

PROPAGAZIONE ESTERNA CON SORGENTE LINEARE

Consideriamo il caso di una sorgente sonora non più puntiforme, ma lineare che emette un suono che si distribuisce su un fronte cilindrico. Una sorgente lineare può essere ad esempio un'automobile in movimento su una strada. In questa situazione si genera un'onda caratterizzata da un fronte cilindrico e si può solo calcolare il livello equivalente, visto che la sorgente modifica nel tempo la sua posizione rispetto al ricevitore e il livello rilevato varia nel tempo.

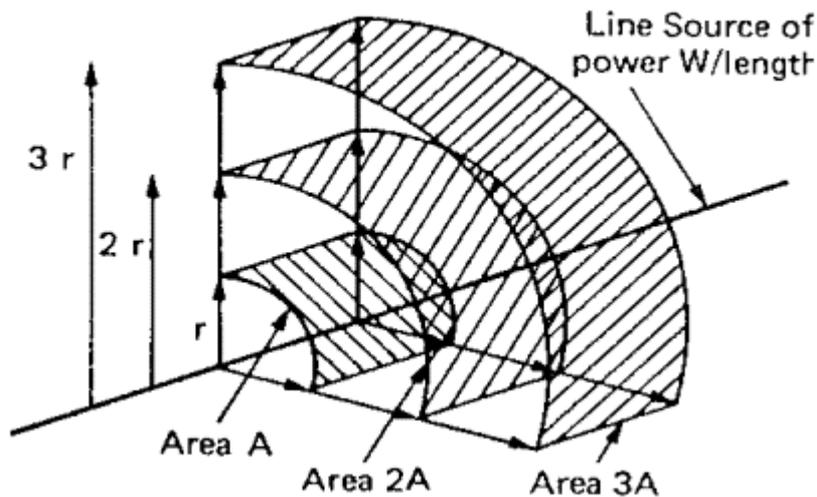


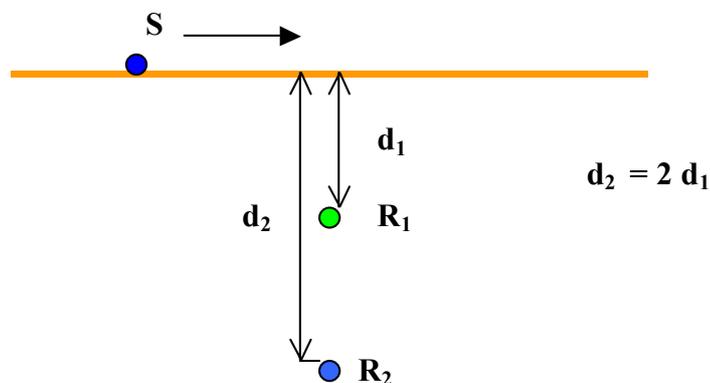
Fig. 1 - Propagazione del suono da una sorgente lineare

Se la sorgente ha una potenza W , a distanza r l'intensità è:

$$I = \frac{W}{2\pi r}$$

$$L_I \cong L_P = L_W + 10 \log \frac{1}{2\pi r}$$

Raddoppiando la distanza il livello di intensità (equivalente) diminuisce di 3 dB



Sorgenti sonore variabili nel tempo

Appare chiaro come, nel mondo fisico reale, in molti casi, il livello della sorgente sia variabile. Per questa ragione è necessario conoscere l'andamento nel tempo di tale livello sonoro. Questo ci permette di valutare il livello sonoro in un preciso istante ma non ci dà la possibilità di valutare la rumorosità globale. Per soddisfare questa esigenza è stato introdotto il concetto di **livello sonoro equivalente** L_{EQ} che viene definito come il livello del rumore continuo stazionario che, in un dato punto in osservazione, emetterebbe, una quantità di energia sonora pari a quella effettivamente erogata dal rumore fluttuante nello stesso intervallo di tempo:

$$L_{EQ} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad 1.1$$

Nella quale T è la durata del tempo di erogazione, $p_A^2(t)$ è la pressione acustica del rumore fluttuante all'istante t in curva di ponderazione A , e p_0^2 è il valore di riferimento della pressione acustica. La 1.1 viene sovente scritta nella forma:

$$L_{EQ} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right) \quad 1.2$$

dove al posto della pressione $p_A(t)$ compare il corrispondente livello $L_A(t)$.

