



1° CONVEGNO NAZIONALE SULLA GOVERNANCE DEL RUMORE AMBIENTALE

IMPIEGO DEI MODELLI PREVISIONALI PER LA VALUTAZIONE DEL CLIMA ED DELL'IMPATTO ACUSTICO

R. Mariconte¹, A. Papa², G. Bignardi³

¹ISPEL Dipartimento Installazioni di Produzione ed Insediamenti Antropici, Roma, raffaele.mariconte@ispe.it

²ISPEL Dipartimento Installazioni Di Produzione ed Insediamenti Antropici, Roma, augusto.papa@ispe.it

³Libero professionista, Salerno, gianmariob@hotmail.com

SOMMARIO

Le valutazioni di Clima e di Impatto Acustico sono strumenti essenziali per garantire la crescita e lo sviluppo di un territorio in maniera compatibile con le esigenze di tutela dall'inquinamento acustico sia dell'ambiente che dei cittadini.

La legge quadro [2] 447/95, nell'art. 8, stabilisce l'obbligatorietà di produrre una valutazione previsionale del clima acustico nelle aree interessate alla realizzazione di una serie di tipologie di insediamenti.

Tali valutazioni, se ben affrontate, danno la possibilità di stabilire preventivamente gli accorgimenti tecnici necessari a far rientrare i livelli sonori entro i limiti di legge e, nella maggioranza dei casi, possono portare ad una significativa riduzione dei costi richiesti per la mitigazione della rumorosità nella fase successiva all'intervento.

Il lavoro, in seguito trattato, riguarda la valutazione del Clima e dell'Impatto Acustico relativi ad un'area oggetto di intervento di trasformazione in una Zona Territoriale Omogenea di Espansione.

Lo studio, articolato in due fasi, ha previsto una prima fase di Valutazione del Clima Acustico ante operam, in cui è stata identificata la rumorosità nello stato di fatto, ed una seconda fase di Valutazione dell'Impatto Acustico post operam, nella quale si è giunti alla stima dei potenziali livelli sonori previsti dopo la trasformazione urbanistica ed allo studio di eventuali opere di mitigazione.

La trasformazione urbanistica in oggetto prevede nuovi edifici residenziali e un centro commerciale oppure, in alternativa, singoli locali commerciali.

In seguito saranno evidenziate alcune delle principali problematiche che si possono incontrare in tali circostanze: dalla scelta degli opportuni punti di misura alla durata temporale dei singoli campionamenti, dalla calibrazione del modello previsionale al trattamento di sorgenti sonore non standardizzate.

LA VALUTAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO ANTE OPERAM

Per la valutazione del Clima Acustico ante operam è necessaria una caratterizzazione del territorio sia dal punto di vista topografico e morfologico, finalizzata ad acquisire tutti gli elementi naturali e artificiali presenti in sito, sia dal punto di vista acustico, per avere un quadro il più possibile esaustivo della rumorosità esistente, attraverso l'impiego di rilievi acustici e simulazioni con modelli di calcolo.

Identificazione dell'area oggetto di studio

Il Comune (Baronissi, Salerno) in cui è stata individuata l'area di influenza [10], come definita dalla parte 1 della norma UNI 11143, è dotato di un proprio Piano di Zonizzazione Acustica [1] [2] [5] [6].

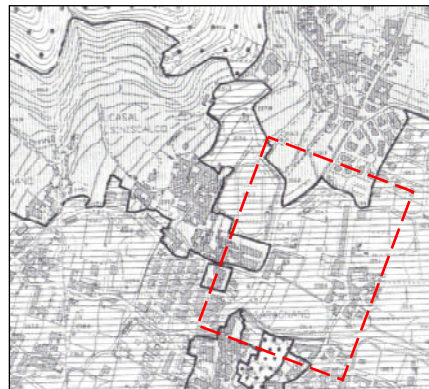


Figura 1: Localizzazione sul PZA dell'area di influenza nell'ambito del territorio comunale

Limitatamente alla porzione di territorio comunale interessata, il Piano di Zonizzazione Acustica prevede la

presenza di un'area di classe III, i cui limiti sono quelli riportati nella successiva tabella [3]. Nell'area non vi è la presenza di ricettori sensibili di classe I.

