

# Modello di previsione del rumore veicolare impiegato per la città di Merano

A. Peretti<sup>a,b</sup>, A. Farina<sup>c</sup>, F. De Masi<sup>d</sup>, A. Bonaldo<sup>e</sup>, M. Baiamonte<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Scuola di Specializzazione in Medicina del Lavoro, Università di Padova*

<sup>b</sup>*Peretti e Associati sas, Padova*

<sup>c</sup>*Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma*

<sup>d</sup>*Libero Professionista, Bologna*

<sup>e</sup>*Libero Professionista, Merano (BZ)*

Per la città di Merano è stato utilizzato il programma Citymap. Esso si basa su una banca dati costituita dai SEL relativi al passaggio di singoli veicoli; i SEL si differenziano tra loro a seconda della categoria del veicolo e della fascia di velocità. Definiti i tratti di strada con uguali caratteristiche, associati ad essi il numero di veicoli in transito di giorno e di notte, il programma consente di stimare il livello equivalente diurno e notturno in qualsiasi punto del territorio e di ottenere la mappatura acustica del territorio stesso. Il programma è stato tarato sulla base dei livelli equivalenti rilevati per più giorni in 16 posizioni *dominanti* per quanto riguarda il traffico veicolare ed è stato successivamente controllato sulla base dei livelli equivalenti rilevati per brevi periodi in 62 posizioni *dipendenti*.

## PREMESSA

Come indicato nel lavoro “Classificazione acustica del territorio comunale di Merano” che compare in questi stessi Atti, il Comune di Merano ci ha incaricato di classificare il territorio, di monitorare il rumore urbano e di predisporre un programma di previsione. Il presente lavoro riguarda quest’ultimo argomento.

## CARATTERISTICHE DEL PROGRAMMA

Come programma di previsione si è impiegato *Citymap* elaborato dal secondo autore di questo lavoro.

Il programma si basa su una banca dati costituita dai livelli sonori relativi al passaggio di singoli veicoli. Tali livelli sono espressi in termini di SEL (Single Event Level); si rammenta che il SEL rappresenta il livello di un evento la cui energia è riferita ad 1 secondo. I SEL sono stati rilevati a 7.5 m dall’asse della linea di corsa del veicolo.

Nella banca dati i SEL si differenziano tra loro in funzione della categoria del veicolo (motociclo, autovettura, camion a due assi, camion a tre assi, TIR) e della relativa fascia di velocità (0-30, 30-50, 50-70, 70-90, 90-110, >110 km/h). Nel caso delle fasce 0-30 e 30-50 km/h, i SEL si distinguono a loro volta a seconda che il veicolo sia in fase di accelerazione o decelerazione.

Il programma *Citymap* interagisce con un qualsiasi programma cartografico di tipo vettoriale in formato .dxf (Autocad o altri). L’utente deve individuare i diversi tratti di strada con analoghe caratteristiche (tipo di superficie stradale, larghezza della carreggiata, flussi di

traffico, ecc.) e caratterizzarli mediante l’entità polilinea (in genere una spezzata), di larghezza pari (in scala) a quella della strada. Così facendo le principali strade urbane saranno costituite da più polilinee (cfr. fig. 1).

A ciascuna polilinea l’utente deve associare (cfr. fig. 2) il numero di veicoli in transito di giorno (ore 6-22) e di notte (ore 22-6), differenziandoli per categoria e velocità.

Per ogni polilinea vanno inoltre inserite le proprietà della strada: tipologia della superficie (asfalto liscio, asfalto fonoassorbente, pavé) e pendenza (< 5%, ≥ 5% in salita, ≥ 5% in discesa). Questi dati vengono impiegati per correggere automaticamente i SEL in funzione della categoria del veicolo e della fascia di velocità.

Per ogni polilinea va infine inserita l’altezza media degli edifici su ambedue i lati.

Il programma calcola il livello sonoro equivalente medio diurno e notturno a 7.5 m dall’asse del tratto stradale individuato mediante la polilinea.

