



1° CONVEGNO NAZIONALE SULLA GOVERNANCE DEL RUMORE AMBIENTALE

DAL MONITORAGGIO ACUSTICO AL MODELLO NUMERICO: LE TAPPE DI UN PERCORSO FONDAMENTALE

Andrea Cerniglia
ACCON Italia S.r.l., Trento, andrea.cerniglia@accon.it

SOMMARIO

La realizzazione del modello acustico del territorio consente di affrontare efficacemente diverse tematiche che spaziano dalla valutazione dello stato di fatto, alla simulazione di impatto acustico ambientale, alla progettazione delle opere di mitigazione del rumore, fino alle creazione delle mappe acustiche strategiche. La realizzazione di un buon modello acustico non può tuttavia prescindere da alcune tappe fondamentali che, se sottovalutate, possono portare a risultati non corretti. Di seguito vengono affrontate alcune tematiche connesse alla realizzazione del modello previsionale, tra cui il monitoraggio acustico, la taratura e la verifica del modello, la progettazione assistita delle opere di mitigazione. Nel lavoro vengono presentate anche alcune tecniche d'avanguardia, come la pubblicazione automatizzata di mappe acustiche 'live' basate su misure effettuate in continuo.

INTRODUZIONE

Nella creazione di ogni modello acustico si pone il problema relativo alla bontà dei dati di partenza che vengono forniti al programma di calcolo; è noto infatti come ogni programma, anche il più preciso e sofisticato, altro non fa che elaborare i dati di input, fornendo poi risultati da questi strettamente dipendenti. I dati necessari ad un programma di previsione sonora sono essenzialmente relativi alla conformazione ed alle caratteristiche acustiche del territorio e degli oggetti acusticamente rilevanti presenti all'interno di esso, alle sorgenti sonore ed alle loro caratteristiche, e ad alcuni parametri che definiscono in quale modo il calcolo deve essere condotto. Se per quanto riguarda le caratteristiche del territorio e degli oggetti in esso presenti quali case, barriere, ecc., generalmente non vi sono particolari problemi in quanto i dati necessari sono di facile reperibilità, diverso è il caso relativo alle sorgenti sonore, poiché non è raro trovarsi con informazioni carenti o di dubbia interpretazione. Per ovviare a questo problema è quindi necessario reperire tutti i dati necessari, eseguendo ogni volta che è possibile adeguate misurazioni acustiche. I rilievi acustici rivestono un ruolo fondamentale anche in una fase successiva quando, a modello realizzato, si rende necessario verificarne l'attendibilità ed eventualmente procedere ad una sua taratura in funzione dei dati reali misurati sul campo. Da quanto sopra è possibile quindi affermare che l'esecuzione di accurate misure acustiche è di fondamentale importanza nelle diverse fasi della realizzazione del modello acustico numerico.

CREAZIONE DEL MODELLO

La prima fase relativa alla creazione del modello prevede l'inserimento dei dati relativi al territorio oggetto di studio; la maggior parte dei programmi di previsione sonora, oltre ad essere dotata di un mini-CAD interno, è in grado di importare direttamente files di diversi formati, con i quali vengono abitualmente rese disponibile le informazioni necessarie allo scopo; alcuni programmi consentono inoltre l'importazione più o meno automatica di immagini raster (ad esempio immagini satellitari) e la loro successiva sovrapposizione con il disegno elettronico dell'area; quest'ultima possibilità si rivela particolarmente utile per la rapida identificazione di eventuali discrepanze tra la mappa elettronica dell'area e l'immagine fotografica, dovuta magari all'obsolescenza di una delle due informazioni.