Tabella 1: Valori della classe acustica III

	Valori limite di emissione in dB(A)	Valori limite assoluti di immissione in dB(A)	Valori limite differenziali di immissione in dB(A)	Valori di qualità in dB(A)	Valori di attenzione in dB(A)
Periodo diurno (6.00 - 22.00)	55	60	5	57	70
Periodo notturno (22.00 - 06.00)	45	50	3	47	55

Scelta della metodologia adottata per il rilievo della rumorosità

Ai fini della valutazione dei livelli di rumorosità determinati dall'insediamento antropico in oggetto, è stata adottata una metodologia finalizzata a raggiungere nel migliore dei modi i seguenti obiettivi [3] [4] [7] [8] [9] [10] [11] [12]:

- identificazione delle sorgenti primarie e secondarie di rumore;
- valutazione dell'andamento della rumorosità durante i periodi di riferimento diurno e notturno ante e post operam;
- valutazione dei livelli globali così come definiti dalle normative in vigore e confronto con i limiti di legge;
- valutazione dei livelli di pressione sonora equivalenti ai ricettori potenzialmente più disturbati ante e post operam;
- valutazione della propagazione del rumore nell'area di influenza del nuovo insediamento ante e post operam;
- valutazione delle correlazioni tra flussi di traffico e livelli di rumorosità;
- fornire il supporto per la taratura dei modelli di propagazione del rumore previsti secondo le Norme.

I risultati della campagna di misura fonometrica hanno permesso una valutazione complessiva sul clima acustico nello stato ante operam ed hanno rappresentato un riferimento per il confronto con i possibili scenari futuri determinati dall'intervento di trasformazione.

Sono state compiute una serie di indagini fonometriche sia per il periodo diurno che per quello notturno nei seguenti punti di misura:

- n.3 punti di riferimento (Prif), punti di misura in prossimità della sorgente principale (traffico stradale) che costituiscono il riferimento rispetto al quale è stata eseguita la calibrazione del modello matematico;
- n.3 punti di ricezione (Pric), punti di misura in corrispondenza di ricettori ritenuti significativi per valutare il clima acustico e gli effetti acustici in nell'area;
- n.1 punto di verifica (Pver), punto significativo utilizzato per la verifica della corretta calibrazione del modello matematico previsionale.

La durata dei campionamenti è stata fissata in un tempo di 20 minuti, preferendo, in questo modo, dare maggiore attenzione alla distribuzione spaziale della rumorosità, a fronte di una maggiore incertezza sul dato relativo al rilievo

puntuale.

Complessivamente è stata caratterizzata l'intera area di influenza costituita da una superficie di 300 m x 350 m corrispondente a 105000 m².

Oltre ai dati prettamente "acustici", intesi come valori rilevati dei principali descrittori, si è proceduto anche a rilevare i volumi di traffico medi orari per tratto stradale, suddividendo il flusso in veicoli leggeri e pesanti e riportando anche le relative velocità, dati necessari alla caratterizzazione del modello di sorgente da traffico stradale impiegato [7].

I risultati delle elaborazioni delle misure fonometriche sono stati riassunti in schede di sintesi che riportano:

- stralcio planimetrico dell'area con foto e localizzazione dei punti di misura con informazioni su indirizzo, date, riferimento e tempi di misura, numero di veicoli leggeri e pesanti, velocità medie, larghezza strada, attività di riferimento, presenza o assenza di sorgenti secondarie di rumore, altezza di edifici circostanti ed eventuali note sulla misura;
- principali descrittori acustici globali: L_{Aeq} , Livelli statistici percentili (L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95}), Livelli minimi e massimi (L_{min} , L_{max}), Spettro della misura in terzi di ottava;
- dati meteorologici.

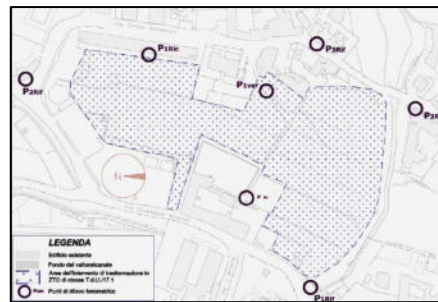


Figura 2: Localizzazione punti di misura

Nelle successive figure, si riportano, rispettivamente, una scheda relativa ad un punto di misura ed una tavola riassuntiva generale, impiegate per la presentazione dei dati rilevati.

