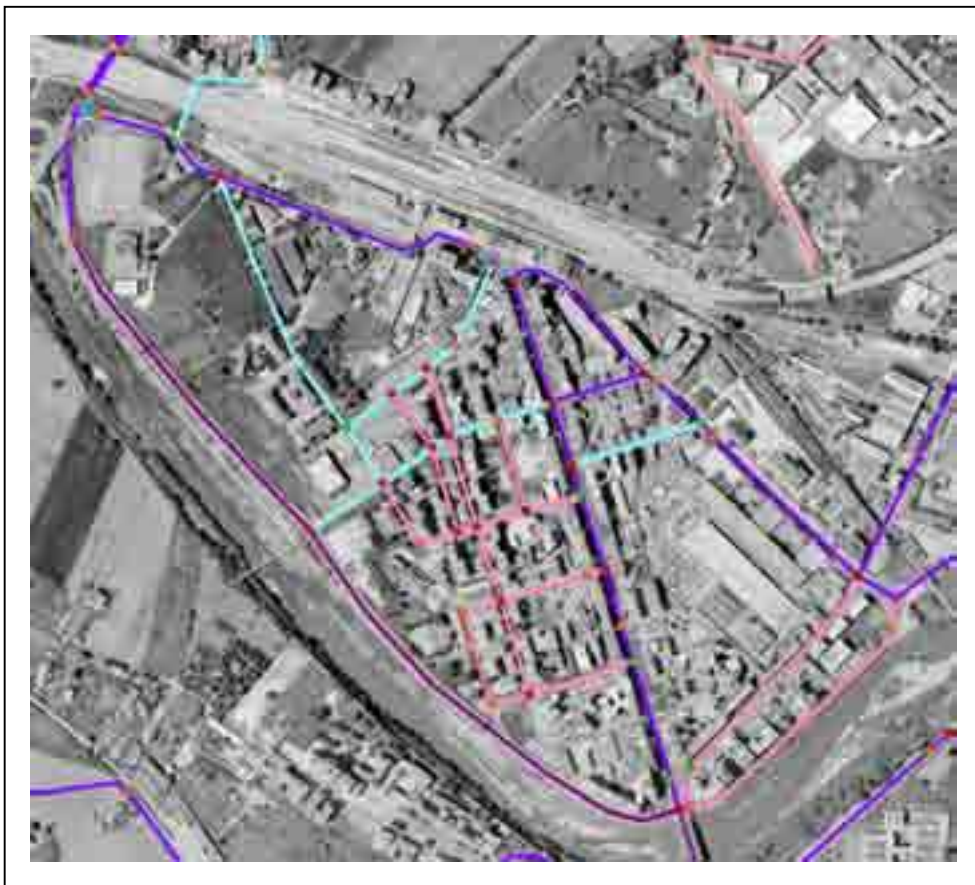


Figura 7.2 – Configurazione della rete di trasporto al Rione Ferrovia nello Scenario RF3

<b>Strada</b>	<b>Senso di marcia</b>
Lungo Calore Manfredi di Svevia	Inversione senso unico
Via Francesco Paga	Inversione senso unico
Via San Giovanni di Dio tra intersezione viale P. di Napoli e intersezione via Fatebenefratelli	Da doppio senso a senso unico
Via Vittorio Veneto tra intersezione viale P. di Napoli e intersezione via Fatebenefratelli	Da doppio senso a senso unico
Via Trieste e Trento	Da doppio senso a senso unico
Via Adua tra intersezione viale P. di Napoli e intersezione via Cosimo Nuzzolo	Da doppio senso a senso unico
Via Paolo Diacono	Da doppio senso a senso unico
Via Cosimo Nuzzolo tra intersezione via F. Compagna e intersezione via P. Diacono	Inversione senso unico
Via Cosimo Nuzzolo tra intersezione via Adua e intersezione via Trieste e Trento	Inversione senso unico
Piazza Mario Mazzeo	Da doppio senso a senso unico
Via Armando Diaz	Da doppio senso a senso unico
Via Fatebenefratelli	Da doppio senso a senso unico
Via Leonardo Bianchi	Da doppio senso a senso unico

*Le strade non citate nella tabella sono da ritenersi a senso di marcia invariato*

Tabella 7.2 – Interventi sui sensi di marcia nello Scenario RF3



### 7.2.5 Altre proposte di intervento

Lo Scenario RF3, precedentemente descritto, risolve alcune criticità della rete stradale ed è il migliore compatibile con le possibilità di intervento di un Piano Urbano del Traffico, che è di breve periodo e non prevede interventi infrastrutturali; il suddetto scenario può, pertanto, essere messo in opera senza alcuna spesa, eccetto quelle necessarie alla istituzione della nuova segnaletica.

Sono stati, però, individuati degli altri interventi che possono migliorare ulteriormente ed in modo sensibile le condizioni di circolazione; tali interventi, richiedendo degli investimenti infrastrutturali, non possono essere “realizzati” nell’ambito del PUT, ma sono proposti e consigliati all’Amministrazione Comunale, come interventi da realizzarsi nel medio e breve periodo.

Questi interventi sono i seguenti:

- *interventi su Piazza Bissolati*: la piazza è un nodo nevralgico per la mobilità del quartiere; è necessaria una sua riqualificazione che sia in grado di migliorare la circolazione dei veicoli che su essa si immettono; a tal fine la soluzione migliore è la costruzione di una rotatoria; si precisa che il Comune ha già previsto in un progetto di riqualificazione della piazza la costruzione di una rotatoria; l’esame del progetto ha mostrato la compatibilità dello stesso con il Piano previsto;
- *riprogettazione intersezione con via Del Pomerio e via Posillipo*: l’intersezione semaforica in questione è stata riprogettata nell’ambito degli scenari proposti per l’area del Centro Storico;
- *interventi su Piazza Colonna*: la piazza deve essere riprogettata per favorire la circolazione dei veicoli e limitare solo in appositi spazi la sosta degli stessi;
- *parcheggio di interscambio nei pressi della Stazione Centrale*: la progettazione di un parcheggio di interscambio a monte della Stazione Centrale intercetterebbe gli elevati flussi di traffico che, provenienti da fuori Città, attraversano via Francesco Compagna; inoltre, esso consentirebbe di eliminare la sosta in corrispondenza di piazza Colonna, consentendone una migliore riqualificazione.

La realizzazione di questi interventi infrastrutturali è di fondamentale importanza per un miglioramento delle condizioni di circolazione nel Rione Ferrovia.

#### *7.2.6 Suggestioni per il Piano Parcheggi*

Alcuni degli interventi previsti sui sensi di marcia delle strade del Rione Ferrovia sono tesi a recuperare spazi di sosta, considerata la presenza della stazione, dell'ospedale e di diverse attività commerciali.

E' possibile incrementare la sosta a disposizione nel quartiere esaminando le strade che sono state trasformate da doppio senso di marcia a senso unico; su di esse, se lo spazio a disposizione lo consente, considerato che almeno 3,5 metri deve essere la larghezza utile per circolazione stradale, è possibile prevedere su uno dei lati della strada la sosta a 45°, in sostituzione della sosta parallela al margine della carreggiata, incrementando i posti disponibili per la sosta.

Bisogna, invece, prevedere il divieto di sosta su entrambi i lati del tratto di via Adua tra via Grimoaldo Re e via Cosimo Nuzzolo; è necessario, inoltre, eliminare alcuni stalli di sosta in piazza Bissolati per agevolare la svolta a destra verso via Paga per chi proviene dal ponte Vanvitelli, considerata la variazione dei sensi di marcia previsti.

### **7.3 Centro Storico**

L'area del Centro Storico della città è caratterizzata dalla presenza di alcune sedi universitarie, da molteplici attività commerciali, soprattutto nell'area pedonale di Corso Garibaldi e zone limitrofe, da uffici del Comune e della Provincia, nonché da numerosi siti di interesse storico, turistico e culturale. Tale area rappresenta, pertanto, una delle zone della città che genera ed attrae più spostamenti, nel corso dell'intera giornata.

#### *7.3.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate*

La rete di trasporto stradale presa in considerazione per la zona del Centro Storico è delimitata a Nord da via Posillipo, via del Pomerio e viale dei Rettori, a Ovest da via Torre della Catena, a Est da via delle Puglie, via del Sole, viale dei Rettori,

piazza Castello e a Sud da via Torre della Catena e viale Dell'Università. Inoltre, la rete comprende la zona a Est fino a Contrada Cellarulo.



*Figura 7.3 – Configurazione attuale della rete di trasporto al Centro Storico*

La viabilità stradale in questo quartiere è caratterizzata dalla presenza di poche arterie importanti che circondano l'area pedonale di Corso Garibaldi e la zona del quartiere Triggio; il passaggio dalle arterie poste a Sud dell'area e quelle poste a Nord può avvenire, nell'area centrale, solo attraverso piazza Orsini.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.3.

Le attività insediate sono molteplici; le più importanti sono:

- *sedes dell'Università del Sannio*: Rettorato, Amministrazione Centrale, Segreteria studenti, Facoltà di Ingegneria e relativi Dipartimenti, Facoltà di Scienze MM. FF. NN. e relativi Dipartimenti, Facoltà di Scienze Economiche e Aziendali e relativi Dipartimenti, Dipartimento PEMEIS e Biblioteca di Economia;

- *sedi del Comune di Benevento*: Palazzo Mosti, Palazzo Paolo V, Edificio del Megaparcheggio, Casa del Reduce;
- *sedi della Provincia di Benevento*: Rocca dei Rettori;
- *altri uffici*: Prefettura;
- *stazioni e terminal*: stazione Appia, terminal autobus extraurbani La Salle;
- *importanti siti di interesse storico, culturale e turistico*: Basilica Madonna delle Grazie, Mura Longobarde, Terme Romane, Teatro Romano, Duomo, Chiesa di Santa Sofia, Museo del Sannio, Museo Arcos, Rocca dei Rettori, Hortus Conclusus, ecc.
- *attività commerciali*: numerose ed importanti attività commerciali concentrate prevalentemente sulla direttrice Corso Garibaldi – Corso Dante e zone limitrofe.

### 7.3.2 Individuazione delle principali criticità

La rete di trasporto stradale della zona del Centro Storico presenta diverse importanti criticità.

Per la struttura della Città di Benevento e per la limitata presenza di ponti che attraversano il Fiume Sabato ed il Fiume Calore, la zona del Centro Storico è un punto quasi obbligato di passaggio per gli spostamenti tra il Rione Libertà ed il Rione Ferrovia, nonché per molti degli spostamenti tra la zona Mellusi e la zona Pacevecchia con il Rione Ferrovia e con il Rione Libertà.

Questi spostamenti si vanno a sommare ai già numerosi spostamenti destinati nella stessa area del Centro Storico, andando a creare non pochi problemi alla fluidità del traffico veicolare. Le infrastrutture stradali disponibili per la circolazione dei veicoli sono molto limitate, considerando l'ampia area pedonale/ZTL a ridosso di Corso Garibaldi e la zona del quartiere Triggio, in cui sono presenti solo strade locali. I sensi unici su via del Pomerio e sulla prima parte di via dei Rettori, riducono ulteriormente le possibilità di collegamento. Alcune altre strade, quali via Torre della Catena e via Gaetano Rummo, hanno dimensioni

e capacità, in alcuni tratti, non del tutto sufficienti ad assorbire il traffico veicolare.

Il Ponte Santa Maria degli Angeli di collegamento con il Rione Libertà risulta essere una delle infrastrutture con il più elevato grado di saturazione dell'intera rete stradale, inteso come rapporto flusso su capacità, nell'ora di punta del mattino nella direzione verso il Centro Storico.

L'incrocio in corrispondenza del Ponte Vanvitelli, di collegamento con il Rione Ferrovia, regolato da impianto semaforico, è un nodo particolarmente critico e comporta, nella situazione attuale, tempi di attesa per gli utenti molto elevati.

La realizzazione del parcheggio di via del Pomerio fornisce una buona capacità di sosta, così come altre aree quali Piazza Orsini e, nei giorni in cui non è presente il mercato, piazza Cardinal Pacca.

Inoltre, la necessità di proteggere dal traffico veicolare indiscriminato la zona dell'Arco di Traiano e le mura Longobarde che costeggiano viale dei Rettori impone la limitazione al traffico di quest'ultima. Inoltre, a seguito dei lavori nell'area del Duomo, via Ennio Goduti è vincolata ad avere una unica corsia nel tratto da intersezione con via Pasquali e intersezione con Corso Garibaldi.

Riepilogando, le principali criticità individuate nella zona del Centro Storico sono le seguenti:

- nodo intersezione via Del Pomerio, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, Ponte Vanvitelli;
- ponte Santa Maria degli Angeli (questa criticità riguarda anche il Rione Libertà);
- pochi collegamenti Nord-Sud ed Est-Ovest;
- la congestione è incrementata perché zona di passaggio obbligato da Rione Libertà a rione Ferrovia;
- necessità di proteggere dal traffico veicolare indiscriminato la zona dell'Arco di Traiano e delle Mura Longobarde di via dei Rettori.

### 7.3.3 Scenari simulati

La configurazione della rete stradale molto vincolata non fornisce molte alternative di configurazione dei sensi di marcia.

Per questa zona della città si è preferito, piuttosto che simulare degli scenari di variazione complessiva dei sensi di marcia, simulare dei singoli interventi, più o meno ampi, che hanno una influenza sulla configurazione finale.

Pertanto, sono stati simulati ed esaminati i singoli interventi proposti, evidenziando se essi migliorano o meno la configurazione precedente dell'offerta di trasporto; in base ai risultati ottenuti, sono stati definiti alcuni possibili scenari di intervento, da combinare con quelli proposti per le altre zone della Città.

Gli interventi esaminati e simulati sono stati suddivisi per aree e sono di seguito elencati:

- *Area via dei Mulini, via delle Puglie, rampa San Barbato:*
  - *Alternativa 1:* senso unico via dei Mulini da intersezione con via delle Puglie a intersezione con rampa San Barbato; senso unico via delle Puglie da intersezione con rampa San Barbato a intersezione con via dei Mulini;
  - *Alternativa 2:* senso unico via dei Mulini da intersezione con rampa San Barbato a intersezione con via delle Puglie; senso unico via delle Puglie da intersezione con via dei Mulini a intersezione con rampa San Barbato; inversione senso di marcia rampa San Barbato;
  - *Alternativa 3:* senso unico via dei Mulini da intersezione con via delle Puglie a intersezione con rampa San Barbato; invariati gli altri sensi di marcia;
  - *Alternativa 4:* senso unico via dei Mulini da intersezione con rampa San Barbato a intersezione con via delle Puglie; inversione senso di marcia rampa San Barbato; invariati gli altri sensi di marcia.

- *Area via del Pomerio, via Sandro Pertini:*
  - *Alternativa 1:* doppio senso via del Pomerio e viale dei Rettori (da intersezione con via Sandro Pertini ad intersezione con via San Pasquale), con eliminazione corsia preferenziale; doppio senso via Sandro Pertini, con eliminazione corsia preferenziale;
  - *Alternativa 2:* doppio senso via del Pomerio e viale dei Rettori (da intersezione con via Sandro Pertini ad intersezione con via San Pasquale), con eliminazione corsia preferenziale; doppio senso via Sandro Pertini (da intersezione semaforica ad intersezione con via Collevaccino), con eliminazione corsia preferenziale;
  - *Alternativa 3:* corsia preferenziale su viale dei Rettori (da intersezione con via Sandro Pertini ad intersezione con via San Pasquale); doppio senso via Sandro Pertini da intersezione con via Collevaccino ad intersezione semaforica, con eliminazione corsia preferenziale.
  
