

L'INQUINAMENTO ACUSTICO PRODOTTO DAL TRAFFICO FERROVIARIO

Sull'argomento dell'inquinamento acustico dovuto ai mezzi di trasporto sono stati condotti numerosi studi orientati, però, quasi esclusivamente sul traffico stradale; da pochi anni si sono, però, intensificate anche le indagini sulla rumorosità emessa dal traffico ferroviario.

Si riportano alcuni esempi di misure effettuate all'estero, anche sui treni ad alta velocità, e si forniscono indicazioni sugli studi di impatto acustico dovuto al passaggio di una linea ferroviaria.

PIETRO ROMANI
FRANCESCO VENTURA

Negli ultimi anni le ferrovie di tutto il mondo hanno avviato un'approfondita ricerca tesa ad individuare le cause proprie di disturbo all'ambiente ed a minimizzarne gli effetti.

Un aspetto fondamentale della vasta e complessa problematica relativa alla protezione dell'ambiente è la difesa dal rumore.

Su tale argomento sono stati condotti numerosi studi, nella maggior parte, però, orientati al traffico stradale; da pochi anni, si sono intensificate anche le indagini sulla rumorosità connessa al traffico ferroviario.

A questo aspetto verrà comunque riservato un interesse sempre maggiore sia per motivi di ordine tecnico (aumento della velocità dei treni e dell'intensità del traffico per effetto del potenziamento delle linee) sia per una maggiore sensibilità della popolazione verso i problemi dell'inquinamento ambientale.

Tornando al confronto traffico stradale - traffico ferroviario sulla base di numerosi studi si può affermare che:

- l'insistenza nel tempo del rumore ferroviario è di gran lunga inferiore a quella del rumore stradale (per esempio il livello di 60 dB(A) è superato dal rumore ferroviario solo per il 20% del tempo di osservazione mentre per lo stradale è superato di almeno l'80%);

- il traffico ferroviario genera livelli di picco più elevati (fino a 10 dB(A) di differenza) rispetto a quello stradale;

- la distribuzione frequenziale sui rispettivi spettri è diversa.

Quest'ultima considerazione è interessante se si considera che la reazione della comunità al rumore è dovuta più alla presenza di determinate frequenze che non al livello sonoro.

Infatti la sensazione uditiva è funzione della quantità di energia acustica ricevuta ma varia con le frequenze, con la larghezza di banda delle relative frequenze nonché con la durata di esposizione, col carattere impulsivo del rumore unitamente alle caratteristiche individuali delle persone (età, occupazione, momento della giornata, ecc.). Questa sensazione uditiva è in stretta relazione, anche se non lineare, con l'impatto psicologico e fisiologico del rumore. Tutto ciò ha fatto sì che l'atteggiamento delle collettività particolarmente esposte ai rumori del traffico sia più tollerante nei confronti del traffico ferroviario, ovvero il fastidio del rumore ferroviario risulta, a parità di livello, minore di quello dovuto al traffico stradale.

Il rumore causato dai treni può essere di due tipi differenti con diverse conseguenze:

- rumore prodotto in prossimità di stazioni, depositi e parchi ferroviari;
- rumori dovuti alla circolazione e quindi al passaggio dei treni.

Nel primo caso il rumore prodotto è persistente con conseguente disturbo degli abitanti delle zone limitrofe a questi impianti e degli addetti agli impianti stessi; comunque sono due forme d'inquinamento valutabili in modo assolutamente diverso: collettività ed ambiente di lavoro.

Nel secondo caso, invece, si ha alternanza di rumori durante il passaggio dei treni con tempi relativamente lunghi di rumore di fondo flebile.

Si svilupperanno quindi alcune considerazioni su quest'ultimo aspetto iniziando dalle fonti principali di rumore prodotte dal passaggio dei treni.

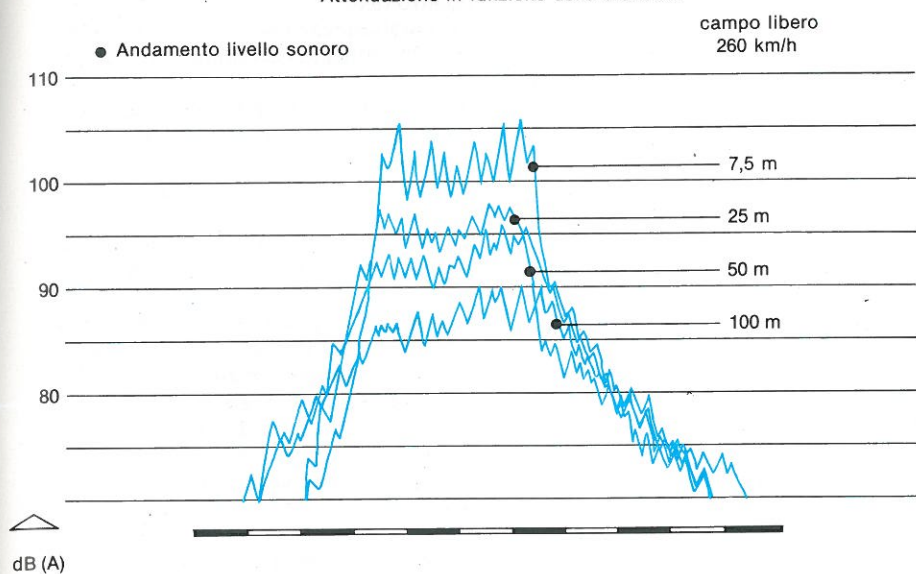
1. Andamento dei livelli sonori a varie velocità per più tipi di treni francesi.

