

# **EFFETTI METEOROLOGICI E DESCRITTORI ACUSTICI DELLA DIRETTIVA 2002/49/CE: VERIFICA IN CONTESTI GEOGRAFICAMENTE COMPLESSI**

Marco Masoero (1), Carlo Alessandro Bertetti (2), Laura Mattiuzzo (2)

1) Politecnico di Torino

2) Studio Progetto Ambiente srl, Torino

## **1. Introduzione**

In un precedente articolo [1] gli autori hanno discusso l'effetto delle condizioni meteorologiche sulla propagazione del rumore autostradale, attraverso l'analisi dei risultati di alcune campagne di misure sperimentali effettuate in contesti geografici complessi.

L'analisi dei risultati era focalizzata sui descrittori acustici previsti dalla Legge Quadro, in particolare sui livelli equivalenti diurno e notturno. Tale scelta è giustificata, fra l'altro, dal fatto che sia le condizioni meteorologiche, sia i volumi di traffico, presentano generalmente una marcata periodicità diurna-notturna. Tali dinamiche influenzano in modo significativo le condizioni di propagazione acustica e conseguentemente i valori dei descrittori acustici previsti dalla legislazione nazionale.

In questo articolo si intende verificare l'influenza che le condizioni meteorologiche esercitano sul valore dei descrittori acustici previsti dalla Direttiva 2002/49/CE (END), recepiti in Italia con il D.L. 19 agosto 2005 n. 194, con particolare riferimento all'indicatore  $L_{den}$  e alle infrastrutture autostradali inserite in contesti territoriali complessi. Si intende in particolare verificare in che misura gli effetti legati alla ciclicità meteorologica diurna/notturna, evidenti nei descrittori della Legge Quadro, permangono quando si adotta un descrittore globale del tipo  $L_{den}$ .

## **2. Effetti meteorologici su $L_{eq(6-22)}$ e $L_{eq(22-6)}$**

I risultati sperimentali ottenuti in cinque differenti ambienti di propagazione attraversati da tracciati autostradali di importanza nazionale, rappresentativi di tipiche situazioni di valle e di pianura in prossimità della costa (A10 e A15) e di situazioni appenniniche di valle (A1 valle, A15), o orograficamente complesse (A1 complex), hanno evidenziato che le condizioni meteorologiche locali possono intervenire significativamente sugli indicatori di rumore previsti dalla Legge Quadro  $L_{eq(6-22)}$  e  $L_{eq(22-6)}$ .

La correlazione tra gli indicatori di rumore a lungo termine, le misure meteorologiche e i rilevamenti di traffico hanno evidenziato il seguente comportamento:

- le condizioni di vento locali modificano i ritmi del paesaggio sonoro autostradale, determinando variazioni che esaltano o smorzano il decorso temporale del traffico. Rispetto alle condizioni di propagazione omogenee, dove la differenza di livelli giorno-notte è sostanzialmente attribuibile a differenze nel traffico, si verificano si-

tuazioni in cui le condizioni favorevoli alla propagazione del rumore compensano le variazioni di traffico e viceversa altre in cui tale differenza viene amplificata;

- la morfologia dell'area e l'inserimento geografico sono fattori in grado di alterare significativamente la propagazione del rumore. I venti locali rendono asimmetrico il campo sonoro, creando condizioni favorevoli/sfavorevoli alla propagazione;
- la differenza di rumore giorno-notte in prossimità del ciglio stradale, originata dal differente traffico nei periodi di riferimento, può azzerarsi alle lunghe distanze in ambienti di valle larga, mantenersi sostanzialmente invariata in morfologie complesse, o, all'opposto, esaltarsi in ambienti vallivi di costa (Figura 1);
- all'interno della Fascia A di pertinenza, ossia entro i primi 100 m dal ciglio autostradale, in tutti i casi esaminati gli effetti meteorologici sulla propagazione sono contenuti entro  $\pm 1$  dB(A) mentre all'interno della Fascia B e fuori fascia sono stati constatati effetti massimi dell'ordine di  $2\div 2.5$  dB(A) in ambiente di valle.

