

Vanessa Passalacqua

N. matricola: 139770

Lezione del 23-01-2003, dalle ore 8.30 alle ore 10.30.

Argomenti trattati: Fenomeni di attenuazione sonora (Excess Attenuation).

Esercizio: livelli sonori in ambiente esterno.

Esercizio: livelli sonori in ambiente esterno con schermo.

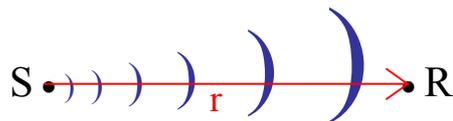
IL RUMORE AMBIENTALE

Il rumore è costituito dall'insieme dei suoni che risultano indesiderati perché di intensità eccessiva, fastidiosi o improvvisi. L'**inquinamento acustico** si è sviluppato nelle zone urbane ed è ora fonte di inquietudine per i cittadini. Si stima che circa il 20% della popolazione dell'Europa occidentale subisca livelli di inquinamento acustico considerati inaccettabili dagli esperti. Le cause sono il traffico, l'industria e alcune attività ricreative.

In un primo tempo alla lotta contro il rumore non era stato assegnato il grado di priorità conferito ad altri problemi in materia di ambiente, ad esempio alla riduzione dell'inquinamento atmosferico; le conseguenze per la popolazione erano, infatti, meno evidenti e il deterioramento della qualità della vita era accettato dall'opinione pubblica come una diretta conseguenza del progresso tecnologico e dell'urbanizzazione.

Le conseguenze dell'esposizione al rumore possono variare da un individuo all'altro; tuttavia in una relazione dell'OMS del 1996 sul rumore, l'ambiente e la salute, si dà particolare risalto ad effetti quali i disturbi del sonno, danni uditivi o fisiologici (prevalentemente di tipo cardiovascolare) e difficoltà di comunicazione.

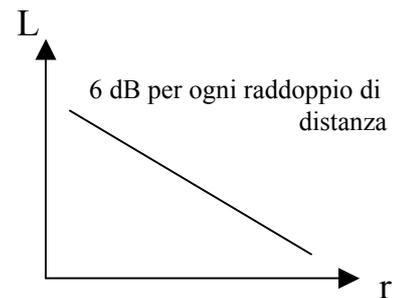
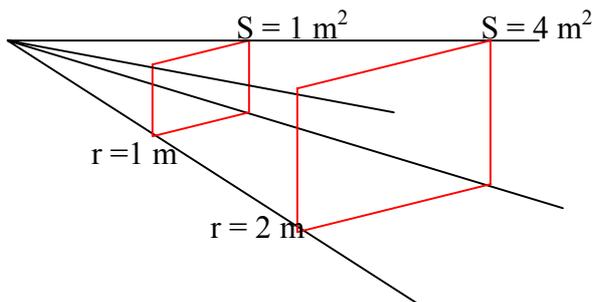
Si consideri una sorgente (S) puntiforme, da cui si propaga suono in campo libero. La distanza tra sorgente (S) e ricevitore (R) è indicata con "r".



$$I = W / 4\pi r^2$$

$$L_I = L_P = L_W + 10 \lg [Q / 4\pi r^2]$$

in cui: Q è il FATTORE DI DIRETTIVITA' s'introduce quando la propagazione è di tipo direzionale.

