



5. MODELLI DI SIMULAZIONE

In questo capitolo si descrive in modo sintetico il funzionamento dei modelli di simulazione del traffico e del rumore, e si presentano i risultati forniti dalla loro applicazione.

5.1 Modello di Simulazione del Traffico

Il modello di simulazione del traffico si configura come un sistema di gestione di grafi e di assegnazioni di matrici, che permette di effettuare simulazioni di reti di trasporto e quindi della rete stradale, mediante ricerca dei percorsi minimi ed assegnazione sui medesimi dei flussi di traffico relativi ad una o più matrici O/D, che consente, in base a tali percorsi minimi, di calcolare le matrici di tempi, costi e distanze.

Il modello sviluppato e calibrato per la Città di Brugherio consente di simulare il sistema viario territoriale di accesso all'Area Centrale ed il relativo traffico.

Utilizzando il modello quale strumento di studio ed i risultati delle indagini sulla mobilità (conteggi, indagine O/D) quale Banca Dati, si è in grado di valutare gli effetti, in termini di variazione dei flussi sulle singole tratte stradali ed in termini di variazioni dei tempi di percorrenza per le diverse relazioni, derivanti dalla realizzazione dei nuovi assi viari previsti dalla pianificazione.

Con tale procedura si possono valutare e confrontare ipotesi alternative di intervento al fine di individuare l'assetto ottimale.

Il modello è in grado di definire il percorso minimo di collegamento tra due qualsiasi punti della rete stradale considerata, schematizzata mediante un grafo, analizzato successivamente, in funzione delle caratteristiche strutturali della rete stessa e dei flussi di traffico su di essa assegnati. Il percorso minimo può essere definito in relazione ai tempi di percorrenza, alle distanze, ai costi o ad una qualsiasi combinazione di tali fattori.

Con tale procedura si possono definire per le connessioni tra le diverse zone, il percorso, il tempo, la distanza, esprimendole sotto forma di matrici, e definire le relative variazioni ottenibili con l'applicazione di determinati assetti.

Il modello consente quindi di assegnare, sulla base dei percorsi minimi in precedenza definiti, la matrice O/D degli spostamenti ottenuta elaborando la Banca Dati dell'indagine O/D; ogni singolo interscambio viene assegnato in relazione al relativo percorso minimo, ed assegnando quindi la totalità della matrice vengono definiti i flussi complessivi sulla rete per ogni singola tratta.

Tale procedura consente di definire i flussi di traffico relativamente allo stato di fatto ed ai diversi scenari ipotizzati e di effettuare i confronti.

Il modello di simulazione può essere utilizzato effettuando le assegnazioni con la metodologia del "tutto o niente" e con la metodologia della restrizione di capacità. Nel primo caso vengono utilizzate le velocità di percorrenza, ad esempio quelle rilevate con le indagini, che si mantengono costanti e sono quindi indipendenti dai flussi.

Tali simulazioni si possono utilizzare per le valutazioni di carattere strategico finalizzate ad individuare le linee di desiderio dell'utenza.



Applicando la restrizione di capacità è possibile calcolare la velocità in funzione del flusso transitante, consentendo di simulare la riduzione della velocità all'aumentare del flusso e fissando un limite massimo corrispondente alla capacità.
Con tale procedura si simulano le effettive situazioni di traffico in condizioni di congestione.

