

STUDIO PREVISIONALE E PROGETTO ACUSTICO PER LA INSONDRIZZAZIONE DI UN PONTE  
 - FERROVIARIO IN FERRO SU UNA LINEA AD ALTA VELOCITA'

Angelo Farina, Franco Simoni, Valerio Tarabusi

Istituto di Fisica Tecnica, Università di Bologna, Viale Risorgimento 2,  
 40136 Bologna - Italy

INTRODUZIONE

Il rumore prodotto dal traffico ferroviario nelle zone abitate assume fondamentale importanza ai fini della valutazione dell'impatto acustico ambientale.

La presente indagine è rivolta allo studio dell'inquinamento acustico prodotto da un ponte in ferro a struttura reticolare sulla linea ferroviaria Bologna - Firenze.

I risultati che ci si prefiggevano erano innanzi tutto la determinazione del campo sonoro generato nello spazio circostante dal passaggio dei convogli, ed inoltre la bonifica acustica dell'ambiente circostante per portare la rumorosità a livelli accettabili per i residenti.

PROGETTO ACUSTICO DELL'OPERA

Rilievi fonometrici

Si è dapprima effettuata un'analisi per terzi d'ottava della rumorosità in campo vicino durante il passaggio di un numero significativo di treni.

A questo scopo è stato posto un microfono al centro del ponte in ferro ad una quota di 1.5 m sotto il piano di posa dei binari.

I risultati di questi rilievi sono sintetizzati nella TAB I :

TAB I

I	F	L	I	F	L	I	F	L	I
I	31.5	92.0	I	160	114.0	I	800	110.5	I
I	40	92.5	I	200	114.5	I	1000	108.5	I
I	50	100.0	I	250	116.5	I	1250	106.5	I
I	63	97.5	I	315	117.0	I	1600	103.0	I
I	80	100.0	I	400	114.5	I	2000	100.0	I
I	100	112.5	I	500	111.5	I	2500	98.5	I
I	125	110.0	I	630	113.0	I	3150	94.0	I
I			I			I	4000	89.5	I

Legenda : F = frequenza della sorgente [Hz]  
 L = livello di pressione sonora [dB]

Dalla TAB I si evince che i valori piu' elevati di L sono relativi alle frequenze comprese tra 125 e 800 Hz, con un massimo in corrispondenza di 315 Hz. Si tratta quindi di una sorgente di rumore che emette alle frequenze medio-basse.

Il disturbo provocato dal passaggio dei convogli ferroviari era principalmente diretto ad un palazzo di 5 piani sito nelle immediate vicinanze del ponte. A causa dello sviluppo verticale dell'edificio i livelli sonori rilevati alle varie quote erano differenti, ed anche l'intervento di insonorizzazione allo studio evidenziava una diversa efficacia a seconda del punto di misura considerato.

Si è pertanto fissato come posizione di riferimento un punto distante 30 m dal ponte in senso trasversale e posto a 1.5 m sul piano stradale.

Sono poi state effettuate misure attorno alla sorgente prima dell'intervento (vedi fig.4). Di tali misure si parlerà piu' estesamente nel seguito.

#### Intervento di insonorizzazione

Dopo aver vagliato varie possibilità di intervento è risultato che la soluzione di maggior efficacia e compatibilità con le esigenze tecniche connesse alla presenza della linea ferroviaria è quella che prevede una barriera fonoisolante-fonoassorbente attorno al ponte in ferro. Tale barriera assume la forma di un tunnel aperto superiormente, come mostrato in fig.1.