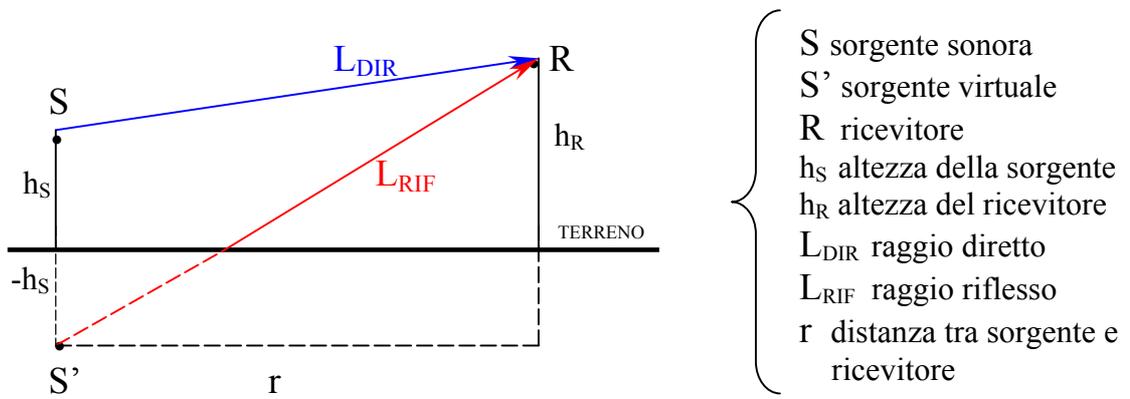


EXCESS ATTENUATION

Esistono fenomeni di vario genere che provocano variazione del livello sonoro. I fattori che possono causare aumenti o diminuzioni di suono, rispetto ad un'ideale propagazione in campo libero, sono detti "attenuazioni in eccesso".

- RIFLESSIONE DEL TERRENO
- ASSORBIMENTO DELL'ARIA
- VEGETAZIONE
- FENOMENI ATMOSFERICI
- SCHERMATURA

Riflessione del terreno

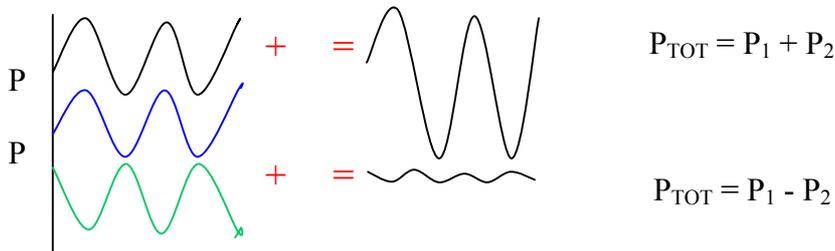


L'energia riflessa viene in parte assorbita dal terreno, perciò si ottengono due livelli sonori:

LIVELLO SONORO DIRETTO	$L_{DIR} = L_W + 10 \lg [Q_{DIR} / 4\pi r^2]$
LIVELLO SONORO RIFLESSO	$L_{RIF} = L_W + 10 \lg [Q_{RIF} (1-\alpha) / 4\pi r^2]$

$$r = \sqrt{d^2 + (h_S - h_R)^2} \quad r' = \sqrt{d^2 + (h_S + h_R)^2}$$

Vediamo ora come si sommano due livelli sonori:



In presenza di sorgenti coerenti la riflessione sul terreno è una sola.

In un ambiente chiuso – o all'esterno, ma in presenza di un segnale sonoro incoerente - sono in condizione di somma energetica: se due sorgenti sono tra loro incoerenti, le due forme d'onda sono scorrelate. **SOMMA ENERGETICA** $I_1 + I_2 = I_{TOT}$

All'aperto, se ho una sorgente tonale, perfettamente coerente non farò la somma energetica. $I_1 = I_2$ $I_1 + I_2 = I_{TOT} + 3 \text{ dB}$

In ambiente esterno (solo pavimento riflettente), quando la sorgente emette suono incoerente, la somma andrà calcolata nel seguente modo:

$$L_{TOT} = 10 \lg [10^{L_{DIR}/10} + 10^{L_{RIF}/10}]$$

Sostituendo le espressioni corrispondenti al livello diretto (L_{DIR}) e al livello riflesso (L_{RIF}), si avrà che il livello sonoro complessivo è:

$$L_{TOT} = L_W + 10 \lg [Q_{DIR} / 4\pi r^2 + Q_{RIF} (1-\alpha) / 4\pi r^2]$$

in cui:

L_W è il livello di potenza

Q è il fattore di direttività

Assorbimento dell'aria

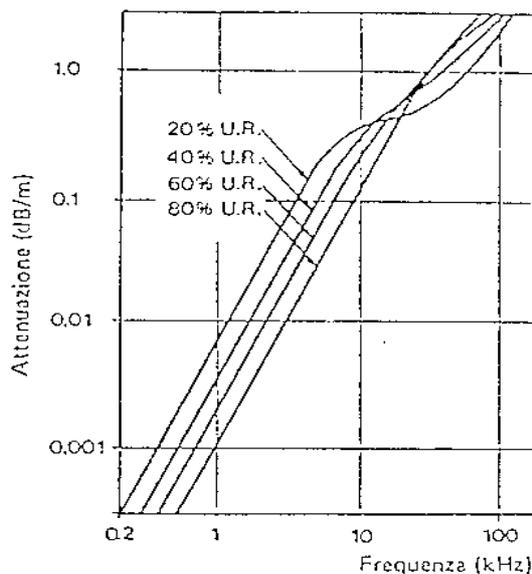
Come sappiamo l'aria non'è esattamente un gas perfetto, perciò, in caso di propagazione del suono su lunghe distanze, si "perdono"alcuni decibel. L'attenuazione dell'aria si calcola in funzione della frequenza (f), della temperatura (T), e dell'umidità relativa (U.R.): $A(f, T, U.R.)$ dB / Km

