

***ACUSTICA IN CAMPO
LIBERO***



PROPAGAZIONE IN AMBIENTI APERTI

$$L_P = L_W - \sum_i A_i$$

$$\sum_i A_i = A_g + A_b + A_t + A_a$$



A_g attenuazione geometrica

A_b attenuazione di una barriera

A_t attenuazione dovuta al terreno

A_a attenuazione atmosferica

$A_t + A_a$ sono dette "attenuazioni in eccesso"

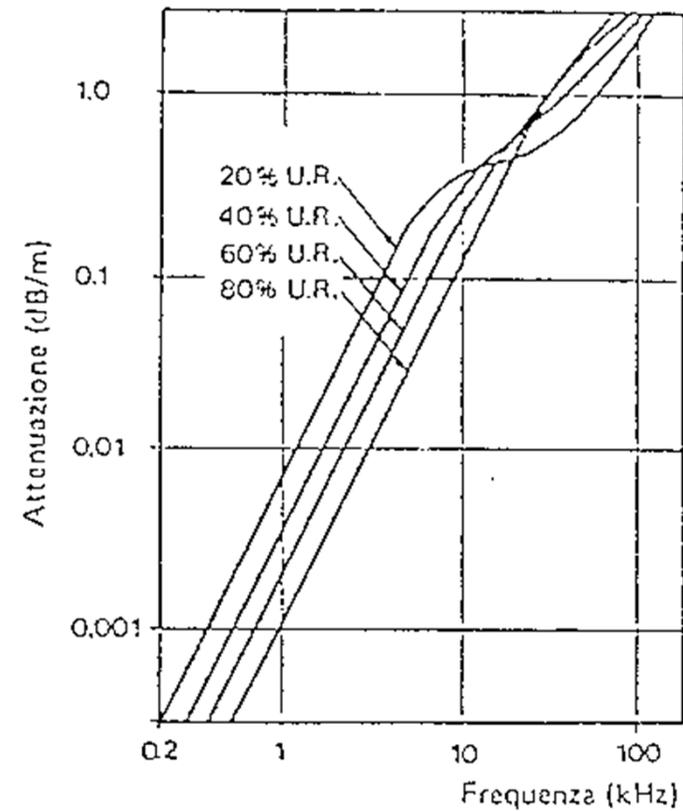
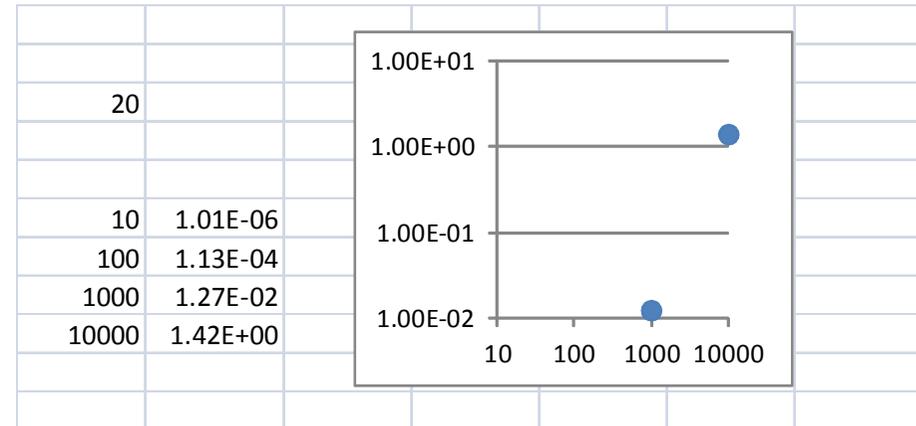
Attenuazione atmosferica

$$A_a = \alpha \cdot \frac{d}{100}$$

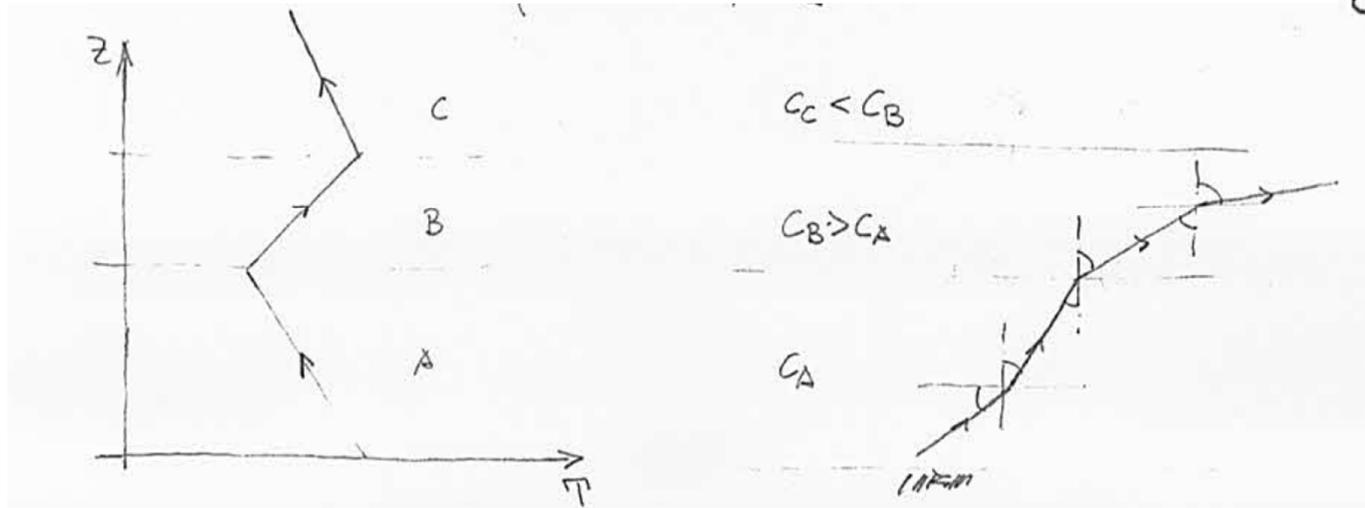
$$\alpha = 10^{\left(2.05 \cdot \log \frac{f}{1000} + 1.14 \cdot 10^{-3} T - 1.92\right)}$$