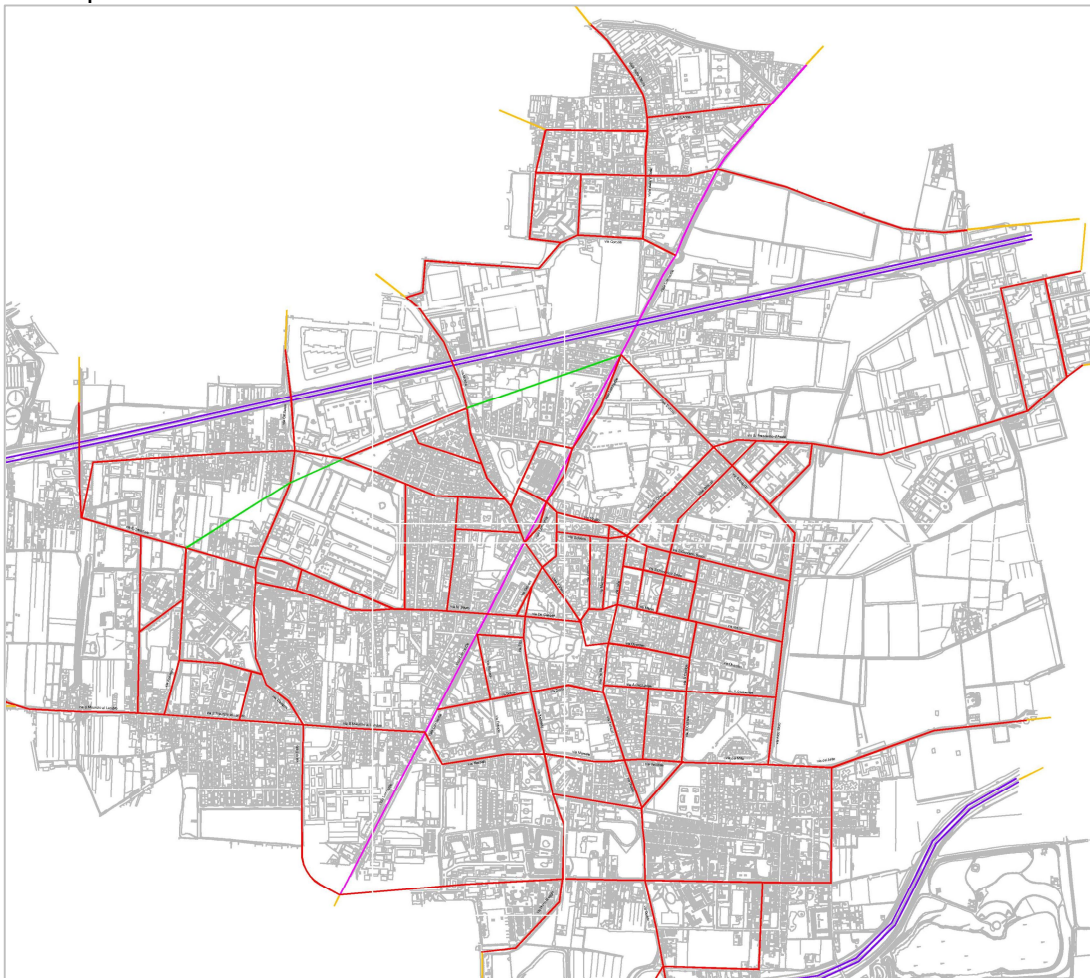
Nel caso specifico di Brugherio il modello è stato utilizzato con la procedura a restrizione di capacità, utilizzando formule che legano la velocità al flusso, calibrate sulla base dei rilievi effettuati sulla rete stradale.
Sono state definite diverse formule per le diverse tipologie di strade e di intersezioni

Con il modello di simulazione si possono effettuare diverse rappresentazioni grafiche a valle delle operazioni di simulazione che hanno consentito di valutare gli effetti indotti sul traffico delle diverse strade da ipotesi alternative di intervento.

5.1.1 Grafo della rete stradale

Per poter utilizzare il modello come strumento di calcolo è necessario rappresentare la rete stradale primaria in modo schematico mediante un grafo.

Figura 5.1.1 – Grafo stradale del PGTU





grafo schematizza la rete stradale mediante una serie di links e di nodi; i links rappresentano tratti stradali dalle caratteristiche omogenee ed i nodi rappresentano gli incroci tra le varie strade e gli estremi di tratti omogenei di una stessa strada.

