

PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI BARRIERE ANTIRUMORE LUNGO LA TRATTA TRENTINA DELLA FERROVIA DEL BRENNERO

Fabrizio Gerola, Luciano Mattevi, Paolo Simonetti, Stefano Trola

Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente di Trento

sito: www.provincia.tn.it/appa

e.mail: acustico.appa@provincia.tn.it

1. Premessa

Nell'ambito di una politica ambientale rivolta a privilegiare il trasporto su rotaia, specie del settore merci, si inserisce il presente progetto preliminare, il quale non solo fornisce una valutazione della rumorosità allo stato attuale, ma si propone di valutare l'individuazione degli interventi di mitigazione sulla base di scenari futuri, che prevedono, per il prossimo decennio, il raddoppio del traffico ferroviario lungo la tratta del Brennero (da 230 a circa 220 convogli), tenuto conto che nel fondovalle risiede circa il 60 % dell'intera popolazione del Trentino, per lo più concentrata negli abitati di Trento, Rovereto, Mezzocorona e Ala.

La tratta di linea ferroviaria oggetto di studio si sviluppa lungo la Valle dell'Adige e la Vallagarina, per un totale di circa 73 chilometri, con un percorso prevalentemente più rettilineo. Il dislivello è di circa 84 metri, per una pendenza media dello 0,12 %, mentre il piano del ferro è generalmente su un rilevato di altezza variabile da 1 a 11,5 metri.

2. Quadro normativo

In ambito nazionale la normativa di riferimento in tema di inquinamento acustico è costituita dalla Legge 26 ottobre 1995, n. 447 recante "Legge quadro sull'inquinamento acustico" e dai relativi regolamenti di attuazione.

In particolare, con il D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 ad oggetto "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario" sono state stabilite le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture delle ferrovie e delle linee metropolitane di superficie, con esclusione delle tramvie e delle funicolari.

L'articolo 3, comma 1, lettera a) del citato decreto individua fasce territoriali di pertinenza di larghezza pari a 250 metri per le infrastrutture esistenti e le loro varianti, per quelle di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti, e per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 Km/h. Tale fascia è suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di 100 metri è denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di 150 metri, è denominata fascia B.

I valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura sono i seguenti:

Zona	Diurno $L_{Aeq(6-22)}$	Notturmo $L_{Aeq(22-6)}$
per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo (per le scuole vale il solo limite diurno)	50	40
per gli altri ricettori all'interno della fascia A	70	60
per gli altri ricettori all'interno della fascia B	65	55

Per quanto riguarda la metodologia di misura del rumore ferroviario, il Decreto 16 marzo 1998 recante "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" stabilisce i criteri che devono essere seguiti nell'allegato C.

3. Metodologia di studio

Va innanzitutto evidenziato che gli interventi di mitigazione individuati dal presente progetto hanno l'obiettivo di consentire il rispetto dei limiti di immissione previsti per la sola fascia A, alla quale è associato un limite massimo di immissione di 70 dB(A) per il periodo diurno e di 60 dB(A) per il periodo notturno.

Non si è infatti ritenuto opportuno estendere gli interventi di protezione al rumore per la tutela della fascia B, in quanto le barriere antirumore offrono, normalmente, una buona protezione sui ricettori vicini alla sorgente sonora (distanze non superiori a 100÷150 metri). La scarsa efficacia a grandi distanze, abbinata all'elevato costo, sconsiglia pertanto l'impiego in tale contesto.

La mancanza di informazioni di dettaglio sulla localizzazione delle scuole, degli ospedali, delle case di cura e delle case di riposo non ha permesso di estendere la valutazione alla verifica dei limiti di immissione ad essi propri. Risulta tuttavia opportuno rilevare che abbattimenti della rumorosità oltre 10÷15 dB(A) necessitano di interventi sul ricettore, per i quali è necessario stabilire un rapporto costo/beneficio in relazione all'onerosità delle opere previste.

Ciò premesso, la metodologia di studio adottata è stata finalizzata al conseguimento dei seguenti obiettivi:

- discriminare la sorgente di rumore ferroviario da tutte le altre sorgenti (autostrada, strade statali, strade provinciali, attività produttive, ecc.);
- applicare un modello analitico previsionale dei futuri livelli sonori indotti dal solo traffico ferroviario, in grado di considerare la maggior parte delle molteplici e complesse condizioni al contorno, riferibili all'ambiente di propagazione, che influiscono significativamente sul processo di diffusione del rumore.