$$A_a^{20^\circ} = \alpha \cdot \frac{d}{100}$$

$$\alpha = 7.4 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{f^2}{UR}$$



Attenuazione atmosferica

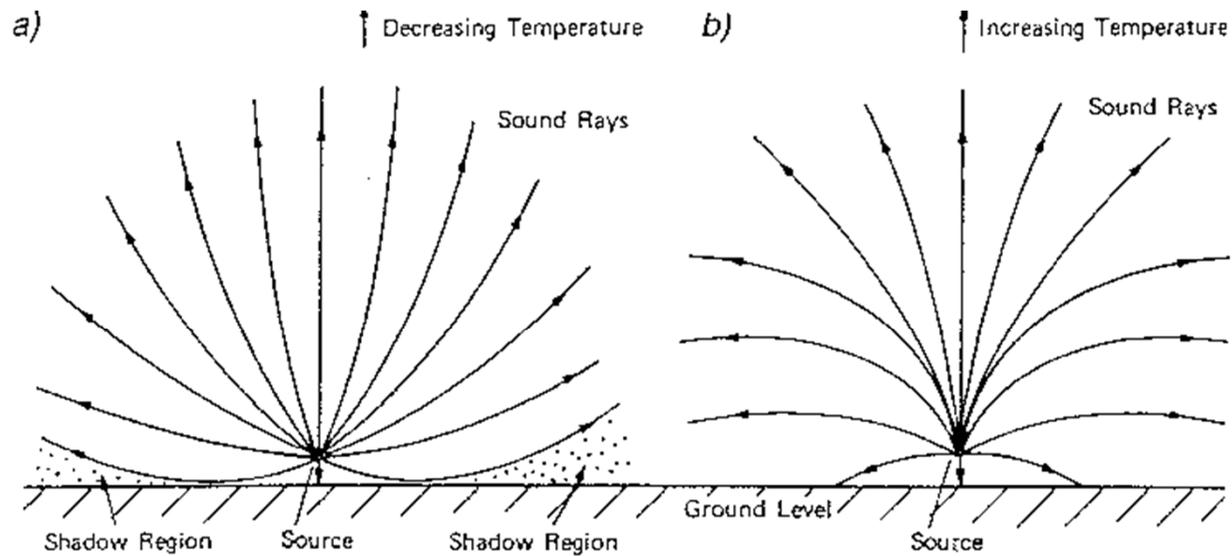


$$c = \sqrt{\gamma R T}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c_1}{c_2}$$



Willebrord Snell van Royen



Attenuazione del terreno

1- In generale

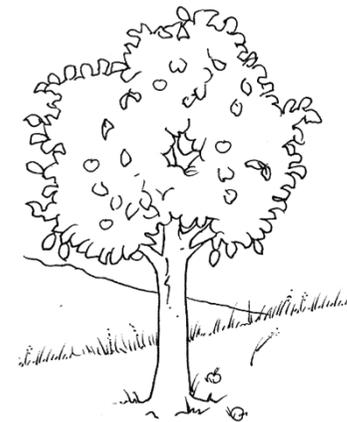
$$A_t = 4.8 - 2 \frac{h_m}{d} \cdot \left(17 + \frac{300}{d} \right)$$

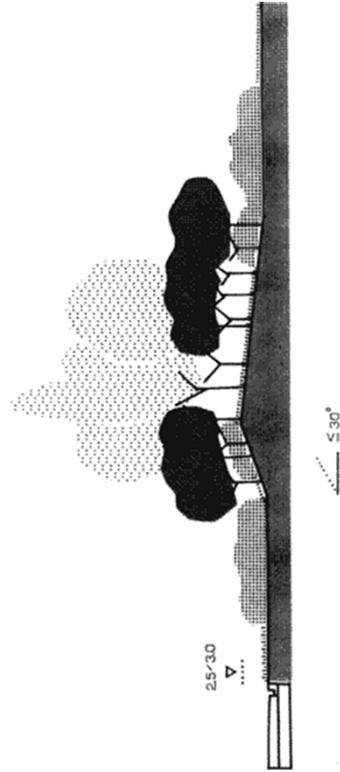
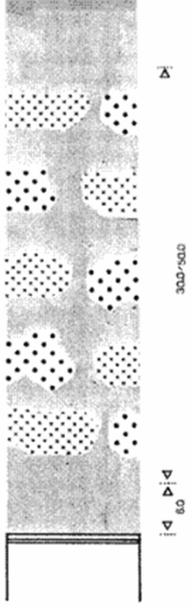
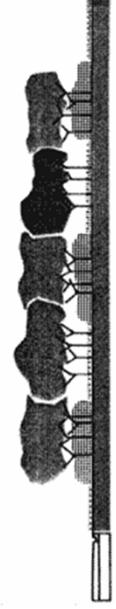
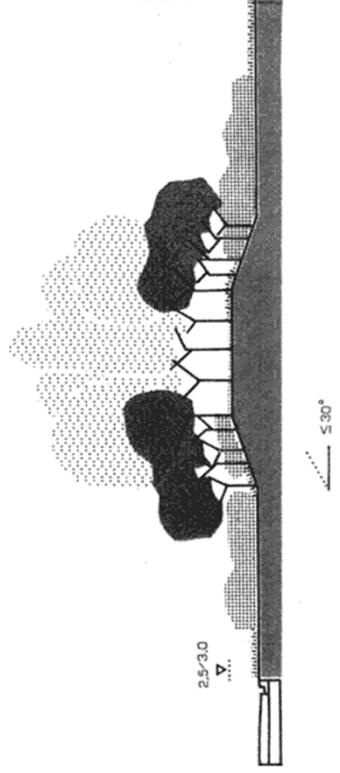
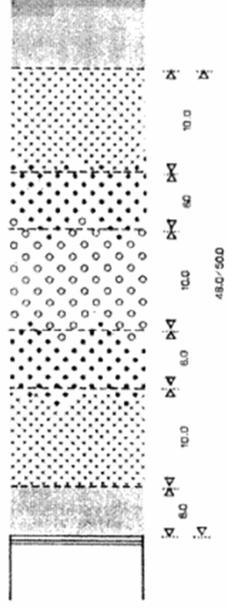
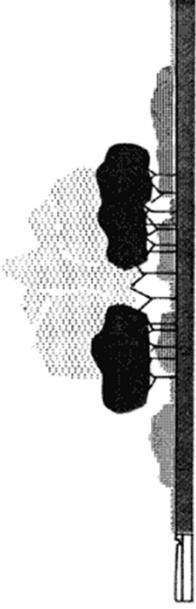
2- In presenza di arbusti
($f > 50$ Hz)

