

**MODELLI MATEMATICI PER LA PREVISIONE DEL RUMORE  
STRADALE: VERIFICA ED AFFINAMENTO DEL MODELLO CNR IN  
BASE A RILIEVI SPERIMENTALI NELLA CITTÀ DI BOLOGNA**

**A. Cocchi, A. Farina, G. Lopes**

**1. SOMMARIO**

La possibilità di mitigare il rumore urbano mediante interventi di controllo del traffico o urbanistici richiede che l'ente locale disponga di un metodo semplice ed affidabile per la previsione del rumore prodotto dal traffico.

In Italia a tutt'oggi sono stati presentati alcuni modelli matematici, basati su formule di origine sperimentale, ottenuti in base a campagne di rilievo più o meno estese [1,2,3,4]: fra essi spicca il modello CNR (Cannelli ed al., 1983 [1]). Per saggiare l'applicabilità di tale modello alla peculiare realtà urbana di Bologna è stato avviato un esteso programma di rilievi sperimentali, i cui risultati hanno consentito di affermare che il modello CNR sovrastima decisamente il rumore da traffico nelle strade bolognesi. Mantenendo inalterata la struttura della formula, si è pertanto proceduto a correggerne alcuni termini, ottenendo in tal modo una nuova relazione che si correla molto bene con i rilievi eseguiti.

**2. RILIEVI SPERIMENTALI**

La città di Bologna è caratterizzata da sezioni viarie molto particolari, che non trovano corrispondenza in alcuna altra grande città del mondo: in particolare sono presenti strade molto strette, ma dotate quasi ovunque di portici su ambo i

lati, e con svariati tipi di pavimentazione. Inoltre il flusso veicolare, anche se abbondante, è solitamente molto ordinato, e pertanto risponde correttamente ad interventi di regolazione (semafori, sensi unici, etc.), senza che i dispositivi di segnalazione acustica vengano usati a sproposito. Pertanto è lecito presumere che la rumorosità prodotta dal traffico sia sostanzialmente diversa da quella rilevata nelle campagne di misure precedentemente eseguite altrove per la validazione di modelli di previsione.

E' stato individuato come tipico il quartiere di S. Vitale, che comprende un pieno assortimento tipologico delle vie bolognesi. In tale quartiere sono stati eseguiti 124 rilievi fonometrici, registrando queste grandezze:

- Livello equivalente ponderato "A";
- Portata oraria di veicoli leggeri e pesanti;
- Velocità media dei veicoli;
- Distanza fra il microfono e l'asse stradale.

Sulle schede di rilievo sono poi state marcate tutte le informazioni tipologiche relative al sito di misura (portici, larghezza strada, altezza edifici, pavimentazione, pendenza, incroci, etc.).

I dati sono stati raggruppati in uno spreadsheet per le successive elaborazioni.

### 3. VERIFICA DEL MODELLO CNR

In corrispondenza di ciascuno dei 124 punti rilevati si è proceduto ad un calcolo numerico del Livello Equivalente in base alla relazione del CNR:

$$L_{eq} = 35.1 + 10 \lg (Q_l + 8 \cdot Q_p) + 10 \lg \left( \frac{d_o}{d} \right) + \sum_i \Delta L_i$$

ove  $d_o = 25$  m ed i  $\Delta L_i$  sono i seguenti:

$\Delta L_v$  = termine correttore per la velocità (da -1.5 a 4)

$\Delta L_s$  = termine correttore per il manto (da -0.5 a 4)

$\Delta L_g$  = termine correttore per la pendenza (da 0 a 3)

$\Delta L_{vb}$  = termine correttore per incrocio (da 0 a 1 dB)

Il termine  $\Delta L_v$  è stato espresso, anziché con la tabella riportata nella pubblicazione originale di Cannelli, anche con la seguente relazione approssimata:

$$\Delta L_v = -1.8923 + 0.05576 \cdot V$$

con V in km/h e coeff. di correlazione  $r=0.9653$  rispetto ai dati tabulati

L'applicazione della relazione del CNR ha fornito dei livelli sonori nettamente più alti di quelli sperimentali: nella fig. 1 è infatti riportato lo scostamento fra le due serie di dati, e si osserva che in un solo punto si è avuta una sottostima del livello sonoro effettivo. Si è pertanto concluso che, nella sua formulazione originale, il modello CNR non è in grado di descrivere correttamente la situazione urbana di Bologna.