treni commerciali	velocità km/h	livello max in dB(A)			
		7.50 m	15 m	25 m	50 m
TGV	270	105	100	97	93
Rapidi	200	104	100	97	93
Espressi	140	97	94	92	88
"Messageries"	100	96	92	89	85,5
Merci	80	93	89	86	82,5

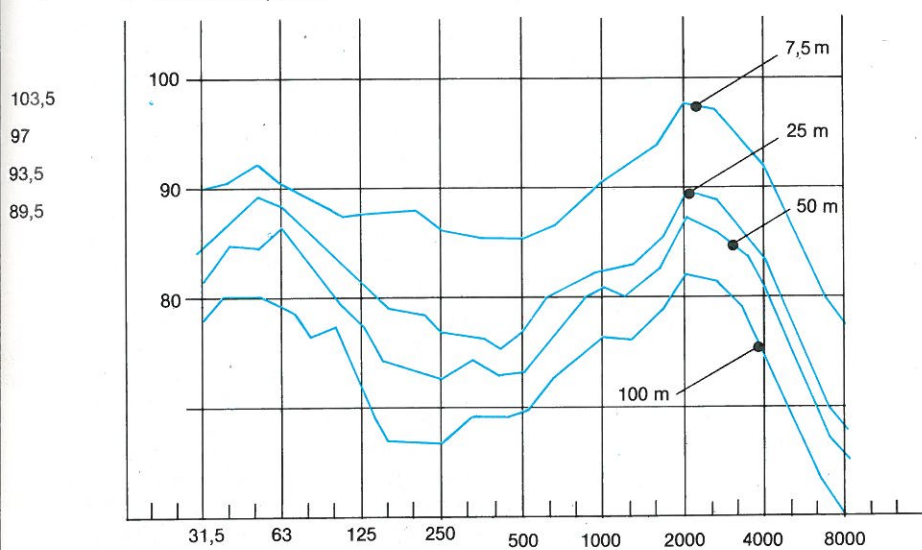
* valori caratteristici in dB(A) dei livelli sonori a distanza per differenti treni, a diverse velocità.

P. Romani, Ente Ferrovie, Roma.
F. Ventura, Studio Progettazione Integrata Ambiente, Roma.

Attenuazione in funzione della distanza



Analisi in frequenza



È possibile distinguere due tipi di sorgenti: una, primaria, localizzabile nella zona in cui avviene il contatto ruota-rotaia; un'altra, secondaria, che include il rumore proprio dei motori di trazione, degli apparecchi ausiliari (ventilatori) e il rumore di strisciamento dei pantografi sulla linea di contatto. Alcune sorgenti occasionali sono connesse all'azione di frenatura, al passaggio su giunti di rotaia, all'attraversamento di scambi e incroci e, in generale, alle discontinuità del tracciato, che, pur generando rumori di tipo impulsivo, hanno comunque scarsa rilevanza sulla rumorosità globale. Un'ultima sorgente di rumore ha origine durante il moto in curva.

Nel caso della trazione elettrica le sorgenti secondarie si possono trascurare. Per i rumori del primo tipo cioè contatto ruota-rotaia, giocano un ruolo importante sia le caratteristiche del veicolo, sia quelle del binario, sia quelle delle strutture circostanti e cioè: i ponti, le gallerie, il corpo stradale, i fabbricati vicini, ecc. Quando una ruota di acciaio rotola su

2. Attenuazione in funzione della distanza.

una lunga rotaia saldata e senza marezatura, essa genera un suono caratterizzato da un ampio spettro di frequenza. Esperienze condotte sulla rete delle Ferrovie Federali Tedesche (DB), sembrano dimostrare che, al crescere della velocità, aumenta in modo particolare la quota di rumore generata propriamente dalle strutture, la quale risulta molto influenzata anche dalle caratteristiche del flusso d'aria in prossimità delle rotaie. Ma soprattutto lo stato di queste ultime, insieme a quello del cerchione,

incide sull'intensità e sulla composizione spettrale dei rumori: ciò soprattutto quando ruote e rotaie vengono eccitate con frequenze vicine a quelle rispettive naturali di risonanza, normalmente piuttosto basse, come sovente si verifica nelle curve di piccolo raggio. Lo strisciamento del bordino contro il fungo, poi, produce nelle curve sopradette un ulteriore suono di frequenza più alta e, per conseguenza, più stridente. Analogamente avviene per il rumore generato dagli elementi frenanti.