I modelli previsionali permettono l'effettuazione di una serie di operazioni che possono essere così riassunte:

- ottenere, con buona approssimazione, una mappatura acustica attuale delle aree interessate dalla presenza dall'infrastruttura di trasporto (con un notevole risparmio di risorse umane che si dovrebbero impegnare nei monitoraggi acustici in campo);
- ottenere mappature acustiche su scenari futuri, come nel caso dell'aumento dei transiti giornalieri dei convogli ferroviari;

- valutare l'efficacia degli interventi di mitigazione del rumore;
- ottimizzare le caratteristiche geometriche e acustiche delle barriere antirumore;
- ottenere delle rappresentazioni grafiche per un facile raffronto tra la situazione ante e post-opera.

Nella definizione del progetto è stato impiegato un modello di calcolo, in grado di tenere conto degli effetti legati al processo di generazione e propagazione del rumore prodotto dal traffico ferroviario. Il modello utilizzato, operante in ambiente Windows, è denominato MITHRA v. 3.1 ed è stato sviluppato dal CSTB di Grenoble.

Nel presente progetto, tuttavia, come precedentemente anticipato, per poter caratterizzare l'emissione della sorgente sonora della linea ferroviaria, nonché per tarare il modello di simulazione impiegato, è stato necessario procedere preventivamente ad una serie di rilevamenti fonometrici lungo la linea ferroviaria. Tali rilevamenti si distinguono in:

- rilevamenti fonometrici nei punti di riferimento (P_R);
- rilevamenti fonometrici nei punti significativi (P_S).

4. Rilevamenti fonometrici nei punti di riferimento (P_R)

Il microfono, nei punti di riferimento (P_R), è stato collocato ad una distanza di 7,5 metri dal binario più esterno e ad un'altezza di 1,5 metri dal piano del ferro. Tali punti si sono trovati, per quanto possibile, in situazione di campo sonoro libero ovvero ad una distanza di almeno 3 metri da qualsiasi superficie riflettente.

Per un tratto di linea di almeno 150 metri, a monte e a valle del punto di misura, è stata determinata la condizione del punto di misura: stato del binario, presenza di eventuali giunti di rotaia o di scambi ed incroci, tipo di traversine, proprietà acustiche del terreno circostante (fonoassorbente o fonoriflettente).

Nei punti di riferimento è stato necessario procedere al rilevamento contemporaneamente delle velocità di transito dei singoli convogli ferroviari. In particolare, sono stati rilevati i seguenti parametri relativi all'evento sonoro determinato dal transito del treno:

- ora di transito (hh : mm : ss);
- velocità di transito;
- lunghezza;
- direzione di transito;
- durata del transito in secondi;
- tipologia del convoglio;
- spettro in ottave del L_{eq} (livello continuo equivalente) in dB(Lin) riferito alla durata del transito;
- SEL (Single Event Level) in dB(A).

Attraverso il prospetto dei transiti è stato possibile associare ad ogni convoglio la corrispondente tipologia: viaggiatori (Espressi, EuroCity, InterCity, EuroStar, Interregionali, Regionali) e merci.

5. Rilevamenti fonometrici nei punti significativi (P_S)

Nei punti significativi (P_S) le unità microfoniche sono state poste in corrispondenza di edifici ad altezza di 2÷3 metri dal suolo o, dove possibile, sui balconi delle abitazioni.

Per ogni punto di riferimento P_R sono stati previsti 3 punti significativi P_S ; la distribuzione spaziale di questi ultimi ha tenuto conto dell'orografia della zona, della

presenza di altre sorgenti di rumore e del fatto che i livelli sonori indotti dal traffico ferroviario dovevano comunque essere chiaramente identificabili.

La durata delle misure nei vari punti P_S ha consentito di rilevare un numero sufficiente di transiti di convogli per ciascuna tipologia.

Per ogni evento sonoro generato dal transito dei treni sono stati misurati:

- ora di transito (hh : mm : ss);
- durata del transito in secondi;
- $L_{Aeq,Te}$ (livello continuo equivalente) in dB(A) riferito alla durata del transito;
- SEL(A) (Single Event Level) in dB(A).