Una volta definite le caratteristiche del territorio e degli elementi acusticamente rilevanti, con un grado di dettaglio adatto allo scopo, è necessario procedere all'inserimento delle sorgenti sonore quali strade, ferrovie, industrie, ecc... Gli scenari operativi che si propongono in questa seconda fase sono diversi, e tipicamente legati allo scopo finale per cui il modello acustico viene realizzato; se infatti il modello viene sviluppato per la valutazione di impatto acustico ambientale di una nuova attività produttiva oppure di una nuova strada, l'emissione dell'attività o della strada non può ovviamente essere determinata sperimentalmente in quanto la sorgente rumorosa deve ancora essere realizzata: di conseguenza i dati relativi ad essa devono essere ricavati in altro modo;

diversamente, nel caso di valutazione di una situazione già esistente, ad esempio per un *clima acustico*, la misurazione di rumore viene in aiuto per quantificare il contributo delle diverse sorgenti presenti nell'area in esame; in realtà, generalmente, anche la valutazione di impatto acustico ambientale di un'opera da realizzare non può prescindere dalla valutazione delle immancabili sorgenti pre-esistenti nell'area e quindi, anche in questo, caso si procede all'esecuzione di alcune misure per caratterizzare le altre sorgenti già presenti nell'area.

Nel caso della valutazione di impatto acustico di un nuovo impianto industriale (o nel caso di ampliamento di uno esistente), è quindi indispensabile reperire i dati di emissione delle diverse sorgenti, dai costruttori dell'impianto o dei suoi componenti; in alternativa è possibile eseguire misure su un impianto analogo al fine di ricavare le informazioni necessarie al programma di previsione sonora; la valutazione dei cicli dell'impianto e dei tempi di funzionamento fanno ovviamente parte delle informazioni indispensabili per procedere con il calcolo.

Nel caso invece della valutazione di impatto acustico di infrastrutture dei trasporti, i diversi modelli di calcolo consentono di ricavare le informazioni necessarie, a partire dalle caratteristiche dell'infrastruttura stessa (per una strada: tipologia della strada, tipo di pavimentazione, pendenza, velocità massima, ecc..) e dal traffico previsto (sempre per una strada: numero di veicoli ora, % veicoli pesanti, ecc..). Un esempio, questa volta relativo ad una infrastruttura ferroviaria, è riportato nei riferimenti bibliografici [1]; nel riferimento viene affrontato il tema del confronto tra due diversi standard di calcolo (NMPB-Fer vs RMR).

In ogni caso, ogni volta che la misura acustica è possibile, questa consente di fornire al programma dei dati reali misurati sul campo: questa affermazione è vera però solamente nel caso in cui la misura acustica venga condotta secondo certi canoni, ed effettuata su un tempo che sia significativo per la situazione in esame.

Dopo la definizione del territorio e delle sorgenti sonore, è possibile procedere con il calcolo previsionale vero e proprio, previo l'inserimento di alcuni parametri di definizione dello stesso, che sarebbe dispersivo analizzare qui in dettaglio. Al termine del calcolo saranno quindi disponibili i livelli di rumorosità calcolati per ogni punto identificato nel territorio oggetto di studio. La figura 1 mostra la rappresentazione 3D di una mappa acustica orizzontale ed in facciata, relativa ad un quartiere della città di Togliattigrad in Russia [2]. Nella figura è possibile distinguere, oltre alle due sorgenti stradali principali, ed al loro effetto in pianta ed in facciata, anche le ombre acustiche degli edifici, anch'esse in pianta ed in facciata.