- *Area corso Dante, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, ponte Vanvitelli:*
  - *Alternativa 1:* sensi di marcia invariati per le autovetture, deviazione dei percorsi degli autobus da via Ennio Goduti su Corso Vittorio Emanuele; via Ennio Goduti percorribile nel solo senso di marcia da via del Pomerio a corso Garibaldi, sia per autobus che per le autovetture;
  - *Alternativa 2:* inversione senso di marcia Corso Vittorio Emanuele; inversione senso di marcia Corso Dante; senso unico via del Pomerio da intersezione via Vittime di Nassiriya a ponte Vanvitelli (3 corsie); senso unico via del Pomerio da intersezione via Ennio Goduti a intersezione via Vittime di Nassiriya; consentito attraversamento di via del Pomerio da intersezione via Ennio Goduti a intersezione via vittime di Nassiriya (eliminazione obbligo di svolta a sinistra da via del Pomerio a via Ennio Goduti); senso unico via Giuseppe Pasquali da Corso Vittorio Emanuele a

via Ennio Goduti (divieto di sosta lungo via Pasquali) con eliminazione paletti; senso unico via Ennio Goduti da intersezione Corso Garibaldi a intersezione via del Pomerio (con eliminazione corsia preferenziale autobus); senso unico tratto antistante piazza Duomo da intersezione Corso Vittorio Emanuele a intersezione via Ennio Goduti (2 corsie);

- *Alternativa 3*: come Alternativa 2 con via Posillipo senso unico da via Torre della Catena a Ponte Vanvitelli (2 corsie);
- *Alternativa 4*: inversione senso di marcia Corso Vittorio Emanuele; inversione senso di marcia Corso Dante; senso unico via del Pomerio da intersezione via Vittime di Nassiriya a ponte Vanvitelli (3 corsie); eliminazione obbligo di svolta a sinistra da via del Pomerio a via Ennio Goduti; senso unico via Giuseppe Pasquali da Corso Vittorio Emanuele a via Ennio Goduti (divieto di sosta lungo via Pasquali) con eliminazione paletti; senso unico via Ennio Goduti da intersezione via del Pomerio a intersezione Corso Garibaldi;

– *Area Duomo*:

- *Alternativa 1*: chiusura al traffico corso Garibaldi zona antistante Duomo; chiusura al traffico piazza Orsini.

– *Area ponte Santa Maria degli Angeli*:

- *Alternativa 1*: cordolo sul ponte Santa Maria degli Angeli che impedisca svolte a sinistra da via Napoli a Lungosabato Don E. Matarazzo e viceversa, da Lungosabato R. Bacchelli a via Napoli e viceversa, e l'attraversamento da viale dell'Università a Lungosabato R. Bacchelli, con relativi divieti di manovra.

Nei successivi sottoparagrafi si esaminano gli interventi proposti, confrontandoli con la situazione attuale, detta sempre “Alternativa 0”, evidenziando vantaggi e svantaggi di ciascuno di essi.



### 7.3.3.1 Area via dei Mulini, via delle Puglie, rampa San Barbato

Sono state simulate e valutate le quattro alternative proposte descritte al paragrafo 7.3.3: Alternativa 1, Alternativa 2, Alternativa 3 ed Alternativa 4; i risultati sono stati confrontati con l'Alternativa 0 (situazione attuale).

Gli schemi grafici semplificati delle 5 alternative sono riportati in Figura 7.4.

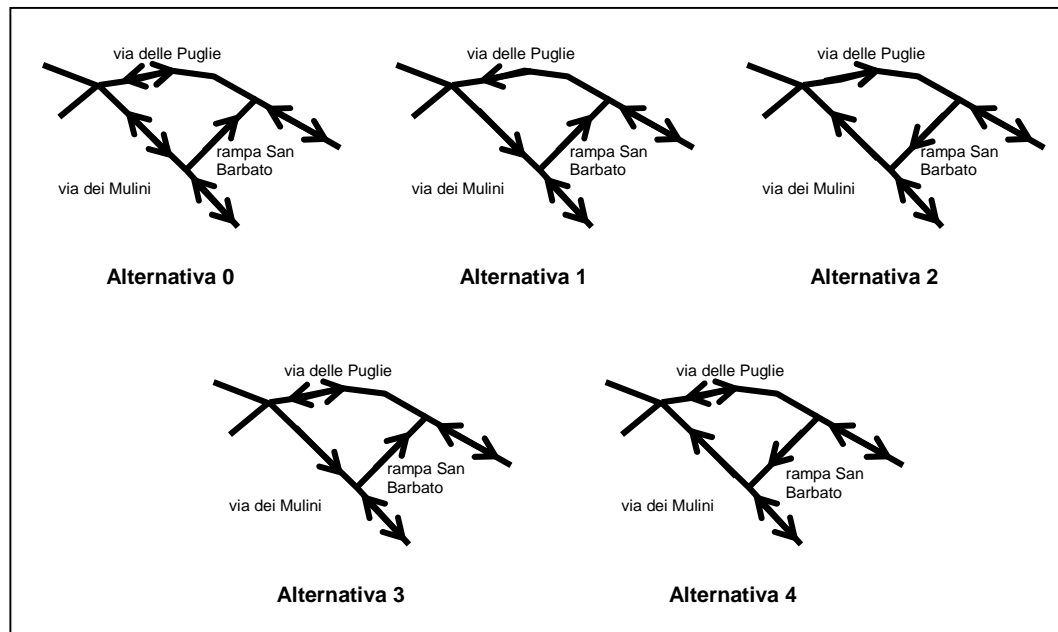


Figura 7.4 – Schemi grafici alternative Area via dei Mulini, via delle Puglie, rampa San Barbato

L'esame dei risultati della simulazione ha mostrato l'inattuabilità delle alternative 1 e 2, perché creano forti gradi saturazione su via delle Puglie e rampa San Barbato; l'alternativa 3 consente una maggiore fluidificazione del traffico veicolare su via dei Mulini, considerato il mancato rispetto dei divieti di sosta presenti, anche se incrementa il traffico su Rampa San Barbato; l'alternativa 4 consente anche essa una migliore fluidificazione di via dei Mulini, ma crea maggiori problemi di viabilità, soprattutto all'intersezione tra via dei Mulini e via delle Puglie.

Considerate le difficoltà di sosta su via dei Mulini, che inducono gli automobilisti a parcheggiare molto spesso in zona vietata, tenuto anche conto delle attività

commerciali ivi presenti, si è ritenuta migliore complessivamente l'Alternativa 3, con conseguente eliminazione dei divieti di sosta su via dei Mulini.

#### 7.3.3.2 Area via del Pomerio, via Sandro Pertini

Via del Pomerio e via Sandro Pertini collegano la zona di Rotonda delle Scienze e Mellusi alla zona Ferrovia e ad alcune zone del Centro Storico. Attualmente, lungo le due arterie sono presenti delle corsie preferenziali che limitano, in alcuni tratti, la percorrenza ad un solo senso di marcia.

Sono state simulate e valutate tre alternative proposte descritte al paragrafo 7.3.3: Alternativa 1, Alternativa 2 ed Alternativa 3; i risultati sono stati confrontati con l'Alternativa 0 (situazione attuale).

Gli schemi grafici semplificati delle 4 alternative sono riportati in Figura 7.5.

L'esame dei risultati ha mostrato come le Alternative 1 e 2 migliorano nettamente dal punto di vista globale i tempi di percorrenza su rete, ma ad esse corrisponde un elevato livello di traffico e, pertanto, di inquinamento in corrispondenza dell'Arco di Traiano; inoltre, queste due alternative penalizzano la circolazione dei mezzi di trasporto collettivo, aumentandone i tempi di percorrenza.

L'Alternativa 3, invece, non cambia di molto la situazione della circolazione veicolare, aumentando di poco i tempi di percorrenza su rete, ma migliorando notevolmente sia la circolazione dei veicoli di trasporto collettivo che la protezione dell'area delle Mura Longobarde e dell'Arco di Traiano dal traffico e dall'inquinamento.

Considerato che tra gli obiettivi di un PUT vi sono anche obiettivi di risanamento ambientale, di miglioramento della qualità della vita e di protezione delle aree storiche e monumentali e considerato che le Direttive Ministeriali indicano come prioritari gli spostamenti pedonali e sul trasporto collettivo rispetto agli spostamenti su autovettura, si ritiene complessivamente preferibile l'Alternativa 3. Questa Alternativa sarà inserita, pertanto, negli scenari di progetto complessivi.

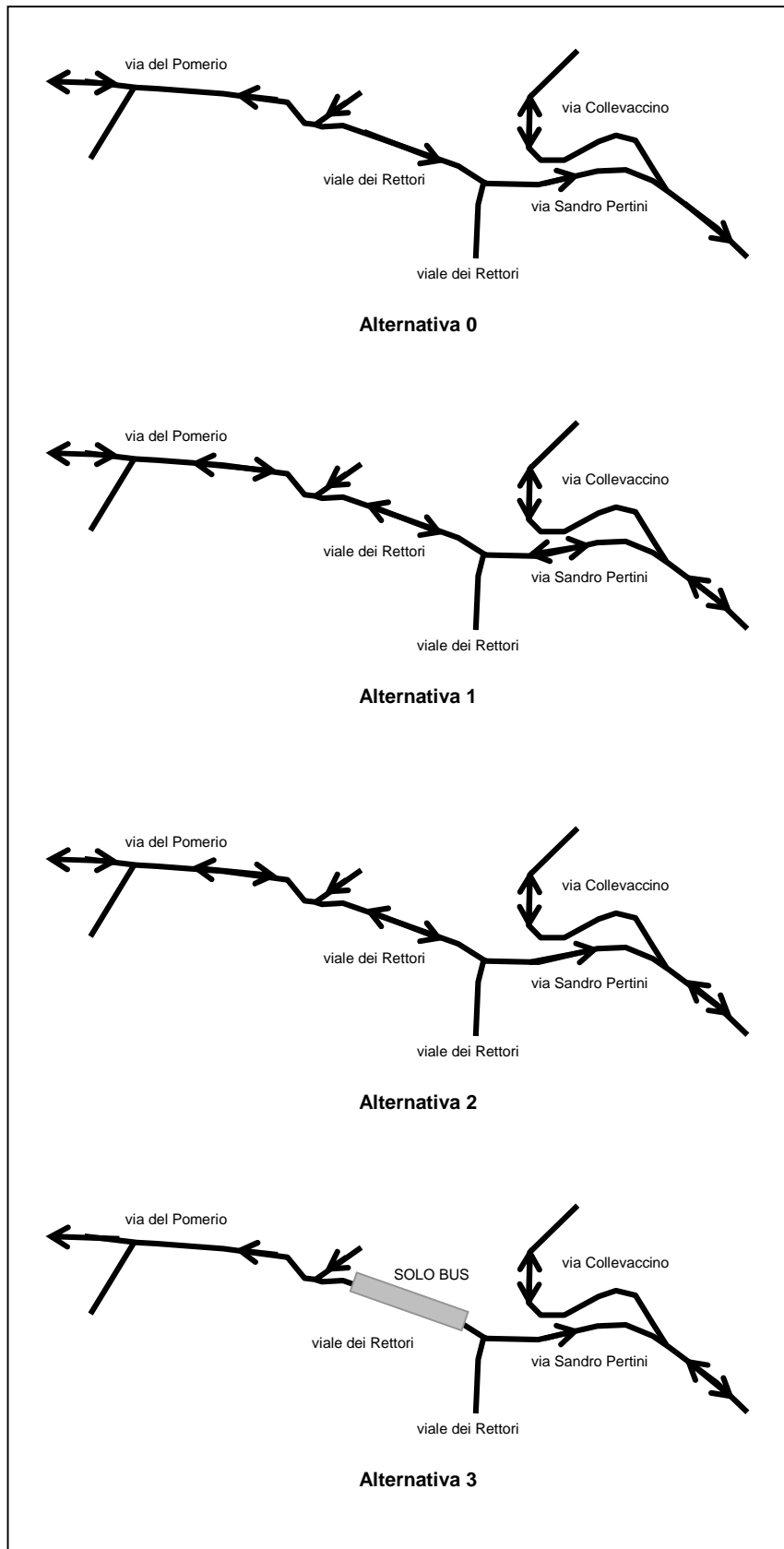


Figura 7.5 – Schemi grafici alternative Area via del Pomerio, via Sandro Pertini

### 7.3.3.3 Area corso Dante, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, ponte Vanvitelli

Questa area è caratterizzata dall'intersezione semaforica in corrispondenza del Ponte Vanvitelli; tale intersezione è molto complessa per il gran numero di manovre che la interessano e per gli elevati flussi di traffico. Per tutte le Alternative simulate si prevede, sin dall'attuazione del Piano, la riprogettazione dei parametri di regolazione semaforica; inoltre, si consiglia di sostituire il semaforo attuale a tempi di fase fissi con un semaforo attuato, cioè in grado di adattare in tempo reale i tempi del semaforo ai veicoli in arrivo, considerata anche la variazione dei flussi in arrivo ai vari accessi nel corso della giornata.

L'Alternativa 1 non ha influenza sul traffico veicolare, in quanto non comporta rispetto ad oggi variazioni per il percorso delle autovetture, mentre deve deviare il percorso degli autobus che attualmente percorrono via Ennio Goduti da corso Garibaldi a via del Pomerio su corso Vittorio Emanuele. Lo schema di circolazione per le autovetture è uguale a quello previsto nell'Alternativa 0; per questa alternativa, come per le altre, si prevede la riprogettazione dei tempi semaforici.

Le Alternative proposte (2, 3 e 4) tendono a ridurre il numero di manovre e di punti di conflitto all'intersezione semaforica, consentendo una migliore progettazione della stessa, tesa alla riduzione dei tempi di attesa per gli utenti e, conseguentemente, anche dell'inquinamento atmosferico locale.

Sono state simulate e valutate le quattro alternative proposte descritte al paragrafo 7.3.3 ed i risultati sono stati confrontati con l'Alternativa 0 (situazione attuale).

Gli schemi grafici semplificati delle 4 alternative sono riportati in Figura 7.6.

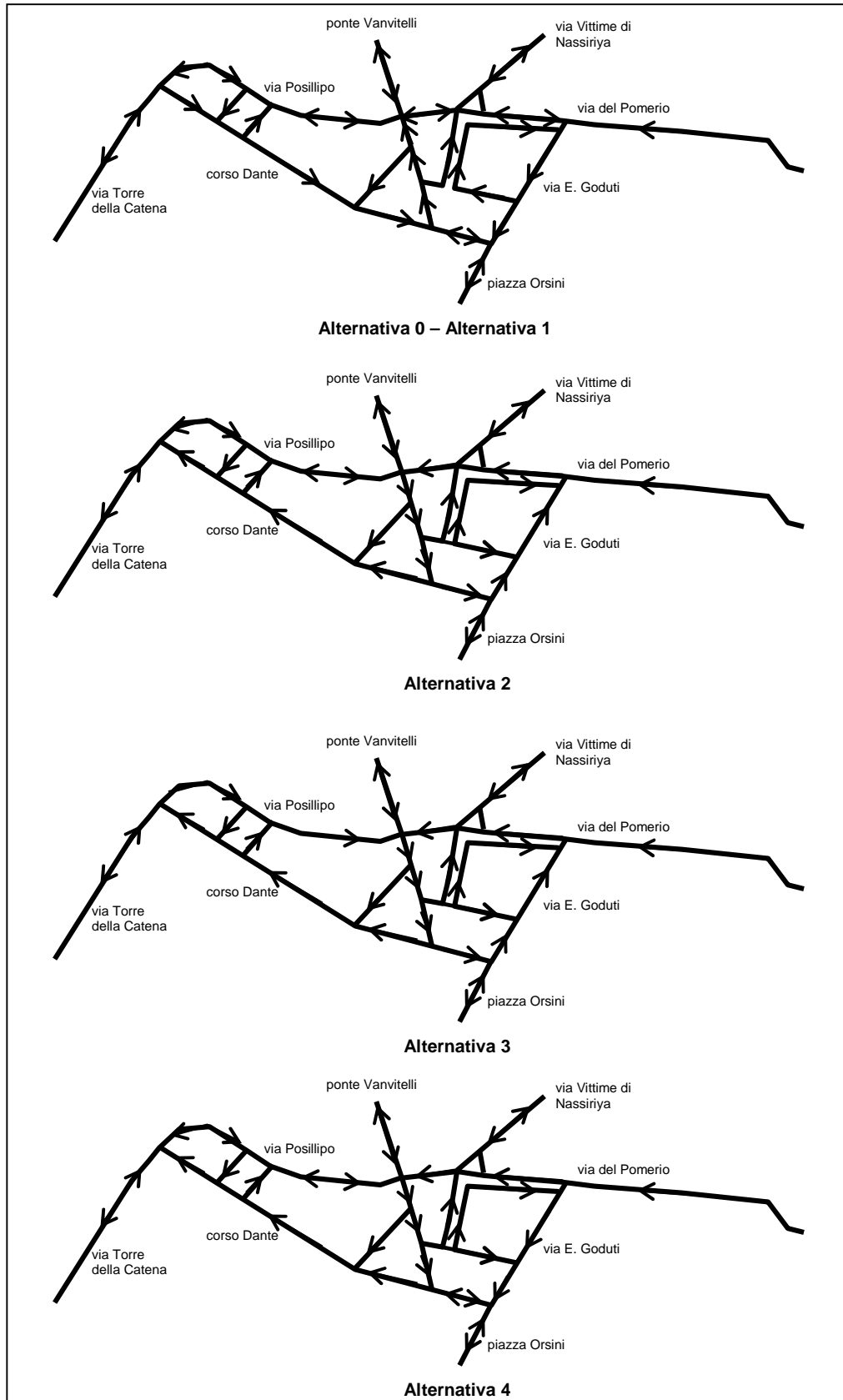


Figura 7.6 – Schemi grafici alternative Area corso Dante, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, ponte Vanvitelli

Le simulazioni effettuate hanno mostrato come l'Alternativa 3 sia la migliore tra quelle proposte, in quanto minimizza sia i tempi di attesa all'intersezione semaforica che i tempi totali di percorrenza. Per favorire la svolta a destra da via del Pomerio su via Vittime di Nassiriya si prevede di allargare l'accesso di via del Pomerio all'intersezione ricavando una seconda corsia (l'allargamento, possibile, deve essere verificato con i Lavori Pubblici).