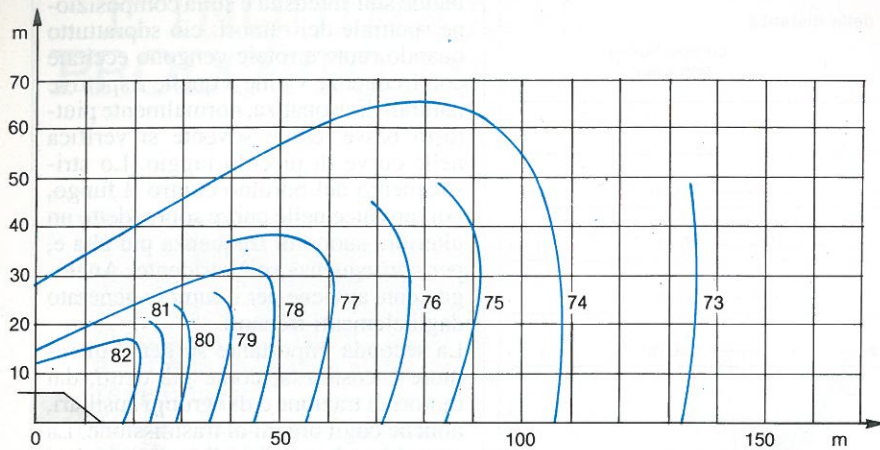
La seconda importante sorgente di rumore è costituita, come già detto, dai motori di trazione e dai gruppi ausiliari, nonché dagli organi di trasmissione. La quantità e la qualità di questi rumori dipendono grandemente dal tipo di unità di trazione. Bisogna però osservare che, di qualsiasi origine esse siano, le vibrazioni una volta prodotte, vengono trasmesse dalle rotaie alle strutture immediatamente circostanti e da queste, attraverso il terreno, agli edifici adiacenti. A questo punto, gli edifici stessi si trasformano in sorgenti secondarie di rumore. È da considerare inoltre il rumore aerodinamico che interviene solo alle velocità rilevanti e dipende dalle caratteristiche geometriche della motrice. I treni francesi (TGV) sono stati oggetto di studi in gallerie aerodinamiche al fine di ridurre le turbolenze e quindi la generazione acustica corrispondente. Tuttavia, certi elementi quali il pantografo possono diventare sorgenti aerodinamiche non trascurabili.

Consideriamo ora più in dettaglio il rapporto intercorrente fra il rumore e le caratteristiche della linea.

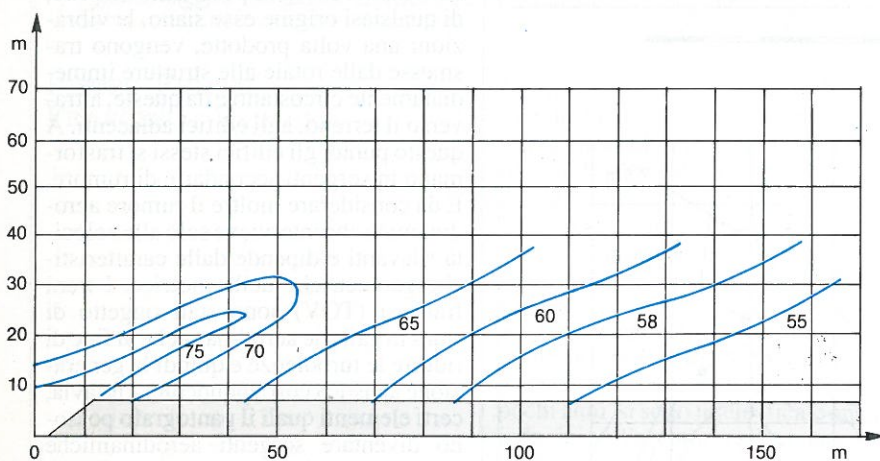
I tedeschi (DB) hanno misurato i livelli di rumore di un gran numero di treni di tutti i tipi, in un arco di velocità compreso tra i 60 e i 240 km/h, su linee principali con binario posato su massicciata di pietrisco in buone condizioni, sia con trazione elettrica che diesel. Le misure sono state effettuate su terreno pianeggiante: nell'intervallo tra 60 e 240 km/h si osserva mediamente un aumento di quasi 10 dB in corrispondenza di un raddoppio di velocità.

Le molteplici esperienze condotte dalla DB dimostrerebbero, inoltre, che un binario con traverse in calcestruzzo sia apprezzabilmente più silenzioso che non uno con traverse in legno, mentre un binario direttamente poggiato su soletta in calcestruzzo, senza interposizione di massicciata, porterebbe ad un aumento di livello sonoro pari a circa 4 dB. Innalzando il punto di rilevamento da 1,2 a 3,5 m sul p.f., il livello sonoro si innalza mediamente di circa 2 dB, in modo particolare nella fascia di frequenze compresa fra 200 e 1000 Hz. Tra 15 e 100 m di distanza trasversale del punto di rilevamento, al raddoppio della distanza stessa si ha un abbassamento di circa 5 dB, in modo più evidente per le frequenze tra 125 e 500 Hz.