$$A_t = (0.18 \cdot \log f - 0.31) \cdot d$$

3- In presenza di alberi densi
($f > 500$ Hz)

$$A_t = f^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{d}{100}$$





Attenuazione per divergenza geometrica

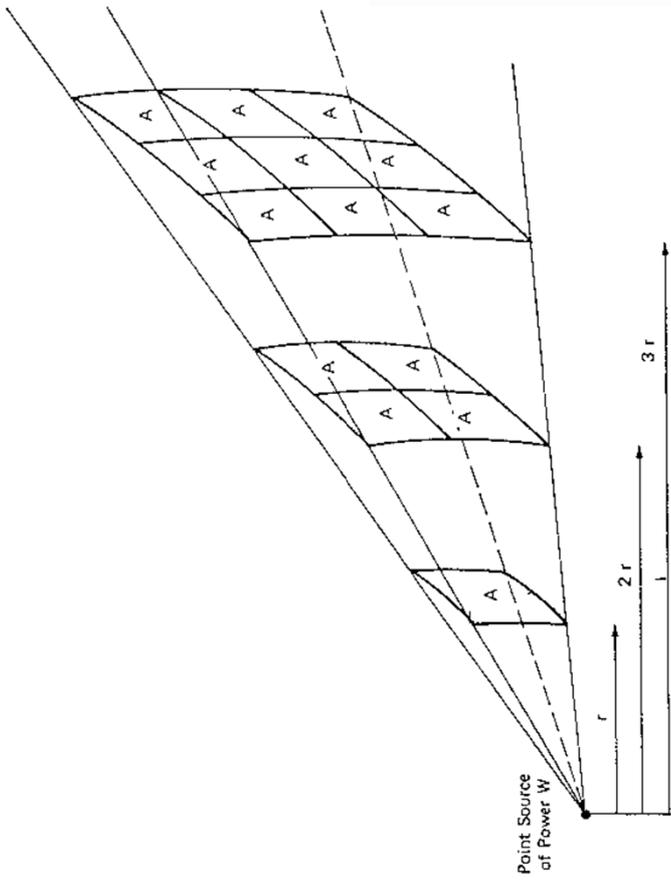
$$L_w = L_I + 10 \lg \frac{S}{S_0} \quad \Rightarrow \quad L_I = L_w - 10 \lg S$$

\parallel
 4 m^2

$S = 4\pi r^2$ (sfera) con r = distanza sorgente - ricettore

$$\Rightarrow L_I = L_w - 10 \lg 4\pi r^2$$
$$\approx L_w - 20 \lg r \quad \underbrace{-11}$$





$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$$\downarrow = 10 \log \frac{I S}{I_0 S_0}$$

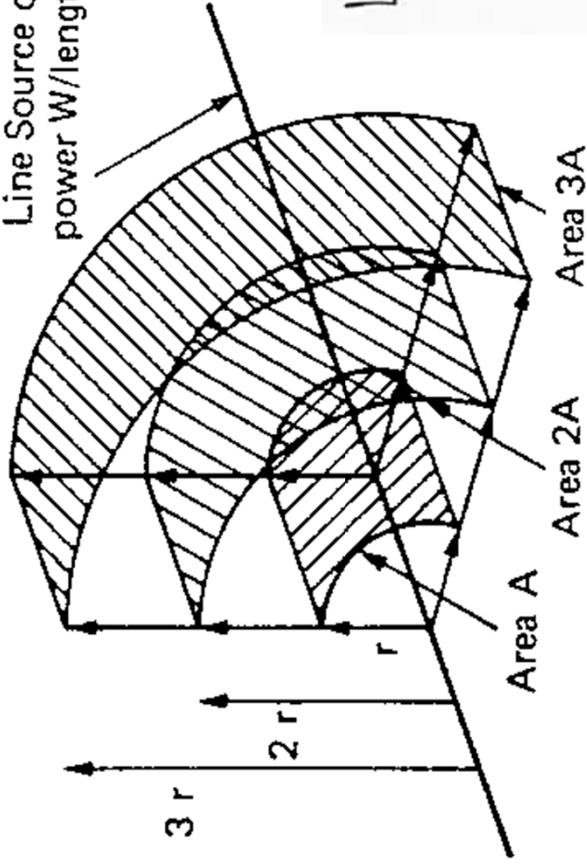
$$\downarrow = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log \left(\frac{4\pi r^2}{4\pi r_0^2} \right)$$