Per quanto riguarda la circolazione dei mezzi di trasporto collettivo è previsto che ai soli autobus e taxi sia consentita la svolta a sinistra dal Ponte Vanvitelli su via del Pomerio, per poter impegnare la corsia preferenziale in salita.

#### 7.3.3.4 Area Duomo

Si è sperimentata la possibilità di chiudere al traffico veicolare tutta l'area circostante il Duomo, prolungando l'area pedonale di corso Garibaldi fino all'intersezione con corso Vittorio Emanuele e chiudendo al traffico piazza Orsini.

Dalla simulazione si è evidenziato come tale chiusura sia improponibile nella situazione attuale di infrastrutture, in quanto piazza Orsini è uno dei pochi collegamenti possibili tra le arterie a Sud dell'area centrale (via Gaetano Rummo) e quelle a Nord (via del Pomerio); la chiusura di questa infrastruttura provoca forti livelli di congestione su via Torre della Catena ed all'intersezione con il ponte Vanvitelli.

Per poter prevedere la chiusura di tutta l'area è necessaria la costruzione di nuovi ponti ed infrastrutture viarie che colleghino i Rioni Libertà e Ferrovia tra loro, deviando "naturalmente" i flussi di traffico dall'attraversamento del Centro Storico.

Visti i risultati ottenuti, negli scenari finali la possibilità di chiusura di piazza Orsini non è stata contemplata.

#### 7.3.3.5 Area ponte Santa Maria degli Angeli

Il ponte Santa Maria degli Angeli è una delle infrastrutture più congestionate dell'intera rete stradale; per risolvere drasticamente il problema sarebbe necessaria la costruzione di un altro ponte sullo stesso fiume e terminare la costruzione

dell'Asse Interquartiere Est, che potrebbe assorbire gran parte del traffico proveniente dall'Appia diretto verso la zona alta della Città e parte del traffico diretto verso la zona Mellusi e verso una parte del Centro Storico.

Con le infrastrutture esistenti, l'unica alternativa per migliorare la fluidità della circolazione è vietare, ed impedire con appositi cordoli, le manovre che possono interrompere i flussi di traffico che attraversano il ponte.

Pertanto, si prevede la costruzione di un cordolo che impedisca a Nord del ponte l'attraversamento da viale dell'Università al Lungosabato Bacchelli e la svolta a sinistra dal Lungosabato Bacchelli sul ponte. Impedendo, in questo modo, le svolte a sinistra e le conseguenti interruzioni del traffico veicolare, si favorisce la fluidificazione dello stesso.

#### *7.3.4 Scenari proposti ed elenco degli interventi*

Per il Centro Storico sono stati proposti più scenari di intervento, che andranno combinati negli scenari finali con le soluzioni proposte per le altre zone della città.

Dai risultati della simulazione delle singole alternative e dalle scelte generali di indirizzo politico, si ritiene possano essere combinati tra loro, per definire gli scenari relativi al Centro Storico, le seguenti Alternative:

- Area via dei Mulini: Alternativa 0 ed Alternativa 3;
- Area via del Pomerio: Alternativa 3;
- Area corso Dante: Alternativa 1 e Alternativa 3;
- Area Duomo: Alternativa 0;
- Area ponte S.M. degli Angeli: Alternativa 1.

Gli scenari relativi al Centro Storico si ottengono combinando queste diverse Alternative di progetto per ciascuna Area; gli scenari, scaturiti dalle combinazioni sono riportati nella Tabella 7.2.

I quattro scenari così definiti sono stati simulati, applicando le modifiche allo Scenario RF3 del Rione Ferrovia. Dalle simulazioni effettuate si evince come gli scenari migliori siano il CS3 ed il CS4; il CS3 funziona meglio dal punto di vista

globale, ma può provocare dei problemi di circolazione su via dei Mulini, a causa del mancato rispetto dei divieti di sosta, oltre a limitare notevolmente la capacità di sosta. Il CS4, invece, pur fornendo dei risultati leggermente peggiori dal punto di vista del tempo totale di percorrenza, migliora localmente la situazione a via dei Mulini, consentendo il recupero di numerosi posti di sosta. Pertanto, tale scenario sarà combinato con quelli previsti per le altre zone della Città.

Area	Altern.	Scen. CS1	Scen. CS2	Scen. CS3	Scen. CS4
via dei Mulini, via delle Puglie, rampa San Barbato	0	X		X	
	3		X		X
via del Pomerio, via Sandro Pertini	3	X	X	X	X
corso Dante, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele, ponte Vanvitelli	1	X	X		
	3			X	X
Duomo	0	X	X	X	X
ponte Santa Maria degli Angeli	1	X	X	X	X

Tabella 7.2 – Individuazione scenari Centro Storico

L'elenco degli interventi per lo scenario individuato è riportato in Tabella 7.3.

Strada	Intervento
via dei Mulini	senso unico da incrocio con via delle Puglie a incrocio con Rampa San Barbato
viale dei Rettori	corsia preferenziale su ambo i versi di marcia da incrocio con via Sandro Pertini ed incrocio con via San Pasquale
via Sandro Pertini	doppio senso (eliminazione corsia preferenziale) da incrocio con via Mustilli a incrocio con via Collevaccino
via Posillipo	senso unico da via Torre della Catena a Ponte Vanvitelli
corso Vittorio Emanuele	inversione senso di marcia (senso unico da incrocio con via del Pomerio a incrocio con corso Garibaldi)
via del Pomerio	senso unico da intersezione via Vittime di Nassiriya a ponte Vanvitelli (2 corsie); nel verso opposto 1 corsia per soli Bus
	senso unico da intersezione via Ennio Goduti a intersezione via Vittime di Nassiriya
	eliminazione obbligo di svolta a sinistra da via del Pomerio a via Ennio Goduti
via Giuseppe Pasquali	senso unico da Corso Vittorio Emanuele a via Ennio Goduti (divieto di sosta lungo via Pasquali) con eliminazione paletti
corso Garibaldi	senso unico tratto antistante piazza Duomo da intersezione Corso Vittorio Emanuele a intersezione via Ennio Goduti (2 corsie)
ponte Santa Maria degli Angeli	cordolo per impedire svolte a sinistra alle intersezioni poste ai suoi estremi

Le strade non citate nella tabella sono da ritenersi a senso di marcia invariato

Tabella 7.3 – Interventi sui sensi di marcia nello Scenario CS4



### 7.3.5 Altre proposte di intervento

Gli scenari proposti risolvono alcune criticità della rete stradale e sono i migliori compatibili con le possibilità di intervento di un Piano Urbano del Traffico, che è di breve periodo e non prevede interventi infrastrutturali; i suddetti scenari possono, pertanto, essere messi in opera senza alcuna spesa, eccetto quelle necessarie alla istituzione della nuova segnaletica.

Sono stati, però, individuati degli altri interventi che possono migliorare ulteriormente ed in modo sensibile le condizioni di circolazione; tali interventi, richiedendo degli investimenti infrastrutturali, non possono essere “realizzati” nell’ambito del PUT, ma sono proposti e consigliati all’Amministrazione Comunale, come interventi da realizzarsi nel medio e breve periodo.

Questi interventi sono i seguenti:

- *infrastruttura di by-pass del Centro Storico*: il Centro Storico è interessato, come detto, anche da spostamenti che provengono dal Rione Libertà e sono diretti al Rione Ferrovia; tali spostamenti utilizzano quasi tutti i due ponti Santa Maria degli Angeli e Vanvitelli; la costruzione di altri ponti e di una infrastruttura che colleghi in maniera più diretta i due Rioni senza passare per il Centro Storico creerebbe una sensibile riduzione del traffico nell’area; la realizzazione di questa infrastruttura consentirebbe l’estensione della zona pedonale di corso Garibaldi fino al Duomo e a piazza Orsini;
- *completamento dell’asse interquartiere est*: il completamento dell’asse fino a via Martiri di Ungheria o, almeno, fino a via Avellino assorbirebbe parte del traffico diretto verso la zona alta della città e verso la zona Mellusi;
- *semaforo attuato*: come già anticipato, si suggerisce di sostituire il semaforo a tempi di fase fissi all’intersezione tra corso Vittorio Emanuele e via del Pomerio con un semaforo attuato.

### 7.3.6 Suggerimenti per il Piano Parcheggi

La creazione di altri parcheggi nelle zone a ridosso del Centro Storico, così come il già realizzato parcheggio di via del Pomerio, consentono di ridurre, viste le

brevi distanze pedonali da percorrere, il numero di veicoli che accedono alla zona per sostarvi, riducendo il traffico veicolare.

Per quanto riguarda la sosta su strada, si raccomanda un maggiore controllo della sosta, soprattutto nelle aree a maggiore congestione ed in prossimità delle intersezioni.

## **7.4 Zona Mellusi**

L'area Zona Mellusi è caratterizzata dalla presenza di una sede universitaria, del Tribunale, di molteplici attività commerciali, soprattutto nell'area di viale Mellusi e zone limitrofe, di uffici della Provincia, di diverse Caserme (Polizia Stradale, Carabinieri, ecc.); l'area è anche caratterizzata da significativi insediamenti residenziali. Tale area è sia destinazione di numerosi spostamenti che zona di attraversamento, in quanto sita tra la parte alta della città ed il Centro Storico, nonché tra l'ingresso del Raccordo Autostradale A16-BN ed il Centro Storico.

### *7.4.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate*

La rete di trasporto stradale presa in considerazione per la zona Mellusi è delimitata a Nord da via Paolella, via Mustilli e Rotonda delle Scienze, a Ovest da rampa san Barbato, via del Sole e piazza Risorgimento, a Est da via Meomartini, via del Sole, viale dei Rettori, piazza Castello e a Sud da via delle Puglie e via Avellino.

La viabilità stradale in questo quartiere è caratterizzata dalla presenza di una rete a griglia abbastanza fitta i cui assi principali sono viale Mellusi, viale Atlantici e via Paolella.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.7.

Le attività insediate sono molteplici; le più importanti sono: la Facoltà di Economia e la mensa dell'Università del Sannio, il tribunale, la sede dei giudici di pace, diverse importanti scuole (istituto geometri, liceo classico, ecc.), la Caserma della Polizia Stradale, il Comando Provinciale dei Carabinieri, la Scuola Allievi Carabinieri, gli uffici dell'INPS, una sede della Provincia.

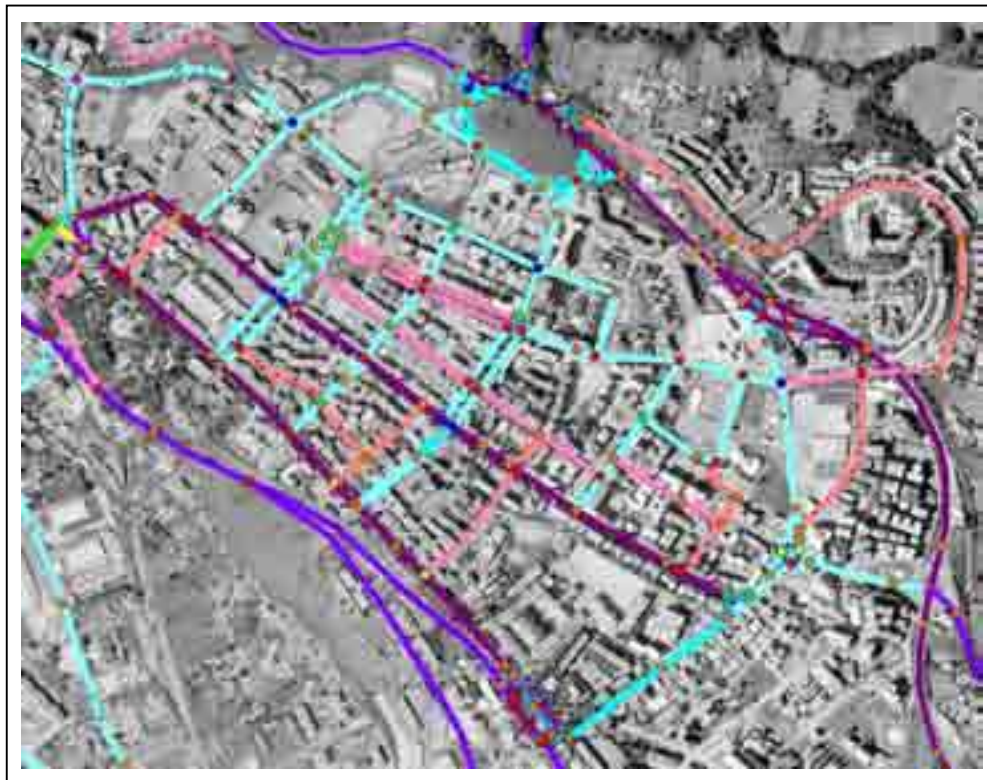


Figura 7.7 – Configurazione attuale della rete di trasporto della Zona Mellusi

#### 7.4.2 Individuazione delle principali criticità

La rete di trasporto stradale non presenta particolari criticità, se non problemi di sosta, soprattutto nei giorni di mercato in prossimità di piazza Risorgimento. Il problema della sosta è sentito, inoltre, nella zona vicina al tribunale e su viale Mellusi, dove l'abitudine di sostare in doppia fila è molto diffusa.

Altre criticità sono da individuarsi nei diversi semafori dell'area che devono essere meglio regolati e nell'intersezione tra via Avellino e via delle Puglie che in certe ore del giorno risulta particolarmente critica.

I flussi di traffico, per quanto elevati, su viale Atlantici e su viale Mellusi non producono rapporti tra flussi di traffico e capacità significativi; i problemi di congestione si hanno o per la presenza di auto in sosta vietata o in doppia fila o ad alcune intersezioni.

### 7.4.3 Scenari simulati

Per questa zona della città si è preferito non intervenire con modifiche significative dei sensi di marcia delle strade, siccome la situazione attuale funziona bene (a meno dei comportamenti scorretti degli utenti), anche per non stravolgere le abitudini dei cittadini. Già quasi tutte le strade sono a senso unico, per cui non è possibile ricavare da esse ulteriori posti di sosta, che sarebbero comunque necessari.

Sono stati individuati alcuni interventi di tipo locale, di seguito elencati:

- *inversione senso di marcia via XXIV Maggio*: questa variazione consente a chi giunge da via del Sole su viale Atlantici di poter raggiungere viale dei Rettori e piazza Risorgimento, nonché l'accesso alla ZTL, senza impegnare una tratta, peraltro già molto trafficata, di viale Mellusi;
- *organizzazione parcheggio di piazza Risorgimento*: il parcheggio a raso dovrà essere organizzato in modo da limitare il grado di disturbo su via Nicola da Monteforte; si propone di consentire solo l'uscita dal parcheggio su via Nicola da Monteforte solo l'ingresso sul lato opposto;
- *semaforizzazione intersezione tra via Avellino e via delle Puglie*: l'intersezione in questione, oggi regolata da STOP su via Avellino, dovrà essere quanto prima semaforizzata; il semaforo funzionerà a “giallo lampeggiante”, per cui sarà valido lo STOP, nelle ore di morbida della giornata e sarà attivo solo nelle ore di punta;
- *ottimizzazione tempi semaforici*: tutti i semafori della zona devono essere riprogettati in funzione dei nuovi flussi di traffico, in corrispondenza dello scenario finale.