Ogni incrocio è rappresentato da un nodo; tutti gli incroci contenuti nel grafo sono stati studiati in dettaglio, considerando tutti i movimenti consentiti, rappresentando ognuno di essi con un link ed inserendo un nodo per ogni punto di incrocio dei movimenti di svolta.

Per la valutazione degli interventi, si è considerata l'Area Centrale allargata, in modo da concentrare le valutazioni nell'area interessata dalle proposte di intervento.

Per tale grafo (Figura 5.1.1) si è assunto inizialmente lo schema di circolazione attualmente in vigore.

L'area di studio viene suddivisa in zone, ognuna delle quali viene schematizzata nel grafo mediante un centroide, localizzato nel baricentro della zona stessa; le zone esterne vengono aggregate per direttrici di penetrazioni, a loro volta rappresentate da un centroide.

Ogni centroide rappresenta una zona o una direttrice e viene connesso alla rete con un link fittizio (nozionale), che rappresenta la viabilità di adduzione alla rete.

Ogni link del grafo viene specificato mediante i seguenti dati:

- Origine e Destinazione
Identificano il nodo di origine e il nodo di destinazione del tronco stradale in esame, e quindi anche la direzione di marcia;
- Tipo
I link sono distinti in tipi (ad ognuno dei quali corrisponde un numero di codice) che dipendono dalle diverse funzioni che essi possono assumere all'interno della rete;

Si individuano i seguenti tipi fondamentali:

- Link nozionale
Simula i percorsi secondari tra una zona e la rete stradale primaria e funge quindi da collegamento tra centroide e nodo;
- Link stradale
Rappresenta un tronco di strada dalle caratteristiche uniformi ed omogenee;
- Link di movimenti ad incroci semaforizzati
Rappresenta tutti i movimenti di collegamento tra le strade afferenti ad un incrocio, che avvengono con regolamentazione mediante semaforo, differenziati in relazione alla manovra (diritto, destra, sinistra);
- Link di movimenti con precedenza
Rappresenta tutti i movimenti che all'interno di un incrocio avvengono con regolamentazione mediante "precedenza" o "stop", differenziati in relazione alla manovra (diritto, destra, sinistra);

Si sono quindi definiti i tipi relativi ai tratti stradali di progetto o relativi a strade interessate da limitazioni del traffico (zone a traffico limitato o pedonali);

- Lunghezza: rappresenta la lunghezza espressa in metri del link considerato;
- Larghezza: rappresenta la larghezza espressa in metri o in numero di corsie del link considerato, relativo alla parte della carreggiata utilizzata per

la circolazione. Essendo il link sempre monodirezionale, tale larghezza deve intendersi relativa ad un unico senso di marcia e quindi, per le strade a doppio senso, pari alla metà della larghezza totale della strada o alla porzione destinata al senso di marcia;

- Capacità: tale valore, espresso in veic/h, è desunto da apposite tabelle che definiscono la capacità in funzione della larghezza stradale, del tipo di circolazione (a senso unico o a doppio senso), dell'esistenza di parcheggi e del tipo e numero di incroci;
- Velocità di base: tale valore, espresso in Km/h, rappresenta la velocità ottimale in situazioni di flusso nullo o comunque basso.
Si sono definite classi di velocità in funzione della dimensione della strada, del tipo e del numero di incroci.

Per i link nozionali, che rappresentano collegamenti fittizi, si sono definite larghezza e capacità standard.

Per i link rappresentanti i movimenti che avvengono con regolazione semaforica e con regolazione mediante "precedenza" o "stop", la capacità e la velocità sono calcolate mediante formule che tengono conto della presenza dell'impianto semaforico e dei diritti di precedenza agli incroci.

Effettuando l'assegnazione a restrizione di capacità si sono utilizzate curve di

Figura 5.1.2– Simulazione dello stato di fatto





deflusso, che forniscono la variazione della velocità al variare del flusso in relazione alle caratteristiche del link, per ogni tipo di link relativo alle strade ed agli incroci, calibrate sulla base dei dati rilevati con le indagini.