$$\downarrow \Rightarrow L_I + 10 \log 4\pi + 10 \log r^2$$

$$\downarrow \Rightarrow L_I + 11 + 10 \log r^2$$

$$\Delta L_{\text{spacio}} = 10 \log \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Line Source of power W/length



$$LW = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

$$= 10 \lg \frac{7}{40} + 10 \lg \frac{2\pi r \cdot L}{1 \cdot L}$$

$$\Rightarrow L - I + 10 \lg 2\pi + 10 \lg r$$

$$\Rightarrow L - I + 3 + 10 \lg r$$

$$\Delta L_{\text{cilindrica}} = 10 \lg \frac{r \cdot 2}{r \cdot 1}$$

Direzionalità

Se non sono nello spazio libero, ma la sorgente è posta su un piano:

$$S = 4\pi \frac{r^2}{2} = 2\pi r^2 \Rightarrow L_I = L_W - 20 \lg h - 8$$

- Il valore -8 origina da $-11+3$, in cui $+3$ è dovuto alla attenuazione per direzionalità della sorgente (D)

In generale il fattore di direzionalità può essere espresso come

$$D = 10 \lg 2^m \quad \text{dove } m = 1$$

con $m =$ numero dei piani limitanti

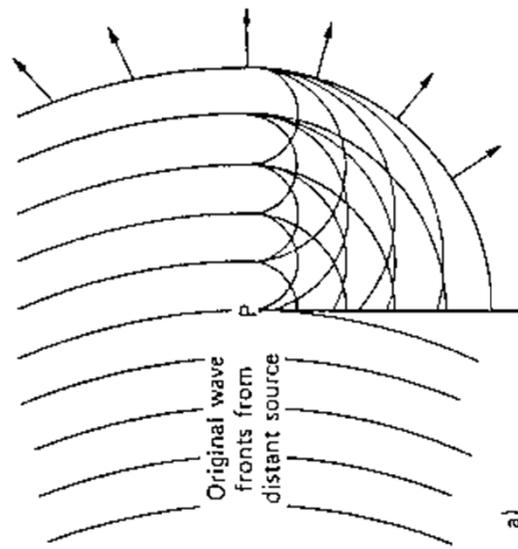
La direzionalità di una sorgente è anche funzione della frequenza che in generale si evidenzia per frequenze medio alte ($> 500 \div 1000 \text{ Hz}$)



$m = 3$

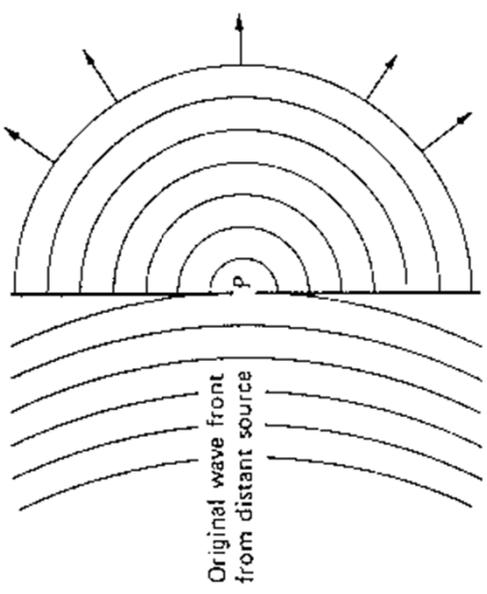


Original wave front and secondary wave fronts from P interfere



a)

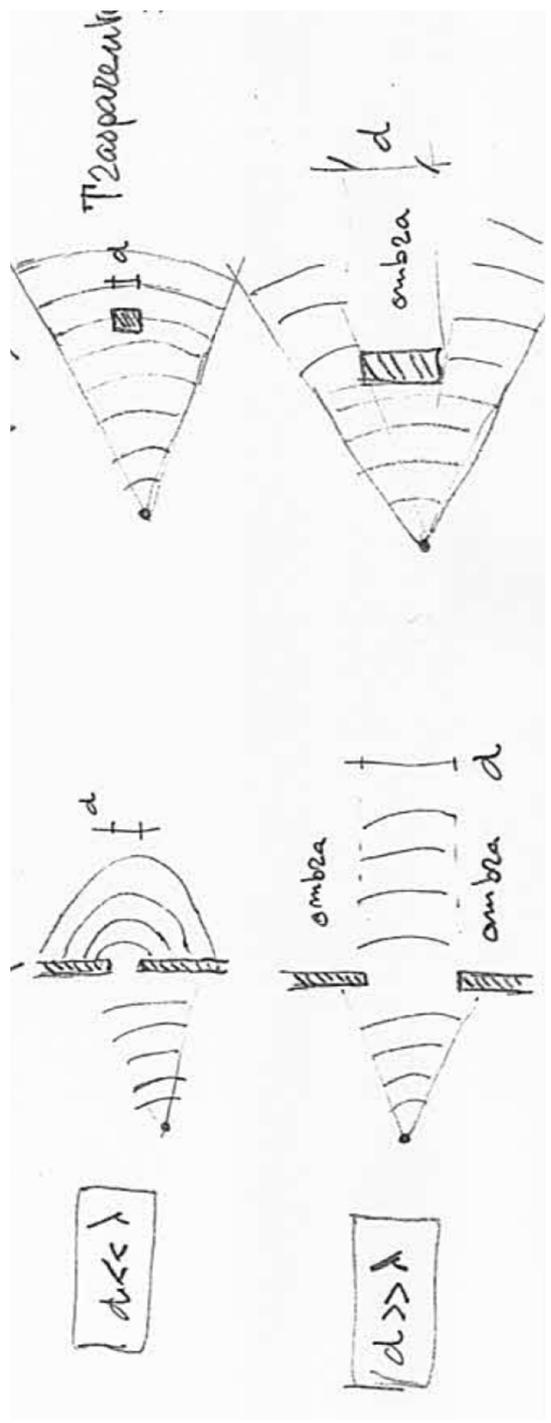
New wave fronts spread out spherically from point P as source



b)