6. Elaborazione dei dati nei punti di riferimento

I valori delle grandezze acustiche misurati nei punti P_R sono stati oggetto di analisi statistica, finalizzata a caratterizzare sia l'emissione sonora delle singole sorgenti sia l'immissione negli stessi punti P_R . In particolare, attraverso un opportuno programma di elaborazione dei dati fonometrici è stata eseguita l'analisi della time-history che, con gli orari forniti dal sistema di rilevamento della velocità, ha permesso di individuare i profili sonori dei singoli eventi e di determinare lo spettro del livello continuo equivalente sonoro per le bande d'ottava comprese tra 31,5 Hz e 16 KHz, nonché il valore complessivo del L_{Aeq} ed il SEL(A).

La durata dell'evento T_e (tempo di esposizione) è stata determinata secondo i criteri della definizione convenzionale, ovvero a 10 dB(A) al di sotto del L_{max} in modo da determinare il L_{eq} sul tempo di esposizione ($L_{eq,Te}$).

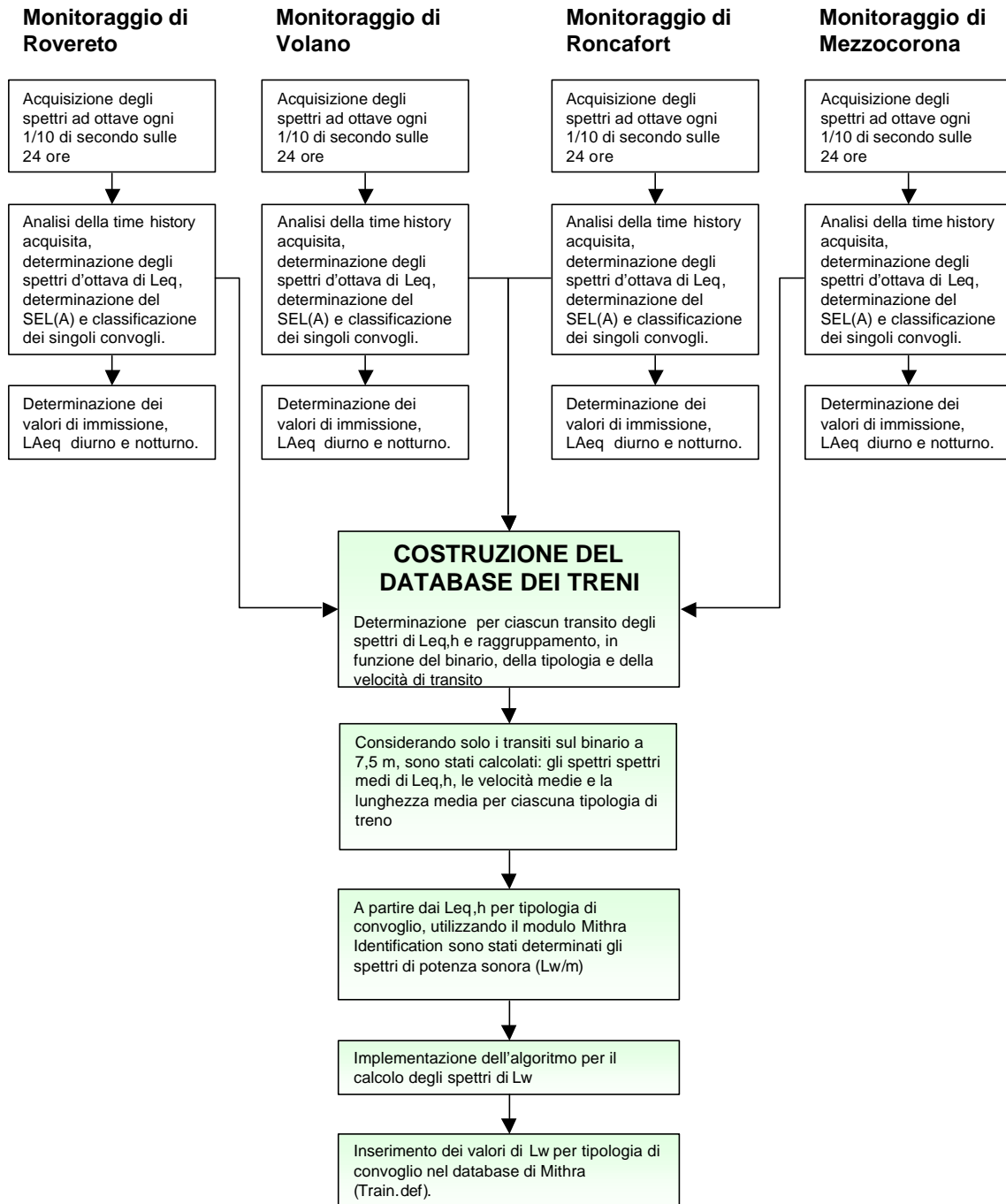
L'individuazione dei singoli eventi è stata eseguita manualmente (anziché automaticamente con le funzioni previste nel programma di elaborazione) per avere una diretta osservazione dei fenomeni acustici, escludendo quei profili sonori caratterizzati da eventi accidentali quali frenate, incrocio di due treni, fischi, ecc.