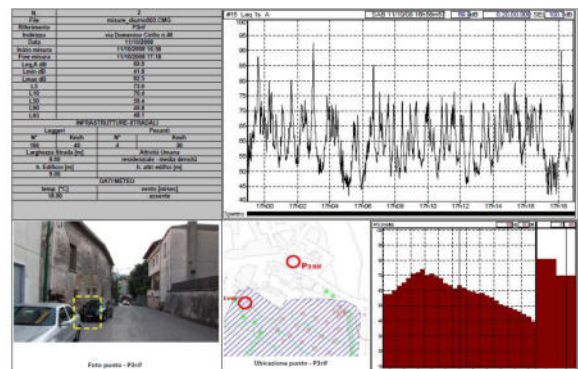


Figura 3: Esempio di scheda relativa ad un punto di misura

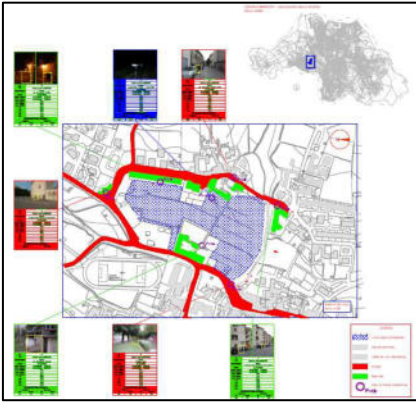


Figura 4: Esempio di tavola riassuntiva

Analisi dei rilievi di rumore

Dall'analisi della rumorosità esistente, risulta che nei punti di misura scelti nei pressi dei ricettori (Pric e Pver), i livelli rientrano pienamente nei limiti di legge. Tali risultati, raffrontati con quelli ottenuti nei punti orientati alla caratterizzazione della sorgente di rumore da traffico veicolare (Prif), confermano che il clima acustico è sostanzialmente governato dalla rumorosità generata dalle infrastrutture stradali che circondano l'area, data anche l'assenza, nello stato ante operam, di ulteriori sorgenti rumorose di entità tale da influenzare in modo percettibile il clima acustico.

LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO ACUSTICO POST OPERAM

La valutazione dell'Impatto Acustico post operam [7] [8] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] è stata effettuata attraverso l'impiego di modelli numerici di calcolo che hanno permesso di avere delle simulazioni di diversi scenari sia dello stato ante operam che di quello di progetto. A tale scopo, sono risultati indispensabili, oltre ai rilievi strumentali in campo, tutti gli altri parametri acustici e non acustici necessari ad una corretta descrizione della morfologia del territorio e delle caratteristiche delle sorgenti sonore già esistenti (traffico stradale) e quelle di nuovo inserimento, legate principalmente alla presenza di attività commerciali (parcheggi, componenti esterne di impianti tecnologici, incremento dei volumi di traffico).

In particolare, è stata adoperata la seguente documentazione:

- planimetrie e piani quotati in formato digitale dell'area interessata dello stato di fatto e dello stato di progetto;
- altezza degli edifici;
- distribuzione oraria, giornaliera e settimanale, dei dati di traffico rilevati in situ;
- velocità media per i veicoli costituenti il flusso di traffico nei vari tratti stradali;
- ripartizione del traffico veicolare tra mezzi leggeri e pesanti sulla base dei dati misurati in situ;
- dati di emissione (potenza o pressione sonora) relativi agli impianti tecnologici installati in esterno.

Nel caso in cui non è stato possibile disporre dei dati di emissione delle sorgenti sonore (caso dei parcheggi), si è provveduto ad analizzare la letteratura tecnico-scientifica [17] [18] [19] al fine di ricavarne i modelli ed adattare gli algoritmi di calcolo al particolare contesto.

Nel complesso, sono stati ricavati ed analizzati i seguenti scenari:

- Stato di calibrazione, relativo solo alla rumorosità causata dal traffico veicolare rilevato sul posto durante le misure, che è servito alla calibrazione del modello numerico;
- Stato attuale, relativo alla rumorosità generata dal traffico veicolare medio che è stato calcolato su una settimana di misure di flussi orari;
- Stato emissione, relativo solo alle sorgenti dell'area oggetto di studio, corrispondenti a due parcheggi e alle componenti esterne degli impianti tecnologici;
- Stato immissione, relativo al traffico veicolare medio dell'area, considerando anche gli incrementi di volume provocati dall'insediamento e le sorgenti del punto precedente;
- Stato bonifica, in cui si è analizzato lo stato di emissione ed immissione diurna susseguenti un intervento di bonifica suggerita al fine di non superare i limiti della zonizzazione acustica in un punto critico.

Per la modellazione numerica dell'area ci si è avvalsi di un software (NFTP Iso 9613) che dispone degli algoritmi di calcolo raccomandati dalla Commissione Europea, ed in particolare dei metodi di calcolo "NMPB - Routes 96 - Guide du bruit" per il traffico veicolare come "Modello Sorgente" e la norma "ISO 9613-2" per il calcolo del rumore proveniente da sorgenti industriali.