È interessante anche notare nella figura 1 l'andamento dei livelli sonori a varie



LEQ - rilevato di 6 m v: 260 km/h - 130 treni/giorno



LEQ - trincea di 6 m v: 260 km/h - 130 treni/giorno

velocità per più tipi di treni francesi: il rumore del TGV a 270 km/h è praticamente simile a quello di un rapido a 200 km/h.

Per caratterizzare il rumore originato dal transito dei treni, si può osservare un tipico diagramma temporale (figura 2) del livello di pressione sonora espresso in dB(A). Le curve (in alto) riportano i valori misurati in 4 punti (7,5-25-50-100 m) dalla linea di mezz'ora del binario.

Dall'unione dei due diagrammi è possibile ricavare alcune caratteristiche fondamentali della rumorosità provocata dai treni in transito. In primo luogo il rumore aumenta e decade regolarmente: naturalmente i valori del tempo di salita e di discesa dipendono dalla velocità del treno.

Per quanto concerne l'andamento frequenziale si nota nella figura 2 in basso i picchi a 2000 Hz ed un abbassamento alle frequenze medio-basse (125-300 Hz).

STUDIO DI IMPATTO ACUSTICO

Il DPCM sul VIA del 27/12/88 impone per qualsiasi grande infrastruttura che si cali nel territorio (e quindi anche le linee ferroviarie) uno studio di impatto ambientale indicando anche la componente ambientale rumore.

Quindi lo studio di impatto acustico si

3. Esempi di propagazione del rumore ferroviario.

può articolare fondamentalmente in quattro fasi:

- caratterizzazione della situazione acustica iniziale dell'ambiente di indagine;
- determinazione degli incrementi dei livelli di rumore conseguenti alla nuova infrastruttura;
- confronto con i valori massimi ammissibili;
- analisi delle proposte d'interventi diretti a minimizzare gli effetti impattivi.

Ognuna delle quattro fasi conduce a dei risultati ottenibili attraverso una successione ordinata di operazioni che si collocano all'interno di più sottofasi.

La caratterizzazione dello stato iniziale consiste nel rappresentare la situazione acustica limitatamente ad una fascia di territorio in cui sarà inserita la nuova infrastruttura.

L'individuazione del tracciato consente di limitare, almeno dal punto di vista dello studio dell'impatto acustico, le successive analisi a una striscia di territorio di ampiezza al più di 1 km e con asse coincidente con la sede ferroviaria. Al suo interno, s'individuano le aree più sensibili al fono inquinamento.

Allo scopo si rivelano necessari numerosi dati sul territorio quali la destinazione d'uso, l'urbanizzazione esistente (quantificabile in termini di densità edilizia e di popolazione residente), attività prevalenti (industria, agricoltura, artigianato, turismo), futuri sviluppi urbanistici (piani regolatori dei Comuni interessati).

Lo studio delle aree più sensibili si effettua a un livello di dettaglio superiore ricorrendo a strumenti cartografici con scala 1:10.000 o anche 1:2000 e per necessità di dati aggiornati, a informazioni ottenibili da sussidi aerofotogrammetrici.

È opportuno, in questa fase, rilevare la presenza di eventuali insediamenti industriali (tipo e dimensioni) e di altre infrastrutture di trasporto (autostrade e strade a scorrimento veloce con relativi flussi di traffico accertati o presunti), al fine di stabilire una stima dei livelli di rumorosità ambientale preesistente alla nuova infrastruttura (rumorosità di "fondo") o clima acustico esistente.

Le informazioni ottenute possono tornare utili anche nella sottofase successiva che consiste nello studio delle priorità, dal punto di vista della propagazione del disturbo acustico, dell'area territoriale che si frappone tra l'infrastruttura e zone sensibili.

È essenziale per tale scopo rilevare la natura del terreno in termini di proprietà di riflessione o assorbimento dell'energia sonora (eventuale presenza di vegetazione: erbacea, arbustiva, arborea; ostacoli naturali: rilievi collinari, terrapieni).

Può, inoltre, risultare importante la conoscenza di alcuni parametri meteorologici: temperature medie stagionali, umidità relativa media, regime dei venti

dominanti.

Appare invece essenziale conoscere la distribuzione geometrica delle facciate degli edifici esposti rispetto all'asse dell'infrastruttura.

Per quanto riguarda la seconda fase il suo buon esito poggia su una completa e approfondita caratterizzazione delle sorgenti di rumore (treni) e delle modalità di propagazione.