Per ciascun punto di misura P_R sono stati calcolati i valori di immissione, espressi in $L_{Aeq,d}$ e $L_{Aeq,n}$, come sommatoria dei contributi energetici [SEL(A)] dei singoli transiti avvenuti nei due periodi di riferimento, normalizzata alla durata in secondi degli stessi periodi. Tuttavia, nei casi in cui, per problemi tecnici, il monitoraggio non è stato completato sulle 24 ore, è stata eseguita la media aritmetica dei SEL(A) per ciascuna tipologia di convoglio, normalizzandola al numero totale di transiti diurni e notturni.

I valori di immissione così determinati sono stati impiegati per eseguire la "taratura primaria" del modello, descritta nei paragrafi successivi.

Di seguito viene riportato un quadro riassuntivo delle elaborazioni eseguite; la parte relativa alla costruzione del database dei treni è descritta nel paragrafo 9.

Quadro riassuntivo delle elaborazioni dei monitoraggi nei punti P_R



7. Elaborazione dei dati nei punti significativi

Dall'evoluzione temporale dei livelli di rumorosità rilevati nei punti PS e con gli orari forniti dal sistema di rilevamento della velocità sono stati individuati i profili sonori dei singoli eventi, determinandone i relativi SEL(A).

Per l'individuazione dei singoli transiti si è adottato il criterio precedentemente descritto per la caratterizzazione dell'evento nel tempo di esposizione (T_e), ovvero a 10 dB(A) al di sotto del L_{max} .

I valori di SEL(A) ottenuti nei punti P_S sono stati sottratti ai relativi valori di SEL(A) rilevati nei punti P_R , ricavando l'attenuazione sonora media.

Nei punti P_S i valori di $L_{Aeq,d}$ e $L_{Aeq,n}$ sono stati ottenuti sottraendo l'attenuazione sonora media (dovuta alla propagazione) ai corrispondenti livelli diurni e notturni rilevati in P_R .

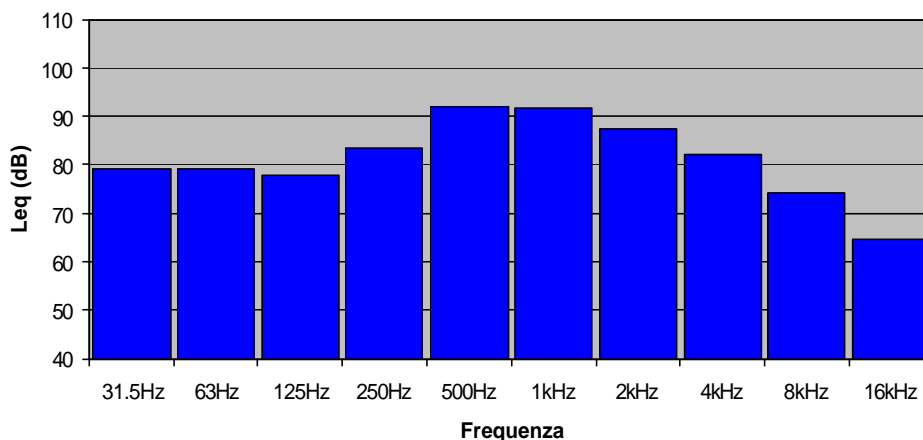
8. Commento e sintesi dei risultati

Dai risultati delle indagini fonometriche eseguite nei punti P_R si evince che i L_{Aeq} notturni rilevati risultano sempre superiori a quelli diurni, a causa della diversa composizione del traffico notturno ovvero per la prevalenza di treni merci (circa 84% sui transiti complessivi), che sono più rumorosi rispetto alle altre tipologie.