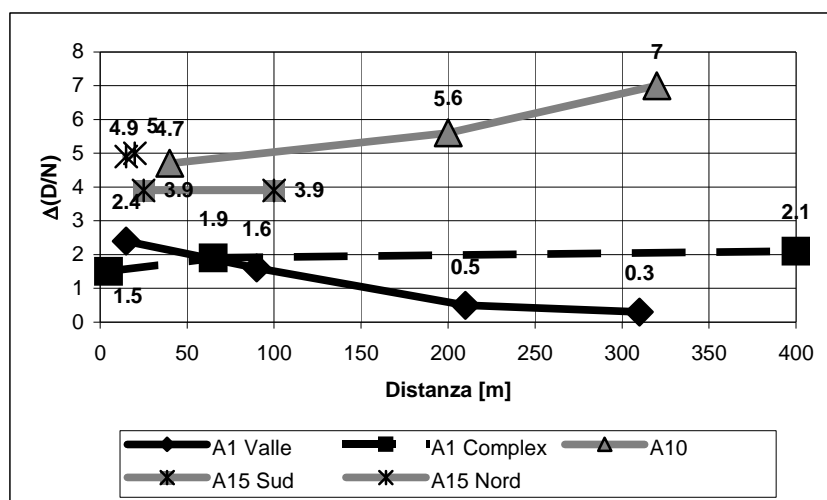


Figura 1 – Differenza  $L_{Aeq}$  giorno/notte in funzione della distanza

Un'ulteriore conferma del rapporto tra campo sonoro e campo anemologico e degli effetti significativi sugli indicatori di rumore nazionali è giunta dall'analisi dei risultati sperimentali ottenuti in un tratto autostradale della A14 tra Ancona e Senigallia, con tracciato a mezza costa e quote crescenti da nord-est (dal mare) in direzione sud-ovest. In quest'area sono state installate due postazioni fisse di monitoraggio del rumore a monte del tracciato della A14 (30 m, 315 m dal ciglio autostradale) e due a valle (180, 230 m dal ciglio autostradale), con due punti di monitoraggio del rumore complementari da ogni lato del tracciato in cui sono stati svolti rilievi assistiti con metodica di campionamento temporale (a 30, 75, 90, 135 m dal ciglio autostradale). Tutte le misure sono state svolte con microfono a 4 m dal piano campagna locale. E' stato inoltre svolto un monitoraggio in continuo degli indicatori climatici e del traffico.

I valori vettoriali del campo anemologico fluttuano con regolarità nel periodo giornaliero interagendo profondamente con i ritmi del paesaggio sonoro originati dalle variazioni di traffico, amplificandoli o attenuandoli. Questo comportamento è soggettivamente riscontrato dai residenti. Nel periodo diurno sono prevalenti i venti di mare di provenienza N-NE, nel periodo notturno invece predominano i venti di terra da S e SSW (Figura 2).