Oltre a questi interventi, si impone come fondamentale il controllo su viale Mellusi e zone limitrofe della “sosta selvaggia”. Inoltre, si suggerisce di sostituire il semaforo a tempi di fase fissi di rotonda delle Scienze con un semaforo attuato.

#### *7.4.4 Scenario proposto*

E' stato implementato e simulato un unico scenario che prevede la variazione del senso di marcia su via XXIV Maggio e la ridefinizione dei tempi semaforici di tutte le intersezioni e l'istituzione del semaforo all'intersezione tra via Avellino e via delle Puglie.

Tale scenario (Scenario ZM1) ha fornito un sensibile miglioramento dei tempi totali di viaggio, rispetto allo scenario di non intervento. Pertanto, le modifiche in esso previste faranno parte degli scenari finali del piano.

#### *7.4.5 Altre proposte di intervento*

Lo scenario proposto migliora lievemente la situazione della zona; i veri problemi sono creati dalla mancanza di sufficienti spazi di sosta, vista la forte concentrazione di residenze e di attività nella zona. Tale mancanza di sosta crea forti disagi alla circolazione, in quanto il fenomeno della sosta vietata e della sosta in doppia fila è "normalmente" presente.

Oltre ad un maggiore controllo del comportamento degli utenti, si consiglia di prevedere nella zona, in particolare tra l'area di piazza Risorgimento ed il tribunale, un parcheggio multipiano, che sia in grado di far fronte alla domanda di sosta.

Un intervento di questo tipo, richiedendo investimenti sulle infrastrutture non può essere "realizzato" nell'ambito del PUT, ma è proposto e consigliato all'Amministrazione Comunale, come intervento da realizzarsi nel medio e breve periodo.

Inoltre, come già anticipato, si suggerisce di sostituire il semaforo a tempi di fase fissi all'intersezione di rotonda delle Scienze con un semaforo attuato.

#### *7.4.6 Suggerimenti per il Piano Parcheggi*

La creazione del parcheggio di cui si parla al paragrafo precedente potrebbe fluidificare sensibilmente il traffico veicolare, riducendo i tempi di percorrenza.

Per quanto riguarda la sosta su strada, si raccomanda un maggiore controllo della sosta, soprattutto su via Mellusi, su via Atlantici ed in prossimità delle intersezioni.

## **7.5 Quartiere Pacevecchia**

L'area del Quartiere Pacevecchia ha un prevalente carattere residenziale; nel quartiere vi è la presenza di alcuni supermercati e dell'Ospedale Rummo. Tale area è origine di spostamenti dovuti alle residenze e destinazione di spostamenti prevalentemente verso l'ospedale.

### *7.5.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate*

La rete di trasporto stradale presa in considerazione per il quartiere Pacevecchia è delimitata a Nord da via Aldo Moro, via Bachelet e rotonda Vittime del Terrorismo, a Ovest da via Delcogliano, a Est dall'intersezione tra via Fratelli Rosselli e via Aldo Moro e a Sud da via Pacevecchia, via Fratelli Rosselli e via Intorcìa.

La viabilità stradale in questo quartiere è caratterizzata dalla presenza di due direttrici principali (a Nord via Aldo Moro ed a Sud via Pacevecchia e via Fratelli Rosselli) collegate tra loro da via Delcogliano.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.8.

L'attività insediata più importante è l'ospedale Rummo.

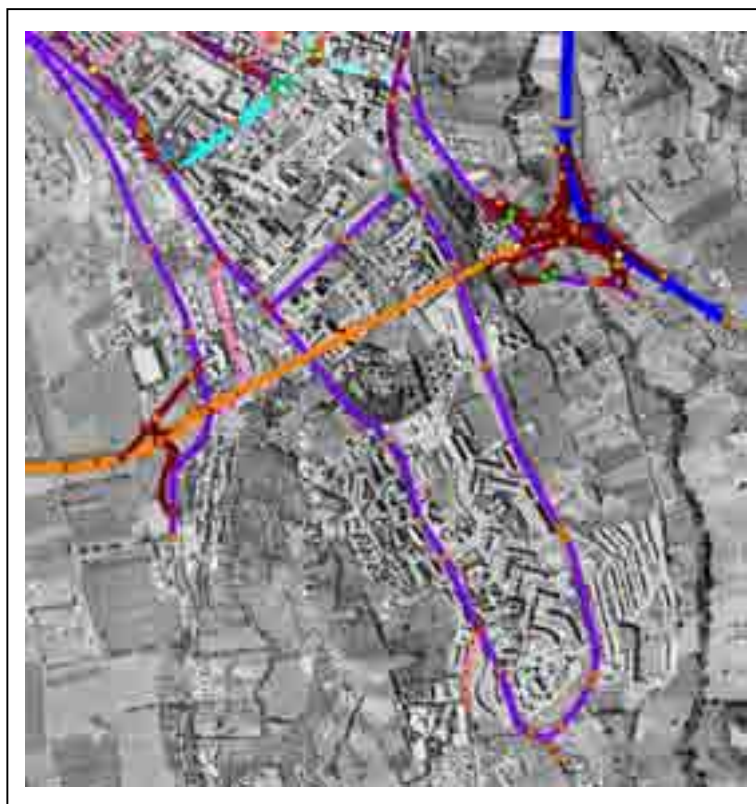
### *7.5.2 Individuazione delle principali criticità*

La rete di trasporto stradale del quartiere non presenta particolari criticità sulle strade principali. I problemi di traffico si hanno in corrispondenza di alcune intersezioni.

Le due intersezioni di via Delcogliano, rispettivamente con via Pacevecchia e via Aldo Moro, sono regolate da Stop, imposto ai flussi di traffico di via Delcogliano; visti i flussi di traffico elevati su via Pacevecchia e su via Aldo

Moro e, su quest'ultimo, anche una elevata velocità di percorrenza, si formano code significative su via Delcogliano, soprattutto in alcune ore della giornata.

Altro incrocio critico è quello di via Intorcia con via Pacevecchia, sempre regolato da Stop; i flussi di traffico che da via Intorcia si recano a via Pacevecchia sono significativi, in quanto via Intorcia è una “scorciatoia” per recarsi da via Avellino, e quindi dal corrispondente svincolo dell'Appia, alla zona alta della città.



*Figura 7.8 – Configurazione attuale della rete di trasporto del Quartiere Pacevecchia*

Un'altra situazione critica si ha in corrispondenza della rotonda Vittime del Terrorismo, prodotta dagli elevati flussi di traffico provenienti da via Bachelet, su cui confluisce l'Appia da San Giorgio del Sannio e l'uscita Benevento Est del Raccordo Autostradale A16-BN, nonché dai flussi di traffico provenienti da via Meomartini; su queste due strade, in particolare, si creano in alcune ore della giornata delle code significative.

### 7.5.3 Scenari simulati

In questa zona non è necessario intervenire sui sensi di marcia delle strade, anche perché non vi sono su di esse significativi fenomeni di congestione, se non ad alcune intersezioni, ed inoltre, la struttura della rete stradale non consente alcuna variazione significativa.

Gli interventi proposti riguardano le intersezioni e saranno simulati in un unico scenario, indicato con Scenario QP1.

Lo scenario comprenderà i seguenti interventi:

- *intersezione via Delcogliano – viale Aldo Moro*: pre-canalizzazione dei flussi di traffico che su viale Aldo Moro, provenienti dalla rotonda Vittime del Terrorismo, svoltano a destra su via Delcogliano, con inserimento di cordolo di gomma; disposizione sulla pavimentazione di viale Aldo Moro, sia in salita che in discesa, di bande rumorose a rilievo (nelle tratte non vicine ad abitazioni), in grado di indurre un rallentamento delle velocità dei veicoli;
- *intersezione via Delcogliano – via Pacevecchia*: allargamento dell'accesso all'intersezione da via Delcogliano da una a due corsie, una riservata alla svolta a destra e l'altra riservata alla svolta a sinistra; l'allargamento è possibile riducendo l'ampiezza dell'aiuola in corrispondenza dell'accesso all'intersezione;
- *intersezione via Intorcia – via Pacevecchia*: allargamento dell'accesso all'intersezione da via Intorcia da una a due corsie, una riservata alla svolta a destra e l'altra riservata alla svolta a sinistra; l'allargamento è possibile riducendo di uno o due stalli di sosta il parcheggio su via Pacevecchia; installazione di un impianto semaforico.

### 7.5.4 Scenario proposto

Lo scenario proposto contempera gli interventi previsti sulle intersezioni via Delcogliano – viale Aldo Moro, via Delcogliano – via Pacevecchia e via Intorcia – via Pacevecchia (vedi paragrafo precedente); tali interventi, pur richiedendo investimenti infrastrutturali, questi sono abbastanza limitati da poter essere considerati attuabili in un PUT, anche per i ridotti tempi di realizzazione.



Tutti gli interventi previsti saranno considerati in tutti gli scenari finali del Piano.

La simulazione dello scenario proposto (Scenario QP1) ha mostrato una riduzione dei tempi di attesa rispetto allo scenario di non intervento.

#### *7.5.5 Altre proposte di intervento*

Come evidenziato in precedenza, vi è un elevato flusso di traffico che arriva alla rotonda Vittime del Terrorismo da via Bachelet; tale flusso raccoglie quello proveniente dall'Appia e quello proveniente dall'uscita Benevento Est del Raccordo Autostradale A16-BN.

Siccome una parte non trascurabile dei flussi di traffico è diretto verso la zona del Centro Storico e del Rione Ferrovia, potrebbe essere utile una infrastruttura che "aggirasse" la rotonda Vittime del terrorismo e collegasse via Bachelet direttamente alla Rotonda delle Scienze.

Un intervento di questo tipo, richiedendo investimenti sulle infrastrutture non può essere "realizzato" nell'ambito del PUT, ma è proposto e consigliato all'Amministrazione Comunale come intervento da realizzarsi nel medio periodo.

#### *7.5.6 Suggerimenti per il Piano Parcheggi*

Non vi sono particolari suggerimenti per il Piano Parcheggi, tranne una verifica che gli spazi di sosta nelle vicinanze dell'Ospedale Rummo siano sufficienti per le esigenze di chi vi si reca; inoltre, sempre in corrispondenza dell'Ospedale Rummo si verifichi la possibilità di generare ulteriori posti di sosta organizzando meglio la disposizione degli stalli in corrispondenza delle piazzole.

## **7.6 Rione Libertà**

L'area del Rione Libertà ha un prevalente carattere residenziale; nel quartiere vi è la presenza di alcuni supermercati e dello Stadio, nonché di molti importanti istituti scolastici, di diverso ordine e grado. Il quartiere è attraversato da un elevato flusso di traffico proveniente dall'Appia e concentrato prevalentemente su via Napoli.

### 7.6.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate

La rete di trasporto stradale presa in considerazione per il Rione Libertà è delimitata a Nord da via Gennaro De Rienzo, a Sud da via M. Pacifico, via Casselli e dalla rotonda dello Stadio (piazzale Giulio Messina), a Est da Lungosabato Don Emilio Matarazzo, e a Ovest dall'Appia e dalla Tangenziale Ovest.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.9.

Il quartiere è prevalentemente a carattere residenziale, anche se non mancano attività commerciali; alcune attività insediate importanti sono lo stadio Santa Colomba, il Liceo Scientifico Rummo, l'Istituto Alberghiero, l'Istituto Professionale per il Commercio, ed altri istituti scolastici.

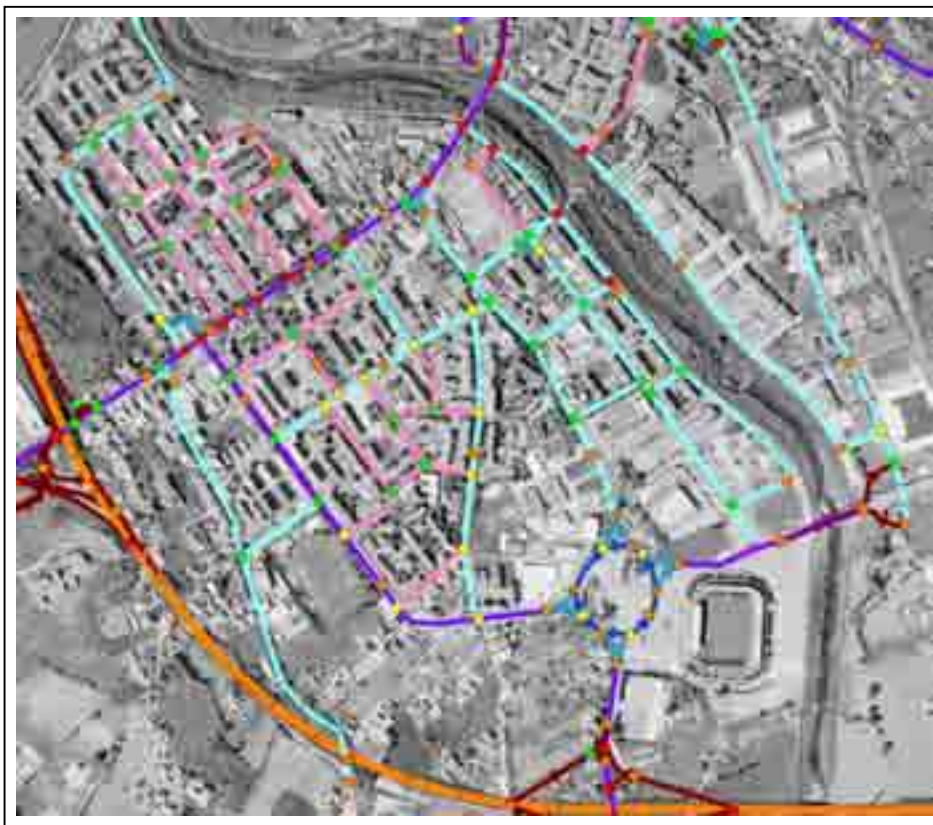


Figura 7.9 – Configurazione attuale della rete di trasporto del Rione Libertà

### 7.6.2 Individuazione delle principali criticità

La principale criticità dell'intero quartiere è il forte traffico di attraversamento che proviene dall'Appia, attraversa via Napoli ed il ponte Santa Maria degli Angeli, per recarsi verso il Centro Storico e le altre zone della città.

Fenomeni evidenti di congestione si hanno all'ingresso a Benevento dall'Appia (via San Vito), prima di raggiungere le due tangenziali, e sul citato ponte; traffico elevato, anche se più scorrevole, è presente lungo tutta via Napoli. La rete a griglia delle aree a destra e sinistra di via Napoli non presentano particolari problemi di traffico e consentono la sosta nel quartiere.

Problemi di traffico, dovuti anche e soprattutto ad auto in sosta vietata, si hanno sulle vie Santa Colomba, Del Pozzo, Cardone e Pascucci, anche per la presenza di diverse attività commerciali.

Fenomeni temporalmente limitati di criticità, sia dal punto di vista della circolazione che della sosta, si hanno in corrispondenza della zona dello Stadio Santa Colomba, in occasione di eventi sportivi o di altro tipo ed in corrispondenza degli orari di ingresso ed uscita delle scuole.

### 7.6.3 Scenari simulati

In questa zona si ritiene utile intervenire sui sensi di marcia delle strade in corrispondenza delle vie Santa Colomba, Del Pozzo, Cardone e Pascucci, creando dei sensi unici di marcia tesi a fluidificare il traffico veicolare.