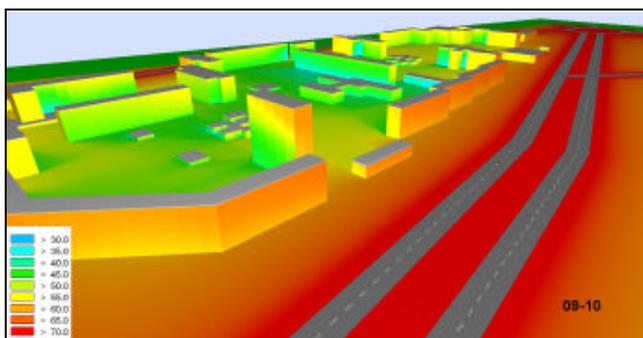


Figura 1: Mappa acustica 3D, orizzontale ed in facciata

MISURE ACUSTICHE

Se per la valutazione dell'emissione sonora di un macchinario industriale, conoscendone i cicli ed i tempi di funzionamento nell'arco della giornata, è generalmente sufficiente una misura effettuata su un intervallo temporale limitato, tale che comprenda tutte le possibili variabilità del rumore emesso e porti rapidamente ad una stabilizzazione del livello equivalente, diverso è il caso della valutazione dell'emissione sonora di una strada o di una ferrovia che, oltre a cambiare sensibilmente nell'arco della giornata, può presentare valori diversi da un giorno della settimana ad un altro e, in alcune situazioni, anche da una settimana ad una successiva [3][4]. Di conseguenza la misura di *'qualche minuto'* o di qualche *'decina di minuti'*, per quanto oculatamente scelta e depurata dagli eventi ritenuti *'straordinari'* non può essere considerata rappresentativa della sorgente in esame. La figura 2 mostra l'andamento del rumore (LAeq 1sec) nell'arco delle 24 ore di un giorno feriale, misurato in una *'trafficata'* via di Firenze [5], mentre la figura 3 mostra i livelli equivalenti orari relativi alla stessa misura, depurati dagli eventi ritenuti *occasional*.

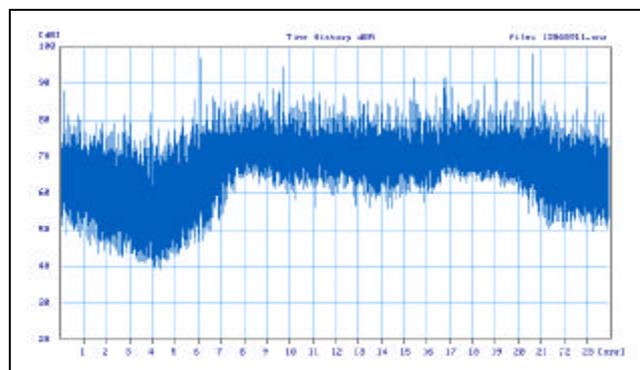


Figura 2: Andamento LAeq 1sec

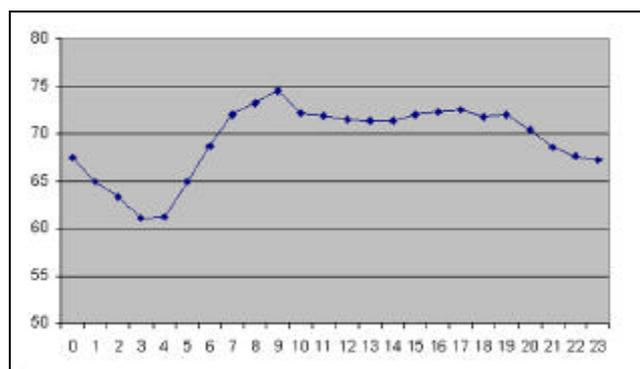


Figura 3: Andamento LAeq 1ora, dati depurati

La figura 4, afferente alla stessa postazione di misura, mostra le curve giornaliere di LAeq orario relative a due settimane di acquisizione (soli giorni feriali), senza alcun mascheramento dei dati ritenuti *anomali*.

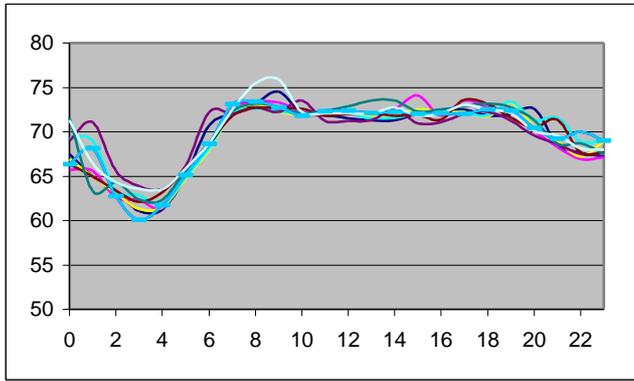


Figura 4: Andamento LAeq 1ora, dati grezzi, 10 giorni feriali

La figura 5 mostra le stesse informazioni di figura 4, depurate manualmente dagli eventi ritenuti *occasional*, quali passaggio di mezzi d'emergenza, sirene di sistemi di allarme o passaggi di motocicli 'smarmittati'