Per esempio, se la distanza $d = 400 \text{ m} = 0.4 \text{ Km}$, e $A = 4 \text{ dB/Km}$

allora $\Delta L * A = 0.4 * 4 = -1.6 \text{ dB}$

Si noti che l'attenuazione esercitata dall'aria è rilevante solo per distanze superiori ai 100 m, e sarà maggiore al crescere della frequenza. Quindi, per basse frequenze sonore e brevi distanze l'attenuazione esercitata dall'aria è notevolmente trascurabile.

Tabella con i valori tipici di attenuazione dell'aria in funzione della distanza



Vegetazione

L'attenuazione del suono può essere provocata in maniera diversa, dalla presenza di siepi, rami, boschi ecc.. In questo caso l'effetto sarà in funzione della frequenza e del tipo vegetale: $V(f, \text{tipo})$

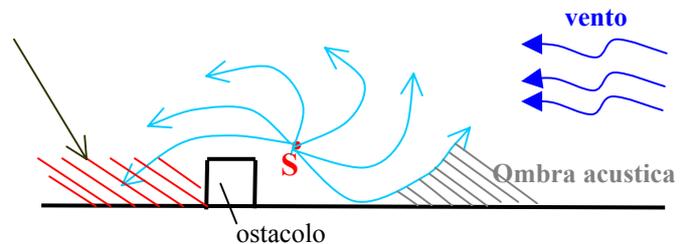
Barriere sonore di questo genere sono utilizzate per esempio in prossimità di autostrade, laddove si voglia limitare il rumore senza deturpare l'ambiente.

Fenomeni atmosferici

Gli effetti dei fenomeni atmosferici sull'attenuazione sonora sono complessi da studiare, perciò ci limitiamo a farne una semplice analisi qualitativa.

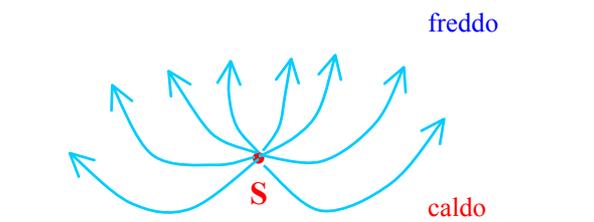
- **VENTO:** fa curvare i raggi sonori sottovento; sopra il vento, verso la sorgente si può avere una condizione di ombra acustica:

Sottovento il rumore è più elevato, non perché il "vento trasporta il suono"(!), ma perché sottovento il suono "aggira" gli ostacoli.

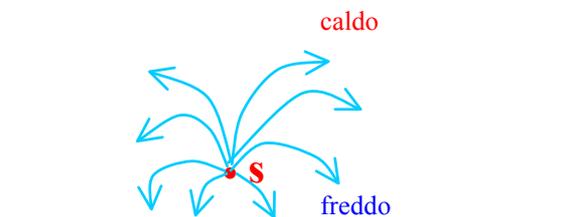


- **GRADIENTE DI TEMPERATURA:** il suono tendenzialmente "si sposta" da zone calde a zone fredde.

Estate: il terreno ha una temperatura elevata, il suono tende perciò ad andare verso l'alto.

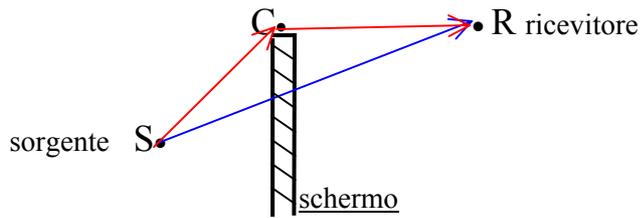


Inverno: il terreno è più freddo, perciò il suono si dirige verso il basso.