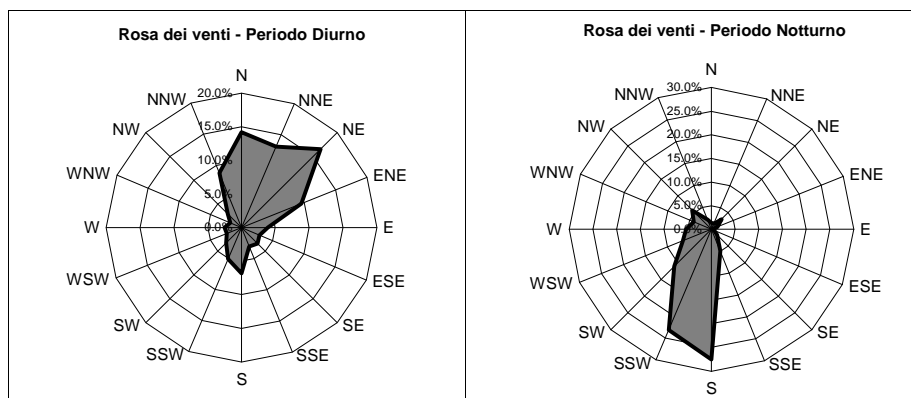


Figura 2 – A14: Rose di direzione dei venti giorno/notte

Per quanto riguarda il campo sonoro (Figura 3), si è rilevato che le postazioni a monte (Sud), a quote superiori rispetto alla sorgente autostradale, sono sistematicamente esposte a livelli più elevati di quelli rilevati nelle postazioni a valle (Nord), che si trovano a quote inferiori. Tale differenza è evidente nel periodo diurno, mentre nel periodo notturno i livelli nelle postazioni di valle tendono ad assumere valori simili a quelli rilevati in periodo diurno e, di conseguenza, simili ai livelli rilevati nelle postazioni di monte. Per queste ultime quindi il  $\Delta L_{eq}$  giorno/notte è più elevato che per le postazioni di valle. Sia per le postazioni di monte che per quelle di valle, il  $\Delta L_{eq}$  giorno/notte diminuisce al crescere della distanza dalla sorgente autostradale, fino a tendere a zero dal lato a valle per distanze superiori a 150 m. Nella postazione vicina al tracciato autostradale la differenza tra  $L_{eq(6-22)}$  e  $L_{eq(22-6)}$  è invece sostanzialmente spiegata dalla diminuzione del traffico in periodo notturno.

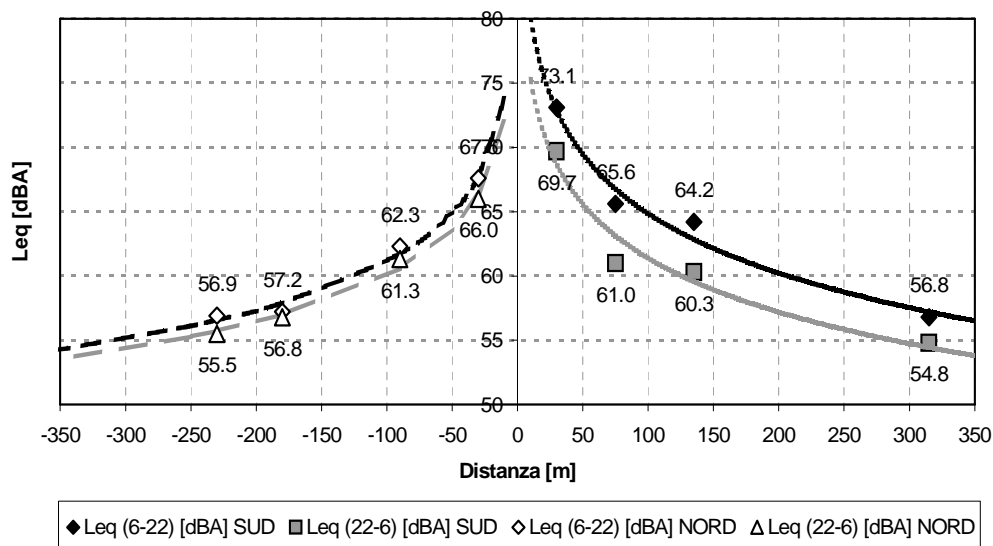


Figura 3 – A14: Risultati sperimentali e Curve di regressione  $L_{eq(6-22)}$  e  $L_{eq(22-6)}$ .

### 3. $L_{Den}$ e $L_{Night}$ e le condizioni meteorologiche

I descrittori acustici previsti dalla END sono il livello  $L_{den}$  (livello giorno-sera-notte) e il livello  $L_{night}$ . Il livello  $L_{den}$ , recepito in Italia con il D.L. 19 agosto 2005 n. 194, è così definito:

$$L_{den} = 10 * \lg \frac{1}{24} \left[ 14 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right]$$

dove  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$  sono i livelli continui equivalenti a lungo termine ponderati A (determinati sull'insieme rispettivamente dei periodi giornalieri, dei periodi diurni, dei periodi serali, dei periodi notturni di un anno solare) e dove:

- periodo giorno-sera-notte: dalle 6.00 alle 6.00 del giorno successivo;
- periodo diurno: dalle 06.00 alle 20.00;
- periodo serale: dalle 20.00 alle 22.00;
- periodo notturno: dalle 22.00 alle 06.00;
- anno di osservazione per l'emissione acustica, medio sotto il profilo meteorologico.