Si sono innanzitutto effettuate le simulazioni dello stato di fatto, assegnando le matrici O/D degli spostamenti sulla rete esistente, relativamente alla rete viaria urbana (Figura 5.1.2).

Relativamente alla rete centrale il modello controlla la quasi totalità del traffico, non controllando la quota di traffico locale e interno alle zone, e relativamente agli assi più esterni controlla la quota parte gravitante sul Centro.

5.1.2 Zonizzazione

Nell'effettuare l'indagine Origine/Destinazione e per poter codificare i dati risultanti è stata predisposta una zonizzazione del territorio in esame.

Il territorio comunale di Brugherio è stato suddiviso in 15 zone.

Sono state inoltre definite zone corrispondenti a tutti i Comuni della Provincia e delle Province limitrofe, alle Province delle Regioni limitrofe, alle Regioni del resto d'Italia ed agli Stati esteri.

Si è quindi proceduto ad un'aggregazione di tali aree elementari, definendo una zonizzazione rispetto alla quale riferire le matrici dei flussi.

Per le aree extracomunali si è effettuata un'aggregazione sulla base delle direttrici di accesso a Brugherio dalle singole zone elementari, definendo alla fine del processo di aggregazione 16 zone relative ai diversi settori del territorio.

La matrice per queste simulazioni è stata definita con riferimento al periodo dell'ora di punta del mattino 7.45-8.45, controlla i traffici transitanti lungo le radiali di accesso al Centro Storico e comprende il traffico proveniente da queste radiali (banca dati O/D raccolta per la redazione del PGTU), e il traffico in uscita dal Centro Storico dei residenti, ricavato ribaltando la matrice ottenuta dalle indagini O/D (ingressi) ricalibrata sui flussi di traffico in uscita rilevati durante i conteggi classificati.

5.2 Modello di Simulazione dell'Inquinamento Acustico

E' stato definito il modello dell'inquinamento acustico al fine di definire gli effetti indotti sul sistema ambientale, in termini di variazione dei livelli di inquinamento a livello puntuale conseguenti alle variazioni dei flussi di traffico.

Si sono analizzati i dati rilevati sul campo ricercando una correlazione tra i livelli registrati, i flussi di traffico e la struttura geometrica delle strade, ottenendo risultati più che soddisfacenti.

5.3 Risultati delle Simulazioni di Traffico

L'applicazione del modello di simulazione del traffico, calibrato sui dati dello stato di fatto, ha consentito innanzitutto di calcolare i flussi di traffico prevedibili sulle diverse strade a seguito della realizzazione di nuove strade (simulazione dello Scenario

Obiettivo di medio termine comprendente il completamento della Circonvallazione Urbana).

Per questo scenario di intervento di medio periodo le variazioni di traffico sono state calcolate per 8 sezioni stradali.