Gli interventi previsti nello scenario che è stato simulato (Scenario RL1) sono i seguenti:

- *sensi unici sulle vie Santa Colomba, Del Pozzo, Cardone e Pascucci:*  
l'intervento prevede di proseguire il senso unico di via Santa Colomba fino all'intersezione via Mario Pascucci, di rendere a senso unico via Mario Pascucci dall'intersezione con via Santa Colomba verso l'intersezione con il Lungosabato Don Emilio Matarazzo, di rendere a senso unico via Ciriaco del Pozzo dall'intersezione con via Mario Pascucci verso l'intersezione con via Vincenzo Cardone e di rendere a senso unico via Vincenzo Cardone dall'intersezione con il Lungosabato Don Emilio Matarazzo verso via Santa

Colomba; questi interventi sono previsti sia per consentire una maggiore fluidità del traffico veicolare che per aumentare la disponibilità di sosta dell'area;

- *cordolo sul ponte Santa Maria degli Angeli*: l'intervento, che riguarda anche il Centro Storico, è descritto nel dettaglio nel paragrafo 7.3.3.5;
- *cordolo su via San Vito*: questo intervento impedisce da via Pio IX e da via della Lunigiana le svolte a sinistra rendendo più fluido il traffico veicolare; è necessario accoppiare a questo intervento un intervento di riorganizzazione del nodo di intersezione tra via Napoli e le rampe provenienti dall'Appia, in quanto punto utilizzabile per l'inversione. Si partirà con un cordolo provvisorio, facilmente rimovibile, da rendere definitivo solo se l'intervento produrrà un effettivo miglioramento della situazione (il software di simulazione non è in grado per questa tipologia di intervento di valutare l'effetto dell'intervento).

Bisogna precisare che il Comune di Benevento ha in corso un progetto di riqualificazione del Rione Libertà che prevede la pedonalizzazione di via Napoli; i tempi di realizzazione di tale progetto non sono certi ma, sicuramente, sono incompatibili con la durata biennale del PUT. In questa sede si preferisce intervenire solo localmente, con gli interventi elencati, in attesa di una decisione definitiva sulla pedonalizzazione di via Napoli. Essendo il Rione Libertà indipendente dal punto di vista della circolazione, dal resto della città, un successivo aggiornamento della circolazione nel Rione non influenzerebbe l'efficacia degli interventi previsti nel resto della città.

#### *7.6.4 Scenario proposto*

Lo scenario proposto contempera i tre interventi sopra citati.

#### *7.6.5 Altre proposte di intervento*

Come già indicato nello scenario relativo al Centro Storico, il completamento dell'Asse Interquartiere Est, che collega attualmente la zona dello Stadio a via dei Mulini, almeno fino a via Avellino, potrebbe consentire di ridurre il traffico su via Napoli e sul ponte.

La costruzione di un ulteriore ponte sul fiume Sabato migliorerebbe la circolazione dell'area e potrebbe rendere praticabile la pedonalizzazione di via Napoli.

#### *7.6.6 Suggestimenti per il Piano Parcheggi*

Considerata la rete a griglia che circonda via Napoli e la necessità di fluidificare al massimo il traffico su questa via, si consiglia di vietare la sosta (laddove sia ancora consentita) su via Napoli, almeno in prossimità del ponte.

### **7.7 Quartiere Ponticelli**

L'area del quartiere Ponticelli ha un prevalente carattere residenziale. Il quartiere è attraversato da un elevato flusso di traffico proveniente dall'uscita di Benevento Centro del Raccordo Autostradale A16-BN e dalla SS 90 bis e diretto verso il Centro Storico e gli altri quartieri della città.

#### *7.7.1 Struttura della rete attuale e principali attività insediate*

La struttura della rete è caratterizzata dalla direttrice via dei Dauni, via Croce Rossa e via Ponticelli e dalla direttrice via dei Dauni, via Nicola Ciletti e via Ferdinando Hirsch.

Su queste direttrici "scaricano" delle traverse, quali ad esempio via della Città Spettacolo, via Giuseppe Moscati, via Navarra, via Pontieri, ecc.

La visualizzazione della rete stradale nella configurazione attuale è riportata in Figura 7.10.

Il quartiere ha caratteristiche prevalentemente residenziali. Sono presenti alcune attività commerciali. Da via Ponticelli si accede a via per il Cimitero, che conduce al Cimitero di Benevento.

#### *7.7.2 Individuazione delle principali criticità*

L'unica criticità da considerare per la redazione del Piano è in corrispondenza del semaforo tra via Ciletti, via dei Dauni e via della Città Spettacolo.

### 7.7.3 Scenari simulati

Lo scenario simulato prevede la riprogettazione del semaforo tra via Ciletti, via dei Dauni e via della Città Spettacolo ed anche del semaforo su Rotonda delle Scienze. Si suggerisce, inoltre, di sostituire il semaforo a tempi di fase fissi con un semaforo attuato.



Figura 7.10 – Configurazione attuale della rete di trasporto del Quartiere Ponticelli

### 7.7.4 Scenario proposto

La simulazione dello scenario proposto (Scenario PO1) ha mostrato una riduzione dei tempi di attesa alle intersezioni rispetto allo scenario di non intervento.

### 7.7.5 Altre proposte di intervento

Si ritiene necessario per questo quartiere esaminare con un Piano Particolareggiato i problemi degli attraversamenti pedonali, considerato che i veicoli percorrono le strade principali a velocità elevate, creando non trascurabili problemi di sicurezza.

### 7.7.6 Suggerimenti per il Piano Parcheggi

Non vi sono suggerimenti per il Piano Parcheggi

## **8. DEFINIZIONE E VERIFICA DELLO SCENARIO FINALE DI PROGETTO**

### **8.1 Introduzione**

In questo Capitolo si definisce e si verifica lo scenario finale di progetto, in base ai risultati ottenuti nel Capitolo 7 per le singole aree della Città ed in base alle scelte di indirizzo politico.

Il confronto dei risultati con lo scenario attuale è stato effettuato relativamente a:

- tempi totali di viaggio;
- velocità medie di viaggio;
- consumi di carburante;
- emissioni di agenti inquinanti.

### **8.2 Descrizione dello scenario ed elenco degli interventi**

Lo scenario finale di progetto racchiude le scelte effettuate nel Capitolo 7 relativamente alle singole aree della Città.

In particolare, per ciascuna area si considerano gli interventi previsti ai seguenti scenari:

- Rione Ferrovia: Scenario RF3;
- Centro Storico: Scenario CS4;
- Zona Mellusi: Scenario ZM1;
- Quartiere Pacevecchia: Scenario QP1;

- Rione Libertà: Scenario RL1;
- Quartiere Ponticelli: Scenario PO1.

Il complesso dei principali interventi previsti nello scenario finale di progetto sono riportati in Tabella 8.1.

<b>Strada/Intersezione</b>	<b>Intervento</b>
Lungo Calore Manfredi di Svevia	inversione senso di marcia
Via Francesco Paga	inversione senso di marcia
Via San Giovanni di Dio	da doppio senso a senso unico tra intersezione viale Principe di Napoli e intersezione via Fatebenefratelli
Via Vittorio Veneto	da doppio senso a senso unico tra intersezione viale Principe di Napoli e intersezione via Fatebenefratelli
Via Trieste e Trento	da doppio senso a senso unico
Via Adua	da doppio senso a senso unico tra intersezione viale Principe di Napoli e intersezione via Cosimo Nuzzolo
Via Paolo Diacono	da doppio senso a senso unico
Via Cosimo Nuzzolo	inversione senso di marcia tra intersezione via F. Compagna e intersezione via P. Diacono
Piazza Mario Mazzeo	inversione senso di marcia tra intersezione via Adua e intersezione via Trieste e Trento
Via Armando Diaz	da doppio senso a senso unico
Via Fatebenefratelli	da doppio senso a senso unico
Via Leonardo Bianchi	da doppio senso a senso unico
Piazza Bissolati	istituzione rotatoria
Piazza Colonna	riqualificazione della Piazza
Via Grimoaldo Re	allargamento parte iniziale
Via dei Mulini	senso unico da incrocio con via delle Puglie a incrocio con Rampa San Barbato (sosta consentita)
Viale dei Rettori	corsia preferenziale su ambo i versi di marcia da incrocio con via Sandro Pertini ed incrocio con via San Pasquale
Via Sandro Pertini	doppio senso (eliminazione corsia preferenziale) da incrocio con via Mustilli a incrocio con via Collevaccino
Via Posillipo	senso unico da via Torre della Catena a Ponte Vanvitelli
Corso Vittorio Emanuele	inversione senso di marcia (senso unico da incrocio con via del Pomerio a incrocio con corso Garibaldi)
	senso unico da intersezione via Vittime di Nassiriya a ponte Vanvitelli (2 corsie)
Via del Pomerio	corsia preferenziale autobus nel verso opposto
	senso unico da intersezione via Ennio Goduti a intersezione via Vittime di Nassiriya
Via Ennio Goduti	eliminazione obbligo di svolta a sinistra da via del Pomerio a via Ennio Goduti
	Senso unico da Corso Garibaldi verso via del Pomerio

*Tabella 8.1 – Complesso dei principali interventi previsti nello scenario finale di progetto*

*(Continua)*



Strada/Intersezione	Intervento
via Giuseppe Pasquali	senso unico da Corso Vittorio Emanuele a via Ennio Goduti (divieto di sosta lungo via Pasquali) con eliminazione paletti
corso Garibaldi	senso unico tratto antistante piazza Duomo da intersezione Corso Vittorio Emanuele a intersezione via Ennio Goduti (2 corsie)
ponete Santa Maria degli Angeli	cordolo per impedire svolte a sinistra alle intersezioni poste ai suoi estremi
via XXIV Maggio	inversione senso di marcia
via San Vito	cordolo per impedire svolte a sinistra
intersezione via Intorcia – via Pacevecchia	semaforizzazione
intersezione via Avellino – via delle Puglie	semaforizzazione
intersezione via Delcogliano via A. Moro	canalizzazione svolte
via Santa Colomba	senso unico fino a intersezione con via Pascucci
via Mario Pascucci	senso unico da intersezione via Santa Colomba a intersezione Lungosabato Don Emilio Matarazzo
via Ciriaco Del Pozzo	senso unico da intersezione via Mario Pascucci a intersezione via Vincenzo Cardone
via Vincenzo Carbone	senso unico da intersezione Lungosabato Don Emilio Matarazzo a intersezione via Santa Colomba
piazza Risorgimento	riorganizzazione ingressi ed uscite dei parcheggi sulla piazza
intersezione semaforica ponte Vanvitelli, via del Pomerio, via Posillipo, corso Vittorio Emanuele	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici, valutazione sostituzione con semaforo attuato
intersezione semaforica di rotonda delle Scienze	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici, valutazione sostituzione con semaforo attuato
intersezione semaforica via Calandra, via Nicola Sala	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici
intersezione semaforica via Nenni, via Vetrone	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici
intersezione semaforica via Pertini, via N. da Monteforte	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici
intersezione semaforica viale Mellusi, via De Caro, via Ferrelli	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici
intersezione semaforica viale Mellusi, via Sala, via Martiri di Ungheria	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici
intersezione via Avellino via delle Puglie	semaforizzazione nelle ore di punta della giornata
intersezione semaforica via dei Dauni, via della Città Spettacolo, via Ferretti	progettazione nuovo piano di fasatura e tempi semaforici

*Tabella 8.1 – Complesso dei principali interventi previsti nello scenario finale di progetto*

A questi interventi si aggiunge la riprogettazione dei tempi semaforici di tutte le intersezioni, riportata nel paragrafo 9.2.

Ovviamente non sono riportati gli interventi di “pura segnaletica”, relativi alla disposizione dei divieti di accesso, sensi unici e STOP.

La Tavola 7 riporta il grafo dell’intera Città nella configurazione dello scenario finale di progetto, evidenziando gli archi ed i nodi su cui si è effettuato un intervento rilevante.

### 8.3 I risultati della simulazione

Lo scenario finale di progetto è stato simulato sia per l'ora di punta del mattino (vedi Tavola 8), sia per gli spostamenti di ritorno (vedi Tavola 9) che per l'ora di morbida (vedi Tavola 10).

Nei successivi sottoparagrafi saranno esaminati i risultati della simulazione, effettuando un confronto tra lo scenario di progetto e quello attuale, dal punto di vista dei seguenti elementi:

- variazione dei tempi totali di viaggio;
- variazione della velocità media di viaggio;
- variazione dei consumi di carburante;
- variazione delle emissioni di agenti inquinanti.

#### 8.3.1 Tempi totali di viaggio

Il tempo totale di viaggio su rete è pari alla somma del tempo totale speso dagli utenti per percorrere gli archi stradali (tempi di percorrenza) e dal tempo speso dagli utenti in corrispondenza delle intersezioni (tempi di attesa).

Il tempo totale di percorrenza è calcolato come sommatoria, estesa a tutti gli archi reali della rete stradale, del prodotto del flusso di traffico sull'arco,  $f_i$ , per il corrispondente tempo di percorrenza,  $tp_i$ . I flussi di traffico ed i tempi di percorrenza sono calcolati attraverso il software Omnitrans 5 in corrispondenza dello scenario iniziale (situazione attuale) e dello scenario finale (situazione di progetto).

Il tempo totale di attesa alle intersezioni è calcolato come sommatoria, estesa a tutte le manovre di svolta alle intersezioni della rete stradale, del prodotto del flusso di traffico sulla manovra,  $m_i$ , per il corrispondente tempo di attesa,  $ta_i$ . I flussi di traffico alle manovre ed i tempi di attesa sono calcolati attraverso il software Omnitrans 5 in corrispondenza dello scenario iniziale e dello scenario finale.

La somma del tempo totale di percorrenza su rete e del tempo totale di attesa su rete, detto *tempo totale di viaggio*, è una misura del tempo speso da tutti gli utenti per spostarsi nell'ambito della Città di Benevento e, pertanto, della qualità della circolazione veicolare.

Per avere una valutazione compiuta dell'intero Piano è necessario calcolare i tempi di percorrenza oltre che nell'ora di punta del mattino e nell'ora di punta del pomeriggio, anche nelle ore di morbida.

La Tabella 8.2 riporta i risultati dei tempi totali di percorrenza, di attesa e di viaggio nello scenario attuale e nello scenario di progetto, relativamente alle ore di punta del mattino e del pomeriggio.

<b>Tempi totali (h)</b>	<b>Scenario attuale</b>	<b>Scenario di progetto</b>
Tempo totale percorrenza spostamenti andata	1.895	1.900
Tempo totale attesa spostamenti andata	1.626	546
<i>Tempo totale di viaggio andata</i>	<i>3.521</i>	<i>2.446</i>
Tempo totale percorrenza spostamenti ritorno	1.412	1.367
Tempo totale attesa spostamenti ritorno	525	368
<i>Tempo totale di viaggio ritorno</i>	<i>1.937</i>	<i>1.735</i>
<b><i>Tempo totale di viaggio</i></b>	<b><i>5.458</i></b>	<b><i>4.181</i></b>

Tabella 8.2 – Confronto dei tempi di viaggio tra scenario attuale e scenario di progetto nelle ore di punta del mattino e degli spostamenti di ritorno

Nella Tabella 8.3 è stimato il tempo totale di viaggio risparmiato dagli utenti in un giorno feriale medio ed in un anno di applicazione del Piano; per calcolare i tempi totali di viaggio relativi al giorno feriale medio e all'anno si è ipotizzato che la mobilità complessiva giornaliera sia rappresentabile dal funzionamento di 1 ora di punta del mattino (spostamenti in andata), 2 ore di punta del pomeriggio (spostamenti di ritorno) e 12 ore di morbida e che nell'anno vi siano 310 giorni feriali medi, come usualmente adottato in tutti gli studi trasportistici.

I risultati di Tabella 8.3 sono estremamente significativi: ogni giorno feriale medio si risparmierebbero con l'attuazione completa del piano 1.556 h di tempi totali di viaggio, corrispondenti ad un risparmio annuo, trascurando gli ulteriori risparmi che si avrebbero nei giorni festivi e prefestivi, pari a 482.260 h, equivalenti a 55 anni in meno di tempo speso per spostarsi in autovettura. Ogni

residente beneventano risparmierebbe ogni anno un tempo di percorrenza pari quasi a 8 h (7,8 h); tale valore è ancora più significativo se lo si rapporta al parco veicolare, pari a 38.719 veicoli, diventando di ben 12,5 h circa per autoveicolo.

Questo forte risparmio dei tempi di percorrenza produce, come sarà visto nel paragrafo 8.3.4, una sensibile riduzione delle emissioni di agenti inquinanti, con evidenti effetti sull'ambiente e la salute pubblica.