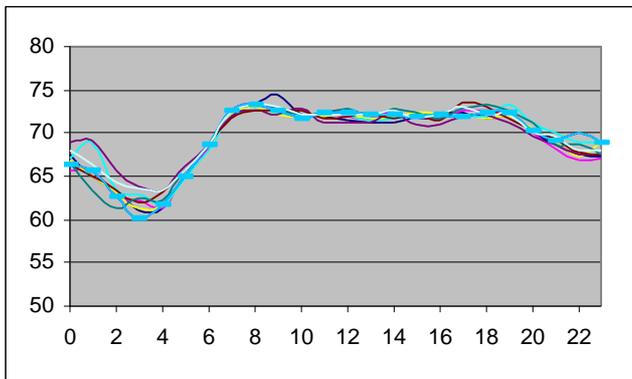


Figura 5: Andamento LAeq 1ora, dati depurati, 10 giorni feriali

Nella situazione sopra rappresentata, le differenze tra i diversi giorni della settimana sono più evidenti nel periodo notturno, dove generalmente il traffico è più irregolare rispetto al periodo diurno che mostra invece un andamento più costante.

Da quanto esposto, appare evidente la necessità di un'attenta scelta del periodo e del tempo di misura, al fine di raccogliere informazioni che siano significative in relazione allo scenario in esame. Se quindi la misura a *spot* male si presta per una descrizione esaustiva delle situazioni in cui il rumore non è di tipo costante, i sistemi di monitoraggio acustico (che possono essere impiegati anche per misure brevi della durata di qualche giorno) offrono l'indubbio vantaggio di raccogliere informazioni dettagliate e protratte per il tempo necessario, consentendo quindi sia di ricavare le informazioni utili a caratterizzare la sorgente, sia di procedere alla *pulizia* dei dati mediante il riconoscimento degli eventi ritenuti a questi *estranei*: quest'ultima operazione risulta possibile grazie all'impiego di una o più tecniche tra cui la contestuale registrazione del file audio, la lettura del sonogramma [6], o il rendering acustico del sonogramma [7]. Alcuni sistemi di monitoraggio acustico evoluti [8] consentono inoltre la pubblicazione automatizzata dei dati acquisiti su una pagina web, rendendo accessibili i risultati in tempo reale o previa validazione degli stessi, agli organismi preposti (ed eventualmente anche alla popolazione); gli stessi sistemi sono in grado di creare report giornalieri che vengono inviati automaticamente alle persone designate, e sono in grado di inviare allarmi (e-mail o SMS) al superamento di soglie prefissate, in modo che la situazione di *superamento* possa

essere gestita in tempo reale, minimizzando il disagio per le persone esposte al rumore; i sistemi di monitoraggio acustico in tempo reale si prestano bene anche per il monitoraggio continuo di attività rumorose quali piste motoristiche, aeroporti, feste e spettacoli all'aperto, ecc...

TARATURA DEL MODELLO

Le misurazioni acustiche si rendono necessarie anche in una fase successiva alla realizzazione del modello, quando si pone il problema di verificarne la sua attendibilità mediante il confronto tra i dati con esso calcolati, e nuovi rilievi effettuati sul campo in più posizioni significative. Anche in questo caso la misura a *spot* può fornire risultati fuorvianti nel caso in cui si analizzino fenomeni con importanti variabilità in funzione dell'ora del giorno e/o in funzione del giorno della settimana, ecc.; di conseguenza, ancora una volta, in presenza di queste situazioni è opportuno un approccio con tecniche di monitoraggio, in luogo di misure più limitate nel tempo. Eseguita la misura, nel caso in cui il dato calcolato dal software previsionale differisca oltre un limite prefissato dal dato misurato in campo, è quindi necessario procedere all'identificazione delle cause che hanno prodotto un valore calcolato non conforme al vero, per procedere quindi alla correzione del modello e ad una sua ulteriore verifica.