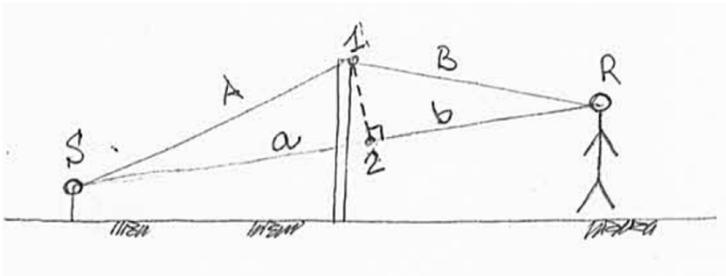
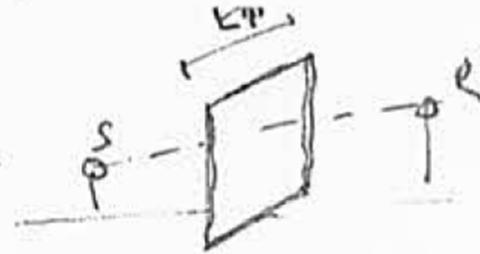


New wave fronts from P spread out cylindrically



Schermi acustici

- Barriera Acustica:
- $\rho_{superficiale} > 10 \text{ kg/m}^2$
 - nasconde la sorgente al ricevente
 - $L_{\pi} > \lambda$
 - non ha fori



$$\Delta N = 2 \frac{\delta}{\lambda} \rightarrow \text{differenza tra } A+B \text{ e } a+b$$

$$= 2 \frac{\delta f}{c} \rightarrow \text{lunghezza d'onda}$$

$$\rightarrow \text{frequenza}$$

Secondo Fehz :

$$A_b^D = 10 \lg(10 \cdot N) = 10 \lg(20 \cdot \frac{\delta}{\lambda})$$

Mackawa:

$$A_b^D = 10 \lg(20 \cdot N + 3) \text{ con } N > 1$$

Kuzel-Anderson (1971):

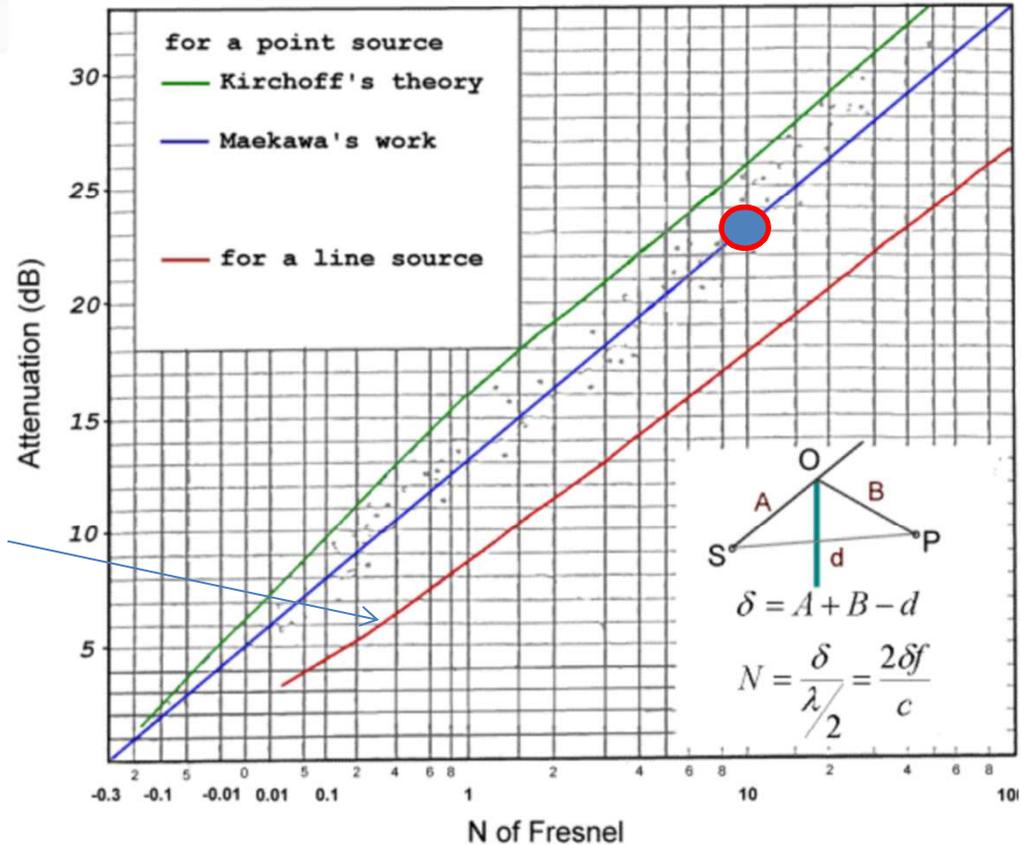
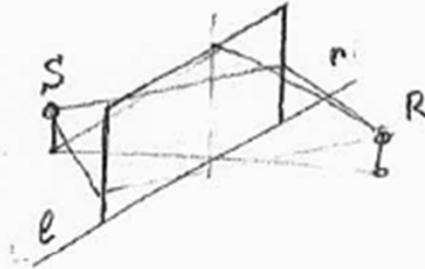
$$A_b^D = 5 + 20 \lg \frac{\sqrt{2\pi |N|}}{\tanh \sqrt{2\pi |N|}} \quad \Delta N$$

