

|  |     |
|--|-----|
| Il catasto dell'inquinamento acustico della Provincia Autonoma di Trento<br><i>A. Boer, P. Simonetti</i> .....   | 273 |
| Sulle distribuzioni spazio-temporali in alcune circoscrizioni di Genova<br><i>G. Bisio, W. Piromalli, P. Acerbo</i> .....  | 279 |
| Livelli sonori esistenti all'interno di abitazioni site in prossimità<br>di attraversamenti autostradali nell'ambito della provincia di Genova<br><i>W. Piromalli, P. Acerbo</i> ..... | 285 |
| La mappatura acustica della provincia di Savona: una nuova esperienza<br>di indagine e di elaborazione delle misure<br><i>A. Lenzi, M. Solari</i> .....                                | 289 |
| Misure di rumore e mappatura acustica del territorio<br><i>F. Cotana, C. Buratti, F. Rossi</i> .....   | 293 |
| Il contenimento del rumore aeronautico sul territorio mediante l'imposizione<br>di limiti di rumorosità alle operazioni di volo degli aeromobili<br><i>L. Rocco, S. Sauro</i> .....    | 299 |
| Impatto acustico sulla linea ferroviaria Verona-Brennero: metodologia di studio<br><i>P. Scarano, G. Brero, G. Pollone</i> .....   | 305 |
| Il rumore degli impianti di climatizzazione delle centrali telefoniche<br><i>F. Cotana, F. Rossi, L. Santarpia</i> .....   | 311 |
| Analisi ed osservazioni sull'emissione sonora di sorgenti stazionarie<br>con spettro di frequenza discreto<br><i>E. Mattei</i> .....   | 317 |
| <br><b>Legge quadro sull'inquinamento acustico</b>   |     |
| La pianificazione del territorio e i contenuti della legge 26.10.1995, n. 447<br><i>G. Biondi, E. Guastadisegni, C. Piendibene, G. Brero</i> .....                                     | 323 |
| Contributo alla lettura della "legge quadro" sull'inquinamento acustico<br><i>M. Toni</i> .....  | 331 |
| Una nota sui piani comunali di risanamento acustico<br><i>M. Felli, F. Asdrubali, F. Rossi</i> .....   | 337 |
| <br><b>Classificazione del territorio ai fini dell'inquinamento da rumore</b>  |     |
| Sviluppo di procedure automatiche per la classificazione acustica del territorio<br><i>P. Fausti, F. Pedrielli, R. Pompoli, S. Zatelli</i> .....                                       | 345 |





## MISURE DI RUMORE E MAPPATURA ACUSTICA DEL TERRITORIO

F. Cotana, C. Buratti, F. Rossi

Istituto di Energetica, Università di Perugia

### *RIASSUNTO*

*Il Laboratorio di Acustica dell'Università degli Studi di Perugia ha elaborato i Piani di Risanamento Acustico dei Comuni di Perugia e Terni; i Piani comprendono le misure di rumore, la successiva redazione della mappatura acustica, la suddivisione del territorio comunale nelle classi fissate dal D.P.C.M. 1/03/91 (zonizzazione acustica) ed infine l'adozione di un piano di bonifica.*

*Nel presente lavoro sono descritte le procedure seguite per l'effettuazione delle misure, i modelli di calcolo per l'elaborazione dei dati sperimentali, i criteri per la redazione delle mappe di rumore. Il lavoro è completato da un esempio di mappatura acustica nel Comune di Perugia.*

### **1. Introduzione**

La gravità del problema dell'inquinamento acustico è stata recentemente sottolineata da una serie di provvedimenti legislativi, volti a mettere ordine in una materia molto complessa, priva fino a poco tempo fa di un quadro normativo preciso; detti provvedimenti sono accompagnati da finanziamenti rivolti ai soggetti interessati, al fine di intraprendere azioni di risanamento e di bonifica.

In particolare, la Legge Quadro sull'inquinamento acustico (L. n° 447/95) prevede, tra le competenze dei Comuni, la suddivisione del territorio comunale nelle zone previste dal D.P.C.M. 1/03/91 (zonizzazione acustica), e, qualora vi siano le condizioni, l'adozione di Piani di Risanamento Acustico riguardanti: l'individuazione della tipologia e l'entità dei rumori presenti, la classificazione delle sorgenti, le modalità, i tempi, i soggetti coinvolti negli interventi di risanamento. Ai sensi della Legge Quadro, l'elaborazione di un Piano di risanamento acustico deve pertanto includere una fase di misure di rumore, volta ad approfondire la conoscenza del territorio dal punto di vista dell'inquinamento acustico; diversa cosa è invece la zonizzazione, in quanto essa è essenzialmente una operazione di carattere urbanistico, costituita dalla suddivisione del territorio in classi, in base alla effettiva destinazione d'uso del territorio stesso.