Per stimare il livello equivalente a qualsiasi distanza dal tratto stradale e quindi in qualsiasi punto del territorio, il programma suddivide ogni tratto di cui è costituita la polilinea in diversi segmenti in modo che la distanza tra il centro del segmento e il punto in esame sia almeno doppia della lunghezza del segmento stesso; così facendo è possibile associare al segmento il suo livello di potenza sonora caratteristico. Ogni singolo segmento, considerato come sorgente puntiforme, concorrerà con la sua potenza (in misura differente a seconda della distanza) a determinare il livello equivalente nel punto in esame, che verrà calcolato dal programma per divergenza geometrica di tipo sferico. Si può osservare che proprio tale calcolo richiede che la sorgente sia

puntiforme; ciò a sua volta richiede che il punto sia sufficientemente lontano dalla sorgente, ossia dal segmento.

Il rumore emesso dai veicoli può subire un incremento dovuto alle riflessioni sulle facciate degli edifici che delimitano la strada; il programma sulla base delle altezze medie degli edifici delimitanti la strada corregge i livelli a seconda che la sezione stradale sia a forma di L, U largo o U stretto.

Il rumore nel punto in esame potrà essere determinato da più tratti di polilinea o da più polilinee (ossia dalla strada in esame e da quelle limitrofe), che concorreranno tutte in misura differente (sempre tramite la procedura di suddivisione dei tratti in segmenti) a determinare il livello equivalente nel punto in esame. Nel caso la distanza del punto dalla sorgente sia elevata, il programma ne esclude il contributo.

Il programma consente di stimare il livello equivalente diurno e notturno in qualsiasi punto del territorio, oppure di stimare i livelli in corrispondenza dei nodi di una griglia (reticolo a maglia quadrata sovrapposto al territorio in esame) di passo definibile dall'utente. In quest'ultimo caso la mappatura del rumore, ossia la restituzione dei livelli sonori direttamente sulla cartografia del territorio, può essere caratterizzata da risoluzioni differenti. La mappatura può essere ottimizzata mediante un programma di interpolazione grafica (Surfer o altri) che permette di ottenere le curve di isolivello in base ai livelli sonori equivalenti stimati in ogni nodo e alle rispettive coordinate planimetriche. Le curve di isolivello e le fasce da esse delimitate (evidenziate cromaticamente) forniscono un immediato riscontro qualitativo della rumorosità ambientale (cfr. fig. 3).

Come si è visto, il programma considera l'altezza degli edifici delimitanti le strade, ma solo per quanto attiene la riflessione del rumore sulle facciate. Non considera invece gli edifici (né quelli fronte strada, né quelli più lontani) come barriere acustiche che nella realtà riducono notevolmente la propagazione del rumore. D'altra parte la valutazione di questo aspetto avrebbe comportato la conoscenza e l'inserimento nel programma dell'esatta altimetria della superficie del territorio e dell'altezza di ogni edificio (di fatto un disegno a 3 dimensioni).

Quindi il programma permette di stimare il rumore fronte strada sino alla prima fila di edifici (in facciata agli edifici fronte strada o negli spazi liberi sempre fronte strada). Nel caso la fila di edifici non sia continua, ossia la distanza tra i singoli edifici della stessa fila sia paragonabile all'altezza degli stessi, il programma permette di stimare con attendibilità il rumore anche oltre la prima fila.

## PREDISPOSIZIONE DEL PROGRAMMA

Nel caso di Merano si è operato sulla cartografia del territorio comunale costituita:

- dal PRG (in cui sono riportate le aree con rispettiva destinazione d'uso, le strade, ecc.) in versione vettoriale (estensione .dwg);
- dalla planimetria della città (in cui sono riportati gli edifici, le strade, ecc.) in formato *raster* (immagine con estensione .tif), georeferenziata rispetto al PRG.

Utilizzando in sovrapposizione la planimetria *raster* si è realizzata una nuova cartografia vettoriale (estensione .dwg) costituita da due *layer*: strade e punti (di misura).

Nel *layer* strade sono state disegnate *ex novo* le polilinee delle strade principali (cfr. fig. 1) individuando i diversi tratti di strada con analoghe caratteristiche (tipo di superficie stradale, larghezza della carreggiata, flussi di traffico, ecc.). Per quanto riguarda tali caratteristiche, i dati relativi al tipo di superficie stradale, alla larghezza, ecc. sono stati acquisiti tramite sopralluoghi e colloqui con i tecnici comunali, mentre i dati dei flussi di traffico sono stati in parte rilevati nell'ambito dell'indagine, in parte estratti dal PUT e in parte acquisiti tramite sopralluoghi.