Nel caso il fenomeno sia ipotizzabile anche sui bordi :

$$\Delta L = \Delta L_{\text{bordo superiore}} - 10 \log \left(1 + \frac{N}{N_m} + \frac{N}{N_e} \right)$$

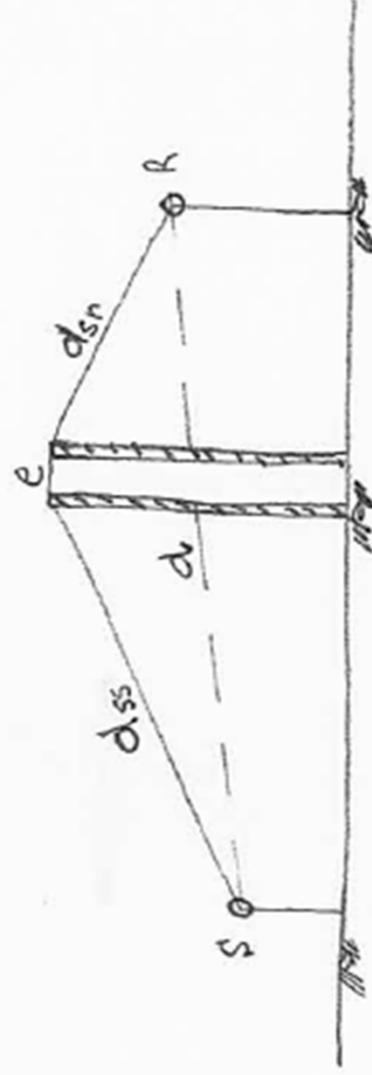
Numero di Fresnel lungo il percorso right

left path



$$\Delta L = 10 \log(2 + 5.5N)$$

Doppia Diffrazione
ISO 9613-2



$$A_B^D = 10 \log \left(3 + \frac{C_2}{A} \cdot C_3 \cdot Z \cdot k_{met} \right)$$

$C_2 = 20$, con cui si considera l'effetto delle rifrattioni del terreno

$$Z \approx \delta = (d_{ss} + e + d_{sr}) - d$$

$$k_{met} = e^{-\frac{1}{2000} \sqrt{d_{ss} \cdot d_{sr} \cdot d / Z}}$$

$C_3 = 1$ se semplice diffrazione

$$= \frac{1 + \left(\frac{5}{e}\right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5}{e}\right)^2} \quad \text{se doppia diffrazione}$$

Modello BURGESS

$$L_{eq} = 55,5 + 10,2 \cdot \text{Log}(Q_l + Q_p) + 0,3 \cdot \frac{Q_p}{Q_l + Q_p} - 19,3 \cdot \text{Log}(d)$$

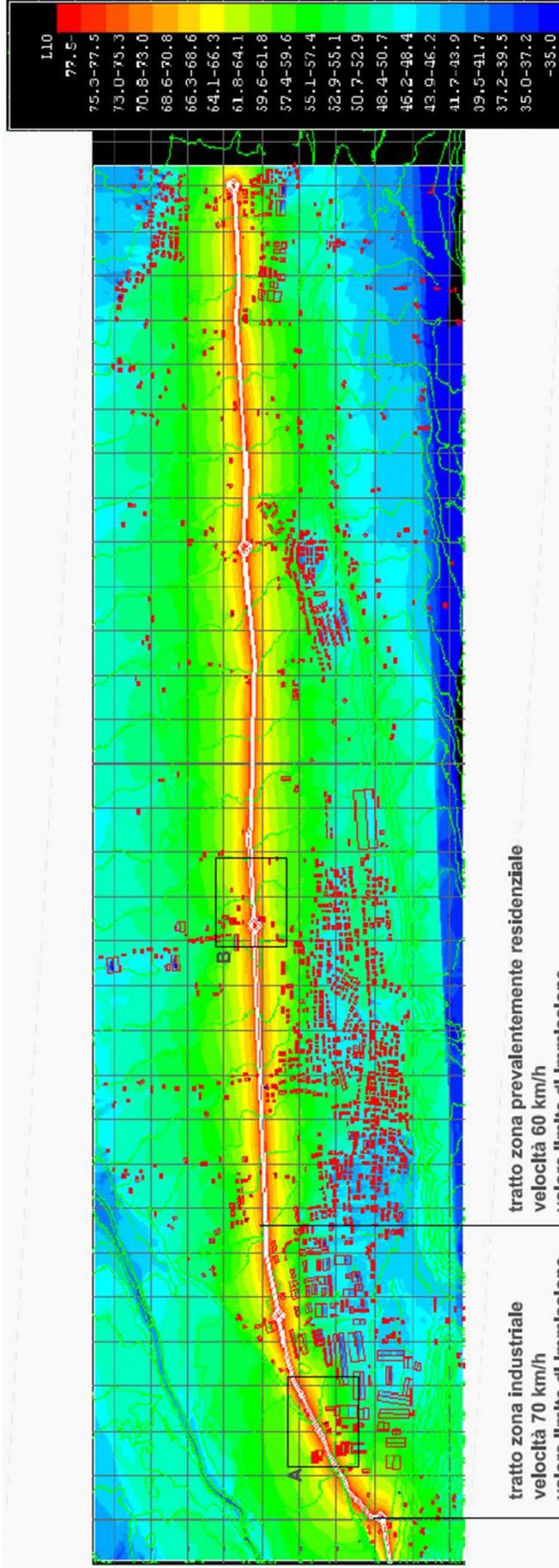
Modello CNR

$$L_{eq} = 35,1 + 10 \cdot \text{Log}(Q_l + 8 \cdot Q_p) + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{d_0}{d}\right) + \sum_i \Delta L_i$$

- Q_l è il flusso orario di veicoli leggeri;
- Q_p è il flusso orario di veicoli pesanti;
- d è la distanza sorgente-ricevente;
- d_0 è una distanza di riferimento assunta pari a 25m;
- ΔL_i sono le attenuazioni o gli incrementi dovuti alla velocità, al tipo di fondo, alla pendenza della strada e alla fluidità del traffico, il cui range è compreso tra -2 e +12 dB(A).