I rilievi svolti nelle postazioni di misura settimanali sono stati rielaborati in termini di  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$ , in modo da poter calcolare il livello  $L_{den}$  (Tabella 1).

Tabella 1 - Descrittori Acustici nelle postazioni di misura

Punto	Distanza dal ciglio	$L_{eq}(6-22)$	$L_{night} = L_{eq}(22-6)$	$L_{den}$
A1 - E2	90	62.7	61.1	67.7
A1 - E5	310	57.9	57.6	63.9
A1 - T3	65	64.2	62.3	69.0
A1 - T5	400	55.8	53.7	60.4
A10 - PS3	40	65.3	60.6	68.2
A10 - PS1	80	66.2	59.7	68.0
A10 - PS4	200	55.0	49.4	57.5
A10 - PS2	320	54.3	47.3	55.9
A14 - PF3	-230	56.9	55.5	62.1
A14 - PF2	-180	57.4	56.8	63.2
A14 - PF1	30	73.1	69.7	76.8
A14 - PF4	315	56.8	54.8	61.5

I livelli di  $L_{den}$  sono ovviamente superiori ai livelli  $L_{eq}(6-22)$  e  $L_{eq}(22-6)$  definiti dalla Legge Quadro, ma le considerazioni più interessanti emergono dalle correlazioni riportate nelle Figure 4÷6, che documentano la relazione tra descrittori acustici e distanza della sorgente e la relazione tra i descrittori della Legge Quadro e i descrittori dell'END.

Per quel che riguarda la correlazione con la distanza, si osserva che:

- i due descrittori previsti dalla END,  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , da soli non danno evidenza all'influenza delle condizioni meteorologiche e alla diversità di campo sonoro che può sussistere dai due lati di un tracciato stradale. Nel caso dell'A14, per esempio, gli andamenti di  $L_{den}$  e  $L_{eq}(22-6)$  sono entrambi sostanzialmente simmetrici rispetto all'asse autostradale, diversamente da quanto verificato in termini di  $L_{eq}(6-22)$ . Nella Figura 4 la curva di regressione  $L_{den}$  è ricavata dall'offset della curva di regressione  $L_{eq}(22-6)$ , noto il  $\Delta(\text{Den/Night})$  dei dati sperimentali;
- la differenza tra  $L_{den}$  e  $L_{night}$  non presenta la variabilità in funzione della distanza dal ciglio autostradale evidenziata dai dati sperimentali per la differenza tra  $L_{eq}(6-22)$  e  $L_{eq}(22-6)$ ; all'interno di uno stesso contesto vallivo, i  $\Delta L_{eq}(6-22)/(22-6)$  esaminati possono variare con la distanza anche di 2.5 dB(A), mentre i  $\Delta(\text{Den/Night})$  sono pressoché costanti o al più variano di 1 dB(A) (Figura 5);
- il range di valori che la differenza tra  $L_{den}$  e  $L_{night}$  assume [6-9 dB(A)] è più ristretto di quello assunto dalla differenza tra  $L_{eq}(6-22)$  e  $L_{eq}(22-6)$  [0-7 dB(A)].