Nel *layer* punti si sono definite le 16 posizioni dominanti e le 62 posizioni dipendenti (si veda il lavoro "Monitoraggio del rumore veicolare nella città di Merano" che compare in questi stessi Atti).

La nuova cartografia è stata successivamente convertita in formato .dxf, in modo da poterla importare in Citymap.

In Citymap sono stati inseriti tutti i dati richiesti dal programma, ossia per ogni polilinea sono stati inseriti i flussi di traffico relativi alle 5 categorie di veicoli, le corrispondenti 8 fasce di velocità, le 3 tipologie di superficie stradale, le 3 classi di pendenza e le altezze medie degli edifici su ambedue i lati (cfr. fig. 2).

## TARATURA DEL PROGRAMMA

Il rumore previsto dal programma sulla base dei flussi veicolari e delle caratteristiche stradali differisce (più o meno significativamente) da quello reale; ciò vale per tutti i programmi di previsione e quindi ovviamente anche per il programma Citymap. E' necessario quindi calibrare il programma considerando le misure sperimentali.

Nel caso in esame il programma è stato calibrato mediante l'impiego dei livelli equivalenti diurni e notturni (medi relativi ai giorni feriali), rilevati nelle 16 posizioni dominanti (per le quali si hanno dati rappresentativi).

La taratura ha per finalità la minimizzazione dello scarto tra il valore stimato e il valore misurato; si deve

in altre parole intervenire sul programma in modo che il valore previsto sia il più possibile vicino a quello rilevato. In teoria andrebbero corretti i livelli della banca dati relativi al passaggio dei singoli veicoli, ossia i SEL.

In pratica si è proceduto senza modificare i SEL. Come si è detto il programma permette di calcolare il livello sonoro equivalente medio diurno e notturno a 7.5 m dall'asse del tratto stradale individuato mediante una polilinea, sulla base dei flussi delle 5 categorie di veicoli, distinti in periodo diurno e notturno. Sono stati così individuati specifici fattori correttivi per ciascuna delle 10 variabili tali da ottenere livelli il più possibile prossimi ai livelli misurati in tutte le 16 posizioni dominiati (mediante il programma Excel).

Lo scarto quadratico medio delle differenze tra i livelli stimati dopo correzione e i livelli misurati è risultato pari a 1.8 dB(A) nel caso del rumore diurno e pari a 2.7 dB(A) nel caso del rumore notturno (lo scarto è più elevato con flussi di traffico minori).

Ovviamente i fattori correttivi sono stati ottimizzati per il comune di Merano (caratteristiche territoriali, stradali, di traffico, ecc.) e non necessariamente sono validi per altri comuni.

## **CONTROLLO DEL PROGRAMMA**

L'affidabilità del programma di calcolo, tarato per il comune di Merano secondo la procedura sopra esposta, è stata valutata sulla base dei rilievi effettuati nelle 62 posizioni dipendenti, di cui sono stati misurati i livelli equivalenti e sono stati annotati i flussi di traffico relativi ad un intervallo temporale di 15 minuti.

I livelli equivalenti medi nelle 62 posizioni dipendenti relativi agli interi periodi diurni sono stati *estrapolati* riferendosi alla più vicina posizione dominante e considerando la differenza tra i livelli rilevati nella stessa posizione dominante nei medesimi 15 minuti e nel periodo diurno (su più giorni).

Noti i flussi di traffico relativi ai 15 minuti, nel programma sono stati introdotti per ciascuna delle 62 posizioni dipendenti i flussi medi di traffico diurni, determinati riferendosi sempre alla più vicina posizione dominante, ossia considerando la differenza tra i flussi rilevati nella stessa posizione dominante nei medesimi 15 minuti e nel periodo diurno (su più giorni). Sulla base dei flussi medi si sono *stimati* i livelli nelle 62 posizioni dipendenti.

Lo scarto quadratico medio delle differenze tra i livelli stimati e i livelli estrapolati è risultato pari a 3.4 dB(A). Tale risultato può essere considerato molto soddisfacente.

## **IMPIEGO DEL PROGRAMMA**

Il programma di previsione permette di visualizzare

l'inquinamento da rumore direttamente sulla planimetria del territorio comunale.