RUMORE - ANALISI 1
EFFETTUATA CON IL SOFTWARE ROADNOISE

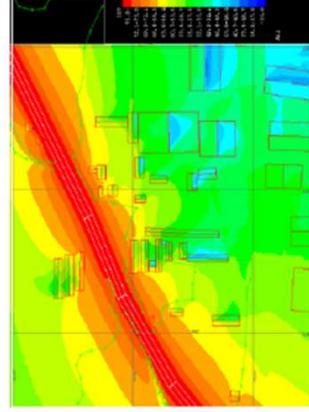
velocità considerata:
70 km/h e 60 km/h



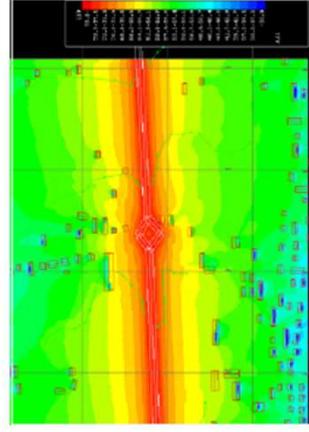
tratto zona industriale
velocità 70 km/h
valore limite di Immissione
diurno 70 dB - notturno 70
(DPCM 14 novembre 1997)

tratto zona prevalentemente residenziale
velocità 60 km/h
valore limite di Immissione
diurno 55 dB - notturno 45 dB

particolare A



particolare B



DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 14 novembre 1997.

(in Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 280 del 1/12/97)

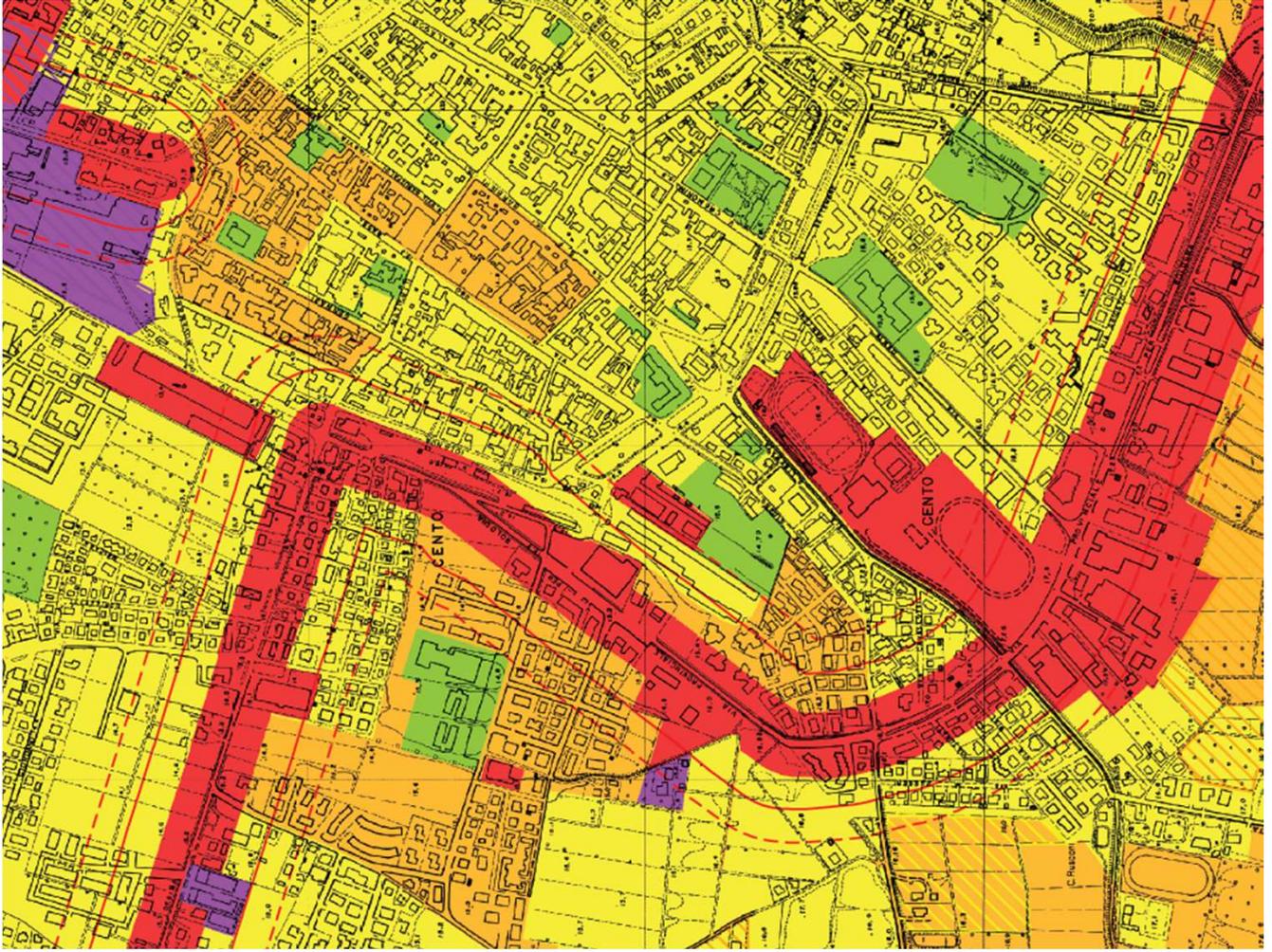
Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.