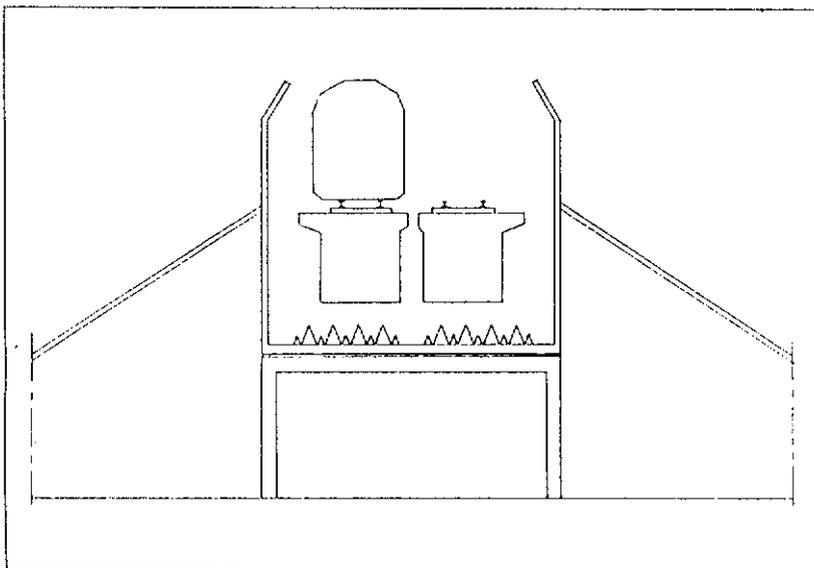


fig.1

## Modello matematico

---

Per il calcolo previsionale dei livelli di pressione sonora nei punti desiderati si è utilizzato un programma di calcolo basato sulle note teorie delle barriere acustiche, ed in particolare sulla formula di Meakawa [1].

Lo schema di calcolo è quello riportato in fig.2 .

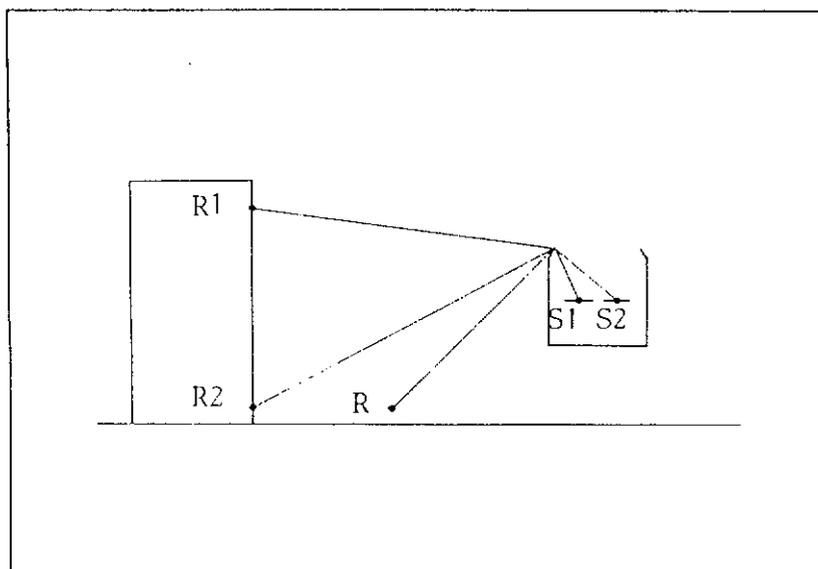


fig.2

Il punto R è quello preso a riferimento di cui si è detto precedentemente. Il punto R1 è posto all'ultimo piano dell'edificio disturbato, mentre il punto R2 è posto sotto il loggiato dello stesso edificio. Per quanto riguarda la localizzazione delle sorgenti puntiformi di rumore, si è considerato che esse fossero disposte sul piano dei binari, nella mezzeria degli stessi.

Come si vede dallo schema di fig.2 il punto che meno può beneficiare dell'intervento è R1, in quanto il fronte d'onda viene deflesso in misura minore dalla barriera rispetto agli altri punti. Ciò in particolare avviene per la sorgente S1, che corrisponde al passaggio dei convogli in direzione Firenze.

## Soluzioni tecniche adottate

---

Le pareti verticali del tunnel sono state realizzate mediante pannelli fonoisolanti-fonoassorbenti. Questi ultimi sono formati da lana di roccia spessore 65 mm (densità 125 Kg/mc) rivestita da lamiera d'acciaio spessore 15/10 mm forata dalla parte interna. Il peso complessivo del pannello è di 28

Kg/mq, ciò che assicura che la quota di energia sonora trasmessa attraverso la struttura è trascurabile rispetto a quella dell'energia diffratta dallo spigolo superiore della barriera [2].

La parte inferiore del tunnel è stata realizzata mediante un solaio in calcestruzzo gettato su lamiera grecata, il tutto supportato da travi metalliche. E' stato quindi costruito un elemento ad glevato potere fonoisolante, e questo è molto importante in quanto nella parte inferiore, non essendovi diffrazione, l'unica energia propagabile all'esterno è quella di trasmissione. Ciò ha consentito inoltre di rendere ininfluenta la sorgente sonora virtuale che il piano stradale generava prima dell'intervento.