#### 4. ELABORAZIONE DI UN NUOVO MODELLO

Mantenendo inalterata la struttura formale del modello CNR, dai dati sperimentali è stata eseguita una regressione multivariata, che ha consentito di ottenere questa nuova relazione, che è stata denominata T.U.R.BO. (Traffico Urbano Rumore Bologna):

$$L_{eq} = 38.9 + 9.9 \cdot \lg(Q_l + 8 \cdot Q_p) + 5.6 \cdot \lg\left(\frac{d_o}{d}\right) - 0.02 \cdot V + \sum_i \Delta L_i$$

in cui  $d_o$  è sempre pari a 25m, ed i  $\Delta L_i$  valgono:

$\Delta L_p$  = termine correttore per portici (+1 dBA)

$\Delta L_u$  = termine correttore per strade ad U (+1 dBA)

$\Delta L_w$  = termine corr. per assenza veicoli pesanti (-1.8 dBA)

$\Delta L_v$  = termine corr. per velocità bassa (<30 km/h, -1.5 dBA)

$\Delta L_s$  = termine correttore per manto stradale (da -2 a +1)

In questa relazione, a parte i coefficienti numerici diversi, compaiono queste particolarità rispetto alla formula CNR originale:

- Termine correttivo per portici, pari a +1 dB(A).
- Termine correttivo per strade ad U, cioè con altezza degli edifici maggiore della loro distanza, pari a +1 dB(A).
- Termine correttivo per assenza veicoli pesanti (-1.8 dBA); tale termine segnala che in base ai rilievi eseguiti il contributo di un mezzo pesante è maggiore di 8 leggeri, come viceversa è stato assunto per coerenza con il CNR.
- Termine correttivo per velocità bassa (-1.5 dBA); non è stato possibile

correlare linearmente i dati al variare della velocità: infatti il livello sonoro inizialmente cresce (da 0 a 30 km/h), poi cala leggermente come indicato dal coefficiente negativo nella formula.

- Termine correttivo per manto stradale: rispetto allo asfalto ordinario, è stata rilevata una riduzione di 2 dBA con asfalto nuovo, ed un aumento di 1 solo dBA con lastricato o pavé, contro i 4 previsti in questo caso dalla relazione del CNR.

La nuova relazione corrisponde molto bene con i dati sperimentali, come mostrato dal diagramma riportato in fig. 2 (che mostra gli scarti, il cui valore medio è nullo, mentre lo scarto quadratico medio è risultato pari a 2.02 dBA). Nella fig. 3 è visibile viceversa la corrispondenza fra livelli sonori sperimentali e valori previsti con la nuova relazione: la gran parte dei rilievi sperimentali è situata fra 66 e 76 dB(A), per cui la buona correlazione esistente in tale intervallo non è detto si ripeta per livelli sonori molto diversi.

## 5. CONCLUSIONI

Una serie di 124 rilievi urbani del rumore da traffico ha consentito di stabilire che il modello di previsione CNR non è tarato correttamente sulla realtà territoriale di Bologna. Mediante adeguate tecniche statistiche, dai dati rilevati è stata ottenuta una nuova relazione, formalmente analoga al modello CNR, che consente un migliore riscontro con i dati sperimentali.

Il lavoro eseguito costituisce il punto di partenza per il riassetto del traffico urbano nella città di Bologna, poiché fornisce all'ente pubblico una semplice relazione con la quale valutare gli effetti di modifiche urbanistiche o di correnti di traffico.

Il proseguimento dell'attività intrapresa consentirà di ottenere innanzitutto una mappa del rumore dell'intera città, facendo ricorso solo ad un limitato numero di rilievi sperimentali di controllo; in seguito sarà possibile prevedere come tale mappa si modifica, in base a varianti urbanistiche o a modifica dei flussi veicolari.