CLASSE I Aree particolarmente protette	Aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, aree scolastiche, aree destinate al riposo e allo svago, aree residenziali rurali e di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc.
CLASSE II Aree prevalentemente residenziali	Aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione e limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività artigianali ed industriali.
CLASSE III Aree di tipo misto	Aree urbane interessate da traffico locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali ed uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali, aree rurali con impiego di macchine operatrici.
CLASSE IV Aree ad intensa attività umana	Aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, elevata presenza di attività commerciali ed uffici, presenza di attività artigianali, aree in prossimità di strade di grande comunicazione, di linee ferroviarie, di aeroporti e porti, aree con limitata presenza di piccole industrie.
CLASSE V Aree prevalentemente industriali	Aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni.
CLASSE VI Aree esclusivamente industriali	Aree interessate da insediamenti industriali e senza abitazioni.

Valori limite di emissione - Leq in dB(A)		
Classe acustica	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 , 22.00)	Notturno (22.00 , 06.00)
I	45	35
II	50	40
III	55	45
IV	60	50
V	65	55
VI	65	65

Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A)		
Classe acustica	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 , 22.00)	Notturno (22.00 , 06.00)
I	50	40
II	55	45
III	60	50
IV	65	55
V	70	60
VI	70	70

Valori di qualità - Leq in dB(A)		
Classe acustica	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00 , 22.00)	Notturno (22.00 , 06.00)
I	47	37
II	52	42
II	57	47
IV	62	52
V	67	57



STAIATO DI FATTO

- CLASSE I
(diurni 50 dB(A), notturni 40 dB(A))
- CLASSE II
(diurni 55 dB(A), notturni 45 dB(A))
- CLASSE III
(diurni 60 dB(A), notturni 50 dB(A))
- CLASSE IV
(diurni 65 dB(A), notturni 55 dB(A))
- CLASSE V
(diurni 70 dB(A), notturni 60 dB(A))

STAIATO DI PROGETTO

- CLASSE I
(diurni 50 dB(A), notturni 40 dB(A))
- CLASSE II
(diurni 55 dB(A), notturni 45 dB(A))
- CLASSE III
(diurni 60 dB(A), notturni 50 dB(A))
- CLASSE IV
(diurni 65 dB(A), notturni 55 dB(A))
- CLASSE V
(diurni 70 dB(A), notturni 60 dB(A))

N.B.: i valori indicati si riferiscono ai limiti di immissione.

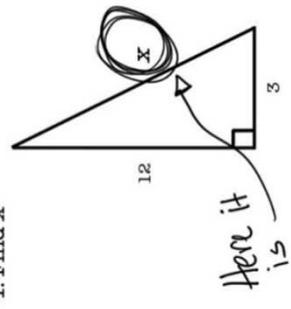
FASCIE DI PERTINENZA FERROVIARIA (dpr. 18/12/98, n. 459)

- FASCIA A (100 m per lato, limite di immissione 70 dB(A) diurni, 60 dB(A) notturni)
- - - FASCIA B (150 m per lato, limite di immissione 85 dB(A) diurni, 55 dB(A) notturni)

FASCIE DI PERTINENZA STRADALE (dpr. 30/03/04 n. 142)

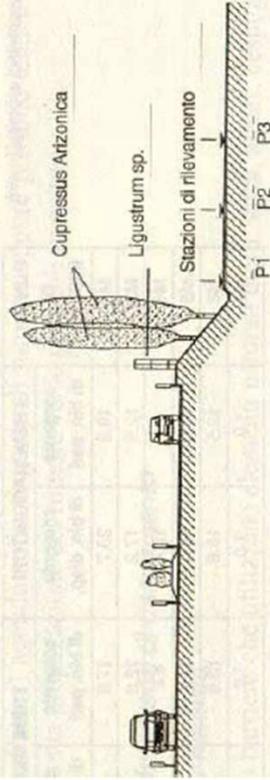
- FASCIA A (100 m per lato, limite di immissione 70 dB(A) diurni, 60 dB(A) notturni)
- - - FASCIA B strade urbane secondarie Cb (50 m per lato, limite di immissione 65 dB(A) diurni, 55 dB(A) notturni)
- - - FASCIA B strade extraurbane secondarie A (150 m per lato, limite di immissione 65 dB(A) diurni, 55 dB(A) notturni)

4. Find x



PUNTO DI MISURA	ATTENUAZIONE
P1 a 7m dalla sorgente	13.0
P2 a 17m dalla sorgente	16.7
P3 a 27m dalla sorgente	18.5

Attenuazione in dB, espressa come differenza tra il livello alla sorgente e il livello nel punto di prova.



Tipologia strada	Tipo barriera vegetale/biomuro	Spessore barriera m	Distanza della sorgente m	Attenuazione dB
Rilevato	Siepe + alberi	6	17	16.7
Rilevato	Siepe + alberi	9	27	18.5
Raso	Arbusti misti	11	9	16.2
Trincea	Querce	30	29	16.6
	Parete mista con struttura portante in cls	7	14	16.0
	Muro cellulare	-	25	21.5 (rumore rosa)
			3	24.0 (rumore rosa)
			10	24.1 (rumore rosa)
			25	23.5 (rumore rosa)
			25	22.0 (rumore rosa)

Beneficio acustico in P1 = 11.8 dB(A)
Beneficio acustico in P2 = 10.1 dB (A)