Per realizzare anche sul solaio, come sulle pareti verticali della barriera, una superficie non riflettente, si è ricorso ad una soluzione tecnica molto particolare. Non essendo infatti possibile disporre in orizzontale dei normali pannelli fonoassorbenti in quanto il solaio deve raccogliere e smaltire le acque meteoriche, si è rinunciato all'utilizzo di una superficie porosa di tipo classico a favore di un sistema diffrattore.

Esso consiste di elementi modulari in lamiera di acciaio piegata longitudinalmente a forma di doppio cuneo (vedi fig.3). Tale configurazione ha lo scopo di diffrangere il fronte d'onda incidente in modo da evitarne la riflessione pura verso l'alto e fare sì che l'energia diffratta sia dissipata in massima parte dalle pareti laterali del tunnel, che sono fonoassorbenti. Le dimensioni dei cunei diffrattori (vedi fig.3) sono state calcolate per agire prevalentemente sulle frequenze di maggior disturbo, e precisamente tra la 250 Hz (cuneo grande) e la 500 Hz (cuneo piccolo).

Si è quindi realizzata una superficie non riflettente che tuttavia consente un agevole scarico delle acque meteoriche.

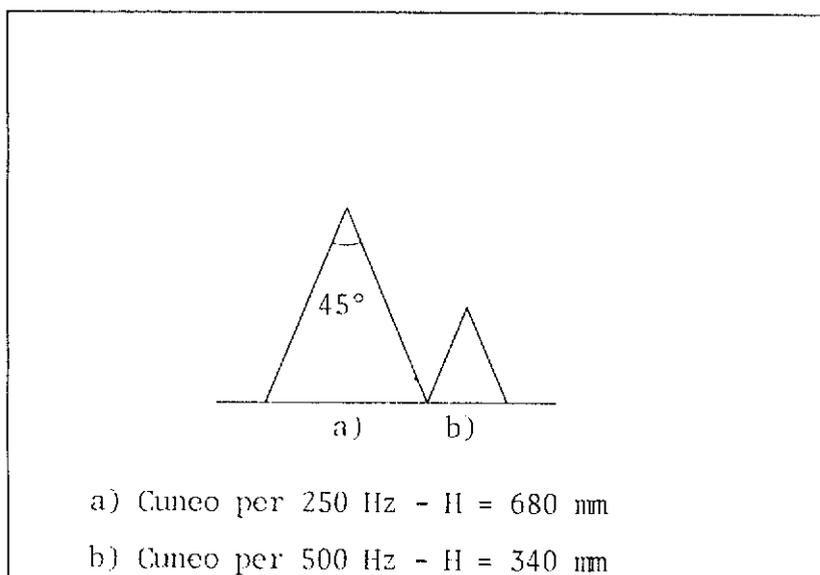


fig.3

L'intera struttura del tunnel è completamente svincolata da quella del ponte in ferro, e ciò è particolarmente importante al fine di evitare la trasmissione di notevoli vibrazioni verso la barriera.

Oltre che in corrispondenza del ponte è stata realizzata una barriera anche sul rilevato, prima e dopo il ponte stesso per una lunghezza di circa 30 m. Questo prolungamento ha lo scopo di eliminare gli effetti di bordo che altrimenti vi sarebbero stati alle estremità del viadotto.

#### VERIFICA DEI RISULTATI OTTENUTI

Per verificare il grado di attendibilità dello studio previsionale, dopo l'intervento di insonorizzazione si è proceduto ad una serie di misure fonometriche. Per quanto riguarda i punti R, R1 ed R2 (vedi fig.2) i risultati sono sintetizzati in TAB II :

TAB II

PUNTO	Lt	Ls	D
R	71.7	72.0	+0.3
R1	75.9	77.0	+1.1
R2	69.7	63.3	-6.4

Legenda : Lt = livello sonoro teorico [dB(A)]  
 Ls = livello sonoro sperimentale [dB(A)]  
 D = Ls - Lt [dB(A)]

Dall'esame della TAB II si evince che nei punti R ed R1 si ha un eccellente accordo tra il dato teorico e quello sperimentale, con un errore attorno ad 1 dB(A). Soltanto nel punto R2 si ha un certo scostamento dalla teoria [circa 6 dB(A)], anche se tale scostamento è dato da un disturbo inferiore al previsto. La causa di ciò è da ricercarsi nello schema di calcolo : il punto R2 è stato posto sulla facciata dell'edificio, mentre il rilevamento sperimentale è stato eseguito sotto il loggiato, dove esiste evidentemente una certa schermatura dovuta all'edificio nei confronti dell'energia sonora.