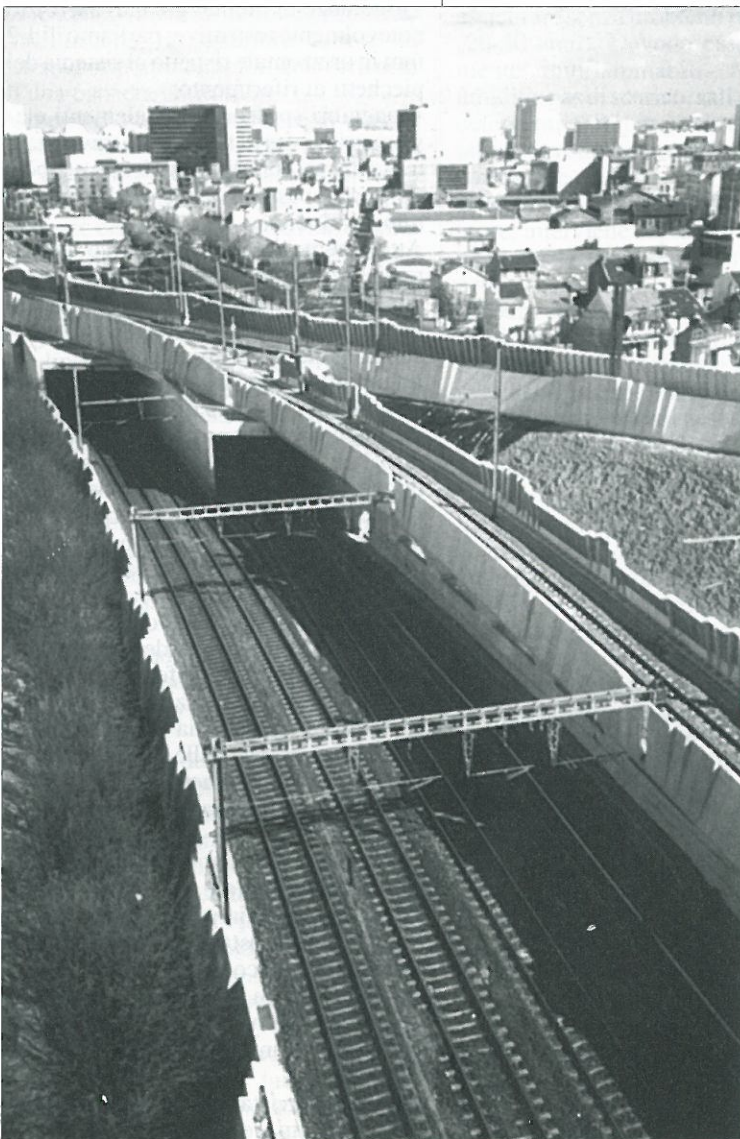
I dati richiesti sono:

- caratteristiche geometrico-morfologiche del tracciato in prossimità delle zone sensibili (rettilineo, curva, punti di singolarità: scambi, incroci), trincea, rilevato, viadotto, galleria, a raso;
- tipo di armamento (pietrisco, piastroni in cls);
- tipologia dei convogli (viaggiatori, merci) e relativi flussi di traffico suddivisi per fasce orarie (7-18; 18-22; 22-7);
- lunghezza tipica dei convogli e velocità media di transito per tipologia.

Sulla base dei dati indicati e ricorrendo a modelli matematici di prima approssimazione o, se necessario, più raffinati, è possibile effettuare un'analisi predittiva dei livelli di emissione sonora delle sorgenti.

In figura 3 si riportano due esempi di

4. Barriere antirumore in Francia sulla linea del TGV Atlantique alla periferia di Parigi.



propagazione del rumore per una ferrovia in rilevato ed in trincea con una velocità di 260 km/h e 130 treni al giorno ripresi da abachi francesi.

Gli stessi modelli, note le caratteristiche geometrico-acustiche del territorio circostante, consentono di determinare l'attenuazione che s'induce a seguito del processo di propagazione dell'energia sonora.

In conclusione è possibile stimare con sufficiente approssimazione i valori dei livelli di rumorosità indotta in vari punti delle zone a più alta sensibilità.

Per le infrastrutture in esercizio si possono invece effettuare delle misurazioni di rumore con fonometri integratori, analizzatori statistici e registratori grafici per individuare le rumorosità esistenti con indici statistici, efficaci, di picco che descrivono il livello di disturbo percepito dai cittadini esposti al fonoinquinamento.

La fase terza prevede il confronto tra i livelli stimati e i limiti massimi accettabili imposti da leggi o normative esistenti.

Purtroppo il problema, di per sé molto semplice, si complica per mancanza degli opportuni strumenti legislativi.

Si può fare riferimento a normative internazionali ed eventuali regolamenti locali o, come di solito avviene, alla proposta di normativa del Ministero della Sanità (ora ripresa dal Ministero dell'Ambiente) o alla ISO R 1996.

Le conclusioni a cui si giunge in questa fase non possono essere che due: impatto trascurabile o presenza di fonoinquinamento.

La seconda eventualità comporta, a sua volta, due alternative:

- variante di tracciato o, al limite, scelta di un altro corridoio;
- interventi di minimizzazione degli impatti.

La prima alternativa da prendere in considerazione in presenza di effetti rilevanti, comporta, in parte, un riesame dell'intera situazione e quindi un ritorno alla prima fase.