Tempi totali	N. ore tipo	Tempi percor. (h)	Tempi di attesa (h)	Tempi totali (h)
<b>Scenario attuale</b>				
Ore di punta spostamenti di andata	1	1.895	1.626	3.521
Ore di punta spostamenti di ritorno	2	1.412	525	1.937
Ore di morbida	12	632	126	757
<i>Tempo totale per giorno feriale medio</i>				16.481
<i>Tempo totale per anno (310 giorni f.m.)</i>				5.109.123
<b>Scenario di progetto</b>				
Ore di punta spostamenti di andata	1	1.900	546	2.446
Ore di punta spostamenti di ritorno	2	1.367	368	1.735
Ore di morbida	12	628	123	751
<i>Tempo totale per giorno feriale medio</i>				14.925
<i>Tempo totale per anno (310 giorni f.m.)</i>				4.626.863
<b>Tempo risparmiato al giorno (h)</b>				<b>1.556</b>
<b>Tempo risparmiato all'anno (h)</b>				<b>482.260</b>

*Tabella 8.3 – Stima del risparmio di tempo giornaliero ed annuale derivante dalla completa attuazione del Piano*

### 8.3.2 Velocità media di viaggio

La velocità media di viaggio, detta anche altresì velocità commerciale media, è calcolata come rapporto tra le percorrenze totali su rete degli utenti (km) ed i tempi totali di viaggio (h), ottenuti al sottoparagrafo precedente. Le percorrenze totali sono calcolate come sommatoria, estesa a tutti gli archi reali della rete stradale, del prodotto del flusso di traffico sull'arco,  $f_i$ , per la lunghezza dell'arco,  $L_i$ . Queste velocità tengono conto di tutti i tempi di viaggio, compresi i tempi di attesa alle intersezioni.

I flussi di traffico sono calcolati attraverso il software Omnitrans 5 in corrispondenza dello scenario iniziale e dello scenario finale.

Anche in questo caso il calcolo è effettuato sia per gli spostamenti in andata (ore di punta del mattino), che per gli spostamenti in ritorno (ore di punta serali) che per gli spostamenti nelle ore di morbida.

La Tabella 8.4 riporta i risultati delle velocità medie di viaggio nello scenario attuale e nello scenario di progetto.

<b>Velocità medie di viaggio (km/h)</b>	<b>Scenario attuale</b>	<b>Scenario di progetto</b>	<b>Var. %</b>
<i>Spostamenti di andata</i>	19,97	28,67	+ 43,6 %
<i>Spostamenti di ritorno</i>	26,94	30,08	+ 11,7 %
<i>Spostamenti nelle ore di morbida</i>	32,10	32,38	+ 0,9 %

*Tabella 8.4 – Confronto dei tempi di viaggio tra scenario attuale e scenario di progetto*

Il confronto mostra come lo scenario di progetto, rispetto alla situazione attuale, comporti un aumento della velocità media di viaggio pari al 43,6 % per gli spostamenti di andata, pari al 11,7 % per gli spostamenti di ritorno e pari allo 0,9 % per gli spostamenti nelle ore di morbida.

Anche questi risultati sono indicatori del miglioramento della qualità della circolazione stradale.

### 8.3.3 Consumi di carburante

La stima dei consumi di carburante è ottenuta utilizzando il metodo CORINAIR, che è ampiamente utilizzato a livello nazionale ed internazionale sia per stimare i consumi che per stimare le emissioni inquinanti; come, infatti, sarà chiaro al paragrafo successivo, il metodo proposto per il calcolo delle emissioni inquinanti si basa sui consumi, utilizzando sempre i dati e la metodologia CORINAIR.

Per poter applicare il metodo CORINAIR è necessario conoscere la composizione del parco veicolare del Comune di Benevento, considerato che le formule per la stima dei consumi e delle emissioni di agenti inquinanti sono differenti al variare della tipologia di veicolo. Nel seguito ci si riferirà alle sole autovetture, di cui si hanno i risultati della simulazione; ci si attende una ulteriore riduzione sia di consumi che di emissioni inquinanti considerato che anche i veicoli merci e gli autobus beneficeranno della riduzione dei tempi di percorrenza e di attesa alle intersezioni, così come le autovetture. Pertanto, sia la stima di riduzione dei

consumi, ottenuta in questo paragrafo, che delle emissioni inquinanti, ottenuta nel paragrafo successivo, sono sicuramente approssimate per difetto.

I dati sulla composizione dettagliata del parco veicolare circolante nel Comune di Benevento sono riportati in Tabella 8.5; essi sono stati ottenuti combinando i dati aggregati dell'ACI relativi al solo Comune di Benevento, che classifica le autovetture per rispetto delle normative anti-inquinamento (da EURO 0 ad EURO 5), con i dati, sempre dell'ACI, relativi al parco veicolare provinciale, dove i veicoli sono classificati anche in base alla cilindrata ed all'alimentazione.

Alimentazione	Fascia	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	Totale
Benzina	Fino a 1400	4.686	1.932	4.774	2.641	2.229	16.262
	1401 - 2000	681	522	895	253	251	2.602
	Oltre 2000	53	22	50	41	67	233
Benzina GPL	Fino a 1400	267	89	201	44	68	669
	1401 - 2000	236	185	233	38	19	711
	Oltre 2000	7	4	6	3	2	22
Benzina Met.	Fino a 1400	34	17	40	14	35	140
	1401 - 2000	39	32	68	20	21	180
	Oltre 2000	1	1	2	1	0	5
Gasolio	Fino a 1400	199	48	15	739	2.378	3.379
	1401 - 2000	496	866	3.737	4.671	2.408	12.178
	Oltre 2000	332	201	663	807	335	2.338
<b>Totale</b>		<b>7.031</b>	<b>3.919</b>	<b>10.684</b>	<b>9.272</b>	<b>7.813</b>	<b>38.719</b>

Tabella 8.5 – Parco veicolare circolante nel Comune di Benevento (elaborazioni su dati ACI)

Il metodo CORINAIR fornisce differenti formule per la stima del consumo medio di carburante per le diverse categorie di veicoli e per le differenti tipologie di alimentazione (benzina, diesel, ecc.). Inoltre, valuta i maggiori consumi che si hanno nella fase “a freddo” di funzionamento del motore.

Le formule si riferiscono in alcuni casi a diverse classi di velocità medie; considerato l'intervallo di velocità medie che solitamente si ha in ambito urbano ed i risultati ottenuti al paragrafo precedente, si riporteranno nel seguito solo le formule valide in un intervallo di velocità compreso tra 10 e 50 km/h.

Di seguito si riportano le formule proposte dal metodo per le diverse categorie di veicoli; tali formule forniscono i consumi di carburante in g/km.

### Autovetture benzina

I consumi per le autovetture a benzina sono calcolati con le seguenti formule per le diverse classi di veicolo, dove si indica con V la velocità media di viaggio in km/h. Le autovetture Euro 0 sono assimilate alle PRE ECE, non avendo la possibilità di classificare in maggior dettaglio il parco veicolare del Comune di Benevento.

#### *Autovetture benzina Euro 0*

A seconda della cilindrata del veicolo i consumi specifici (g/km) a caldo sono calcolati con le seguenti formule:

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = 521 V^{-0,554} \quad (\text{cilindrata minore di 1400 cc})$$

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = 681 V^{-0,583} \quad (\text{cilindrata tra 1400 cc e 2000 cc})$$

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = 979 V^{-0,628} \quad (\text{cilindrata maggiore di 2000 cc})$$

#### *Autovetture a benzina Euro 1, 2, 3 e 4*

Per queste categorie di veicolo si utilizza la seguente formula generale:

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = (a + c \times V + e \times V^2)/(1 + b \times V + d \times V^2)$$

dove i coefficienti a, b, c, d, ed e sono riportati per le diverse tipologie di veicolo in Tabella 8.6.

Categoria veicolo	a	b	c	d	e
EURO 1 - Fino a 1400	1,91E+02	1,29E-01	1,17E+00	-7,23E-04	
EURO 1 - 1401 - 2000	1,99E+02	8,92E-02	3,46E-01	-5,38E-04	
EURO 1 - Oltre 2000	2,30E+02	6,94E-02	-4,26E-02	-4,46E-04	
EURO 2 - Fino a 1400	2,08E+02	1,07E-01	-5,65E-01	-5,00E-04	1,43E-02
EURO 2 - 1401 - 2000	3,47E+02	2,17E-01	2,73E+00	-9,11E-04	4,28E-03
EURO 2 - Oltre 2000	1,54E+03	8,96E-01	1,91E+01	-3,63E-03	
EURO 3 - Fino a 1400	1,70E+02	9,28E-02	4,18E-01	-4,52E-04	4,99E-03
EURO 3 - 1401 - 2000	2,17E+02	9,60E-02	2,53E-01	-4,21E-04	9,65E-03
EURO 3 - Oltre 2000	2,53E+02	9,02E-02	5,02E-01	-4,69E-04	
EURO 4 - Fino a 1400	1,36E+02	2,60E-02	-1,65E+00	2,28E-04	3,12E-02
EURO 4 - 1401 - 2000	1,74E+02	6,85E-02	3,64E-01	-2,47E-04	8,74E-03
EURO 4 - Oltre 2000	2,85E+02	7,28E-02	-1,37E-01	-4,16E-04	

Tabella 8.6 – Coefficienti per l'applicazione della formula dei consumi di carburante per autovetture a benzina Euro 1, 2, 3 e 4

### Consumi a freddo autovetture a benzina

I consumi a freddo, per tutte le sovra citate categorie, sono calcolati con la seguente formula generale:

$$\text{Cons}_{\text{freddo}} = [0,6474 - 0,02545 \text{ dist} - (0,00974 - 0,000385 \text{ dist}) \text{ temp}] [1,47 - 0,009 \text{ temp}] \text{Cons}_{\text{caldo}}$$

dove:

$\text{Cons}_{\text{freddo}}$  rappresenta i consumi aggiuntivi dovuti al funzionamento a freddo del motore

dist rappresenta la lunghezza media dello spostamento, stimata pari a 2,84 km per il progetto in esame;

temp rappresenta la temperatura media annua, pari a 15,8 °C nel comune di Benevento

$\text{Cons}_{\text{caldo}}$  rappresenta i consumi a caldo calcolati con le formule precedenti



Autovetture diesel

I consumi per le autovetture diesel sono calcolati con le seguenti formule per le diverse classi di veicolo, dove si indica con V la velocità media di viaggio in km/h.

*Autovetture diesel Euro 0*

Qualunque sia la cilindrata del veicolo i consumi specifici (g/km) a caldo sono calcolati con la seguente formula:

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = 118,489 - 2,084 V + 0,014 V^2$$

*Autovetture diesel Euro 1, 2, 3 e 4*

Per queste categorie di veicolo si utilizza la seguente formula generale:

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = (a + c \times V + e \times V^2) / (1 + b \times V + d \times V^2)$$

dove i coefficienti a, b, c, d, ed e sono riportati per le diverse tipologie di veicolo in Tabella 8.7.

Categoria veicolo	a	b	c	d	e
EURO 1 - Fino a 2000	1,45E+02	6,73E-02	-1,88E-01	-3,17E-04	9,47E-03
EURO 1 - Oltre 2000	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03
EURO 2 - Fino a 2000	1,42E+02	4,98E-02	-6,51E-01	-1,69E-04	1,32E-02
EURO 2 - Oltre 2000	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03
EURO 3 e 4 - Fino a 2000	1,62E+02	1,23E-01	2,18E+00	-7,76E-04	-1,28E-02
EURO 3 e 4 - Oltre 2000	1,95E+02	7,19E-02	1,87E-01	-3,32E-04	9,99E-03

Tabella 8.7 – Coefficienti per l'applicazione della formula dei consumi di carburante per autovetture diesel Euro 1, 2, 3 e 4

*Consumi a freddo autovetture diesel*

I consumi a freddo sono calcolati per tutte le tipologie di veicoli con la seguente formula generale:

$$\text{Cons}_{\text{freddo}} = [0,6474 - 0,02545 \text{ dist} - (0,00974 - 0,000385 \text{ dist}) \text{ temp}] [1,34 - 0,008 \text{ temp}] \text{Cons}_{\text{caldo}}$$

### Autovetture GPL e metano

I consumi per le autovetture GPL e metano sono calcolati con la seguente formula, valida per tutte le categorie di veicoli:

$$\text{Cons}_{\text{caldo}} = 74,625 - 0,9250 V + 0,00720 V^2$$

I consumi a freddo sono calcolati con la seguente formula:

$$\text{Cons}_{\text{freddo}} = [0,6474 - 0,02545 \text{ dist} - (0,00974 - 0,000385 \text{ dist}) \text{ temp}] [1,47 - 0,009 \text{ temp}] \text{Cons}_{\text{caldo}}$$

### Stima dei consumi aggregati

La stima dei consumi è effettuata applicando per ciascuna categoria di veicolo la corrispondente formula per la stima dei consumi; il contributo al consumo complessivo sull'intera rete di ogni categoria di veicoli è in proporzione al proprio peso in termini percentuali nell'ambito del parco veicolare complessivo.

Nella Tabella 8.8 si riporta la composizione del parco veicolare, in termini assoluti ed in percentuale, per le diverse categorie di veicoli per quali è necessario calcolare con formule differenti i consumi.

L'utilizzo delle formule per la stima dei consumi riportate in precedenza, applicate alle diverse categorie di veicoli, tenendo conto delle velocità medie riportate in Tabella 8.4, consente di calcolare per ogni ora tipo e, pertanto, per il giorno feriale medio e per l'anno, i consumi totali di benzina, gasolio e GPL, in termini di peso (kg). Da questi si passa al consumo in termini di litri tenendo conto del peso specifico delle diverse tipologie di carburante (benzina 0,750 kg/l, gasolio 0,825 kg/l e GPL 0,520 kg/l). I risultati per ciascuna ora tipo, per il giorno feriale e per l'anno sono riassunti in Tabella 8.9 per lo scenario attuale e per lo scenario di progetto.

Dall'esame della Tabella 8.9 si nota come vi sia in corrispondenza dell'attuazione del Piano ogni anno un risparmio energetico corrispondente ad oltre 862.000 litri di benzina, 562.000 litri di gasolio e 64.000 litri di GPL.

L'utilizzo delle formule per la stima dei consumi riportate in precedenza, applicate alle diverse categorie di veicoli, tenendo conto delle velocità medie riportate in Tabella 8.4, consente di calcolare per ogni ora tipo e, pertanto, per il giorno feriale medio e per l'anno, i consumi totali di benzina, gasolio e GPL, in termini di peso (kg). Da questi si passa al consumo in termini di litri tenendo conto del peso specifico delle diverse tipologie di carburante (benzina 0,750 kg/l, gasolio 0,825 kg/l e GPL 0,520 kg/l). I risultati per ciascuna ora tipo, per il giorno feriale e per l'anno sono riassunti in Tabella 8.9 per lo scenario attuale e per lo scenario di progetto.

Dall'esame della Tabella 8.9 si nota come vi sia in corrispondenza dell'attuazione del Piano ogni anno un risparmio energetico corrispondente ad oltre 862.000 litri di benzina, 562.000 litri di gasolio e 64.000 litri di GPL.

<b>Categorie veicolari</b>	<b>N.</b>	<b>%</b>
Benzina (fino a 1400) Euro 0	4.686	12,10%
Benzina (fino a 1400) Euro 1	1.932	4,99%
Benzina (fino a 1400) Euro 2	4.774	12,33%
Benzina (fino a 1400) Euro 3	2.641	6,82%
Benzina (fino a 1400) Euro 4	2.229	5,76%
Benzina (da 1400 a 2000) Euro 0	681	1,76%
Benzina (da 1400 a 2000) Euro 1	522	1,35%
Benzina (da 1400 a 2000) Euro 2	895	2,31%
Benzina (da 1400 a 2000) Euro 3	253	0,65%
Benzina (da 1400 a 2000) Euro 4	251	0,65%
Benzina (oltre 2000) Euro 0	53	0,14%
Benzina (oltre 2000) Euro 1	22	0,06%
Benzina (oltre 2000) Euro 2	50	0,13%
Benzina (oltre 2000) Euro 3	41	0,11%
Benzina (oltre 2000) Euro 4	67	0,17%
Diesel (tutte le cilindrata) Euro 0	1.027	2,65%
Diesel (fino a 2000) Euro 1	914	2,36%
Diesel (fino a 2000) Euro 2	3.752	9,69%
Diesel (fino a 2000) Euro 3 e 4	10.196	26,33%
Diesel (oltre 2000) Euro 1	201	0,52%
Diesel (oltre 2000) Euro 2	663	1,71%
Diesel (oltre 2000) Euro 3 e 4	1.142	2,95%
GPL e metano	1.727	4,46%
<b>Totale</b>	<b>38.719</b>	<b>100,00%</b>

Tabella 8.8 – Classificazione e composizione del parco veicolare ai fini del calcolo dei consumi e delle emissioni

Assumendo un costo medio per la benzina di 1,30 €/l, per il gasolio di 1,15 €/l e per il GPL di 0,62 €/l, il risparmio può essere quantizzato in 1.807.440 €/anno, pari in media a circa 29 € per residente o 47 € per autoveicolo.