Inoltre, si osserva che mentre il L_{eq} mostra una dipendenza dalla velocità del convoglio, la composizione spettrale del rumore ne è poco influenzata.

Generalmente si può affermare che al crescere della velocità si ha un contenuto spostamento delle frequenze emesse verso valori più elevati, senza peraltro avere una modificazione significativa della forma dello spettro.

Analizzando la composizione spettrale delle varie tipologie di convogli si osserva una predominanza delle frequenze medio-alte (da 500 a 2000 Hz). In altre parole il L_{Aeq} non si discosta in modo significativo dal L_{eq} (lineare).



Spettro del L_{eq} sul tempo T_e relativo al transito di un treno merci alla velocità di 86 Km/h

Nelle tabelle di seguito riportate sono indicati a titolo esemplificativo i risultati ottenuti con le misurazioni in campo presso uno dei quattro siti di rilevamento. Le tabelle riportano per ciascun sito di misura i valori di L_{Aeq} , relativi al periodo diurno e notturno, prodotti dal solo traffico ferroviario nel punto P_R e nei punti P_S , i valori medi di attenuazione del SEL(A) - dovuti agli effetti di propagazione sonora tra i punti P_R e i punti P_S -, le velocità medie di transito, per le diverse tipologie di treni nelle due direzioni di transito (EC=EuroCity; EX=Espressi; ES=EuroStar; IR=Interregionale; M=Merci; R=Regionale), e i SEL(A) medi per tipologia di treno.

Monitoraggio in località Roncafort di Trento

Punto di misura	Ubicazione del punto di misura	Distanza dal binario vicino (m)	Attenuazione media del SEL(A)	LAeq Diurno	LAeq notturno
P _R	Lato direzione Verona	7,5	-	77,5	79,5
P _{S1}	Abitazione famiglia Cognola 2° piano	49,5	9,5	68	70,0
P _{S2}	Orto famiglia. Cognola	22,5	9,0	68,5	70,5
P _{S3}	Vivaio 2° piano	188	20,8	56,5	58,5

Direzione	Velocità media di transito (Km/h) per tipologia di treni					
	EC	EX	ES	IR	M	R
Bolzano	119	112	136	130	89	120
Verona	131	136	138	129	94	112

Posizione del microfono	SEL(A) medi per tipologia di treni					
	EC	EX	ES	IR	M	R
11 metri dal binario interno	105,4	104,7	106,5	106,6	107,0	101,0
7,5 metri dal binario esterno	104,0	104,3	99,1	102,2	108,5	100,5

9. Costruzione del database dei treni

Per creare il database della potenza sonora, distinto per tipologia di convoglio, sono stati considerati i dati rilevati nei quattro punti P_R per i soli transiti relativi al binario vicino (7,5 metri di distanza dal microfono), seguendo le indicazioni fornite dal manuale tecnico del programma previsionale.

Applicando la formula di seguito riportata si sono ottenuti gli spettri di L_{eq,h} (livello equivalente orario).

$$L_{eq,h} = L_{eq,Te} + 10 \log \left(\frac{Te}{3600} \right)$$

dove: T_e è il tempo di esposizione in secondi, L_{eq,Te} è il livello equivalente sul tempo di esposizione.

La scelta di utilizzare il L_{eq,Te} (sul tempo di esposizione T_e) è supportata dal fatto che esso appare come l'indicatore più idoneo a fornire dei valori di emissione sonora più realistici. Infatti, la procedura descritta nel manuale tecnico del programma utilizza L_{max} per bande d'ottava (al posto del L_{eq,Te}), e tende quindi a polarizzare l'emissione sonora verso valori più alti, in quanto al transito del convoglio viene associato un livello medio che è pari al valore di L_{max}.

Per ogni tipologia di convoglio sono state inoltre determinate le velocità medie di transito e le lunghezze medie.

Utilizzando il modulo Mithra Identification sono stati determinati, a partire dagli spettri di $L_{eq,h}$, gli spettri di potenza acustica lineare ($L_{w/m}$); sono stati infine calcolati gli spettri di potenza acustica (L_w) con la seguente formula:

$$L_w = L_{w/m} - 10 \log \left(\frac{nb}{v} \right) + 30$$

dove: $L_{w/m}$ è la potenza acustica lineare per ogni singola frequenza, nb il numero di carrelli e v la velocità di transito del convoglio espressa in Km/h.