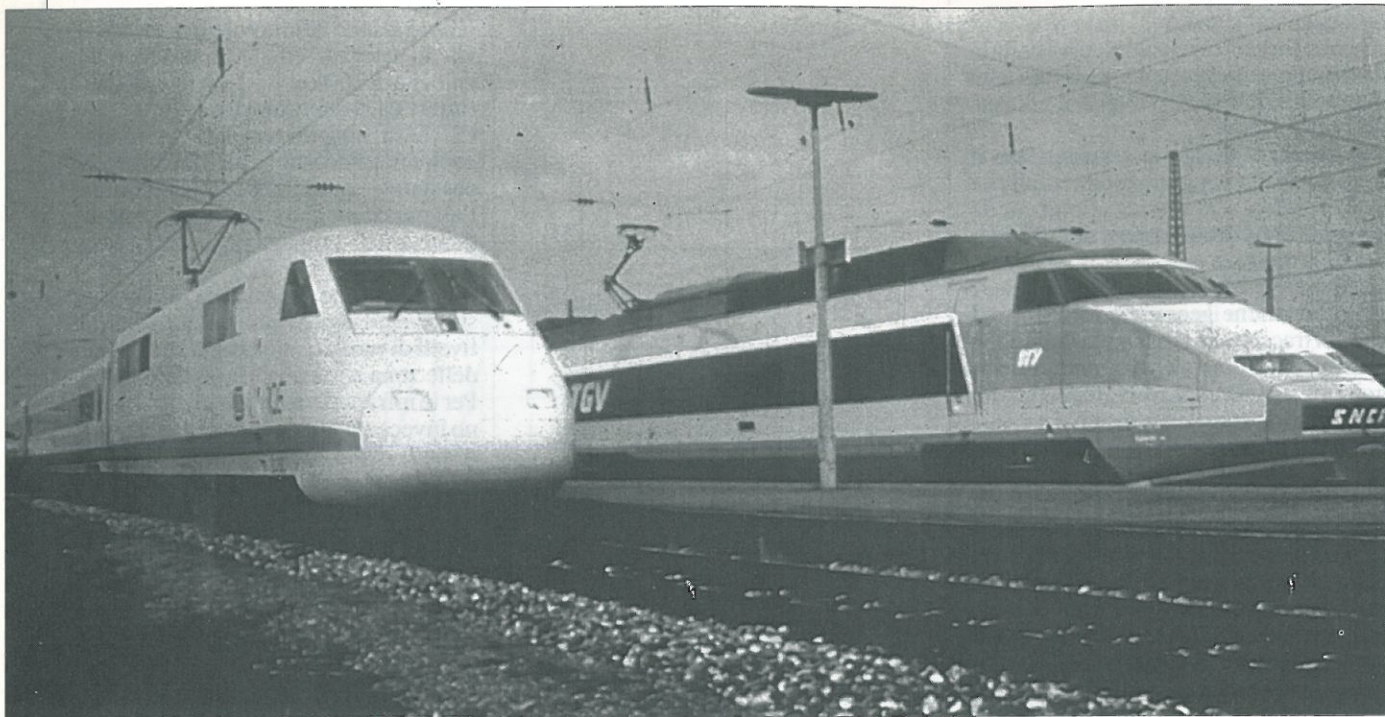
È evidente che una serie di dati e risultati acquisiti nel primo processo sono utilizzabili.

La seconda alternativa conduce, invece, alla quarta fase.

È possibile raggruppare gli interventi di minimizzazione d'impatto acustico in due categorie: attivi e passivi.

In tema di sede ferroviaria, possiamo affermare che, date le caratteristiche geometriche piano-altimetriche delle nuove linee viene eliminata automaticamente l'emissione di rumore costituito da toni particolarmente fastidiosi che vengono generati per effetto dello strisciamento del bordo della ruota contro il fungo della rotaia, esaltando quel fenomeno che è all'origine del rumore ferroviario che è il contatto ruota-rotaia.

Sempre in tema di interventi attivi di contenimento del rumore, notevole problema è rappresentato dal transito dei treni su viadotto, le cui condizioni con-



5. Il TGV francese e l'ICE tedesco.

corrono a determinare incrementi dei livelli sonori, sia per la naturale posizione della sorgente del rumore, sia a causa dell'emissione secondaria di rumore indotto dalla energia vibrazionale, che si propaga sulle strutture dei viadotti: il cosiddetto "rumore solido".

A tale problema quindi occorrerà riservare particolare attenzione nella fase progettuale delle opere stesse, e ancora di più a monte, in fase di studio di valutazione di impatto ambientale, attraverso la definizione delle opere di minimizzazione degli impatti, agendo di concerto con gli specialisti in materia di acustica e vibrazioni allo scopo di valutare l'opportunità di ricorrere a tipologie di manufatti e di armamento ad elevate attenuazioni delle vibrazioni.

Si ricorda l'esperienza giapponese, che negli anni '60, in fase di studio della linea dello "Shinkansen" non aveva tenuto in debito conto gli effetti negativi delle vibrazioni e del conseguente rumore solido, per i tratti di linea attraversanti agglomerati urbani per lo più realizzati su viadotto.