Chiaramente, adottando tale definizione per il livello equivalente si viene ad ammettere che gli effetti indesiderati dei rumori siano essenzialmente correlabili con l'ammontare complessivo dell'energia sonora cui un soggetto risulta esposto, per cui L_{EQ} viene ad assumere il significato di **livello energetico medio**.

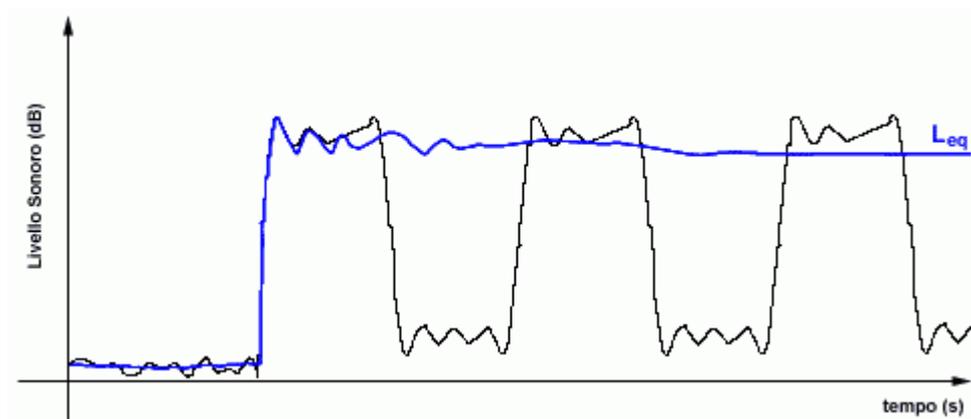


Figura 2: Livello sonoro di una sorgente intermittente e livello equivalente

Quindi rappresenta una sorta di media del livello sonoro sul generico periodo T . Come notiamo dal grafico in una fase iniziale L_{EQ} è basso perché l'emissione della sorgente è bassa e in una fase

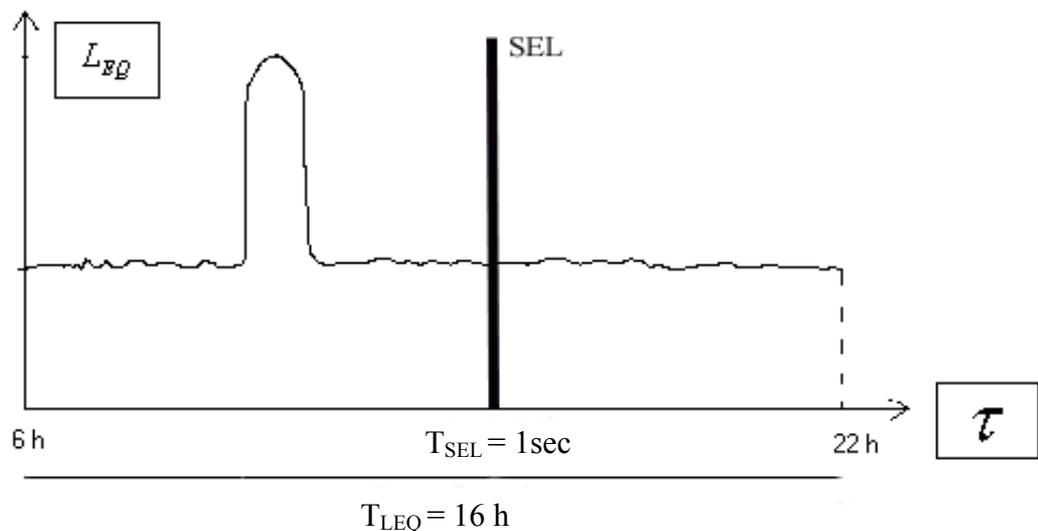
immediatamente successiva cresce notevolmente seguendo in maniera molto simile le oscillazioni della sorgente sonora. Per ottenere L_{EQ} stabile è necessario effettuare una misurazione per un tempo sufficientemente lungo.