Caratterizzazione delle sorgenti sonore

Il traffico stradale è stato valutato facendo riferimento alle caratteristiche dei flussi di traffico rilevati in sito. Sono stati analizzati i flussi di traffico su 9 tratti stradali limitrofi all'area di indagine; tali dati sono stati opportunamente elaborati al fine di ottenere dei valori di input sintetici da inserire nel modello di calcolo per la determinazione dei differenti scenari.

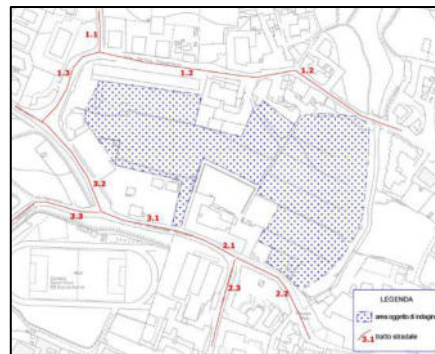


Figura 5: Tratti stradali analizzati

Nella fase post operam è stato considerato un incremento del flusso di traffico relativo ai nuovi residenti e all'apporto del centro commerciale (il tutto è stato calcolato in funzione del numero dei posti auto progettati per ogni lotto funzionale e la frequenza di utilizzo degli stessi). Tale incremento è stato poi opportunamente ridistribuito sui tratti stradali analizzati.

Ai fini della modellazione acustica, sono state ritenute trascurabili le sorgenti di rumore delle componenti degli impianti tecnologici collocati nei locali tecnici (poiché essi presentano elevate proprietà di potere fonoisolante), mentre sono state considerate 14 sorgenti puntuali, corrispondenti alle

unità esterne delle pompe di calore a due sezioni condensate ad aria, a servizio dei negozi. In tale modo si è voluto rappresentare una possibile situazione impiantistica, rappresentativa delle condizioni acustiche più sfavorevoli.

Dai dati tecnici forniti, sono state scelte unità uguali di potenza frigorifera e termica, che hanno come dato di emissione la pressione sonora in dB(A) misurata ad 1 m dalla macchina. Tale valore ha costituito il dato di input per le sorgenti acustiche puntuali del modello.



Figura 6: Collocazione delle sorgenti puntuali

La sorgente sonora “parcheggio” non è standardizzata da algoritmi normalizzati e dunque è risultato estremamente difficoltoso estrapolare un dato di potenza sonora per tale tipo di sorgente.

I parcheggi sono correlati con il parco auto circolante, ma anche connessi con la struttura a cui fanno riferimento (in questo caso un centro commerciale) e dunque il loro contributo in termini di inquinamento acustico va separato da quello del parco auto circolante.

L'emissione sonora associata al parcheggio di una vettura si può suddividere in più fasi, che generalmente sono: il percorso delle vie di accesso alle corsie di parcheggio, la ricerca del posto auto libero, l'inserimento della vettura nello slot, l'apertura e la chiusura delle portiere.

Ciascuna di queste operazioni dà luogo ad una emissione sonora che può essere identificata attraverso un'analisi della storia temporale del segnale acustico. A partire dalla storia temporale di un singolo movimento di parcheggio si risale alla emissione sonora in termini di potenza sonora distribuita su un'area.

Una prima distinzione a livello teorico va fatta distinguendo fra il concetto di operazione di parcheggio completa (che tiene conto del contributo del singolo movimento di parcheggio relativo al singolo posto auto e del contributo delle vie di accesso al posto auto stesso, nonché del traffico circolante nel parcheggio alla ricerca di un posto auto) e di operazione di parcheggio limitata al singolo parcheggio nel singolo posto auto, senza tener conto del contributo dovuto alle vie di accesso al posto auto e della ricerca del posto libero.

Nel primo caso si parla di “metodo integrato” (descritto dalla DIN 18005-2 del 1987) e nel secondo caso di “metodo separato” (in questo caso il contributo del traffico sulle vie di accesso e della ricerca di parcheggio viene considerato e calcolato secondo uno standard diverso, che può essere uno dei metodi standardizzati per il traffico stradale, tipicamente RLS 90 in Germania e RVS 3.02 in Austria) [20].

Pur non esistendo, come già accennato, algoritmi normalizzati a livello europeo o internazionale relativi a questa problematica, esistono tuttavia riferimenti importanti a livello

nazionale. In particolare, la Germania ha sviluppato alcuni algoritmi che sono particolarmente utili per caratterizzare acusticamente in via previsionale diverse tipologie di parcheggi [17].