Nella costruzione dell'opera, non vennero adottate particolari misure per la limitazione delle vibrazioni e del rumore, ma a seguito del notevole disturbo arrecato alle abitazioni lungo la linea, particolarmente in termini di rumore, l'Agenzia di Stato per la protezione dell'Ambiente, nel 1975 emanò una normativa indicante i livelli massimi ammessi, sulla base della quale si diede un notevole sviluppo a studi di sistemi antivibranti, sperimentandoli e applicandoli, sia sulle linee già costruite con notevoli oneri finanziari, sia in seguito nelle linee per treni superveloci di più recente costruzione.

In Francia già dai primi studi per la realizzazione del TGV si prese nella dovuta considerazione la problematica

delle vibrazioni e del rumore; in termini di armamento sono caratteristiche del TGV:

- tolleranze di montaggio e di esercizio notevolmente restrittive: parliamo di ± 2 mm in orizzontale rispetto al sistema dei picchetti di riferimento;
- maggiori spessori degli elementi elastometrici inseriti tra rotaie e traverse: si tratta di spessori di circa 10 mm e cioè 2 volte lo spessore usato nella linea a minor velocità.

Attualmente, alcune iniziative per la realizzazione di nuove linee negli Stati Uniti (High Speed Rail HSR) fanno generalmente riferimento alle esperienze giapponesi ed europee.

Interventi attivi di attenuazione del rumore sul materiale rotabile, e cioè nei convogli, riguardano particolarmente la distribuzione lineare delle masse volumiche, ai fini della penetrazione aerodinamica, e lo sviluppo tecnologico di altre componenti come: gli organi di trasmissione, i gruppi ausiliari e i motori di trazione.

Abbiamo quindi visto, che interventi minimi di attenuazione del rumore ferroviario, si possono effettuare sia sull'infrastruttura, in funzione delle varie sezioni tipologiche, sia sui rotabili, ma certamente ci sono delle situazioni in cui si chiede un abbattimento di rumore tale da dover necessariamente ricorrere a interventi passivi.

Questi si traducono, di fatto, nella costruzione di barriere antirumore ai lati della sede ferroviaria.

La presenza di ostacoli naturali o artificiali lungo il percorso di propagazione di un'onda sonora introduce interessanti effetti di attenuazione, sfruttabili al fine di ridurre il rumore percepito da un osservatore.

Dal punto di vista pratico la creazione di ostacoli o, in generale, di barriere tra

sorgente e osservatore è uno dei sistemi più efficaci e meno costosi, a parità di efficacia rispetto agli altri, per ridurre l'inquinamento da rumore in ambienti esterni.

Nel caso di traffico ferroviario, ma le stesse considerazioni si applicano anche nel traffico stradale, eventuali ostacoli naturali alla propagazione del rumore sono in genere costituiti da costoni laterali che affiancano un tratto di linea che si sviluppa in trincea e da elevazioni del terreno (terrapieni o, al limite, piccole colline).

Nel caso di propagazione libera occorre, evidentemente, creare ostacoli artificiali ovvero barriere antirumore. La teoria delle barriere acustiche è abbastanza complessa e si basa essenzialmente sul fenomeno della diffrazione delle onde sonore.

Per quanto riguarda i valori di attenuazione, se è abbastanza agevole ottenere anche un delta pari a 5-10 dB(A) raggiungere i 15 dB(A) è già difficile mentre il valore di 20-22 dB(A) è solo teorico.

Entrano infatti in gioco valori connessi alle turbolenze dell'atmosfera generate dal transito del treno e che tendono a ridurre l'efficacia dello schermo.

Le caratteristiche di fonoassorbimento costituiscono un ulteriore fattore di estrema importanza ai fini dell'efficacia di una barriera antirumore.

A meno di costruire barriere di altezza notevolissima, occorre che la distanza tra barriera e sorgente sia la minima possibile, compatibilmente con altre esigenze che, nel caso ferroviario, sono determinate dalla sicurezza di esercizio e dalla necessità di lasciare una zona libera per la sorveglianza della linea.

In genere una barriera acustica lungo una linea ferroviaria può essere posta a circa 3 metri dalla rotaia esterna, con una altezza sul piano del ferro di circa 2 metri, ottenendo così attenuazioni attorno agli 8-10 dB(A).

Requisito essenziale di una barriera acustica è che essa non entri in vibrazione al passaggio del treno; diversamente si ha una perdita di efficacia in quanto è la barriera stessa che diventa sorgente di rumore.