Il livello equivalente è usato nella legislazione per stabilire i limiti tollerabili di rumore. Gli intervalli di tempo T su cui condurre le misurazioni, sono definiti a norma di legge e suddivisi in 3 tipologie: la prima di 8 ore per l'ambiente di lavoro, mentre in ambiente esterno distinguiamo il periodo diurno che va dalle 6:00 alle 22:00 e il periodo notturno che va dalle 22:00 alle 6:00.

Per trovare il livello sonoro in un secondo prendendo in considerazione un periodo di tempo che va dalle 6 alle 22 (periodo diurno), calcolo: $N = 3600 \text{ sec} \times 16 \text{ h} = 57600 \text{ sec}$ (numero di secondi in 16 ore) e vado a sostituire nella formula:

$$L_{EQ} = 10 \log \left(\frac{10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} + \dots + 10^{\frac{Ln}{10}}}{N} \right)$$

In ambiente esterno un altro parametro da stabilire è la rumorosità di ogni singolo veicolo. Questo parametro viene definito SEL (single event level) e rappresenta l'energia totale del passaggio di un veicolo che viene impaccata in un secondo.



Utilizziamo questa formula:

$$SEL = L_{EQ} + 10 \log \frac{T_{Leq}}{T_{SEL}}$$

$$SEL = L_{EQ} + 10 \log 57600 = 47.6 \text{ dB}$$

Esempio:

Prendiamo in considerazione i dati di flusso stradale

3000	AUTO/GIORNO
600	AUTO/NOTTE
600	CAMION/GIORNO
100	CAMION/NOTTE

Considerando una strada come sorgente sonora, calcoliamo il livello sonoro (usando il P.U.T. piano urbanistico del traffico), e verifichiamo se, a norma di legge, è possibile costruire ad una distanza di 50 m.

Ogni veicolo ha il suo SEL caratteristico. Calcolati a **7.5 metri** dalla sorgente sonora (come avviene nelle prove di omologazione di ogni veicolo) abbiamo:

SEL AUTOVETTURA	70dB
SEL CAMION	80dB

Calcoleremo L_{EQ} a 7.5 m e poi riporteremo i valori ottenuti alla distanza di 50 m.

Iniziamo col calcolarci il SEL_{tot} diurno e notturno di tutti i veicoli transitati in 16 ore, che andremo a sostituire nella formula per trovare Leq :

$$SEL_{tot}(diurno) = 10 \log \left[3000 \cdot 10^{\frac{70}{10}} + 600 \cdot 10^{\frac{80}{10}} \right] = 109.54 dB$$

$$Leq = SEL - 10 \log 57600$$

$$Leq = 109.54 - 47.6 = 61.94 dB$$

$$SEL_{tot}(notturno) = 10 \log \left[600 \cdot 10^{\frac{70}{10}} + 100 \cdot 10^{\frac{80}{10}} \right] = 102.0 dB$$

$$Leq = SEL - 10 \log 28800$$

$$Leq = 102.0 - 44.6 = 57.4 dB$$

Per $r = 50$ m :

$$Leq = L_w + 10 \log \frac{1}{2\pi \cdot 7.5}$$

$$Leq_{50m} = L_w + 10 \log \frac{1}{2\pi \cdot 50} = Leq_{7.5m} + 10 \log \frac{7.5}{50}$$

$$Leq_{50m} = 61.94 + 10 \log \frac{7.5}{50} = 53.7 \text{ dB}(\text{diurno})$$

Se Leq trovato dovesse essere troppo alto aggiungiamo uno schermo prendendo in considerazione la relazione di Mackawa.