PROGETTAZIONE ASSISTITA

Una volta realizzato e verificato il modello, questo può essere impiegato anche per la simulazione dei benefici introdotti dalle possibili opere di mitigazione del rumore e per l'ottimizzazione dimensionale di queste ultime. A titolo di esempio è possibile posizionare una barriera acustica nel modello acustico realizzato, e ricalcolare la mappa di distribuzione del rumore, che tenga conto dell'effetto schermante della barriera inserita. Alcuni programmi di simulazione sono in grado di massimizzare il rapporto beneficio/costo di una barriera, simulando iterativamente l'effetto schermante per diversi dimensionamenti, noto il costo unitario dell'opera di mitigazione. Questa opportunità permette di valutare in modo rapido ed efficiente la soluzione migliore da adottarsi per la protezione dal rumore ambientale di uno o più recettori che necessitano di mitigazione acustica. La figura 6 mostra una mappa acustica simulata su una sezione verticale di una barriera antirumore: nell'immagine è possibile vedere sia l'effetto orizzontale, sia l'effetto verticale della barriera.

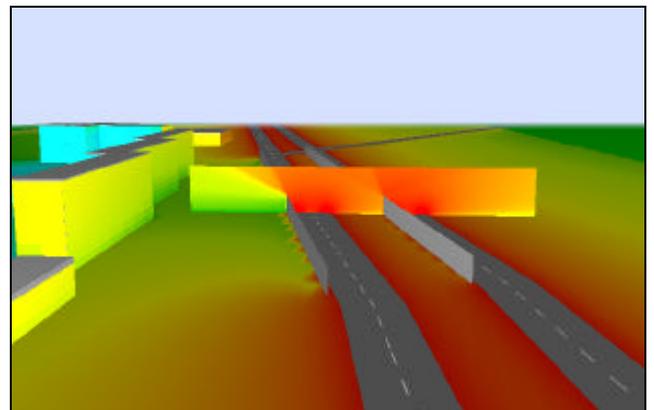


Figura 6: mappa su una sezione verticale di una barriera

MAPPE DINAMICHE

Così come è possibile pubblicare in modo automatico i dati di monitoraggio acustico, anche le mappe sonore, aggiornate in funzione dei dati misurati da un sistema di monitoraggio permanente, possono essere pubblicate in modo automatizzato su una pagina web. Tale opportunità è resa possibile dalla combinazione di un sistema di monitoraggio acustico interfacciato con un software di previsione sonora tramite un apposito programma di gestione; grazie a questa combinazione è possibile scalare mappe parziali pre-calcolate, ognuna relativa ad una singola sorgente sonora monitorata, in funzione dei dati rilevati dalle diverse stazioni di monitoraggio, e quindi sommare insieme dette mappe parziali per ottenere la mappa complessiva aggiornata in continuo; i tempi di calcolo dell'operazione sono nell'ordine di alcuni secondi, anche nel caso di situazioni e complesse, in quanto non viene ricalcolato tutto il modello ogni volta, ma viene eseguita solo la scalatura delle mappe e la loro somma. La figura 7 mostra una pagina web [9] con il tracciato temporale del rumore visualizzato in tempo reale, e la mappa acustica della zona considerata, aggiornata ad intervalli di 60 minuti; per la visualizzazione sia dei dati acustici, sia della mappa di rumore, non è necessario installare alcun software specifico, ma è sufficiente qualsiasi browser web.