Il parametro principale che caratterizza l'emissione sonora di un parcheggio è il numero di movimenti veicolari N nell'unità di tempo e relativa ad un'unità di riferimento che è un parametro fondamentale per caratterizzarne l'emissione sonora. L'unità di riferimento può essere il numero stesso di posti auto del parcheggio, ma anche un diverso parametro correlato con le caratteristiche del tipo di parcheggio. Bisogna quindi conoscere la tipologia del parcheggio (a servizio di un ristorante, di una discoteca, di centro commerciale ecc.), il parametro che caratterizza il servizio (la superficie di vendita netta del ristorante, la superficie netta della discoteca, del centro commerciale, il numero di posti auto ecc.) e la collocazione urbanistica.

In aggiunta ai livelli di emissione correlati con i movimenti orari, esistono dei fattori addizionali legati a precise categorie di parcheggio, che possono sensibilmente influenzare l'emissione sonora.

Da considerazioni empiriche si ricava, per un generico parcheggio, la seguente relazione valida per il metodo integrato, che definisce la densità di potenza sonora di un generico parcheggio:

$$L_{w^*} = L_{w0} + K_{PA} + K_1 + K_D + K_{stro} + 10 \log(B \cdot N) - 10 \log\left(\frac{S}{S_0}\right) \quad (1)$$

dove:

- L_{w^*} è il livello di potenza sonora del generico parcheggio in dB(A);
- L_{w0} è il livello di potenza sonora associata ad un singolo movimento di parcheggio in dB(A);
- K_{PA} è il fattore correttivo distinto per tipologia di parcheggio in dB(A);
- K_1 è il fattore correttivo dovuto a fenomeni impulsivi, distinto per tipologia di parcheggio in dB(A);
- K_D è il fattore correttivo legato al traffico passante nel parcheggio e al contributo dovuto alla ricerca del posto auto, $K_D = 2,5 \log(fB - 9)$ in dB(A);
- f è il rapporto tra numero di slots e unità di riferimento;
- B rappresenta la quantità di riferimento;
- K_{stro} è il fattore correttivo dovuto al tipo di pavimentazione stradale del parcheggio in dB(A);
- N la frequenza di movimento (movimenti veicoli per unità di quantità di riferimento B e per ora);
- S è la superficie totale del parcheggio in m^2 ;
- S_0 la superficie di riferimento pari a $1 m^2$.

Quanto detto è valido per la determinazione della potenza sonora di un qualunque parcheggio, una volta noti i parametri da cui dipende la relazione empirica.

Nel caso particolare di un parcheggio al chiuso, che presenta delle aperture verso l'esterno (i casi in esame), il calcolo è stato affrontato seguendo i successivi steps:

- determinazione del livello di potenza sonora del parcheggio;
- determinazione del livello di potenza sonora interna del locale parcheggio;
- determinazione della potenza sonora emessa verso l'esterno;
- calcolo della propagazione sonora nell'ambiente esterno.

Il parcheggio associato al lotto n. 1 è costituito da slots a

servizio delle attività commerciali e costituisce anche l'ingresso per gli slots a servizio dei residenti, che sono ubicati nella parte posteriore dello stesso. Il parcheggio associato al lotto n. 2 è costituito, invece, soltanto da slots a servizio dei residenti (figura 7). Entrambi i parcheggi presentano delle superfici aperte, che corrispondono agli ingressi e ad una parte della copertura visibile dalla piazza superiore. Sono queste le superfici considerate emittenti verso l'esterno poiché si possono ritenere trascurabili i contributi emissivi associati alle superfici massive della struttura.

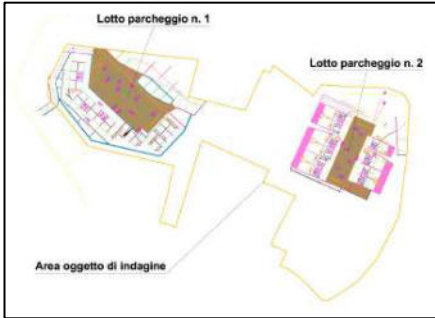


Figura 7: Collocazione dei parcheggi

La determinazione del livello di potenza sonora del parcheggio è stata ottenuta sfruttando le relazioni empiriche già descritte.

La determinazione del livello sonoro interno è stata affrontata seguendo le indicazioni della normativa tedesca [21] che tratta l'emissione sonora dagli edifici industriali. L'espressione della normativa è la seguente:

$$L_I = L_W + 14 + 10 \log \left(\frac{0,16}{A} \right) \quad (2)$$

dove:

- L_I è il livello di potenza sonora del generico parcheggio in dB(A);
- $L_W = L_{W'} + 10 \log(S/S_0)$ in dB(A);
- A è l'assorbimento equivalente dell'ambiente, ricavabile dall'espressione di Sabine del tempo di riverberazione, in m^2 .