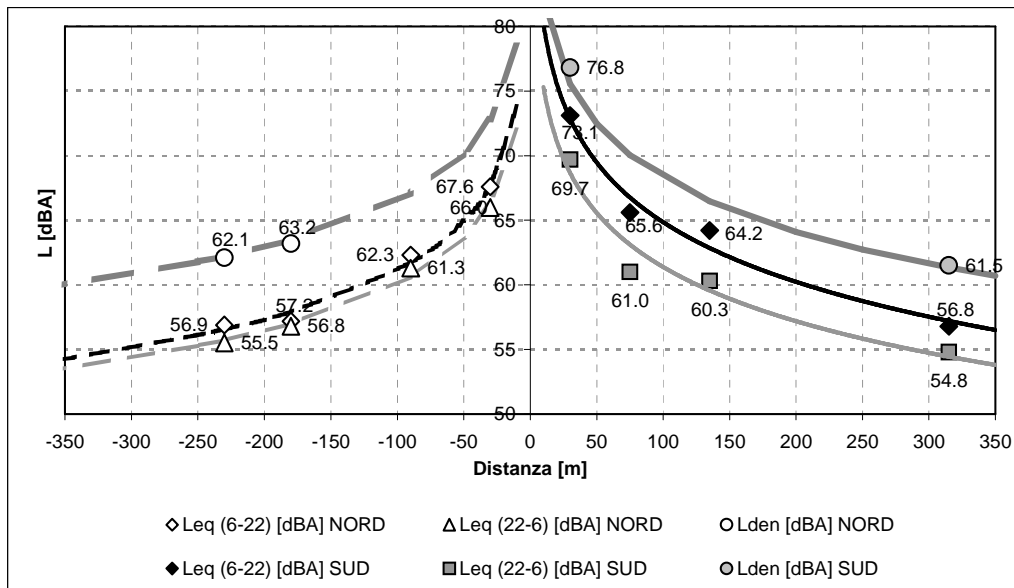


Figura 4 – A14: Risultati sperimentali e Curve di regressione  $L_{eq(6-22)}$ ,  $L_{eq(22-6)}$ ,  $L_{den}$

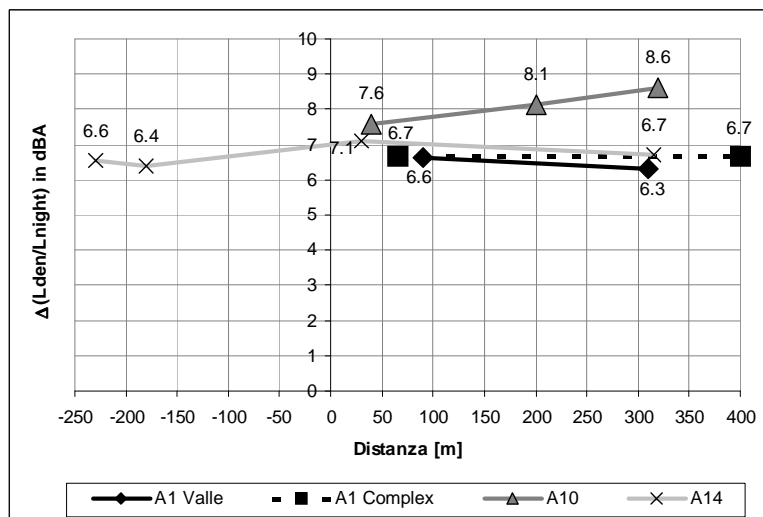


Figura 5 –  $\Delta L_{den}/L_{night}$  in funzione della distanza

Per quel che riguarda la correlazione tra i descrittori della Legge Quadro e i descrittori dell'END, si osserva (Figura 6):

- la differenza tra  $L_{den}$  e  $L_{night}$  cresce linearmente con il  $\Delta L_{eq(6-22)/(22-6)}$ : la differenza è massima negli ambienti che non risentono delle esaltazioni del livello notturno per effetto delle condizioni meteorologiche;
- la differenza tra  $L_{den}$  e  $L_{eq(6-22)}$  decresce linearmente con il  $\Delta L_{eq(6-22)/(22-6)}$ : la differenza è massima negli ambienti che risentono delle esaltazioni del livello notturno per effetto delle condizioni meteorologiche.