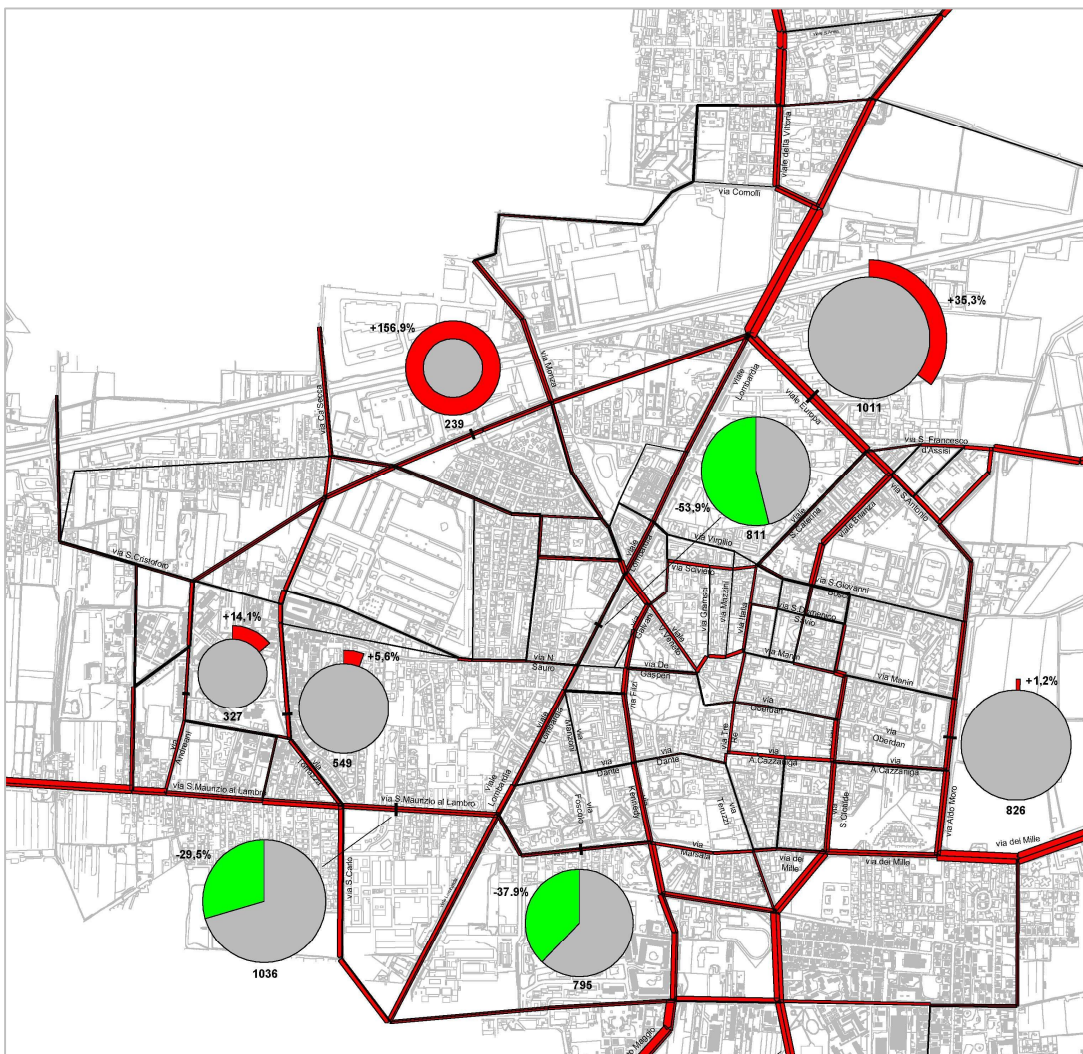
L'applicazione del modello per questo Scenario Infrastrutturale futuro, evidenzia per l'ora di punta del mattino che (Figura 5.3.1):

- i) riduzioni significative di traffico in Viale Lombardia (superiore al 50%), in Via San Maurizio al Lambro (-30%), in Via Marsala (quasi -40%);
- ii) incrementi di traffico naturalmente in Via Buozzi, in Viale Europa (circa +35%), e più contenuti in Via Andreani (+14%), in Via Torazza (+6%) e in Via Moro (+1% quindi praticamente ininfluente).

Per lo scenario di intervento di breve periodo con la sola regolamentazione del tratto di Via Tre Re compreso tra l'uscita di Piazza Roma e Via Oberdan, le variazioni di traffico sono state calcolate per 5 sezioni stradali, e risultano essere minime.