Per il calcolo della potenza sonora emessa verso l'esterno è stata impiegata la seguente formula:

$$L_{WA} = L_I - R'_W - 4 \quad (3)$$

dove:

- L_{WA} è il livello di potenza sonora emessa all'esterno in dB(A);
- L_I è il livello di potenza sonora interno in dB(A);
- R'_W rappresenta l'indice del potere fonoisolante dell'elemento strutturale emittente.

Il valore L_{WA} ottenuto è stato "concentrato" in sorgenti puntuali opportunamente collocate al centro delle superfici emittenti secondo la formula che segue (in pratica si è proceduto ad una discretizzazione delle sorgenti areali con delle sorgenti puntiformi collocate nel loro baricentro geometrico e quando le superfici emittenti sono risultate troppo estese, si è proceduto a dividerle in più sottoaree).

$$L_{WAS} = L_{WA} + 10 \log \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (4)$$

dove:

- L_{WAS} è il livello di potenza sonora puntuale concentrata nel baricentro dell'area dB(A);
- L_{WA} è il livello di potenza sonora emessa all'esterno in dB(A);
- S è la superficie dell'area emittente in m^2 ;
- S_0 è la superficie di riferimento pari a $1 m^2$.

Il calcolo della propagazione sonora in esterno è stato eseguito con gli algoritmi raccomandati dalla Comunità Europea [7] [13] [14].

Nel determinare la potenza sonora nei periodi di riferimento diurno e notturno sono state fatte delle considerazioni sull'impiego degli slots dei parcheggi riferite ad un'ipotizzata frequenza di ricambio degli stessi, sia per quanto riguarda il parcheggio a servizio dei locali commerciali, che per quelli a servizio dei futuri residenti.

Descrizione della procedura di calibrazione del modello

La procedura utilizzata per la calibrazione del modello è quella indicata nell'appendice della Norma UNI 11143, parte 1 [10].

La calibrazione è avvenuta per confronto con misurazioni relative al sito ed al caso specifico in esame.

Per calibrare il modello sono stati variati alcuni parametri critici al fine di avvicinare i valori calcolati a quelli misurati: ciò ha richiesto l'accurata identificazione di parametri che, per difficoltà nella stima o imprecisione del modello di calcolo, sono stati ritenuti avere la maggiore influenza nel determinare le differenze tra misure e calcoli. Tale operazione è stata effettuata ponendosi come obiettivo la minimizzazione della somma degli scarti quadratici tra i valori calcolati ed i valori misurati.

In pratica si è proceduto seguendo lo schema a blocchi indicato dalla suddetta Norma, riportato in seguito.

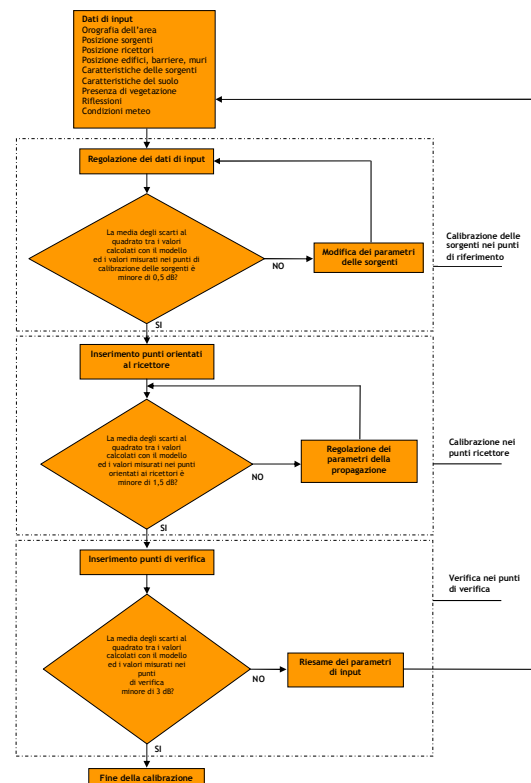


Figura 8: Schema a blocchi della procedura di calibrazione

Gli steps che sono stati seguiti per la calibrazione sono i seguenti:

- sono state effettuate misurazioni di livello sonoro, in funzione della frequenza, sia in punti di riferimento prossimi alle sorgenti sonore individuate (punti di calibrazione delle sorgenti) sia in punti più lontani ed in prossimità dei ricettori (punti di calibrazione dei ricettori e di verifica);
- sulla base dei valori misurati, sono stati determinati i valori dei parametri di ingresso del modello di calcolo, in maniera tale che la media degli scarti $|L_{cc} - L_{mc}|$ al quadrato tra i valori calcolati con il modello, L_{cc} , ed i valori misurati, L_{mc} , nei punti di calibrazione delle sorgenti sia risultato minore di 0,5 dB:

$$\frac{\sum_{e=1}^{N_S} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_S} \leq 0,5 \quad (5)$$

dove:

N_S è il numero dei punti di riferimento sorgente-orientati.