Questo sensibile risparmio energetico avrà, ovviamente, anche un effetto positivo sulle emissioni di agenti inquinanti, come sarà visto per paragrafo successivo.

<b>Scenario attuale</b>	<b>Consumi ora di punta (kg/h)</b>	<b>Consumi spostamenti di ritorno (kg/h)</b>	<b>Consumi ora di morbida (kg/h)</b>	<b>Consumi giornalieri (kg/giorno)</b>	<b>Consumi annuali (kg/anno)</b>	<b>Consumi annuali (l/anno)</b>
Benzina	4.375,27	2.758,24	1.169,52	23.926,01	7.417.063,80	9.889.418,40
Gasolio	3.427,87	2.234,91	966,33	19.493,67	6.043.036,98	7.324.893,31
GPL	292,94	202,33	89,79	1.775,04	550.261,87	1.058.195,91
<b>Scenario finale</b>						
Benzina	2.666,38	2.598,84	1.164,63	21.839,59	6.770.274,09	9.027.032,12
Gasolio	2.175,57	2.131,85	963,23	17.997,98	5.579.373,12	6.762.876,51
GPL	198,93	196,33	89,60	1.666,77	516.698,20	993.650,39
<b>Risparmi</b>						
Benzina	1.708,89	159,40	4,89	2.086,42	646.789,71	862.386,28
Gasolio	1.252,30	103,06	3,11	1.495,69	463.663,86	562.016,80
GPL	94,01	6,00	0,19	108,27	33.563,67	64.545,51

Tabella 8.9 – Stima dei consumi di carburante e dei risparmi ottenibili con l'attuazione del Piano

### 8.3.4 Emissioni di agenti inquinanti

Il calcolo delle emissioni di agenti inquinanti è stato effettuato adottando i dati del CORINAIR relativamente alle emissioni medie per kg di carburante consumato dalle autovetture a benzina e diesel in Italia. I dati sulle emissioni medie sono riportati in Tabella 8.10. Non vi sono dati sulle emissioni delle autovetture GPL le cui emissioni, peraltro di piccola entità rispetto alle emissioni prodotte dalle autovetture a benzina e diesel, saranno pertanto trascurate.

	CO	NOx	NMVOc	CH <sub>4</sub>	PM10	CO <sub>2</sub>
<b>Autovetture benzina</b>	151,00	11,46	12,07	0,86	0,02	3,16
<b>Autovetture diesel</b>	3,43	11,13	0,65	0,05	0,86	3,14

Tabella 8.10 – Emissioni medie di agenti inquinanti per kg di carburante consumato (g/kg)

Utilizzando, pertanto, i dati relativi ai consumi di carburante stimati al paragrafo precedente ed i valori delle emissioni medie di Tabella 8.10, si sono stimate le emissioni prodotte dal traffico veicolare nello scenario attuale e nello scenario di progetto, nonché i relativi risparmi di emissione tra i due scenari; i risultati sono riassunti in Tabella 8.11.

Dall'esame dei risultati si nota come vi sia una sensibile riduzione delle emissioni di agenti inquinanti e gas serra; in particolare si ha una riduzione di oltre 410 kg/anno di emissione di polveri sottili (PM10), pari ad una riduzione percentuale del 7,7 %. Nell'ora di punta del mattino la riduzione supera il 35 %, evitando punte di elevata concentrazione degli agenti inquinanti.

Rilevante è anche la riduzione della CO<sub>2</sub> (anidride carbonica), - 8,25 %, e del CH<sub>4</sub> (metano), - 8,67 %, che sono i principali gas causa dell'effetto serra.

Agenti inquinanti	CO	NOx	NMVOc	CH4	PM10	CO2
<b>Scenario attuale (kg)</b>						
Ora di punta	672,42	88,29	55,04	3,93	3,04	24,59
Spostamenti di ritorno	424,16	56,48	34,74	2,48	1,98	15,73
Ora di morbida	179,91	24,16	14,74	1,05	0,85	6,73
Giorno	3.679,69	491,16	301,46	21,55	17,24	136,82
Anno	1.140.704,25	152.258,55	93.451,93	6.680,83	5.345,35	42.413,06
<b>Scenario Futuro (kg)</b>						
Ora di punta	410,09	54,77	33,60	2,40	1,92	15,26
Spostamenti di ritorno	399,74	53,51	32,75	2,34	1,89	14,91
Ora di morbida	179,16	24,07	14,68	1,05	0,85	6,70
Giorno	3.359,51	450,60	275,30	19,68	15,92	125,53
Anno	1.041.448,64	139.685,76	85.343,80	6.101,40	4.933,67	38.913,30
<b>Emissioni risparmiate (kg)</b>						
Ora di punta	262,34	33,52	21,44	1,53	1,11	9,33
Spostamenti di ritorno	24,42	2,97	1,99	0,14	0,09	0,83
Ora di morbida	0,75	0,09	0,06	0,00	0,00	0,03
Giorno	320,18	40,56	26,16	1,87	1,33	11,29
Anno	99.255,61	12.572,79	8.108,13	579,42	411,69	3.499,76
<b>Emissioni risparmiate (%)</b>						
Ora di punta	39,01%	37,97%	38,96%	38,95%	36,61%	37,95%
Spostamenti di ritorno	5,76%	5,26%	5,73%	5,73%	4,64%	5,26%
Ora di morbida	0,42%	0,38%	0,41%	0,41%	0,32%	0,37%
Giorno	8,70%	8,26%	8,68%	8,67%	7,70%	8,25%
Anno	8,70%	8,26%	8,68%	8,67%	7,70%	8,25%

Tabella 8.11 – Stima delle emissioni di agenti inquinanti e dei risparmi ottenibili con l'attuazione del Piano

## **9. LA GESTIONE DELL'EMERGENZA**

### **9.1 Introduzione**

In questo capitolo si stabiliscono gli interventi di limitazione al traffico veicolare da attuare in caso di superamento delle soglie di ammissibilità della concentrazione di agenti inquinanti.

Infatti, nonostante l'aggiornamento del PUT comporterà, come descritto nel Capitolo precedente, una riduzione delle emissioni da traffico veicolare, è necessario prevedere quali provvedimenti prendere nel caso di superamento delle soglie ammesse dalla UE di concentrazione degli agenti inquinanti e delle polveri sottili in particolare.

### **9.2 Interventi proposti**

Premesso che le misure anti-inquinamento dovrebbero essere estese anche ad altre fonti inquinanti oltre il traffico stradale (industrie ed abitazioni) e che misure di medio-lungo periodo, quali l'incentivazione dell'uso dei mezzi di trasporto collettivo e di veicoli meno inquinanti, sono auspicabili ma non possono essere oggetto del presente Piano, si propongono di seguito degli interventi di limitazione del traffico veicolare che possono essere utilizzati in situazione di emergenza, a seguito del superamento delle soglie ammissibili di agenti inquinanti.

Le possibili azioni, a seconda della gravità della situazione, potranno essere:

- divieto di circolazione per le autovetture Euro 0, benzina e diesel, in alcune fasce della giornata, in uno o più giorni feriali consecutivi;



- divieto di circolazione per le autovetture benzina e diesel, in alcune fasce della giornata, in uno o più giorni feriali consecutivi, eccetto Euro 4, Metano o GPL;
- divieto totale di circolazione per le autovetture la domenica ed i festivi in alcune fasce orarie.

Per evitare continui superamenti dei livelli di agenti inquinanti saranno attuate anche misure preventive, nel momento in cui ci si avvicina alla soglia limite.

I piani possibili di misure anti-inquinamento possono, pertanto, essere così definiti:

- *livelli normali di concentrazioni inquinanti:*
  - divieto di circolazione alle auto Euro 0, benzina (eccetto GPL o Metano) o diesel, tutti i giorni feriali dalle 9:30 alle 12:00;
- *livelli di concentrazioni inquinanti inferiori di solo 10 µg/mc alla soglia limite:*
  - divieto di circolazione alle auto Euro 0, benzina (eccetto GPL o Metano) o diesel, per i successivi 2 giorni feriali dalle 9:30 alle 12:00 e dalle 15:00 alle 18:00;
  - divieto di circolazione per tutte le autovetture benzina o diesel (eccetto Euro 4, GPL, Metano, ibride, elettriche) per i successivi 2 giorni feriali dalle 9:30 alle 12:00;
  - blocco totale del traffico la domenica successiva dalle 15:00 alle 18:00;
- *livelli di concentrazioni inquinanti superiori alla soglia limite:*
  - divieto di circolazione alle auto Euro 0, benzina (eccetto GPL o Metano) o diesel, per i successivi 4 giorni feriali dalle 9:30 alle 12:00 e dalle 15:00 alle 18:00;
  - divieto di circolazione per tutte le autovetture benzina o diesel (eccetto Euro 4, GPL, Metano, ibride, elettriche) per i successivi 2 giorni feriali dalle 9:30 alle 12:00 e dalle 15:00 alle 18:00;

- o blocco totale del traffico la domenica successiva dalle 9:30 alle 12:00 e dalle 15:00 alle 18:00.

Gli interventi devono essere accompagnati da un potenziamento dei sistemi di trasporto collettivo, da un regolare lavaggio delle strade e da interventi di riduzione delle emissioni dovute al riscaldamento degli edifici.

Sono esentati dal blocco della circolazione sia nei giorni feriali che festivi:

- veicoli delle forze dell'ordine;
- veicoli di pronto soccorso;
- taxi e mezzi di trasporto collettivo;
- veicoli utilizzati per il trasporto dei portatori di handicap, muniti di relativo contrassegno, e con portatore di handicap a bordo;
- veicoli adibiti al trasporto di effetti postali e valori;
- veicoli dei medici e veterinari in visita urgente, muniti del contrassegno dei rispettivi ordini, operatori sanitari ed assistenziali in servizio con certificazione del datore di lavoro;
- veicoli utilizzati per il trasporto di persone sottoposte a terapie indispensabili ed indifferibili per la cura di gravi malattie, in grado di esibire certificazione medica;
- veicoli delle autoscuole utilizzati per le esercitazioni di guida o per lo svolgimento degli esami;
- veicoli degli operatori dell'informazione compresi gli edicolanti con certificazione del datore di lavoro o muniti di tesserino di riconoscimento;
- veicoli utilizzati dai lavoratori con turni lavorativi tali da impedire la fruizione dei mezzi di trasporto pubblico (per lo spostamento in andata e/o in ritorno), certificati dal datore di lavoro;
- veicoli dei commercianti ambulanti dei mercati settimanali scoperti limitatamente al percorso strettamente necessario per raggiungere il luogo di lavoro dal proprio domicilio e viceversa e nei soli giorni di mercato;

- veicoli merci che consegnano merce deperibile.

Sono esentati dal blocco della circolazione nei soli giorni feriali:

- veicoli con a bordo 3 o più persone (*car pooling*), eccetto Euro 0.

## **10. ALTRE ATTIVITÀ COMPLEMENTARI**

### **10.1 Introduzione**

In questo capitolo si descrivono le attività complementari svolte durante la redazione dell'aggiornamento del Piano Urbano del Traffico; queste attività non sono normalmente previste nella redazione di un PUT, ma sono state richieste dall'Amministrazione per fornire un supporto di consulenza per la realizzazione di altri progetti in corso.

### **10.2 Progettazione di dettaglio delle intersezioni semaforiche**

Lo scenario finale di progetto, come già detto, comporta una riprogettazione della temporizzazione di tutti gli impianti semaforici. I tempi progettati sono stati implementati nel software per simulare il funzionamento dello scenario finale di progetto.

La progettazione di tutti gli impianti semaforici è stata effettuata utilizzando le ben note ed ampiamente utilizzate metodologie di Webster, sia per il calcolo della durata del ciclo semaforico che per la ripartizione del ciclo efficace tra le fasi di verde.

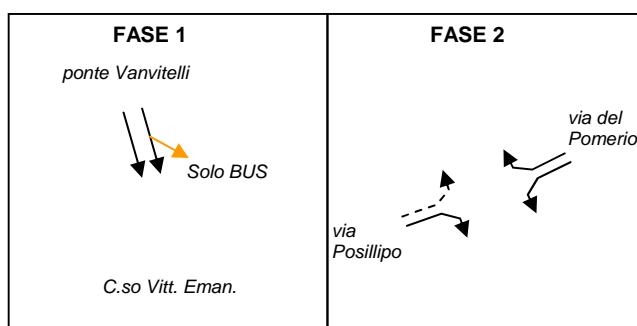
La progettazione è stata effettuata per l'ora di punta del mattino e nelle simulazioni si è verificato che i risultati ottenuti siano accettabili anche per le altre ore; se si installano, come consigliato, dei semafori attuati, i risultati complessivi del progetto sui tempi di percorrenza, sulle velocità medie, sui consumi e sulle emissioni sarebbero ulteriormente migliorati. Oltre ai semafori già esistenti, sono stati progettati i piani di fasatura e di temporizzazione per i due nuovi semafori previsti dal Piano.

Di seguito si riporta per ogni intersezione semaforica il piano di fasatura ed i tempi di verde efficace delle diverse fasi; per ciascuna intersezione, si ipotizza di mantenere invariati i tempi di giallo e di tutto rosso.

La durata del ciclo semaforico è pari alla somma dei verdi efficaci delle varie fasi più ulteriori 4 secondi per ciascuna fase, per tener conto dei perditempo.