La potenza acustica, così determinata, è riferita ad ogni singola sorgente sonora (carrello) del convoglio, per ottenere, se necessario, l'evoluzione temporale dei singoli transiti.

Per le finalità del presente progetto si è deciso di caratterizzare l'emissione sonora complessiva dei convogli, anziché quella specifica di ciascuna carrozza o locomotore. Questa semplificazione ha consentito di facilitare le operazioni di rilevamento e di determinazione della potenza sonora dei convogli; per contro, il database così costruito è dedicato all'esclusiva valutazione della tratta ferroviaria trentina, e non permette all'utilizzatore di "costruire" la composizione di specifici convogli.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i valori di potenza sonora, suddivisi per tipologia di convoglio, utilizzati per il popolamento del database.

Tipo	Velocità (km/h)	Lunghessa (m)	Carrelli (n.)	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
EC	118	265	20	103,6	107,2	114,8	116,5	112,1	104,4
ES	144	231	16	107,3	107,5	119,3	121,1	113,7	107,5
EX	114	318	23	104,5	108,0	113,0	113,8	110,5	104,8
IR	113	159	11	105,6	110,0	115,8	116,4	111,6	105,8
M	92	357	32	105,3	109,5	117,7	118,4	113,8	108,0
R	108	95	6	103,6	109,9	116,8	116,9	112,0	106,4

10. Dati di traffico ferroviario

La valutazione di impatto acustico è stata eseguita considerando la situazione di traffico attuale (scenario 1999) e quella derivante dal futuro potenziamento della linea ferroviaria (scenario 2010).

In particolare, nelle tabelle sotto riportate è indicato il numero di convogli con la ripartizione per i periodi diurno e notturno e la distinzione per tipologia e direzione, relativo agli scenari attuale e futuro.

Scenario 1999 - Flussi tipici del PERIODO DIURNO						
Direzione	EC	EX	ES	IR	M	R
Bolzano	5	2	1	6	16	11
Verona	5	2	1	7	19	11

Scenario 2010 - Flussi tipici del PERIODO DIURNO						
Direzione	EC	EX	ES	IR	M	R

Bolzano	5	8	2	13	32	8
Verona	5	8	2	13	32	8

Scenario 1999 -Flussi tipici del PERIODO NOTTURNO						
Direzione	EC	EX	ES	IR	M	R
Bolzano		3		1	20	
Verona		3			17	

Scenario 2010 -Flussi tipici del PERIODO NOTTURNO						
Direzione	EC	EX	ES	IR	M	R
Bolzano	1	2		13	32	1
Verona	1	2		13	32	1

Le velocità medie di percorrenza per tipologia di convoglio, ove non rilevate, sono ricavate dal confronto fra le velocità massime consentite e quelle rilevate nei relativi punti di monitoraggio. Si è osservato, infatti, che i treni merci hanno una velocità media di percorrenza pari al 80% rispetto a quella massima consentita; per i treni passeggeri tale percentuale sale al 90%, mentre per i pendolini è pari al 100%.

I tratti di linea aventi una differenza di velocità superiore a 30 Km/h sono stati raccordati inserendo un tratto di 500 metri con velocità intermedia.

11. Taratura del modello

La capacità del modello previsionale di fornire valori calcolati coerenti con quelli reali è strettamente legata alla qualità dei dati inseriti, specie per quanto riguarda il numero di convogli ferroviari.

La fase di taratura consiste nel confrontare i livelli di rumorosità diurni e notturni, rilevati nei punti di misura P_R e P_S , con quelli calcolati dal programma previsionale nei medesimi punti.

Le operazioni di taratura si distinguono in primaria e secondaria. La taratura primaria è stata effettuata confrontando i valori di L_{Aeq} diurni e notturni nei punti P_R e, laddove necessario, correggendo i dati di potenza sonora del database affinché i valori calcolati si avvicinassero ai valori misurati. La taratura secondaria, ottenuta dal confronto dei valori di L_{Aeq} diurni e notturni con i rispettivi valori calcolati, ha invece permesso di considerare gli effetti dovuti alla propagazione sonora.