Per l'edificazione di dispositivi di protezione sonora bisogna prestare attenzione da un punto di vista di tecnica acustica a quanto segue:

- la diminuzione del livello sonoro cresce con l'altezza del mezzo di protezione, in ogni caso la barriera deve superare la linea congiungente la sorgente sonora e il ricevitore ($h_{eff} > 0$);

- lo schermo acustico deve essere senza fessure, poiché anche i più piccoli pertugi permettono il passaggio di fastidiose punte di livello sonoro, soprattutto nel campo delle alte frequenze generalmente ben schermate;

- l'altezza schermante dovrebbe rimanere costante su grandi lunghezze del mezzo protettivo poiché ad ogni cambiamento dell'altezza è associata sem-

pre un'oscillazione del livello sonoro;

- lo schermo acustico deve essere sufficientemente lungo;

- tutti i materiali impiegati nella costruzione devono resistere alle intemperie e assicurare senza problemi una lunga vita (20-30 anni). Devono essere assolutamente ininfiammabili, resistenti ad umidità, gas di scarico, sali antighiaccio, detergenti e oli per motore. I pezzi metallici devono essere protetti contro la corrosione.

La necessità di costruire barriere antirumore, interviene soprattutto in situazioni in cui la linea ferroviaria attraversa zone urbanizzate.

Va purtroppo sottolineato che la presenza di uno schermo acustico costituisce un elemento di intrusione visiva sia per i residenti in prossimità della linea che per i viaggiatori: qualsiasi barriera quindi a parte i problemi di costo e di manutenzione, comporta anche effetti estetici non sempre gradevoli.

In ogni caso, qualsiasi intervento passivo di attenuazione del rumore, pur proponendosi come unico obiettivo la riduzione o il contenimento di un fattore inquinante quale il rumore generato dal transito dei treni, è pur sempre un intervento sul territorio, una modificazione del paesaggio e come tale non dovrà apportare conseguenze negative su altri non meno importanti fattori ambientali; nella fattispecie, essendo la tipologia costruttiva di gran parte delle barriere non sempre in armonia con l'ambiente circostante, si corre il rischio di creare un ostacolo non solo alla propagazione delle onde sonore ma anche alla visualità del paesaggio attraversato.

Di qui l'esigenza di curare sia nella ricerca e nei capitolati tecnici non solo gli aspetti scientifici dei manufatti ma anche e soprattutto l'aspetto estetico e l'inserimento ambientale dell'intervento.

A questo scopo si riportano alcune osservazioni tratte dal "progetto pilota per

barriere acustiche" redatto dalle Ferrovie Federali Svizzere a proposito del capitolato:

- ogni barriera acustica deve dare una visione positiva delle ferrovie svizzere;
- deve essere interessante per i viaggiatori e non essere noiosa;

- per gli abitanti dei nuclei urbani attraversati dovrà essere la prestazione di un giusto servizio e non un camuffamento, testimoniandone prova di rispetto nei loro confronti;

- le barriere antirumore, rappresentando un elemento nuovo delle ferrovie svizzere dovranno contribuire a migliorarne l'immagine.

Sono senza dubbio buoni propositi, ma la realizzazione non sarà facile se non ci sarà volontà di collaborazione tra gli Enti appaltanti, attraverso capitolati e norme tecniche che indirizzino le soluzioni e non le impongano, e l'industria del settore. Quest'ultima, unitamente a tecnici specializzati, al tempo stesso deve garantire la qualità del prodotto, impedendo così di fatto la proliferazione libera, come purtroppo avviene quando si affronta una nuova tecnologia, e integrare l'aspetto puro della ricerca metodologica a quello della ricerca applicata mediante una necessaria sperimentazione sul campo.

Tale integrazione è finalizzata all'ottenimento di risultati che, se da un lato avranno il necessario spessore per proporsi settorialmente al dibattito normativo della VIA (capita a proposito l'emanazione del DPCM 27/12/88 con cui, sulla scia della direttiva CEE del 1985, e su quanto stabilito dall'art. 6 Legge 349/86 si obbliga l'Ente appaltante all'elaborazione di uno SIA, nel caso di costruzione di opere di proporzioni rilevanti) dall'altro si cercherà di proporre nuove e concrete basi normative di operatività futura allo scopo di fornire ai progettisti e ai produttori, i necessari strumenti atti ad ottenere i migliori risultati.

Bibliografia

- Ore: Question C 137 "Bruits dans le domaine ferroviaire", Rapp. n. 5 Utrecht, Oct. 1977.
 Cetur: "Guide de transports terrestre", 1980. Ministère de l'Environnement: Bruit Ferroviaire, Dec. 1984
 Scarano P.: Sistemi di trasporto ed inquinamento acustico, Atti "Le Ferrovie nei trasporti degli anni 2000", Bologna, aprile 1988.
 Cosa M., Nicoli M.: Valutazione e controllo del rumore e delle vibrazioni, ESA, 1984.
 Harris C.: Manuale di controllo del rumore, Tecniche Nuove, 1983.
 Ozawa S.: Countermeasures to reduce booms from exits of Shinkansen Tunnels, Japanese Railway Engineering - vol. 24 n. 2, 1984.
 Piepoli G.: La riduzione dei rumori ferroviari, La Tecnica Professionale, ottobre 1975.
 Ventura F.: Cause del rumore da traffico, Inquinamento n. 5, 1985.
 De Graaf W.: Noise impact from high speed train, Proceedings F.A.S.E., aprile 1989.