#### STUDIO DEL CAMPO SONORO

Per attribuire alla ricerca un carattere di maggior generalità svincolandone i risultati da quelle che sono le particolari condizioni dell'ambiente circostante, si è deciso di studiare a fondo la distribuzione dell'energia sonora attorno al ponte durante il passaggio dei treni prima e dopo l'intervento di schermatura.

A tale scopo è stato posto un microfono di riferimento circa 2 m sotto il

piano dei binari, ed un altro microfono è stato utilizzato per eseguire letture su un reticolo di punti di misura attorno ai 3 lati del tunnel, fino ad un'altezza di circa 20 m da terra. I rilievi sono stati registrati ed in seguito restituiti tramite un analizzatore a due canali. Come parametro di riferimento è stata presa la differenza di livello tra la lettura al microfono di riferimento e quella al microfono mobile, in modo da svincolarsi dal livello di potenza assoluto dei treni, che si è dimostrato estremamente variabile a seconda del tipo di convoglio.

Per ogni posizione di misura si sono eseguite letture con treni nelle due direzioni.

I livelli, registrati in scala lineare, sono stati analizzati per terzi d'ottava e pesati nella scala A. Usando un'interpolazione di tipo sferico sono poi state costruite le curve isolivello attorno al tunnel, che evidenziano le modificazioni introdotte dalla schermatura nella distribuzione dell'energia sonora. In fig.4 sono riportate le curve isolivello pesate secondo la scala A. Da esse si possono desumere i benefici ottenibili nelle varie direzioni dopo l'intervento. Si nota inoltre come l'effetto della sorgente virtuale dovuta al piano stradale, evidenziata da una propaggine delle curve verso il basso sotto il ponte, venga annullata per effetto della schermatura.

Le curve analizzate per terzi d'ottava evidenziano fondamentalmente una forte perdita di efficacia della schermatura alle basse frequenze.

#### CONCLUSIONI .

I risultati della ricerca portano a concludere che i modelli matematici utilizzati forniscono ottimi risultati.

L'intervento di bonifica ha peraltro soddisfatto pienamente le aspettative di quanti da tempo attendevano che il disturbo fosse eliminato.

Si ritiene inoltre che lo studio approfondito della sorgente possa dare utili indicazioni nel caso di interventi futuri assimilabili a quello descritto, soprattutto per la previsione dell'abbattimento ottenibile in qualsivoglia direzione attorno alla schermatura e per qualunque frequenza.

[1] Z.Maekawa, "Noise reduction by screens" ,Applied Acoustics,1 (1968)  
pp.157-173

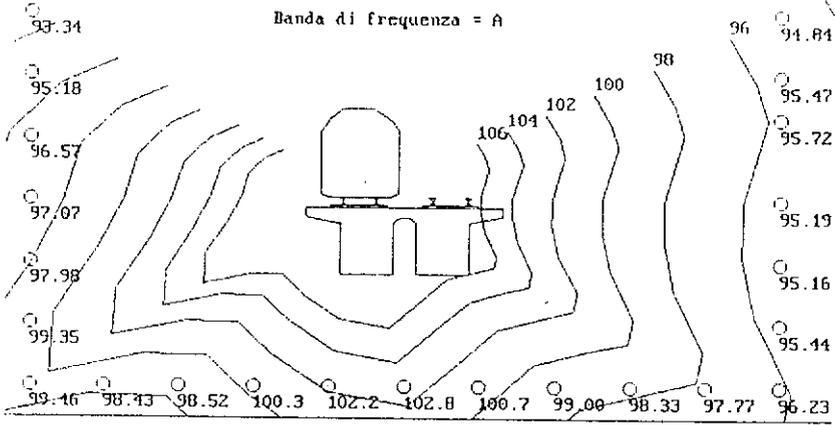
[2] R.Pompoli, "Considerazioni sull'impiego degli schermi acustici per il controllo del rumore negli ambienti di lavoro",  
"La ceramica", luglio-agosto (1982),pp.17-22