In particolare, nei punti P_R il modello previsionale ha fornito dei valori di rumorosità diurni e notturni comparabili con quelli rilevati. Pertanto non si è reso necessario eseguire alcuna modifica ai valori di potenza sonora utilizzati.

Relativamente ai punti P_S , le differenze fra valori calcolati e valori misurati sono di norma risultate sovrastimate da 1 a 3 dB(A). Anche in questo caso non si è ritenuto necessario procedere ad una correzione dei parametri impiegati dal modello di calcolo.

12. Individuazione degli interventi di riduzione del rumore ferroviario

Al termine dell'elaborazione dei dati, attraverso la valutazione dei livelli di rumorosità calcolati e alla luce delle considerazioni di seguito riportate, è stato possibile individuare le aree che necessitano di interventi per la riduzione del rumore.

Tenuto conto che nel periodo notturno i limiti di immissione stabiliti dal legislatore risultano inferiori di 10 dB(A) rispetto a quelli diurni, e i livelli rilevati nel periodo notturno sono superiori a quelli diurni di circa 3 dB(A) a causa della forte presenza di traffico merci, il problema della riduzione del fonoinquinamento è stata risolto

analizzando esclusivamente la situazione notturna dello scenario previsto per l'anno 2010.

Nella tabella successiva sono indicate le località presso le quali è stata prevista la realizzazione di barriere antirumore. Per ogni barriera è indicato l'indice di priorità, il tipo di barriera (A=assorbenti, T=trasparenti), l'altezza, la località e la lunghezza complessiva e il costo. La distanza dalla mezzeria del binario, pari a 4,5 metri, è stata considerata costante per tutti gli interventi programmati.

ID	Barriera	Indice Priorità	Tipo	Altezza metri	Lung. metri	Costo parziale
1	Panizza di Sotto	261	A	2	450	430.686.000
2	Nave San Felice	4607	A	3	300	353.124.000
3	Nave San Felice	4607	A	3	750	882.810.000
4	Nave San Felice	838	A	3	1000	1.177.080.000
5	Zambana Nuova	6109	A	3,5	950	1.939.976.000
6	Roncafort	566	A	2	750	717.810.000
7	Canova	5884	A	2	1050	1.004.934.000
8	Roncafort	4052	A	2	1000	957.080.000
9	Trento	4889	A	3	650	765.102.000
10	Trento	4889	A	4	450	1.056.789.000
13	Trento	3167	T	3	800	1.053.664.000
11	Trento	3121	A	4	550	1.291.631.000
12	Trento	2087	A	4	550	1.291.631.000
14	Trento	6940	T	3	700	921.956.000
15	Trento	3824	T	3	1450	1.909.766.000
16	Trento	1526	A	3	700	823.956.000
17	Mattarello	7392	A	3	1150	1.353.642.000
18	Calliano	4558	A	3	550	647.394.000
19	Volano	723	A	3	600	706.248.000
20	Rovereto	2918	A	2	900	861.372.000
21	Rovereto	221	A	3	250	294.270.000
22	Rovereto	486	A	3	300	353.124.000
23	Rovereto	576	A	3	350	411.978.000
24	Rovereto	727	A	3	700	823.956.000
25	Rovereto	910	A	3	300	353.124.000
26	Marco	1299	A	2	850	813.518.000
27	Serravalle	2372	T	3,5	1050	2.327.934.000
28	Borgo G.Cantore	1352	T	3	250	329.270.000
29	Avio	1310	T	3	400	526.832.000
30	Avio	3133	T	3	550	724.394.000
31	Masi d'Avio	493	A	3	250	294.270.000
32	San Lonardo	102	A	3	200	235.416.000
33	Borgetto	1194	A	2	300	287.124.000
TOTALE						27.921.861.000
						0

13. Individuazione delle priorità

Al fine di ottimizzare la programmazione degli interventi è consigliabile che la realizzazione delle barriere antirumore sia effettuata definendo le priorità, in modo da

privilegiare le opere di protezione previste nelle aree caratterizzate da elevati superamenti dei limiti e da un'elevata concentrazione di popolazione residente.