### Semaforo Ponte Vanvitelli

Piano di fasatura: 2 fasi



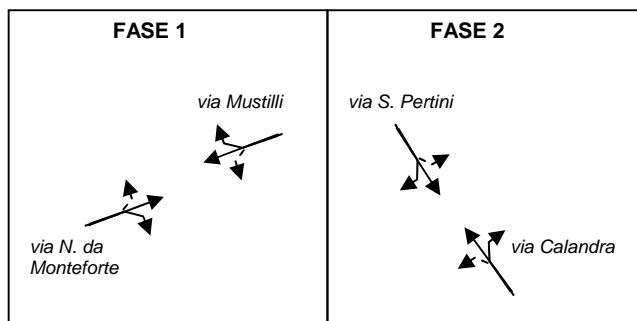
Verde efficace fase 1: 25 sec

Verde efficace fase 2: 32 sec

Durata ciclo semaforico: 65 sec

### Semaforo via Sandro Pertini – via Calandra

Piano di fasatura: 2 fasi



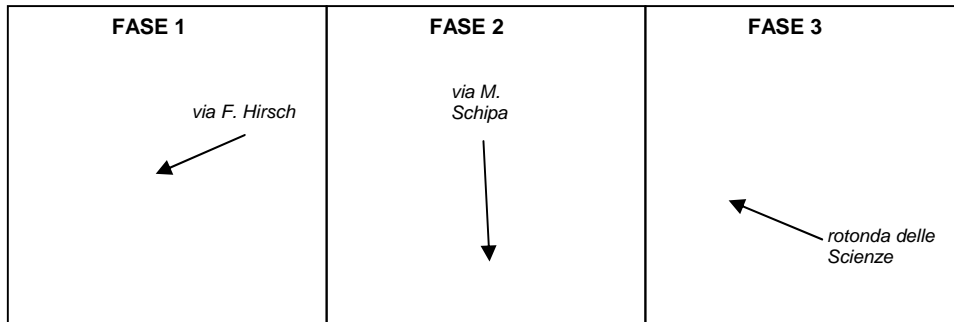
Verde efficace fase 1: 47 sec

Verde efficace fase 2: 25 sec

Durata ciclo semaforico: 80 sec

### Semaforo Rotonda delle Scienze

Piano di fasatura: 3 fasi



Verde efficace fase 1: 32 sec

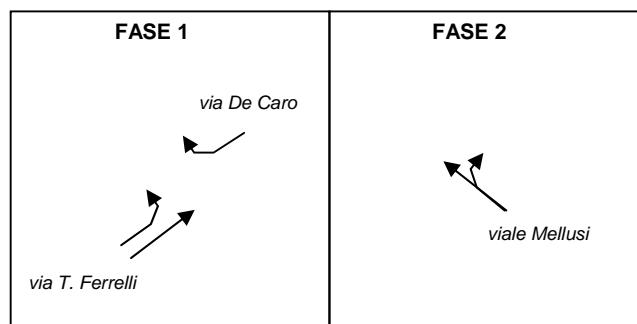
Verde efficace fase 2: 14 sec

Verde efficace fase 3: 34 sec

Durata ciclo semaforico: 92 sec

### Semaforo viale Mellusi – via De Caro

Piano di fasatura: 2 fasi



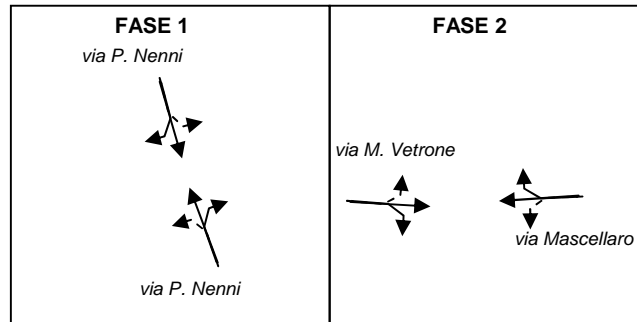
Verde efficace fase 1: 20 sec

Verde efficace fase 2: 32 sec

Durata ciclo semaforico: 60 sec

Semaforo via Nenni – via Mascellaro

Piano di fasatura: 2 fasi



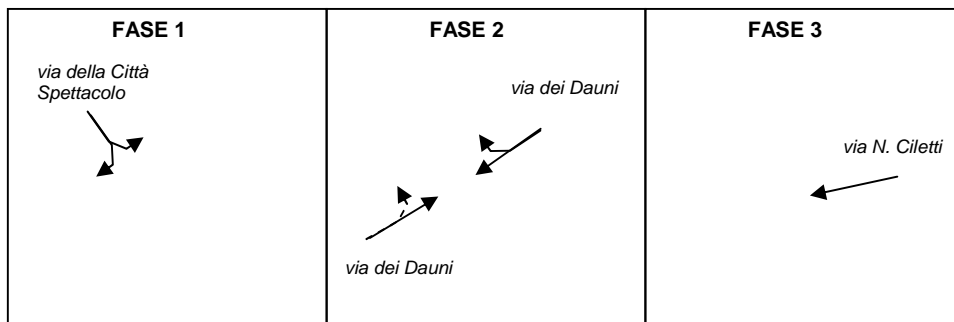
Verde efficace fase 1: 19 sec

Verde efficace fase 2: 43 sec

Durata ciclo semaforico: 70 sec

Semaforo via dei Dauni

Piano di fasatura: 3 fasi



Verde efficace fase 1: 5 sec

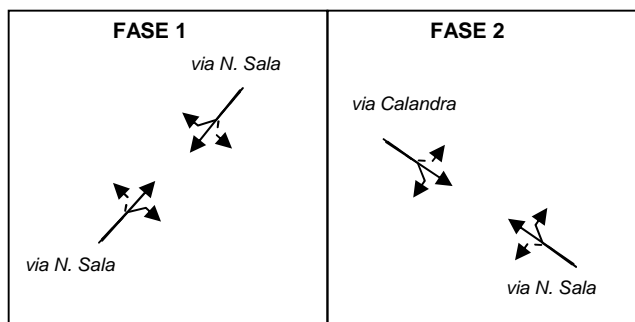
Verde efficace fase 2: 56 sec

Verde efficace fase 3: 37 sec

Durata ciclo semaforico: 110 sec

Semaforo via Calandra – via Nicola Sala

Piano di fasatura: 2 fasi



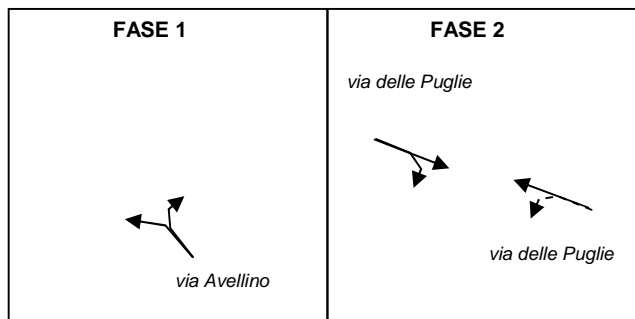
Verde efficace fase 1: 16 sec

Verde efficace fase 2: 21 sec

Durata ciclo semaforico: 45 sec

Semaforo via Avellino – via delle Puglie (nuova istituzione)

Piano di fasatura: 2 fasi



Verde efficace fase 1: 42 sec

Verde efficace fase 2: 80 sec

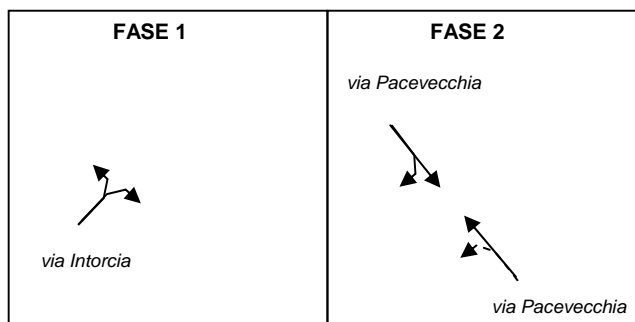
Durata ciclo semaforico: 130 sec

*Si consiglia di lasciare il semaforo a giallo lampeggiante nelle ore di morbida.*



Semaforo via Intorcìa – via Pacevecchia (nuova istituzione)

Piano di fasatura: 2 fasi



Verde efficace fase 1: 38 sec

Verde efficace fase 2: 84 sec

Durata ciclo semaforico: 130 sec

*Si consiglia di lasciare il semaforo a giallo lampeggiante nelle ore di morbida.***10.3 Progettazione di massima e localizzazione del terminal autobus**

L'Amministrazione comunale ha intenzione di verificare e definire la localizzazione del terminal (o dei terminal) degli autobus extraurbani.

Attualmente il terminal è localizzato su via Sandro Pertini; questa localizzazione ha il grande vantaggio di far arrivare i passeggeri degli autobus extraurbani, che per una aliquota importante sono costituiti da studenti, in una zona centrale della città, vicina sia all'area del Centro Storico che all'area Mellusi.

In alcune ore del giorno tale localizzazione crea, però, dei problemi di congestione del traffico stradale, ed il terminal è sovraffollato di veicoli e passeggeri.

Il terminal, nella sua situazione attuale, necessita comunque di una ristrutturazione, soprattutto per offrire ai passeggeri un maggiore comfort, nonché una migliore organizzazione interna di circolazione degli autobus.

Una possibile alternativa alla localizzazione del terminal autobus è nei pressi della Stazione Centrale; tale localizzazione offre il vantaggio di consentire l'interscambio tra il sistema di trasporto su gomma ed il sistema di trasporto su ferro a chi proviene da altri Comuni della Provincia e di evitare il sovraffollamento ed i problemi di congestione stradale dell'altro terminal.

Trasferire per intero il terminal autobus extraurbani nei pressi della Stazione Centrale aumenta, però, i tempi totali di spostamento per chi vuole recarsi nella zona centrale della Città.

La soluzione ottimale del problema è quella di avere due terminal a Benevento; ristrutturare il terminal attuale (La Salle), sito nei pressi di via Sandro Pertini, e costruire un nuovo terminal nei pressi della Stazione Centrale. Nel terminal attuale ristrutturato deve essere vietata la sosta alle autovetture.

Con questa configurazione, gli autobus extraurbani provenienti dalle aree a Nord di Benevento passerebbero prima nei pressi della Stazione Centrale, consentendo agli utenti che devono utilizzare il sistema di trasporto su ferro di poter scendere dal veicolo e poi, senza altre fermate, recarsi al terminal di via Sandro Pertini, dove effettuerebbero lo stazionamento.

Gli autobus, invece, provenienti dalle aree a Sud di Benevento passerebbero prima nei pressi del terminal di via Sandro Pertini, consentendo agli utenti che devono recarsi nelle aree centrali della città di poter scendere dal veicolo e poi, senza altre fermate, recarsi al terminal nei pressi della Stazione Centrale, dove effettuerebbero lo stazionamento.

In questo modo, tutte le linee hanno la possibilità di servire sia gli utenti che devono recarsi alla Stazione Centrale che gli utenti che devono recarsi nelle aree centrali della città, senza far gravare su essi ulteriori tempi di spostamento, ma alcune stazionerebbero nel terminal di via Sandro Pertini ed altre nel terminal della Stazione Centrale.

Riducendo in tal modo il numero di autobus che stazionano nel terminal di via Sandro Pertini si avrebbe sia la possibilità di effettuare una migliore ristrutturazione dello stesso, creando più spazi a disposizione dei passeggeri (sale di attesa, punti di informazione, ecc.) e consentendo spazi di manovra più ampi

per i veicoli, sia la riduzione dei fenomeni di congestione che, in alcune ore della giornata, interessano l'area.

Il dimensionamento di dettaglio di ciascun terminal deve essere effettuato in base agli orari dei servizi degli autobus, individuando il massimo numero di veicoli che stazionerebbero contemporaneamente nel terminal stesso; il numero di stalli da predisporre deve essere pari almeno a tale numero aumentato, per avere un margine di sicurezza, anche per tener conto di eventuali servizi futuri, di almeno il 30 %.

#### **10.4 Proposte da sviluppare nei Piani Particolareggiati ed Esecutivi**

I Piani Particolareggiati ed i Piani Esecutivi del Traffico Urbano sono la naturale prosecuzione di un Piano Urbano del Traffico; tali piani devono essere redatti a valle del PUT per consentire una più puntuale e precisa organizzazione delle strade locali di un quartiere, laddove non oggetto di intervento diretto del PUT, per consentire una attuazione graduale del Piano e per definire interventi locali (ad esempio la ristrutturazione della circolazione di alcune piazze, la predisposizione di attraversamenti pedonali segnalati, ecc.) che non possono essere definiti alla scala dell'intero centro abitato.

I Piani Particolareggiati ed Esecutivi dovrebbero essere redatti per ciascuna delle aree di intervento individuate nel Capitolo 7; di seguito si riportano gli interventi per ciascuna area che si ritiene possano essere oggetto dei Piani Particolareggiati ed Esecutivi:

- *Rione Ferrovia*: riorganizzazione della circolazione e della sosta a Piazza Bissolati (per questa area il Comune ha già un progetto in corso); riorganizzazione della circolazione e della sosta a Piazza Colonna (per questa area il Comune ha già un progetto in corso); dimensionamento del terminal autobus e del parcheggio di interscambio nei pressi della Stazione Centrale; individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali;

- *Centro Storico*: individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali;
- *Zona Mellusi*: riorganizzazione della circolazione e della sosta a Piazza Risorgimento; dimensionamento del terminal autobus ai fini della ristrutturazione; dimensionamento di eventuale parcheggio multipiano interrato; individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali;
- *Quartiere Pacevecchia*: individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali;
- *Rione Libertà*: individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali;
- *Quartiere Ponticelli*: individuazione di attraversamenti pedonali; riorganizzazione delle strade locali.

## **10.5 Coordinamento con il Piano Parcheggi**

Il Comune di Benevento sta redigendo il Piano Urbano dei Parcheggi. Il coordinamento con tale piano è consistito, fundamentalmente, in uno scambio continuo di informazioni, soprattutto sulla base delle decisioni prese in ogni area della città riguardo l'eliminazione o la creazione di posti di sosta.

Inoltre, la redazione del PUT ha condotto a definire alcuni suggerimenti per il Piano Urbano dei Parcheggi, riportati nel Capitolo 7.

## **10.6 Divulgazione dei risultati e presentazione dello scenario finale**

Le attività svolte per la redazione del PUT, i risultati conseguiti e le decisioni prese sono state condivise con la cittadinanza in diversi incontri svolti durante le varie fasi del Piano.

Le altre attività previste, che sono necessariamente successive alla redazione della presente relazione sono:

- illustrazione del Piano alla Giunta Comunale;
- illustrazione del Piano al Consiglio Comunale;
- illustrazione alla cittadinanza del Piano;
- esame ed eventuale accoglimento dei suggerimenti della cittadinanza;
- preparazione materiale divulgativo e pubblicitario dei nuovi dispositivi di traffico.

## **11. SINTESI DEI RISULTATI**

### **11.1 Introduzione**

In questo paragrafo si sintetizzano i risultati ottenuti dal progetto, evidenziando in particolare i miglioramenti che si ottengono con l'attuazione del Piano rispetto alla situazione attuale.

### **11.2 Miglioramento delle condizioni di circolazione**

Gli interventi previsti dall'aggiornamento del Piano Urbano del Traffico producono un netto miglioramento delle condizioni di circolazione veicolare, fluidificando il traffico e riducendo i tempi di attesa alle intersezioni.

Si è stimata una riduzione di tempi totali di viaggio per giorno feriale medio pari a ben 1.556 h, corrispondenti ad un risparmio annuo complessivo pari a 482.260 h; tale risultato si traduce in un risparmio annuo di 8 h circa per ogni residente di Benevento, che sale ad oltre 12 h se rapportato al numero di veicoli circolanti.

Le velocità medie di viaggio aumentano di oltre il 43 % nell'ora di punta del mattino e di oltre l'11 % nelle ore di punta pomeridiane; anche l'aumento nelle ore di morbida è significativo, raggiungendo quasi l'1 %.

### **11.3 Risparmio energetico**

L'attuazione del Piano comporterà un risparmio energetico annuo pari ad oltre 862.000 litri di benzina, 562.000 litri di gasolio e 64.000 litri di GPL, pari ad un risparmio in termini monetari di oltre 1,8 milioni di euro l'anno; il risparmio medio per autoveicolo circolante ammonterà a circa 47 € per anno.

## **11.4 Riduzione inquinamento**

La riduzione dell'inquinamento atmosferico conseguente ai minori consumi comporterà una riduzione del 7,7 % delle emissioni di polveri sottili (PM10) e di oltre l'8 % dei gas serra (anidride carbonica e metano).

Ogni anno saranno emesse in atmosfera 99,3 t in meno di CO, 12,6 t in meno di NO<sub>x</sub>, 8,1 t in meno di NMVOC, 0,6 t in meno di CH<sub>4</sub>, 0,4 t in meno di PM10 e 3,5 t in meno di CO<sub>2</sub>.

## **11.5 Salvaguardia dei beni storici e monumentali**

Il Piano prevede l'istituzione di ulteriori 290 m circa di corsie preferenziali su viale dei Rettori, con chiusura al traffico veicolare, per proteggere e salvaguardare la zona dell'Arco di Traiano e le Mura Longobarde.

## **12. ELENCO ALLEGATI E TAVOLE**

### **12.1 Allegati**

Allegato 1 – Database degli archi

Allegato 2 – Database dei nodi

Allegato 3 – Lista delle sezioni di conteggio

Allegato 4 – Schede di conteggio

Allegato 5 – Matrice OD

### **12.2 Tavole**

Tavola 1 – Rete di base

Tavola 2 – Grafo della rete stradale (Scenario Attuale)

Tavola 3 – Localizzazione delle sezioni di conteggio

Tavola 4 – Simulazione Scenario Attuale (ora di punta)

Tavola 5 – Simulazione Scenario Attuale (spostamenti di ritorno)

Tavola 6 – Simulazione Scenario Attuale (ora di morbida)

Tavola 7 – Grafo della rete stradale (Scenario di Progetto)

Tavola 8 – Simulazione Scenario di Progetto (ora di punta)

Tavola 9 – Simulazione Scenario di Progetto (spostamenti di ritorno)

Tavola 10 – Simulazione Scenario di Progetto (ora di morbida)