Si potranno quindi stimare i livelli sonori in facciata degli edifici e negli spazi liberi che si affacciano sulle strade. Si potranno individuare le aree in cui il rumore è rilevante e, indicativamente, si potranno individuare le zone in cui vengono superati i valori limite. Sulla base dell'entità dell'inquinamento, della percentuale di popolazione esposta, delle specifiche situazioni e delle concrete possibilità di riduzione del rumore, si potranno definire le priorità degli interventi di risanamento acustico.

Nell'elaborazione dei piani di risanamento, lo stesso programma di previsione svolgerà un ruolo essenziale. Costituirà uno strumento di lavoro direttamente utilizzabile dagli addetti alla pianificazione (anche non in possesso di conoscenze di acustica); infatti, introducendo al calcolatore variabili quali il flusso e la composizione del traffico, si potranno prevedere i livelli sonori nelle aree in esame. In tal modo sarà possibile conoscere a priori l'effetto in termini acustici degli interventi sulla viabilità, prima di attuare gli interventi stessi. E ciò è molto importante dal punto di vista del risparmio non solo economico, ma anche di tempo e di risorse.

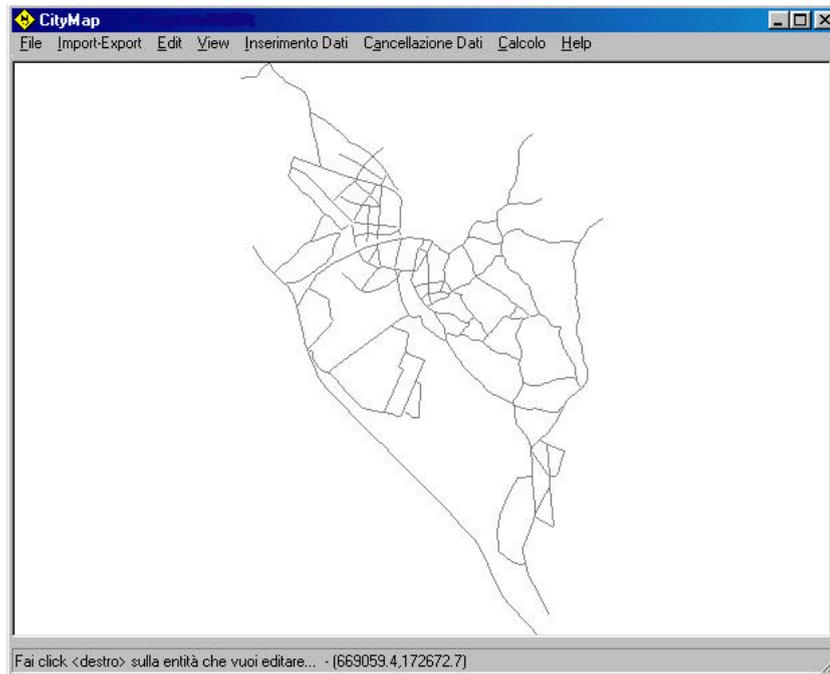


Figura 1 - Polilinee rappresentanti le strade urbane lungo le quali sono stati effettuati i rilievi di lunga e breve durata

**Edizione dati traffico stradale**

Selezione Tratto Stradale

Tratto n.  Nome:

Leq, 7.5m (GM)

Proprietà

Tipo di Pavimentazione	1-Asfalto Liscio
Pendenza [% , +   - ]	0-5%
hmed edifici lato Sinistro	0.
hmed edifici lato Destro	0.

Traffico diurno complessivo

N. autovetture (V1)	2880	C3-(30-50 km/h) ac
N. camion 2 assi (V2)	368	C3-(30-50 km/h) ac
N. camion 3 assi (V3)	48	C1-(0-30 km/h) acc
N. TIR (V4)		C1-(0-30 km/h) acc
N. motocicli (V5)	1328	C1-(0-30 km/h) acc

Traffico notturno complessivo

N. autovetture (V1)	136	C3-(30-50 km/h) ac
N. camion 2 assi (V2)	8	C3-(30-50 km/h) ac
N. camion 3 assi (V3)		C1-(0-30 km/h) acc
N. TIR (V4)		C1-(0-30 km/h) acc
N. motocicli (V5)	24	C1-(0-30 km/h) acc