- **INVERSIONE TERMICA :** in condizione di aria fredda sul terreno, con sopra uno strato di aria calda, il suono subisce un brusco fenomeno di riflessione. Il suono che resta intrappolato nello strato nebbioso, si propaga più velocemente generando un fenomeno di trasporto detto **MIRAGGIO ACUSTICO**: il suono intrappolato si propaga a distanze considerevoli.

Schermature: si realizzano per ridurre la propagazione del suono.



Se non ci fosse lo schermo: $L_{DIR} = L_W + 10 \lg [Q / 4\pi r^2]$

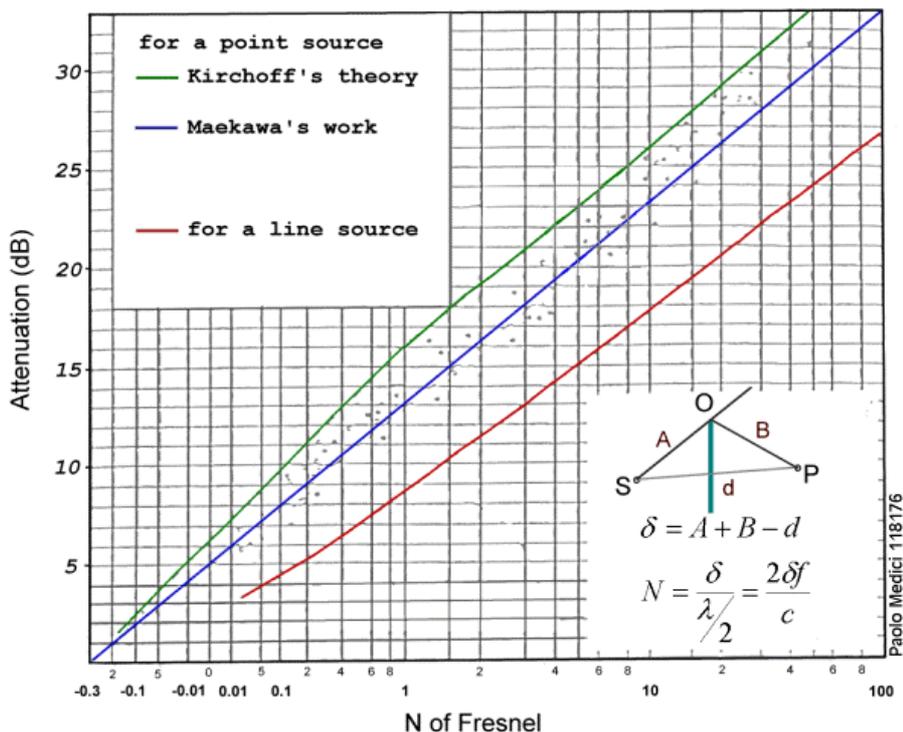
Con lo schermo compare un livello diffratto $L_{DIF} = L_{DIR} - \Delta L_{BAR}$

Numero di Fresnel $N = 2\delta / \lambda$ in cui: λ è la lunghezza d'onda del suono
 data da $\lambda = c/f$ c : velocità
 f : frequenza
 δ è la "differenza di cammino":
 data da $\delta = SC + CR - SR$

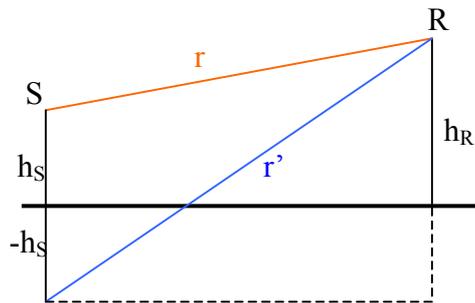
Il Numero di Fresnel sarà quindi: $N = 2f\delta / c$

Introduciamo anche un'importante formula, che prende il nome dallo studioso giapponese che la ricavò, che serve a dimensionare correttamente la barriera in base all'attenuazione d'onda voluta:

Formula di Maekawa $\Delta L_{BAR} = 10 \lg (3 + 20 N)$ in cui N: Numero di Fresnel



ESERCIZIO: livelli del suono (incoerente) in ambiente esterno.