L'applicazione del modello per lo Scenario del PGTU, applicato nella sua totalità

Figura 5.3.1– Simulazione degli effetti indotti dal progetto di riaménagemento urbano



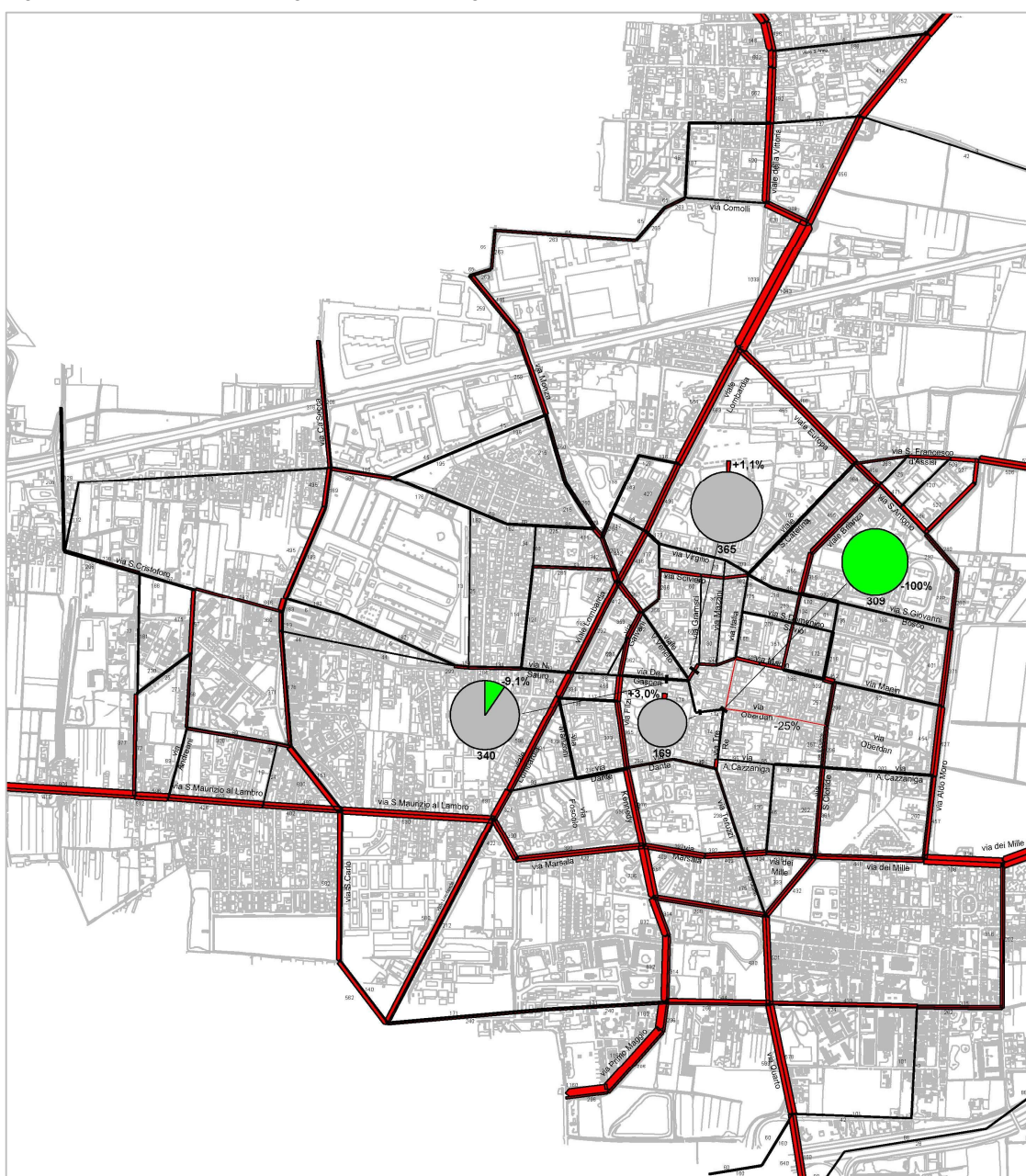


(interventi sul sistema di circolazione e di regolamentazione del traffico), evidenzia per l'ora di punta del mattino (Figura 5.3.2), una riduzione di traffico in Via De Gasperi (-9%) e in Via Oberdan (-15%), l'eliminazione del traffico nel brevissimo tratto di Via Tre Re regolamentata al traffico, e lievi incrementi di traffico in Via Cavour e in Piazza Roma.