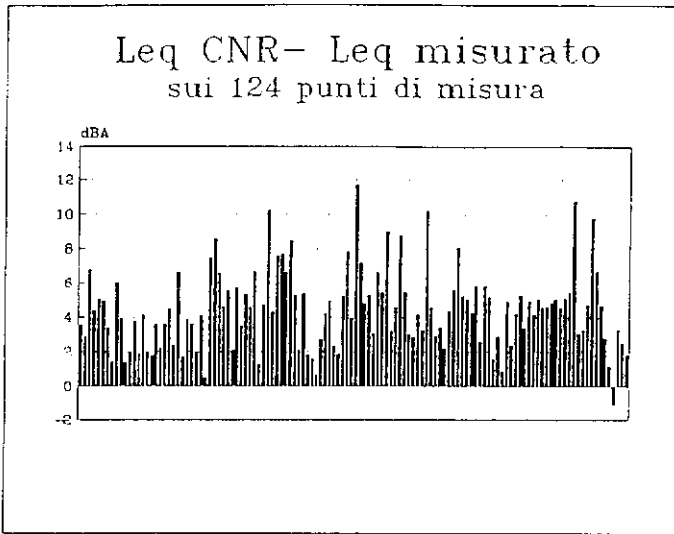


Fig. 1 - Differenza fra livelli previsti con modello CNR e rilievi sperimentali.

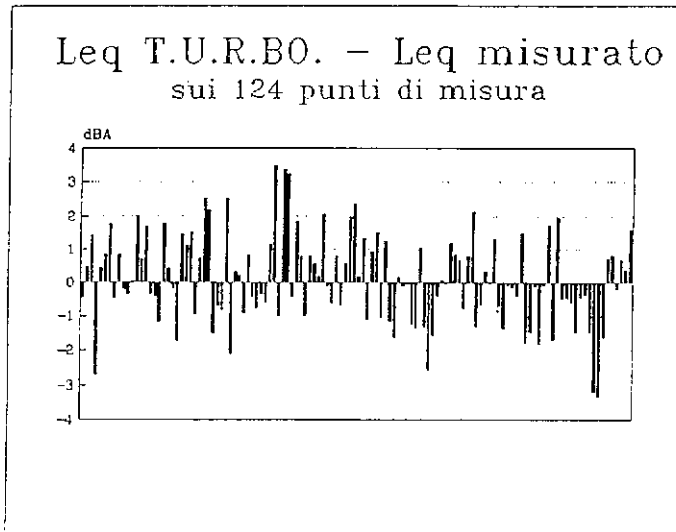


Fig.2 - Confronto fra livelli previsti con modello T.U.R.B.O. e rilievi sperimentali.

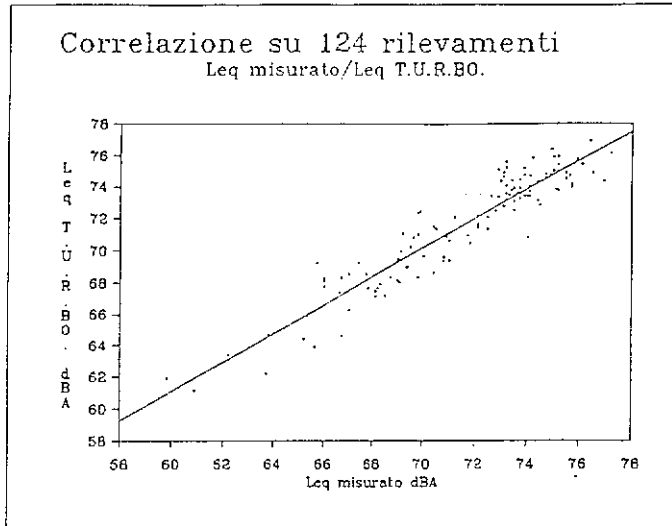


Fig. 3 - Correlazione fra dati sperimentali e previsione numerica con modello T.U.R.BO.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Cannelli G.B., Gluck K., Santoboni S. - "A mathematical model for evaluation and prediction of mean energy level of traffic noise in Italian towns" - *Acustica*, vol. 53, p. 31 (1983).
- [2] Benedetto, G., Spagnolo R. - "Previsione dei livelli di rumore prodotti dal traffico urbano" - *Rivista Italiana di Acustica*, vol. 1 (1977).
- [3] Cosa M., Nicoli M. - "Predeterminazione del livello equivalente del rumore da misure dei contributi energetici per singolo evento" - *Ann. Ist. Sup. Sanità*, (1982).
- [4] Cosa M., Barbaro S. et al. - "Un ulteriore affinamento della metodica di predeterminazione del rumore da traffico basata sul SEL" - *Atti del XVIII Convegno AIA*, pag. 502, L'Aquila (1990).