- sulla base dei valori misurati ai ricettori (calibrazione ai ricettori) è stata minimizzata la somma dei quadrati degli scarti regolando i parametri del modello che intervengono sulla propagazione, in maniera tale che la media degli scarti al quadrato si sia stabilizzata al di sotto di 1,5 dB:

$$\frac{\sum_{e=1}^{N_R} |L_{mc} - L_{cc}|^2}{N_R} \leq 1,5 \quad (6)$$

dove:

N_R è il numero dei punti di riferimento recettore-orientati, utilizzati per la calibrazione.

- successivamente, sono stati calcolati i livelli sonori nei punti di verifica, L_{cv} in modo che lo scarto $|L_{cv} - L_{mv}|$ tra i livelli sonori calcolati, L_{cv} , e quelli misurati, L_{mv} , in tutti i punti di verifica è risultato minore di 3 dB(A).

La calibrazione è stata necessaria per analizzare i diversi scenari dello stato di fatto (che differisce dallo stato di calibrazione per via di un flusso di traffico diverso e ricavato su un arco temporale più ampio), e dello stato di progetto.

Il confronto tra i valori misurati e quelli derivati dal modello, con evidenziati gli scarti, sono riportati in tabella 2.

Analisi dei risultati della modellazione

I risultati delle elaborazioni numeriche sono stati rappresentati sotto forma di mappe acustiche del livello equivalente L_{Aeq} riferite ai periodi diurno e notturno; le mappe sono state calcolate ad un'altezza di 4 m dal suolo e con intervalli di 5dB [7] [8] [13] [15]. Oltre alle mappe, sono stati riportati anche i valori dei livelli, relativi ai punti nei pressi dei ricettori potenzialmente più disturbati.

Nello stato di calibrazione, i valori calcolati dal modello nei punti utilizzati per la calibrazione sono gli unici riferiti ad un'altezza di 1,5 m, dato che anche i rilievi in situ sono stati effettuati a tale altezza dal suolo.

Dall'analisi dei risultati, emerge che i livelli sonori ai ricettori più vicini all'area oggetto di studio non riportano incrementi tali da fare superare i limiti di legge a seguito dell'intervento.

Il superamento dei limiti, anche se di poca entità, avviene

sia in fase di emissione che di immissione durante il periodo diurno in un punto ricettore prossimo alla rampa di accesso di uno dei parcheggi; per ovviare a questo problema si è pensato di realizzare un muro di altezza opportuna, concordato con i progettisti dell'opera, che circonda la rampa in modo da contenere il rumore proveniente dal passaggio degli autoveicoli e farlo rientrare nei limiti consentiti. In questo caso, il modello numerico si è rivelato utile a stimare l'efficacia dell'intervento.

Tabella 2: Confronto tra valori misurati e calcolati per la calibrazione del modello

	punti di misura	calcolato	misurato	$ L_m - L_c ^2$	scarto	verifica
NOTTURNO	p1ric	46.9	46.2	0.49	0.32	<1.5
	p2ric	41.0	///	///		
	p3ric	58.4	58.8	0.16		
	p1rif	54.7	53.9	0.64	0.30	<0.5
	p2rif	57.9	58.3	0.16		
	p3rif	61.5	61.8	0.09		
p1ver	42.7	45.6	2.9	2.9	<3	
DIURNO	p1ric	51.2	51.4	0.04	0.54	<1.5
	p2ric	47.6	48.7	1.21		
	p3ric	53.7	53.1	0.36		
	p1rif	62.7	61.8	0.81	0.37	<0.5
	p2rif	64.6	64.4	0.04		
	p3rif	70.4	69.9	0.25		
	p1ver	47.6	47.4	0.04	0.04	<3

In seguito sono riportate alcune mappe di output riferite alle immissioni per lo stato ante e post operam e l'emissione delle nuove sorgenti sonore.