VIADOTTO DI VIA DEGLI ORTI - BOLOGNA

Rilievi di rumorosità prodotta dai treni  
in assenza della schermatura

Curve isolivello interpolate

Banda di frequenza = A



VIADOTTO DI VIA DEGLI ORTI - BOLOGNA

Rilievi di rumorosità prodotta dai treni  
dopo l'installazione della schermatura

Curve isolivello interpolate

Banda di frequenza = A

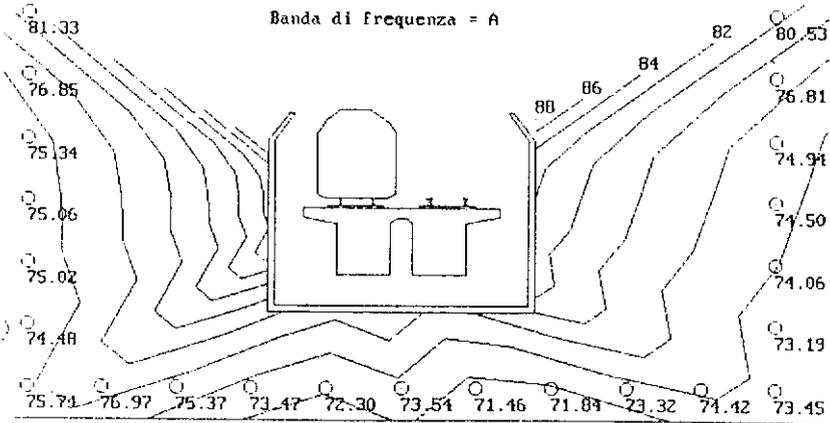
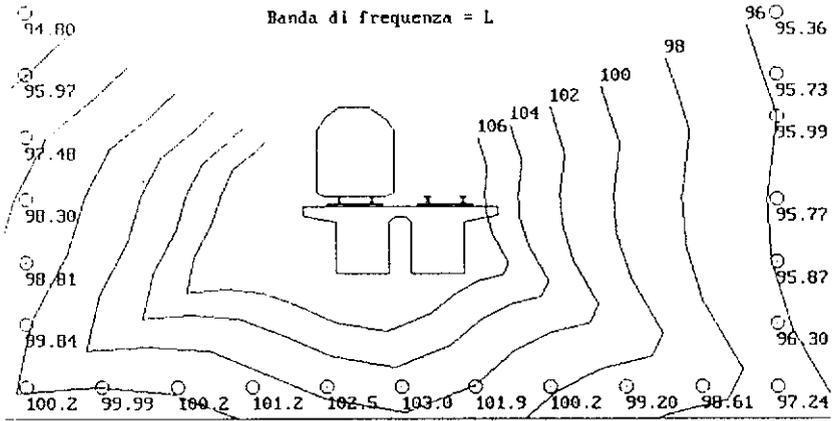


fig. 4a

VIADOTTO DI VIA DEGLI ORTI - BOLOGNA  
 Rilievi di rumorosità prodotta dai treni  
 in assenza della schermatura  
 Curve isolivello interpolate



VIADOTTO DI VIA DEGLI ORTI - BOLOGNA  
 Rilievi di rumorosità prodotta dai treni  
 dopo l'installazione della schermatura  
 Curve isolivello interpolate

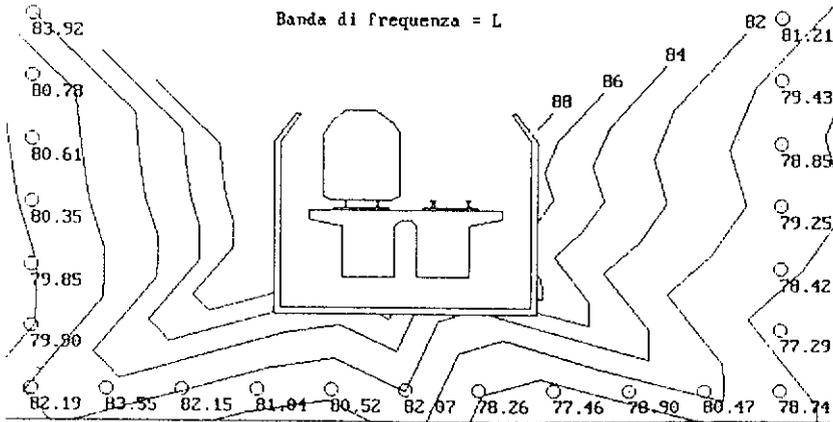


fig. 4b