Le due operazioni di mappatura e zonizzazione, secondo gli intenti del Legislatore, dovrebbero pertanto essere indipendenti; il confronto tra i valori di rumorosità di una zona e la classe (e quindi i limiti) della zona stessa indica poi la necessità o meno di intraprendere azioni di bonifica.

Nel 1995 il Laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia ha elaborato i progetti dei Piani di Risanamento Acustico dei Comuni di Perugia e di Terni; i progetti prevedono di effettuare prima le misure di rumore e la mappatura acustica e successivamente la zonizzazione. Poichè infatti quest'ultima viene adottata con l'obiettivo di prevenire il deterioramento di zone non inquinate e di risanare quelle con livelli di rumore superiori ai limiti [1], si è ritenuto opportuno elaborare la zonizzazione solo dopo avere acquisito una conoscenza approfondita del territorio e delle sue problematiche inerenti il rumore. Tale approccio consente inoltre di proporre una zonizzazione non velleitaria, bensì valida dal punto di vista della fattibilità tecnico-economica.

Nei paragrafi che seguono sono illustrati criteri e procedure seguite nelle fasi di misure di rumore e di mappatura acustica.

## ***2. Le misure di rumore***

### **2.1 I punti di misura**

L'individuazione dei punti di misura è il primo passo nell'organizzazione della campagna sperimentale. L'indagine è estesa a tutto il territorio comunale, il quale comprende una zona urbana e zone periferiche.

Nella zona urbana la densità di edifici, strade ed attività umane è elevata; sono presenti sorgenti di rumore diffuse, non sempre identificabili singolarmente; vi è inoltre un campo sonoro riverberato di non trascurabile entità. In tali condizioni sono preferibili misure sistematiche, secondo una griglia predefinita, in accordo con il criterio già seguito in diverse mappature acustiche [2], [3]. I nodi della griglia costituiscono i punti di misura; nei Piani di Risanamento Acustico dei Comuni di Perugia e Terni si è fissato il lato della maglia pari a 250 m, e si sono così ottenuti 16 punti di misura per Km<sup>2</sup>.

Nella zona periferica, invece, le sorgenti sono identificabili più facilmente e la propagazione del rumore può essere studiata con i classici modelli in campo libero. I punti di misura sono pertanto del tipo "sorgenti-orientati" e "ricevitore-orientati", individuati lungo le vie di comunicazione, nelle aree industriali ed in prossimità di insediamenti abitativi.

Si sono inoltre riservati alcuni punti di misura per l'approfondimento di situazioni particolari, segnalate a seguito delle interviste alla popolazione o dagli stessi operatori addetti alle misure.

### **2.2 Strumentazione**

La strumentazione di misura deve essere conforme a quanto previsto dal D.P.C.M. 1/03/91. Inoltre lo strumento fornisce la stampa di alcuni grafici, quali l'andamento temporale del livello di rumore, lo spettro in bande di terzi di ottava, le componenti tonali ed impulsive, la distribuzione cumulativa e la densità di probabilità dei livelli sonori.

Si è inoltre effettuata una verifica settimanale di tutti gli strumenti presso il Laboratorio di Acustica dell'Università degli Studi di Perugia.

### **2.3 Modalità di effettuazione delle misure**

Si è fatto riferimento al D.P.C.M. 1/03/91, nonché alle linee guida emanate da alcune Regioni [1]. I rilievi fonometrici devono evidenziare la rumorosità ambientale della zona in esame, nelle condizioni più sfavorevoli; si sono pertanto esclusi i periodi di festività e di ferie estive. Le misure vanno eseguite in condizioni meteorologiche normali ed in assenza di precipitazioni atmosferiche, con il fonometro posizionato a

metri 1,20-1,50 dal suolo, ad almeno un metro da altre superfici interferenti (pareti ed ostacoli in genere), ed orientato verso la sorgente di rumore.