Imposta automaticamente i dati della strada precedente

<input type="button" value="Cat.A - Autostrada"/>	<input type="button" value="Cat.B - Extraurb. princ."/>
<input type="button" value="Cat.C - Extraurb. sec."/>	<input type="button" value="Cat.D - Urbana scorr."/>
<input type="button" value="Cat.E - Urbana quart."/>	<input type="button" value="Cat.F - Locale"/>

Figura 2 - Scheda di inserimento dati

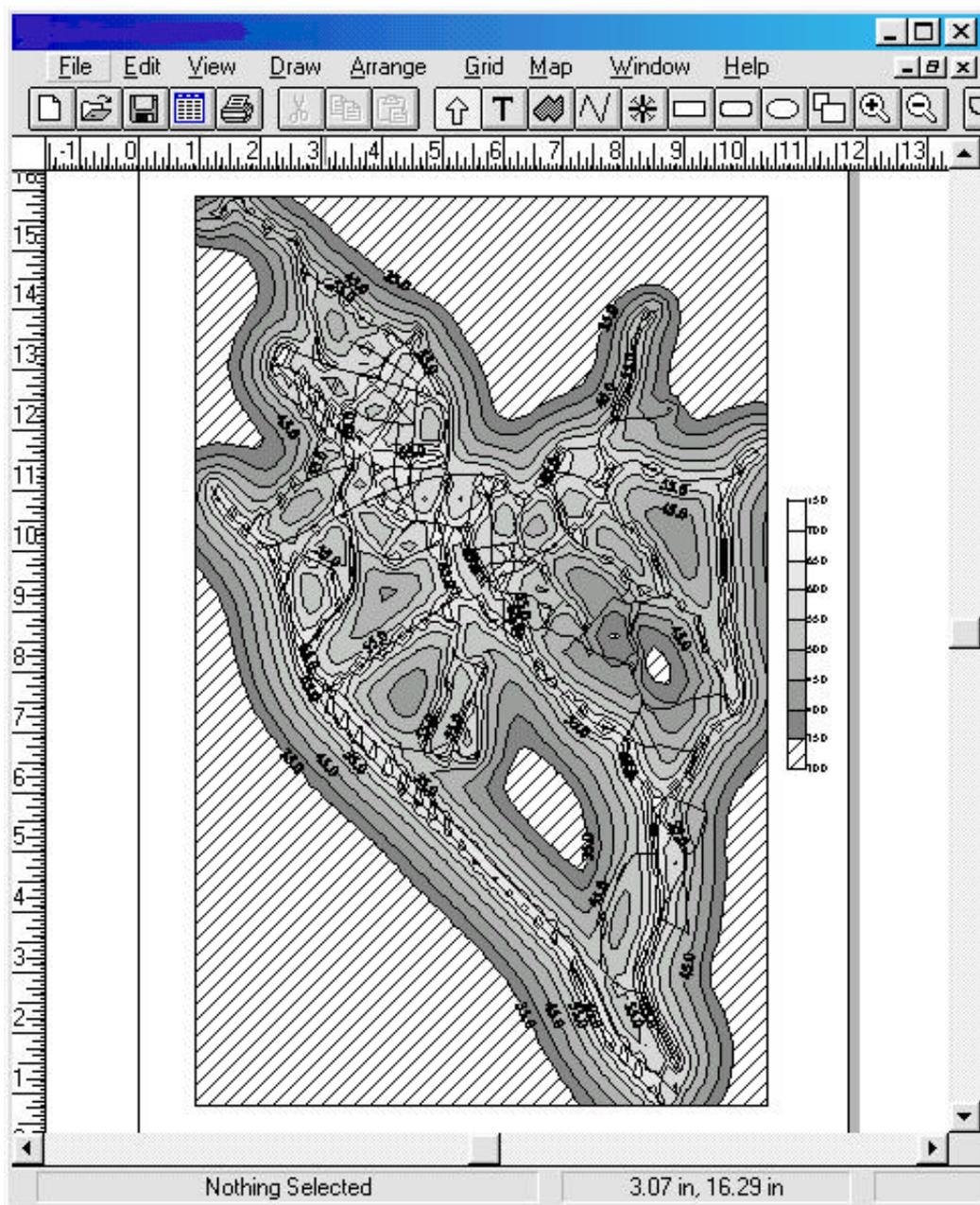


Figura 3 - Mappatura acustica