Nel caso specifico queste informazioni sono state ottenute seguendo le indicazioni generali fornite nella bozza di decreto per la determinazione di criteri omogenei, ai fini della realizzazione dell'attività di risanamento dall'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio delle infrastrutture per i trasporti. Più specificatamente, l'algoritmo descritto nella citata bozza di decreto è stato adattato alla fattispecie in studio mediante l'applicazione della seguente.

$$P = \frac{\left[\sum_{i=1}^n R_i (L_{Mi} - 60) \right]}{n}$$

dove: 60 rappresenta il valore limite di immissione sonora notturno in dB(A), relativo alla fascia "A" definita dal D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459; L_{Mi} rappresenta la media dei tre L_{Aeq} notturni, aventi valore più elevato, presenti nella sezione i-esima di censimento in esame; R_i è la popolazione residente nella i-esima sezione di censimento; n è il numero di sezioni di censimento interessate dalla barriera.

Le informazioni relative al numero di residenti lungo la linea ferroviaria sono state ricavate dal Sistema Informativo Territoriale, utilizzando i dati associati alle sezioni di censimento relativi all'anno 1991.

La sezione di censimento, in molti casi, ha una superficie più estesa della fascia "A" della ferrovia. In questi casi la popolazione residente nella fascia è stata calcolata come valore percentuale, rispetto al valore complessivo della popolazione residente nella sezione di censimento.

14. Conclusioni

Le considerazioni finali che si possono trarre circa l'utilizzo di un modello previsionale, in modo particolare nell'ambito di un'applicazione su grande scala, sono sicuramente positive in relazione alla necessità di ottimizzare interventi che impegnano i gestori delle infrastrutture per il trasporto con cifre nell'ordine di diversi miliardi.

Pertanto, l'impegno profuso nella realizzazione di un progetto preliminare, volto a orientare la successiva progettazione esecutiva, è indispensabile per poter effettuare investimenti con un'ottimale rapporto costo/benefici, che non significa, comunque, il dover esasperare le valutazioni di tipo previsionale ai livelli di precisione proposti dal W.G. n° 3 "Computation and Measurements" della Comunità Europea.

E' infatti alquanto discutibile la proposta di porre come obiettivo differenze misura/previsione dell'ordine di 0,5 dB(A), poiché si scontra con l'impossibilità di disporre nella maggior parte dei casi di informazioni sufficientemente precise (territoriali, dell'infrastruttura, acustiche e meteorologiche). Inoltre, analisi su grande scala eseguite con tale limitazione determinerebbero un'esagerato aggravamento dei costi degli studi previsionali.

Differenze di 2÷3 dB(A), a distanze superiori a 100 metri, sono quindi risultati che si possono considerare accettabili, purché chi li ottiene sia consapevole anche dei limiti, oltre che delle potenzialità, dei modelli previsionali utilizzati in ambiente esterno.

Ringraziamenti

Si ringraziano in modo particolare per l'indispensabile collaborazione offerta Pasquale Scarano dell'Istituto Sperimentale delle Ferrovie dello Stato, Giancarlo

Anderle dell'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente e Pierluigi Parolin dell'Ufficio produzione di Trento delle Ferrovie dello Stato, nonché la ditta MicroGate di Bolzano per la fornitura e l'assistenza della strumentazione impiegata nel rilevamento della velocità di transito dei treni.

Bibliografia

- P. Scarano, *Linea ferroviaria Verona-Brennero (tratta Salorno – Cardano): studio d'impatto acustico e dimensionamento degli interventi passivi di mitigazione*
- P. Romani, F. Ventura, *La rumorosità ambientale: il ruolo delle barriere acustiche*, Pitagora Editrice Bologna
- *Manuale dell'ingegnere*, Hoepli editrice
- P. Cicoira, P. Simonetti, S. Trolla, *Analisi di sensibilità e taratura del codice di calcolo "Mithra" in casi reali*, Atti del XXVI Convegno Nazionale A.I.A. (Torino, 27-29 maggio 1998)
- G. Mucci, L. Rocco, *Barriere antirumore per il traffico stradale*, Maggioli Editore
- F. Gerola, L. Mattevi, *Controllo della rumorosità da traffico veicolare*, pubblicato dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
- F. Gerola, L. Mattevi, *Raccolta normativa in materia di inquinamento acustico* (ipertesto su CD-ROM), prodotto dall'Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
- Maria Beria d'Argentina, Salvatore Curcuruto, Paolo Simonetti, *Piani comunali e inquinamento acustico*, Sole 24 ore - Pirola