Questi dati suggeriscono alcune riflessioni:

- 1) il tratto pericoloso di Via Tre Re risulta completamente recuperato e messo in sicurezza;
- 2) la chiusura di questo brevissimo tratto di strada è stata l'occasione per ridefinire in meglio alcuni percorsi del Centro Storico, in particolare gli ingressi da Est e le uscite da Ovest, scaricando un'altra strada delicata quale Via Oberdan;
- 3) le relazioni di attraversamento del Centro diminuiscono in quanto non è più possibile quello in direzione Ovest - Est.

Figura 5.3.2– Simulazione degli effetti indotti dagli interventi sul sistema di circolazione del Centro





5.4 Benefici sull'Inquinamento Acustico

Il "problema ambiente" attualmente a Brugherio riguarda soprattutto l'inquinamento acustico e dipende fortemente dall'entità dei traffici presenti in alcune strade del Centro che sono caratterizzate da una ridotta capacità ambientale.

Dall'analisi dei dati dello stato di fatto emerge che il problema dell'inquinamento acustico non è trascurabile e raggiunge in alcuni casi livelli degni di attenzione (Via dei Mille, Viale Lombardia, Via Monza, Via San Maurizio al Lambro).

Gli interventi del PGTU consentono di conseguire in questo settore benefici molto evidenti e molto mirati, cioè sono volti a recuperare le strade a bassa capacità ambientale e a forte vocazione commerciale e/o pedonale, cercando di utilizzare al meglio le strade ad elevata capacità ambientale.

In generale le variazioni di rumore calcolate dipendono:

- 1) dalle variazioni dei flussi di traffico;
- 2) dalle variazioni delle condizioni cinematiche dei traffici, dovute o a variazioni dei flussi o a mutamenti sul sistema di controllo del traffico;
- 3) dall'eventuale variazione della composizione dei flussi;
- 4) dalla capacità ambientale delle strade (larghezza, altezza degli edifici ecc.).

In questo settore il PGTU propone inoltre la messa in opera, nei casi più critici, di asfalti fonoassorbenti delle ultime generazioni, in quanto è stato dimostrato che essi mediamente riducono di circa 3-4 dB(A) il rumore prodotto dai veicoli anche a livello urbano, cioè alle basse velocità.

In particolare questo intervento viene proposto per numerose strade come riportato in Figura 4.7.1.

Le simulazioni effettuate sul sistema ambientale per lo Scenario a regime comprensivo di tutti gli interventi previsti dal PGTU, evidenziano in generale un forte miglioramento dell'ambiente acustico (Figura 5.4.1).

Si prevedono infatti, anche grazie al contributo fornito dalle pavimentazioni anti - rumore, riduzioni di rumore molto significative in molte sezioni stradali.

In particolare si prevedono riduzioni molto sensibili dell' L_{eq} in Via Italia e Via Oberdan (in questi casi anche grazie al nuovo sistema di circolazione), in Via dei Mille, in Viale Lombardia, in Via San Maurizio al Lambro, in Via Monza e in Viale della Vittoria, tutte strade in cui è stato possibile quantificare i benefici attesi grazie allo svolgimento di rilievi di rumore durante la fase delle indagini.

Benefici non quantificabili ma certi si attendono anche in Via Volturno, Via Dorderio, Via Marsala, Via Kennedy, Via Filzi, e Via Galvani.

FIGURA 5.4.1
RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI RUMORE PER SEZIONE E PER FASCIA ORARIA
 Leq diurno espresso in dB(A)

1 cm = 20 dB(A)

- Sezione di indagine
- HP Ora di punta del traffico
- HM Ora di morbida del traffico
- HP_p Ora di punta di progetto
- 65 Limite di legge
- ▒ Livelli di rumore inferiori al limite di legge
- ▒ Surplus rispetto al limite di legge

Scala 1: 10.000 Nord ▲