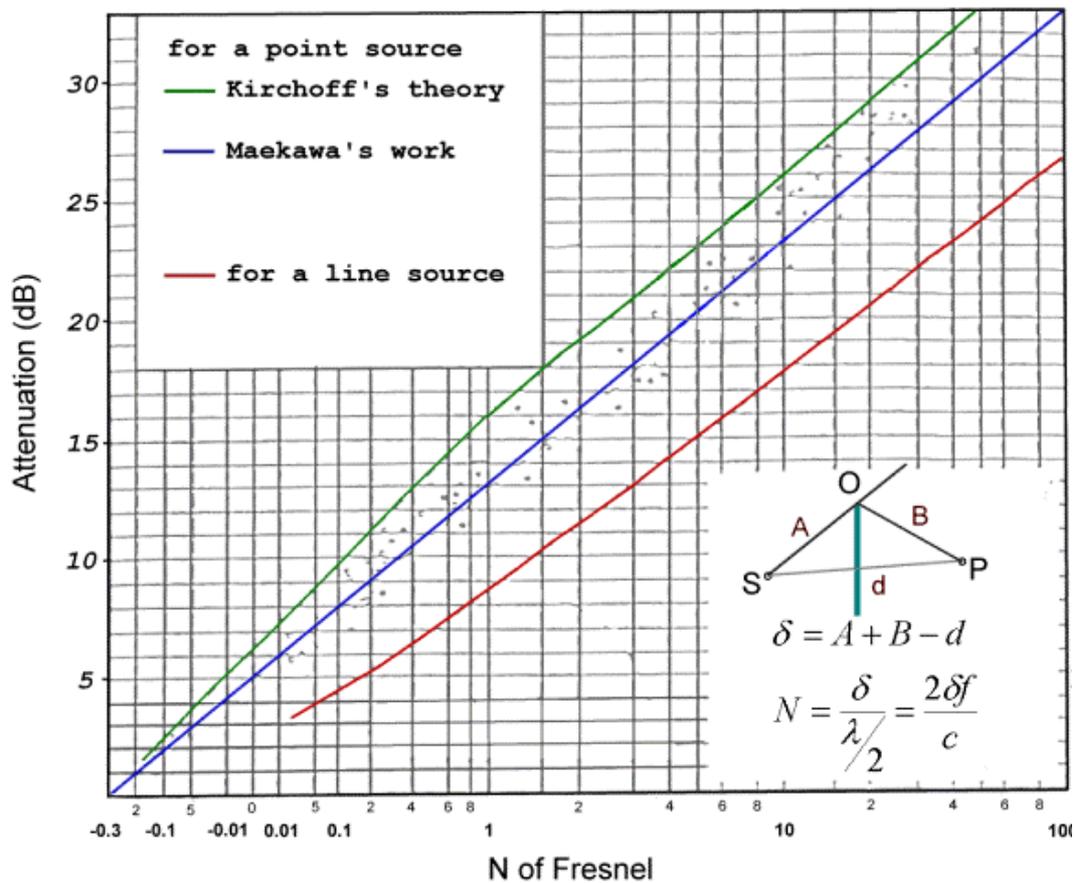


Figura 4-Diagramma di Mackawa

Rumori ambientali

La Legge Italiana stabilisce dei limiti di rumore per tutelare la salute dei cittadini. Sul posto di lavoro e nell'ambiente esterno esistono dei limiti che è obbligatorio rispettare se non si vuole incorrere in pesanti sanzioni. Esiste un limite assoluto di rumore invalicabile di $Leq \leq 70$ dB(A).

I valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente (Leq), relativi alle classi di destinazione di uso del territorio, ed ai tempi di riferimento, si basano su sei classi:

Classi di destinazione di uso del territorio e tempi di riferimento.	Diurno	Notturmo
1- Aree particolarmente protette	50	40
2- Aree prevalentemente residenziali	55	45
3- Aree di tipo misto	60	50
4- Aree di intensa attività umana	65	55
5- Aree prevalentemente industriali	70	60
6- Aree esclusivamente industriali	70	70

DEFINIZIONI SULLE VARIE CLASSI

1-Aree particolarmente protette:

Rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione (aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali e di particolare interesse turistico, parchi pubblici, ecc.)

2-Aree destinate ad uso prevalentemente residenziale:

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali e con assenza di attività industriali ed artigianali.

3-Aree di tipo misto:

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali, e con assenza di attività industriali.

4-Aree di intensa attività umana:

Rientrano in questa classe le aree interessate da intenso traffico veicolare ,con alta densità di popolazione,con elevata presenza di attività commerciali ed uffici, con presenza di attività artigianali.Le aree in prossimità di strade di grande comunicazione,di linee ferroviarie,di aeroporti,le aree portuali.Le aree con limitata presenza di piccole industrie.

5-Aree prevalentemente industriali:

Rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.

6-Aree esclusivamente industriali:

Rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.