DATI:

fattore di direttività $Q = 1$

livello di potenza $L_W = 100$ dB

altezza della sorgente $h_S = 1$ m

altezza del ricevitore $h_R = 10$ m

distanza sorgente – ricevitore $d = 50$ m

$\alpha = 0.2$

il “cammino diretto” è dato da: $r = \sqrt{d^2 + (h_S - h_R)^2}$

$$r = \sqrt{50^2 + 9^2} = 50.8 \text{ m}$$

il “cammino riflesso” è dato da: $r' = \sqrt{d^2 + (h_S + h_R)^2}$

$$r' = \sqrt{50^2 + 11^2} = 51.20 \text{ m}$$

Il livello del suono diretto è dato da: $L_{DIR} = L_W + 10 \lg [Q_{DIR} / 4\pi r^2]$

$$L_{DIR} = 100 + 10 \lg [1 / 4\pi \cdot 50.8^2] = 54.89 \text{ dB}$$

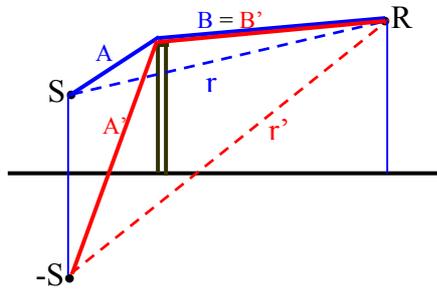
Il livello del suono riflesso è dato da: $L_{RIF} = L_W + 10 \lg [Q_{RIF} (1 - \alpha) / 4\pi r'^2]$

$$L_{RIF} = 100 + 10 \lg [(1 - 0.2) / 4\pi \cdot 51.2^2] = 53.85 \text{ dB}$$

Infine, per sommare i livelli sonori trovati: $L_{TOT} = 10 \lg [10^{L_{DIR}/10} + 10^{L_{RIF}/10}]$

$$L_{TOT} = 10 \lg [10^{5.489} + 10^{5.385}] = 57.41 \text{ dB}$$

ESERCIZIO: Livelli del suono (incoerente) in ambiente esterno con schermatura.



DATI: altezza della sorgente $h_S = 1$ m
 altezza del ricevitore $h_R = 10$ m
 altezza schermo = 3 m
 distanza sorgente-schermo = 3 m
 distanza sorgente-ricevitore = 50 m

A causa della presenza della schermatura, L_{DIR} e L_{RIF} subiranno una “differenza di cammino”:

$$r = \sqrt{50^2 + 9^2} = 50.8 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{3^2 + (3-1)^2} = 3.606 \text{ m} \quad B = \sqrt{(50-3)^2 + (10-3)^2} = 47.51 \text{ m}$$

La differenza tra il cammino del suono diretto con e senza lo schermo è:

$$\delta_{DIR} = A + B - r = 3.606 + 47.51 - 50.8 = 0.316 \text{ m}$$

Numero di Fresnel per il suono diretto: $N = 2f\delta / c = (2 \cdot 500 \cdot 0.316) / 340 = 0.929$

Dalla Formula di Maekawa: $\Delta L_{DIR} = 10 \lg(3 + 20N) = 10 \lg(3 + 20 \cdot 0.929) = 13.3 \text{ dB}$

Il suono diretto sarà: $L_{DIR} = 54.89 - 13.3 = 41.59$

Per calcolare il suono riflesso si adopera lo stesso procedimento.

$$r' = \sqrt{50^2 + 11^2} = 51.2 \text{ m} \quad A' = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ m} \quad B' = \sqrt{47^2 + 7^2} = 47.51$$

La differenza tra il cammino del suono riflesso con e senza lo schermo è:

$$\delta_{RIF} = 5 + 47.51 - 51.2 = 1.31 \text{ m}$$

Numero di Fresnel per il suono riflesso: $N = 2f\delta / c = (2 \cdot 500 \cdot 1.31) / 340 = 3.85$

Dalla Formula di Maekawa: $\Delta L_{RIF} = 10 \lg(3 + 20N) = 10 \lg(3 + 20 \cdot 3.85) = 19.00 \text{ dB}$

Il suono riflesso sarà: $L_{RIF} = 53.85 - 19.00 = 34.85$

Il livello sonoro totale sarà dato da $L_{TOT} = 10 \lg [10^{L_{DIR}/10} + 10^{L_{RIF}/10}]$

$$L_{TOT} = 10 \lg [10^{41.59} + 10^{34.85}] = 42.4$$

Grazie alla schermatura ho ottenuto un'attenuazione di 15 dB (da 57.41 a 42.4).