Le misure volte a rilevare il rumore da traffico veicolare sono state articolate, sia per il tempo di riferimento diurno sia per quello notturno, in due fasi diverse: la prima misura, della durata di almeno 30 minuti, viene effettuata durante le cosiddette "ore piene"; la seconda, anch'essa della durata di 30 minuti, viene effettuata durante le cosiddette "ore vuote" <sup>(1)</sup>; il livello di rumore complessivo è quindi dato dalla composizione dei singoli livelli. Al fine di conferire la maggiore rappresentatività possibile ai rilievi fonometrici effettuati, gli orari sono stati stabiliti dopo un'attenta analisi dei flussi veicolari nelle realtà territoriali in esame.

Per le sorgenti fisse, si sono anche rilevati gli spettri di emissione e la direzionalità, utili per la predisposizione delle bonifiche.

Dal punto di vista strettamente esecutivo, si è ritenuto di assegnare alle Unità Operative lotti di circa 15 punti di misura limitrofi; in questo modo ciascuna Unità lavora in un'area omogenea e ne approfondisce le problematiche, effettuando ricognizioni attorno a ciascun punto e raccogliendo le interviste della popolazione residente, entro un raggio di circa 150 m in ambito urbano e di circa 1.5 Km in ambito extraurbano.

### **3. Raccolta ed analisi dei dati**

Per agevolare la raccolta dei dati e predisporre l'analisi dei risultati, è stata elaborata una "Scheda di Rilevamento Acustico", articolata in sei parti. Nella parte prima sono riportate informazioni generali, quali data ed ora delle misure, caratteristiche della strumentazione, nomi degli operatori, ecc.

La seconda parte consiste in una documentazione fotografica del sito di misura; le parti terza e quarta riguardano modi e condizioni di misura e contengono i valori delle grandezze misurate e derivate. Nella quinta parte sono caratterizzate le sorgenti di rumore fisse e mobili che contribuiscono alla rumorosità del punto di misura. Alcune sorgenti sono individuate per mezzo delle interviste alla popolazione; altre sono segnalate dagli operatori.

Nella sesta parte sono infine contenute le considerazioni conclusive sulla rumorosità del sito, anche con riferimento ai limiti transitori fissati dal D.P.C.M. 1/03/91.

Al termine della campagna di misure sono così disponibili tante schede quanti sono i punti di misura. Per mezzo di tali schede si può costruire la mappatura acustica.

### **4. Elaborazione delle mappe di rumore**

#### **4.1 Modelli di previsione del rumore**

Ai fini della mappatura acustica, il territorio comunale è stato suddiviso nelle zone urbana ed extraurbana. Nella zona urbana le misure sono effettuate secondo la griglia di lato pari a 250 m; l'elevato numero di dati disponibili consente di caratterizzare agevolmente le sorgenti di rumore presenti.

Nella zona extraurbana i punti di misura sono del tipo sorgenti-orientate o ricevitori-orientati e la loro densità è molto più bassa; al fine di redarre la mappatura

<sup>(1)</sup> tempo di riferimento diurno: ore piene 7.00-9.30; 12.30-14.30; 17.30-20.00 ore vuote: 6.00-7.00, 9.30-12.30; 14.30-17.30; 20.00-22.00; tempo di riferimento notturno: ore piene 22.00-1.30; 5.00-6.00 ore vuote: 1.30-5.00

acustica è pertanto necessario stimare il livello di rumore in ulteriori punti, secondo una maglia regolare. Si è scelta una griglia di lato quadrato pari a 500 m; nei nodi della griglia viene stimato il contributo al rumore delle sorgenti più significative e quindi il livello di rumore complessivo.

Per il traffico veicolare, sono disponibili in Letteratura numerosi modelli matematici [4], [5], [6]; per la loro semplicità ed affidabilità si sono prescelti i seguenti modelli:

- Modello classico: a partire dai rilievi fonometrici, permette di calcolare la potenza della sorgente sonora e da questa, nell'ipotesi di propagazione semi cilindrica, con attenuazione logaritmica in campo libero, di valutare il livello di pressione sonora alla distanza voluta [5];

- Modelli CETUR e CNR: in base alla composizione del traffico ed ai flussi veicolari, oltre che alle caratteristiche geometriche e dei materiali della sede stradale, consentono di calcolare il valore del livello di pressione sonora alla distanza voluta [4].