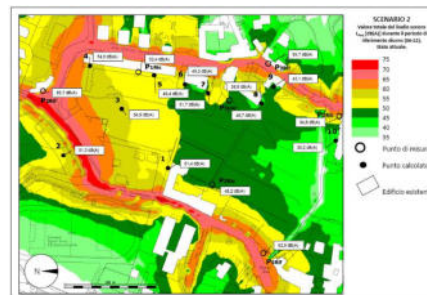


Figura 9: Mappa acustica dell'immissione nello stato ante operam riferita al periodo diurno

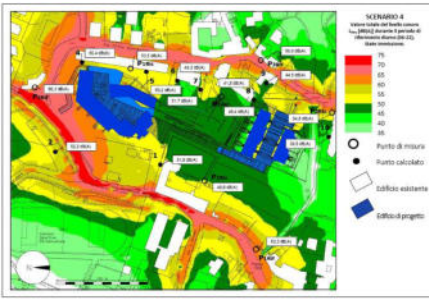


Figura 10: Mappa acustica dell'immissione nello stato post operam riferita al periodo diurno

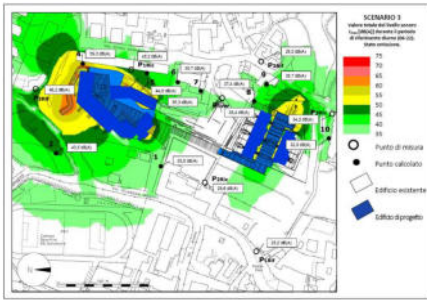


Figura 11: Mappa acustica dell'emissione nello stato post operam riferita al periodo diurno

CONCLUSIONI

Il lavoro ha riguardato la valutazione del Clima e dell'Impatto Acustico relativi ad un'area oggetto di intervento di trasformazione in una Zona Territoriale Omogenea di Espansione, permettendo di evidenziare alcune delle principali problematiche con le quali occorre confrontarsi e come queste possano essere affrontate.

Tuttavia, successive implementazioni che possono portare ad ulteriori migliorie riguardano l'impiego dei "toolkit" indicati nel documento "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure" [24] e lo sviluppo di una procedura che consenta la valutazione e l'espressione delle incertezze associate ai risultati delle misure e dei calcoli acustici, anche perché la Normativa sull'incertezza di misura [22] comporta l'adeguamento di metodi e terminologie tecniche che, nel settore dell'acustica ambientale, ha portato alla pubblicazione di un recente rapporto tecnico [23] da parte dell'UNI a cui presumibilmente seguiranno ulteriori Norme specifiche. Si auspica infine, che tale approccio possa diventare il primo possibile una prassi consolidata nella modellistica del rumore in ambiente esterno.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. D.P.C.M 1 Marzo 1991: "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
2. LEGGE 26 ottobre 1995, n. 447: "Legge quadro sull'inquinamento acustico".
3. D.P.C.M 14 Novembre 1997: "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore".

4. D.M. 16 Marzo 1998: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".
5. Linee Guida Regionali per la redazione dei piani comunali di zonizzazione acustica – Regione Campania – BURC n° 41 del 15 settembre 2003 - Deliberazione n° 2436 del 01 agosto 2003.
6. Piano di zonizzazione acustica del Comune di Baronissi approvato con atto n.34 del 03/06/2002.
7. Direttiva 2003/613/CE: "Linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità".
8. Decreto Legislativo del 19 agosto 2005, n.194: "Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale".
9. D.M. 30 marzo 2004 n. 142 "Regolamento recante disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
10. Norma UNI 11143-1: "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 1: Generalità".
11. Norma UNI 11143-2: "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 2: Rumore stradale".
12. Norma UNI 11143-5: "Acustica - Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 5: Rumore da insediamenti produttivi (industriali e artigianali)".
13. Norma UNI 9613 -1: "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 1: Calcolo dell'assorbimento atmosferico".
14. Norma UNI 9613 -2: "Acustica - Attenuazione sonora nella propagazione all'aperto - Parte 2: Metodo generale di calcolo".
15. Norma UNI 9884: "Acustica - Caratterizzazione acustica del territorio mediante la descrizione del rumore ambientale".
16. Norma UNI 10855: "Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti".
17. Bayerisches Landesamt für Umwelt: "Parking area noise: recommendations for the calculation of sound emissions of parking areas motor car centers and bus stations as well as multi storey car parks and underground car parks".
18. Randall F. Barron, "Industrial Noise Control and Acoustics", Louisiana Tech University Ruston, Louisiana, U.S.A., 2001.
19. Thomas D. Rossing, "Handbook of Acoustics", Ed. Springer, 2007.
20. F. Bertellino, "La modellistica acustica dei parcheggi e l'analisi di un caso concreto", Micronews Ottobre 2008 anno 0 n. 7.
21. VDI 2571: "Sound radiation of industrial buildings".
22. Norma UNI CEI ENV 13005: "Guida all'espressione dell'incertezza di misura".
23. Norma UNI/TR 11326: "Acustica – Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti generali".
24. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise: "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure" - Version 2. 13th August 2007.