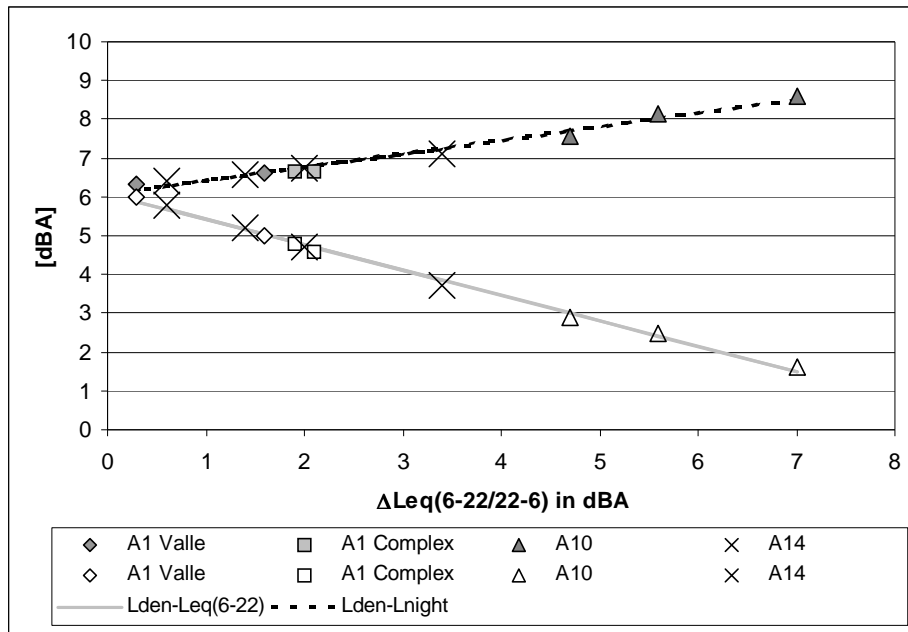


Figura 6 –  $\Delta L_{den}/L_{eq}(6-22)$  e  $\Delta L_{den}/L_{night}$  in funzione del  $\Delta L_{eq}(6-22)/(22-6)$

#### 4. Conclusioni

Le analisi condotte evidenziano che:

- il descrittore globale  $L_{den}$  è meno esplicito rispetto a  $L_{eq}(6-22)$  e  $L_{eq}(22-6)$  nel sottolineare l'influenza del clima sul campo sonoro di un ambiente vallivo o di costa. Gli effetti di dissimmetria del campo sonoro, tipicamente riconoscibili negli indicatori della Legge Quadro, scompaiono quando si passa al calcolo degli  $L_{den}$ . Il valore che assume l'indicatore  $L_{den}$ , ed in particolare il rapporto con gli altri descrittori, raccoglie tuttavia in sé l'informazione sugli effetti meteorologici;
- il campo di definizione di  $L_{den} - L_{night}$  e la variazione in funzione della distanza dall'autostrada sono molto minori rispetto a quanto denunciato da  $\Delta L_{eq}(6-22)/(22-6)$ : in pratica viene meno la possibilità di "etichettare" ambienti tipici di propagazione perché l'indicatore tende a uniformare le differenti situazioni di propagazione.
- la maggiore ristrettezza del range di variabilità dell'indicatore  $L_{den}$  sia in funzione della distanza sia in relazione al descrittore notturno  $L_{night}$  è di primaria importanza nella definizione dei limiti;
- come suggerito nel D.L. 19 agosto 2005 n. 194, in contesti simili a quelli esaminati è opportuno affiancare a  $L_{den}$  e  $L_{night}$  altri descrittori acustici.

#### 5. Ringraziamenti

Si ringraziano SINA SpA, Autostrada dei Fiori SpA, Autocamionale della Cisa SpA e Autostrade per l'Italia SpA per aver consentito l'uso dei dati rilevati.

#### 6. Bibliografia

- [1] C.A.Bertetti, M.Masoero, L.Mattiuzzo, "Effetti meteorologici sulla propagazione del rumore: 5 casi studio nazionali", XXXII Conv. Nazionale AIA, Ancona 2005.
- [2] SETRA-CERTU-LCPC-CSTB "NMPB-Routes-96", 1996.
- [3] C.A.Bertetti, M.Masoero, M.Paviotti, "Mappatura del rumore: aspetti tecnici", GAA/10, Pisa 2004.