Per il rumore prodotto da traffico ferroviario si sono impiegati modelli del tipo SEL (Single Event Level), che tengono conto essenzialmente di due componenti: il rumore dovuto all'interazione ruota-rotaia ed il rumore aerodinamico [5]. Nel caso in esame si è considerata solo la prima componente, poichè è stato dimostrato che il rumore aerodinamico assume valori significativi solo per velocità molto elevate.

Le sorgenti fisse, infine, sono state schematizzate come sorgenti puntiformi aventi diagramma di radiazione semisferico. Si è supposta una propagazione in campo libero, tenendo conto dell'attenuazione del suolo e degli ostacoli naturali e artificiali [5].

#### 4.2 Mappe di rumore

Per i punti di stima della maglia extraurbana è stata redatta una Scheda per la valutazione del livello di rumore, implementata su foglio elettronico; inseriti i parametri di input, si calcolano, con ciascuno dei modelli descritti, i valori, diurno e notturno, del livello di rumore; il valore del livello di rumore in un punto è quindi posto pari alla media ponderata dei valori ottenuti con i tre modelli di calcolo. Tale scelta è stata effettuata tarando il metodo mediante la stima del livello di rumore in corrispondenza di alcuni punti di misura e determinando i coefficienti di pesatura che assicurano la migliore convergenza tra i dati sperimentali e quelli stimati. Si sono ottenuti i seguenti valori: metodo classico: peso pari a 2; metodo CNR: peso pari a 1; metodo CETUR: peso pari a 1.

I livelli di rumore sono quindi riportati su cartografie in scala 1:5000 per il centro abitato cittadino ed in scala 1:10.000 per le altre aree; per i punti stimati il valore del livello è accompagnato dallo scarto massimo rispetto alla media (+/- n dBA). Sulle mappe sono anche localizzate le sorgenti di rumore piu' significative.

Si possono quindi individuare le aree omogenee per i valori di livello di rumore, secondo le classi definite dalla Norma UNI 9884 [7]; a ciascuna classe è associato, ai fini della rappresentazione grafica, un colore o una specifica retinatura. Sono state realizzate due mappe di rumore, relative rispettivamente al livello diurno e notturno.

### **5. Risultati**

I risultati delle misure di rumore effettuate nei Piani di Risanamento Acustico dei Comuni di Perugia e Terni sono sintetizzati in tabella 1. Un esempio di mappa di rumore

nel Comune di Perugia, realizzata ai sensi della UNI 9884, è riportato in fig. 1; si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- le retinature indicate dalla UNI 9884 non forniscono una rappresentazione immediata della rumorosità presente sul territorio, in quanto risultano più evidenti le zone caratterizzate da valori intermedi del livello di pressione sonora; sarebbe pertanto auspicabile una revisione di tale simbologia;
- si riscontrano difficoltà nella rappresentazione delle aree adiacenti alla viabilità principale, in quanto l'ampiezza delle diverse classi che si susseguono ai lati delle strade è troppo esigua per poter essere adeguatamente riportata nelle mappe di rumore in scala 1:10.000.

Nei territori montani i modelli menzionati sono inapplicabili, sia per l'elevata distanza dei punti di stima dalle sorgenti, sia per l'effetto schermante dei rilievi; a tali aree è stato pertanto associato il valore del rumore di fondo dei punti di misura presenti.

Nelle zone urbane, infine, a partire dai dati fonometrici, si sono classificate le sorgenti sonore fisse e mobili e si sono stimati i livelli di rumore delle strade e delle zone ad esse adiacenti; la difficoltà di valutare l'effetto schermante e riverberante dovuto agli edifici rende infatti poco significativa la costruzione delle mappe di rumore.

*Tabella 1: Dati sintetici sulle misure e mappe di rumore nei Comuni di Perugia e Terni*

| Comune  | Superficie (Km <sup>2</sup> ) |             | Punti di misura |             | Punti di stima | N° mappe del rumore |                        |
|---------|-------------------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|---------------------|------------------------|
|         | urbano                        | extraurbano | urbano          | extraurbano |                | urbano (1:5.000)    | extraurbano (1:10.000) |
| PERUGIA | 12                            | 438         | 171             | 219         | 1.756          | 5                   | 24                     |
| TERNI   | 6                             | 206         | 90              | 260         | 984            | 4                   | 9                      |

## 6. Conclusioni

Nell'ambito dei Piani di Risanamento Acustico dei Comuni di Perugia e di Terni, si sono effettuate misure di rumore nei territori comunali e si è messa a punto una metodologia per l'elaborazione dei dati sperimentali, al fine di costruire le mappe di rumore. Per la stima del livello di rumore in qualsivoglia punto del territorio si sono impiegati modelli di calcolo di provata attendibilità; il metodo è stato tarato confrontando, in alcuni punti significativi, i valori forniti dai modelli con le misure effettuate.