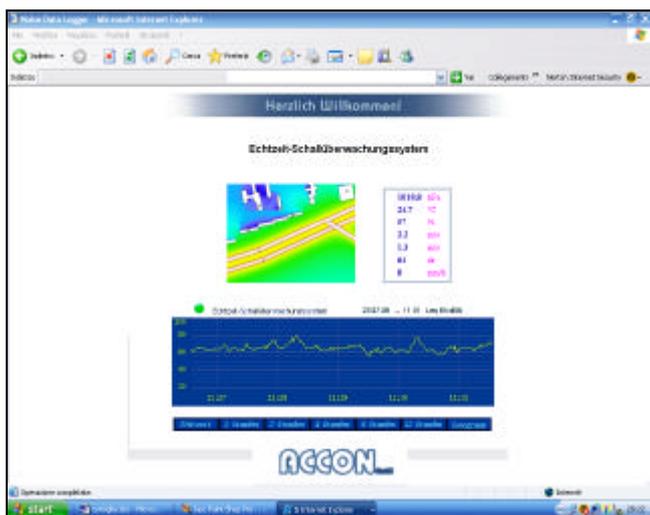


Figura 7: pagina web con dati acustici e mappa dinamica

CONCLUSIONI

Per quanto possa apparire banale, ancora una volta vale la pena sottolineare che ogni software elabora i dati che gli vengono forniti secondo gli algoritmi in esso implementati; dando per scontato la correttezza degli algoritmi, le variabili che intervengono sul risultato dipendono sostanzialmente dall'operatore, che deve impostare correttamente il modello inserendo dati corretti, ed impostando adeguatamente i parametri di calcolo del software di previsione sonora. L'esecuzione di misure acustiche preventive alla realizzazione del modello, e successive a questa per la validazione dello stesso, sono quindi tappe essenziali e cruciali per l'ottenimento di un modello che si avvicini il più possibile alla realtà. Le tecniche di monitoraggio acustico consentono

un'analisi protratta ed approfondita del rumore, che è sempre necessaria per ottenere dati consistenti con la situazione in esame. L'impiego di tecniche avanzate, come la pubblicazione in tempo reale di dati acustici e di mappe dinamiche, consente una più efficiente gestione del rumore ambientale, permettendo in alcune applicazioni, con l'invio di allarmi, anche il tempestivo intervento per la soluzione di situazioni di emergenza. L'unione delle tecniche esposte, assieme ad una corretta educazione ed informazione fornita alla popolazione, può certamente contribuire a creare una *coscienza acustica* nei cittadini che, in un futuro si spera non troppo lontano, potrà portare a realizzare un ambiente acusticamente più vivibile e confortevole.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. A.Cerniglia, M.Lenti, La simulazione del rumore ferroviario tra presente e futuro: applicazione in parallelo di modelli previsionali e verifiche sperimentali in situ, Atti 34° Convegno AIA, Firenze, Giugno 2007
2. A.Cerniglia, A.Vasilyev, N.Alekseeva, Monitoring of Transport Noise in Large Cities: Comparison and Results of European and Russian Experience 37th International Congress on Noise Control Engineering, Shanghai, October 2008
3. G. Brambilla, F. Lo Castro, A. Cerniglia, P. Verardi, Stima dei livelli a lungo termine del rumore da traffico autostradale, Atti 34° Convegno AIA, Associazione Italiana di Acustica, Firenze, giugno 2007
4. G.Brambilla, F. Lo Castro, A.Cerniglia, P. Verardi, Accuracy of temporal sampling of environmental noise to estimate the annual Lden and Lnight, 36th International Congress on Noise Control Engineering proceedings, Istanbul, August 2007
5. A.Cerniglia, Sistemi di monitoraggio per il controllo in tempo reale del rumore in ambito urbano, Atti Seminario "L'applicazione del D.M. 29-11-2000 ai gestori dei servizi di trasporto pubblico urbano", Firenze, ottobre 2006
6. A.Cerniglia, N.Alekseeva, Some experience in continuous noise monitoring, 15th International Congress on Sound and Vibration proceedings, Daejeon, July 2008
7. A.Cerniglia, Rendering acustico di sonogrammi Atti 36° Convegno Nazionale AIA, Torino, giugno 2009
8. A. Cerniglia, G.Brambilla, P.Verardi, RealTime Noise Monitoring: Un approccio innovativo al monitoraggio acustico ambientale, Atti 33° Convegno AIA, Ischia, giugno 2006
9. Sito web www.accon.it