La metodologia adottata si è complessivamente rivelata adeguata alla descrizione del rumore ambientale di un territorio; essa rappresenta al tempo stesso un agevole strumento previsionale, utile per la fase di bonifica. La scheda per la stima del livello di rumore, implementata su foglio elettronico, consente infatti di prevedere il livello di rumore in un punto, al variare dei parametri che caratterizzano le sorgenti (intensità del traffico, caratteristiche del manto stradale, limite di velocità, o, più in generale, potenza della sorgente, ecc.) e, pertanto, di verificare in maniera immediata i benefici introdotti dai progetti di bonifica.

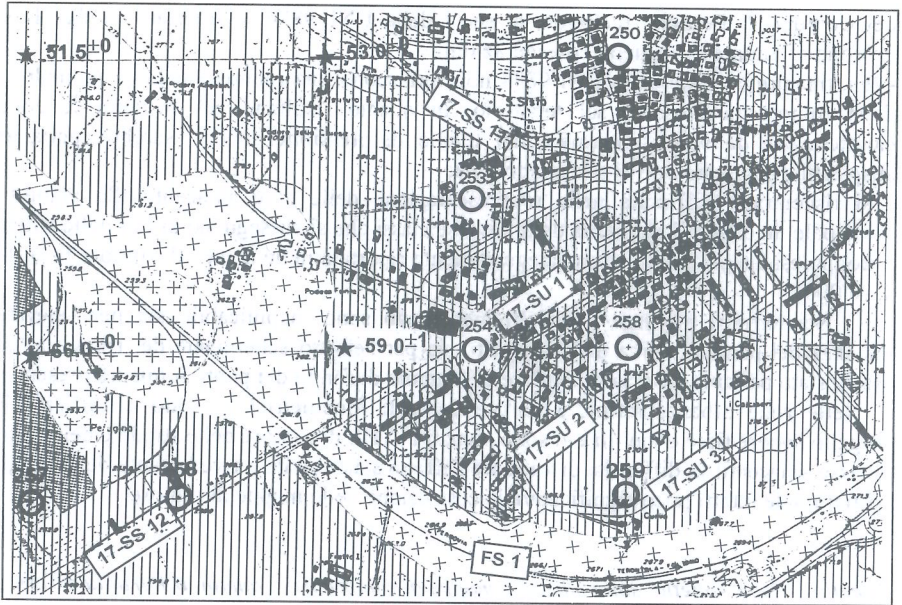


Fig. 1 : esempio di mappatura acustica nel Comune di Perugia

tra 50 e 55 dBA  
  tra 55 e 60 dBA  
  tra 60 e 65 dBA  
  tra 65 e 70 dBA

259 punto di misura  
 ★ 59.0±1 punto di stima  
 17-SU3 codice sorgente di rumore

## 7. Riferimenti

- [1] Felli M., Asdrubali F., Rossi F., *Una nota sui Piani comunali di risanamento acustico*, Atti del XXIV Convegno Nazionale AIA, Trento, giugno 1996.
- [2] Bergoglio F. et Al., *Indagine sul rumore urbano a Padova e Verona*, Atti del XVIII Convegno Nazionale AIA, L'Aquila, aprile 1990.
- [3] Bartolini R., Bisio G., Magrini U., *Il rischio da rumore ambientale: la mappatura acustica della città di Genova come uno degli elementi per la pianificazione territoriale*, Atti del Convegno Internazionale "Il rumore e il governo del territorio", Modena, marzo 1990.
- [4] Bertetti A.C., Lombardi C., Masoero M., *L'impatto acustico del traffico autostradale: valutazione sperimentale di modelli previsionali*, Atti del Convegno Internazionale "Il rumore e il governo del territorio", Modena, marzo 1990.
- [5] Sharland I., *Manuale di acustica applicata. L'attenuazione del rumore*, Edizioni Woods Italiana, Varese, 1994.
- [6] Coppi M., Cotana F., Presutti A., *Un criterio per la valutazione dell'inquinamento acustico dovuto al traffico stradale*, Rivista Italiana di Acustica, vol. XV, n.3, settembre 1991.
- [7] Norma UNI 9884, "Acustica. Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale"