

I campi acustici

Diffusione del suono all'aperto

Diffusione del suono al chiuso

Campo sonoro

Zona di un mezzo elastico (per es. l'aria) in cui siano presenti onde sonore.

Campo libero

Campo sonoro generato in un mezzo omogeneo e isotropico i cui confini fisici non esercitano influenze rilevanti sulla propagazione di onde sonore

Potenza sonora

L_w [dB]

Potenza irradiata misurata in decibel (rif a 1 pW)

Potenza sonora e pressione:

$L_w = L_p + 20 \log r + 10,9 \text{ dB} + C$ (C \rightarrow 0 in cond. normali) - V. ISO 3741, 3744, 3746

Propagazione del suono all'aperto

- Attenuazioni:
 - A_{div} causata dalla divergenza geometrica;
 - $A_{barrier}$ causata dalla interposizione tra sorgente e ricevitore di un ostacolo;
 - A_{atm} causata dall'assorbimento dell'energia acustica da parte dell'aria
 - A_{excess} causata da fenomeni essenzialmente dovuti al terreno e chiamata "effetto suolo"

Suono al ricevitore

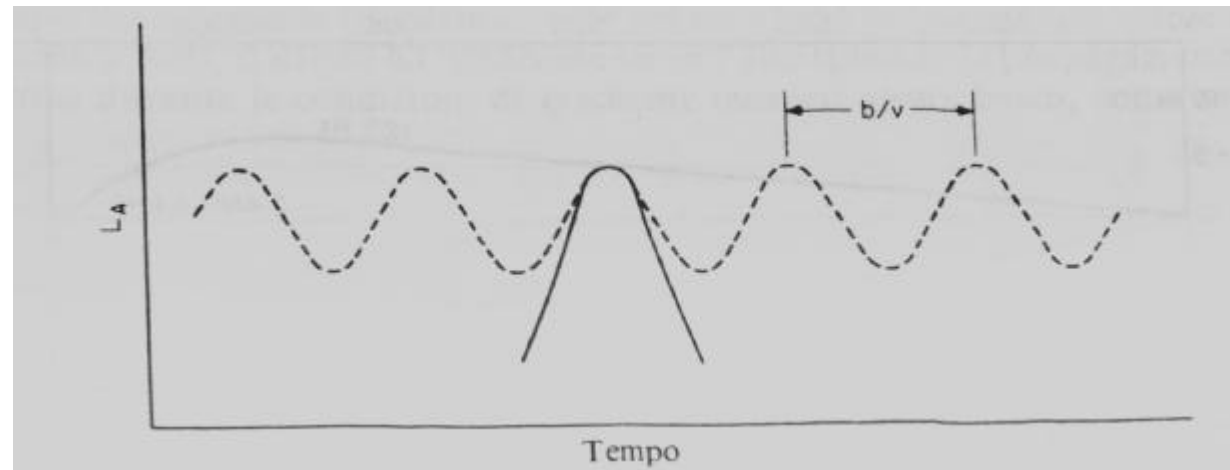
$$L_{ric} = L_{rif} - A_{div} - A_{bar} - A_{atm} - A_{excess}$$

Sorgente puntiforme non direzionale

- $A_{div} = 20 \log (r/r_{rif}) \text{ dB}$

Sorgente lineare infinita (strada)

Veicoli con velocità v [m/s] a distanza b [m]



Sorgente lineare infinita (L_{max} e L_{eq})

- Il massimo livello sonoro decresce di 6 dB ogni raddoppio di distanza;

$$L_{MAX} = L_{MAX,rif} - 20 \log(r/r_{rif}) \text{ dB}$$

- Il livello equivalente decresce di 3 dB ogni raddoppio di distanza

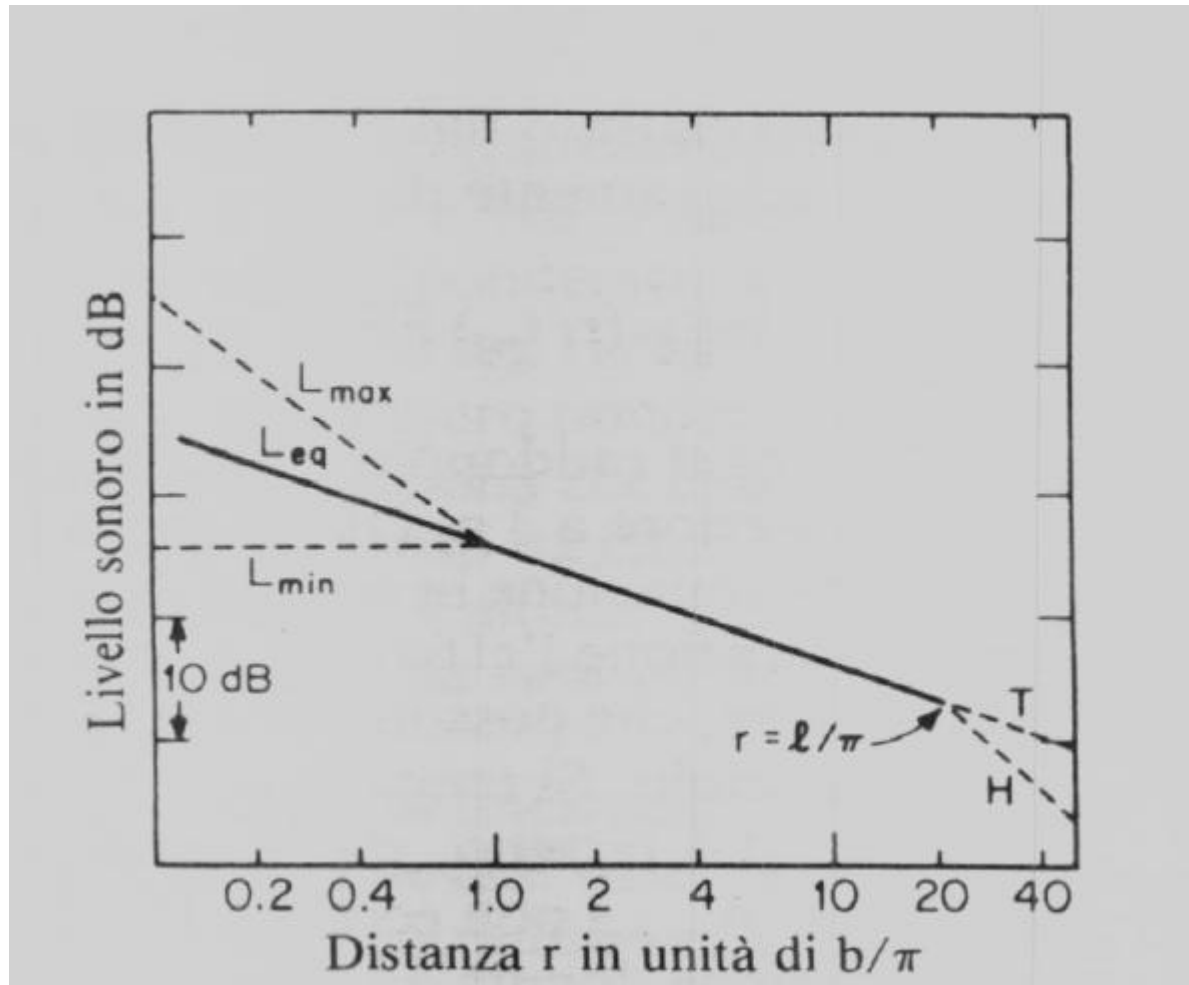
$$L_{eq} = L_{eq,rif} - 10 \log(r/r_{rif}) \text{ dB}$$

Sorgente lineare infinita (L_{min})

- Il minimo livello sonoro non dipende da r fino a che $r=b/p$; poi decresce di 3 dB ogni raddoppio della distanza

$$L_{min}=L_{min,rif} -10\log(r/r_{rif}) \text{ dB} \quad (r > b/p)$$

Sorgente lineare infinita



ing. Domenico Brioschi -
brioschi@gpseurope.com

Traffico stradale: esempio

Esempio: traffico stradale					
Traffico	V [km/h]	V [m/s]	b [m]	b/v [s]	b/Pigreco [m]
1800	80	22,2	44,4	2	14,2
800	40	11,1	50,0	4,5	15,9
2500	50	13,9	20,0	1,44	6,4

Effetto barriera

$$A_{\text{barr}} = 20 * (\log ((\text{radq}(2 * \mathbf{p} * \mathbf{N}) / \tanh(\text{radq}(2 * \mathbf{p} * \mathbf{N})))) + 5 \text{ dB}$$

oppure

$$A_{\text{barr}} = 20 * (\log (\text{radq}(2 * \mathbf{p} * \mathbf{N}))) + 5 \text{ dB}$$

Ove N numero di Fresnel

Valida per $N > 0,2$

Numero di Fresnel

$$N=2*d/l$$

Dove

$$d=A+B-(a+b)$$

Come da figura seguente

Barriera

										Punto	x	y	
										S	0.0	5.5	Input
										R	15.2	0.5	
										C	3.0	6.5	
										A	3.2		Output
										B	13.6		
										a+b	16.0		
Dati geometrici													
<input type="text"/>													
frequenza	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	totale			
lambda	5.41	2.73	1.36	0.68	0.34	0.17	0.09	0.04	0.02				
N	0.28	0.55	1.11	2.22	4.44	8.88	17.75	35.50	71.00				
attenuazione	7.4	10.4	13.4	16.4	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	27.8			

Effetto vegetazione

- Erba o cespugli:

$$A = (0,18 * \log f - 9,31) * d \quad \text{con } f \text{ frequenza [Hz]}$$

d lunghezza strato erba [m]

- Foreste

$$A = 0,01 * f^{1/3} * d \quad \text{con } f \text{ frequenza [Hz]}$$

d lunghezza strato erba [m]

Effetto suolo in aree aperte

$A = 5 \log(r/r_{\text{rif}})$ (-1,5 dB al raddoppio della
distanza), per propagazione <
3 metri dal suolo

Assorbimento atmosferico

$$A_{\text{atm}} = (7.4 * f^2 * r / j) * 10^{-8} \text{ dB}$$

Dove

f frequenza centrale banda [Hz]

r distanza [m]

j umidità relativa %

Traffico stradale e ferroviario

- Il concetto di SEL
- Noto 1 evento (o M eventi), calcolo semplicemente sul tempo T

$$L_{eqT} = 10 \log((N * 10^{(0,1 * SEL)}) / T)$$

Dove N è il numero dei transiti

Modelli previsionale traffico automobilistico e ferroviario

-VLGE (gratuito);

-AAMA Community Noise Model (gratuito):

www-cee.engr.ucg.edu/labs/noise

Campi sonori in ambiente confinato

Assorbimento acustico

Campo riverberante

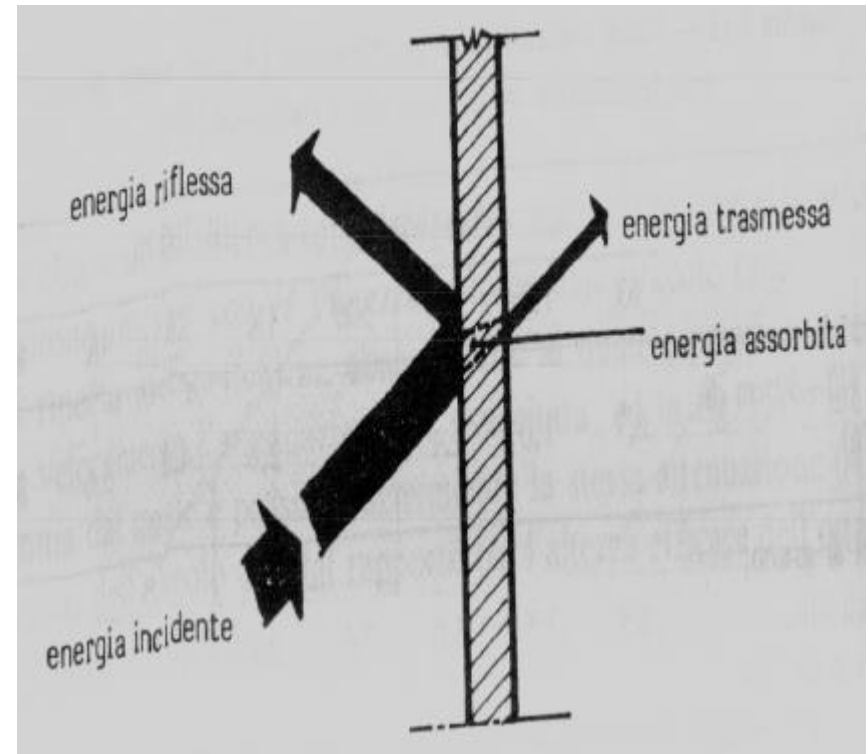
Bilancio energetico d'insieme:

$$r + a' + t = 1 \quad \text{dove}$$

r coefficiente di riflessione

a' coefficiente di
assorbimento

t coefficiente di trasmissione



Campo riverberante

- In sostanza però si assume:

$$a = a' + t = 1 - r$$

E pertanto

$$a + r = 1$$

Tempo di riverberazione

Il tempo necessario perché in un determinato punto di un ambiente chiuso il livello sonoro si riduca di 60 dB rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora ha cessato di funzionare.

Tempo di riverberazione

Equazione di Sabine

$$T = 0,161 V / (\sum S_i a_i) \quad [s] \quad \text{dove}$$

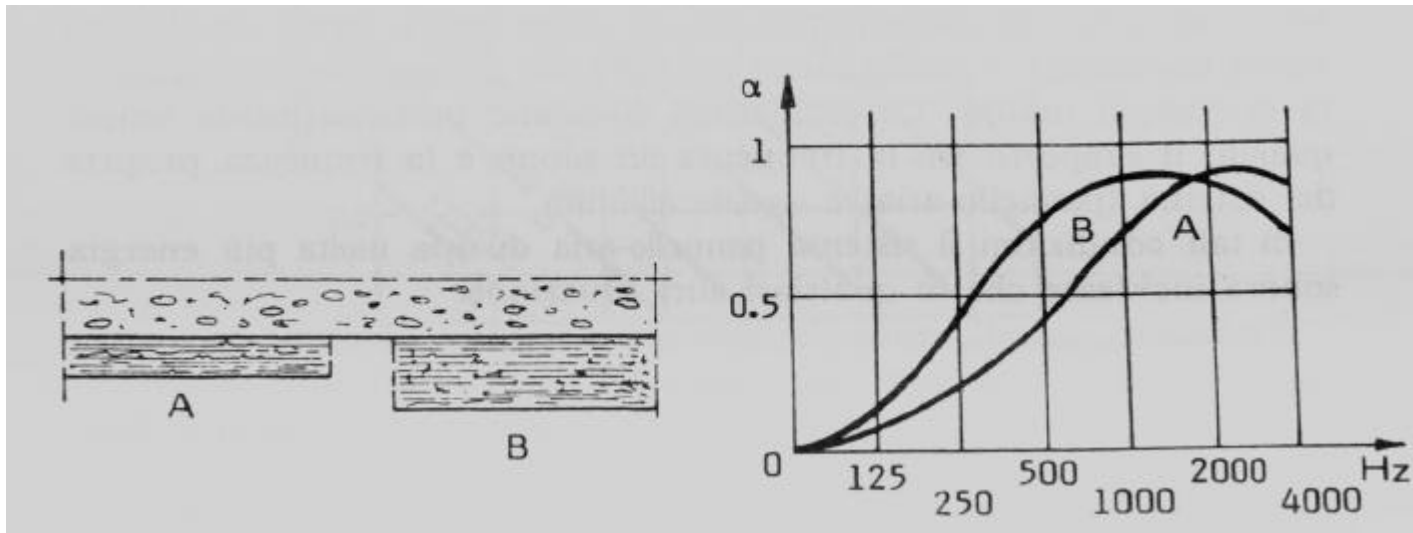
V volume dell'ambiente $[m^3]$;

S_i superficie i -esima $[m^2]$

a_i coeff. di assorbimento acustico della i -esima superficie
[.]

Materiali e strutture fono assorbenti

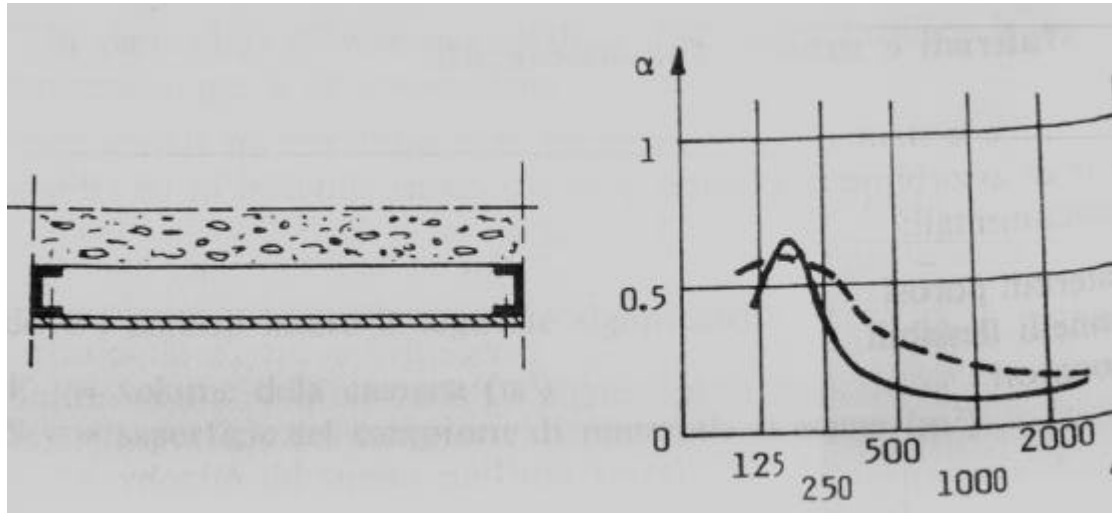
Materiali porosi (lana di vetro, lana di roccia...)



Materiali e strutture fonoassorbenti

Materiali	31,5	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
intonaco calce (s.r.)	0.031	0.063	0.063	0.063	0.063	0.074	0.095	0.151	0.257	0.319
intonaco ruvido	0.01	0.01	0.021	0.031	0.042	0.052	0.042	0.031	0.021	0.021
intonaco liscio	0.01	0.021	0.021	0.021	0.031	0.042	0.042	0.031	0.021	0.021
int. calce fresco (T.R.)	0.01	0.021	0.031	0.042	0.042	0.052	0.063	0.074	0.084	0.106
int. calce maturo (T.R.)	0.01	0.021	0.031	0.042	0.052	0.063	0.074	0.084	0.095	0.117
int. calce degrad.(T.R.)	0.031	0.052	0.063	0.074	0.074	0.074	0.095	0.117	0.233	0.282
int. gesso liscio legno (P)	0.021	0.031	0.042	0.052	0.063	0.074	0.074	0.063	0.063	0.074
int. gesso liscio ferro	0.01	0.01	0.021	0.031	0.031	0.042	0.021	0.031	0.031	0.042
piastrelle stuccate (g)	0.021	0.031	0.031	0.031	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.052
legno di pino (C)	0.052	0.106	0.106	0.106	0.106	0.095	0.106	0.129	0.345	0.423
legno verniciato (g)	0.063	0.117	0.117	0.129	0.129	0.129	0.106	0.106	0.106	0.129
legno compensato (C)	0.063	0.117	0.117	0.117	0.129	0.129	0.106	0.106	0.106	0.129
pavimento legno poroso	0.01	0.021	0.031	0.042	0.063	0.129	0.106	0.186	0.257	0.319
pavimento legno duro	0.052	0.095	0.095	0.106	0.084	0.084	0.106	0.106	0.106	0.129
pavimento marmo (B)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.031	0.031	0.042	0.052	0.063
pavimento moquette (B)	0.031	0.052	0.052	0.052	0.106	0.221	0.345	0.751	0.617	0.766
pavimento moquette (C)	0.031	0.074	0.084	0.106	0.221	0.282	0.345	0.41	0.423	0.518
pavimento gomma (B)	0	0.01	0.021	0.042	0.052	0.052	0.106	0.052	0.052	0.063
pavimento linoleum (m)	0.01	0.021	0.021	0.031	0.031	0.031	0.042	0.052	0.063	0.074
pavimento in cemento (g)	0.01	0.01	0.01	0.031	0.052	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
pavimento sughero cerato (C)	0.021	0.031	0.042	0.031	0.052	0.117	0.074	0.021	0.01	0.01
tende velluto a 20 cm (C/B)	0.01	0.031	0.084	0.332	0.532	0.617	0.477	0.41	0.319	0.396
tende velluto tese (C)	0.01	0.021	0.052	0.129	0.41	0.546	0.45	0.423	0.423	0.518
Unita'ass.ti poltrona in cuoio (P)	0.084	0.174	0.221	0.282	0.332	0.357	0.332	0.282	0.245	0.294
tappezz. stoffa (B)	0.01	0.021	0.031	0.042	0.117	0.186	0.27	0.41	0.504	0.617
tappezz. lana (C)	0.084	0.174	0.221	0.282	0.41	0.477	0.617	1,006	0.956	1,193
tappezz. moquette (C) min	0.031	0.052	0.052	0.052	0.163	0.221	0.282	0.345	0.383	0.477
tappezz. moquette (C) max	0.031	0.063	0.106	0.163	0.282	0.345	0.41	0.477	0.518	0.646
tappeto cordato (g)	0.052	0.106	0.106	0.106	0.282	0.282	0.477	0.477	0.477	0.588
tappeto non cordato (g)	0.042	0.084	0.084	0.084	0.163	0.163	0.282	0.282	0.282	0.345
tappeto in cotone (g)	0.01	0.01	0.074	0.357	0.603	1,107	0.86	0.676	0.588	0.736
tappeto peloso su 3mm feltro (g)	0.042	0.084	0.117	0.151	0.436	0.518	0.307	0.282	0.282	0.345
tappeto peloso su CLS (g)	0.052	0.106	0.095	0.084	0.233	0.294	0.307	0.436	0.518	0.646
tappeto su CLS (g)	0.063	0.117	0.095	0.063	0.27	0.27	0.27	0.117	0.106	0.129
muro mattoni vernic. (C/g)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
muro mattoni non vernic. (C/g)	0.01	0.021	0.021	0.021	0.031	0.042	0.052	0.074	0.084	0.106
muro mattoni (B)	0.042	0.084	0.052	0.042	0.021	0.042	0.052	0.052	0.052	0.063
muro in CLS grezzo (C/B)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.021	0.031	0.042	0.052	0.063
muro in CLS vernic. (C)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
tende alla veneziana	0.163	0.332	0.27	0.209	0.151	0.084	0.14	0.106	0.074	0.084
larga lastra vetro pes. (g)	0.151	0.307	0.198	0.063	0.042	0.031	0.021	0.021	0.021	0.021
finestra vetro ordin. (g)	0.233	0.504	0.41	0.282	0.198	0.129	0.074	0.042	0.031	0.031
finestra vetro (B)	0.063	0.129	0.106	0.042	0.031	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021
finestra vetro (C/g)	0.021	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.021	0.021	0.021	0.021
vetro 6.4 mm sigillato	0.042	0.074	0.052	0.031	0.021	0.021	0.031	0.021	0.01	0.01
finestra da 0.68 kg/mq	0.084	0.163	0.106	0.052	0.042	0.031	0.031	0.031	0.031	0.042
Superficie dell' acqua (piscina)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.031	0.042	0.052
Blocchi in CLS verniciati	0.084	0.163	0.106	0.052	0.063	0.074	0.095	0.084	0.074	0.084
Rivestimento in legno scanalato	0.163	0.332	0.27	0.209	0.151	0.084	0.14	0.106	0.074	0.084
Tappeto con schiuma sottostante	0.031	0.052	0.052	0.163	0.345	0.477	0.617	0.766	0.924	1,158
porte in ferro	0.01	0.01	0.01	0.01	0.021	0.021	0.031	0.031	0.031	0.042
porte o finestre aperte	0.477	1,090	1,090	1,090	1,090	1,090	1,264	1,429	1,429	1,429
lamiera grecata s=1mm	0.129	0.27	0.14	0.074	0.031	0.021	0.01	0	0	0

Pannelli flessibili



$$f_r = 600 / \sqrt{m \cdot d} \quad [\text{Hz}] \quad \text{dove}$$

m peso del pannello per unità di superficie [kg/m^2]

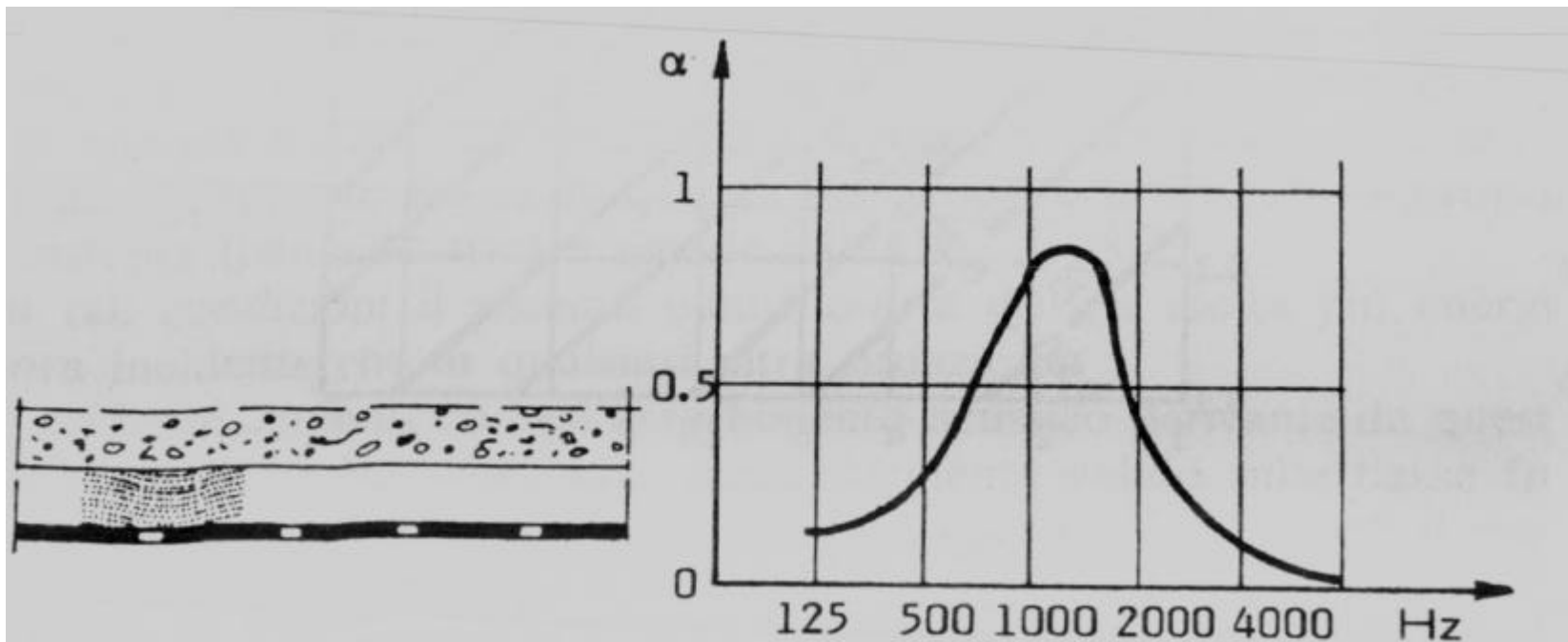
d distanza muro- pannello [cm]

Nota bene $d = \text{mezza lunghezza d'onda di } f_r$

Pannelli flessibili

m [kg/mq]	d [cm]	fr [Hz]	l [m]	lambda [m]
3	10	109,5	1,44	2,87
3	15	89,4	1,76	3,52
4	20	67,1	2,34	4,69
6	20	54,8	2,87	5,74
8	20	47,4	3,32	6,63
10	30	34,6	4,54	9,08

Risuonatori



Risuonatori

$f_r = (c/2\pi) \cdot \text{radq}(P\% / (h \cdot (1 + 1,6 \cdot R)))$ [Hz] dove

c velocità del suono in aria [m/s]

l lunghezza del collo del ris. [m]

P% percentuale della foratura [.]

h distanza dalla parete [m]

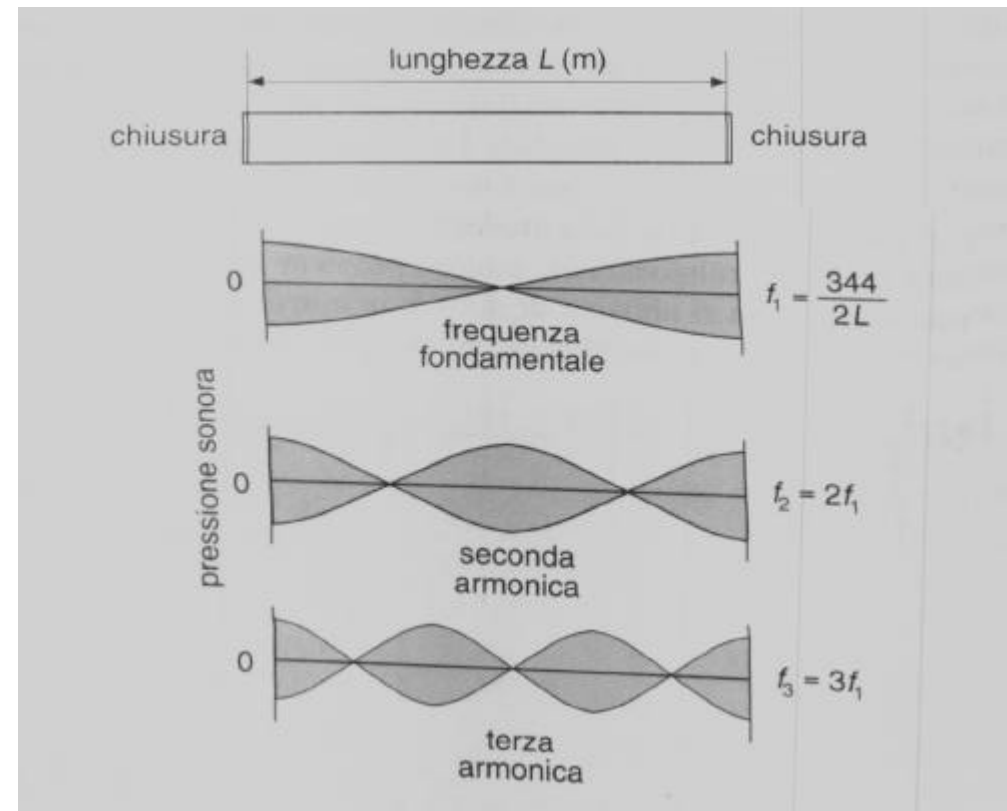
R raggio del collo [m]

Risuonatori

P%	h [m]	l [m]	R [m]	fr [Hz]
0,25	0,25	0,03	0,15	96,3
0,5	0,25	0,03	0,15	136,2
0,25	0,5	0,03	0,15	68,1
0,25	0,5	0,1	0,3	46,5
0,25	0,5	0,1	0,5	37,3

Modi di risonanza propri di un ambiente (locali abbastanza piccoli)

Concetto di base:



Onde e raggi: raggi

La diffusione del suono a raggi (angolo di incidenza uguale angolo di riflessione) è applicabile alle frequenze medio alte, ovvero quando le dimensioni del locale non sono dello stesso o.d.g. di quelle delle onde sonore

Onde e raggi: onde

La diffusione del suono con il concetto di onde (v. figura del tubo) è applicabile alle frequenze medio basse, ovvero quando le dimensioni del locale sono dello stesso o.d.g. di quelle delle onde sonore.

Quattro regioni di frequenze

Regione	Tipicità delle Regioni	Confini
A	al di sotto di q_s frequenza non c'è sostegno	$f_1 = 344/2L_{ungh}$
B	tra f_1 e f_2 (frequenza di crossover): modi	$f_2 = 1875 * \text{rad}q(RT60/V)$
C	tra f_2 e $f_3 = 4f_2$ diffusione e diffrazione	$f_3 = 4f_2$
D	oltre f_3 : zona con approccio geometrico (assorbimento)	$f > f_3$

Modi e frequenze

modi:

$$f_{\text{mod}} = c/2 * \text{radq}(p^2/L_{\text{ungh}}^2 + q^2/L_{\text{argh}}^2 + r^2/A_{\text{lt}}^2)$$

dove

p,q,r, interi (0,1,2,3,4..)

Modi e frequenze

Denominazione:

- Assiali $(1,0,0)$, $(0,1,0)$... $(2,0,0)$
- Tangenziali $(1,1,0)$, $(0,2,1)$
- Obliqui $(1,1,1)$, $(1,2,3)$, $(4,1,7)$

Enfatizzazione dei modi

- Criticità delle vicinanze:
- $f_2 - f_1 = 2,2 / RT60$ il che vuol dire:

tempo di riverbero [s]	larghezza di banda dei modi [Hz]
0,2	11
0,3	7,3
0,4	5,5
0,5	4,4
0,6	3,7
0,8	2,8
1	2,2
1,5	1,5

Modi di un locale

locale	Aereoporto_milano				
lunghezza [m]	43.335				
larghezza [m]	15				
altezza [m]	3.5				
Volume	2275.088				
tempo di riverbero	0.8				
superficie teorica sabine	1708.395				
Frequenza di crossover	35.15987				
Regione A: non modale	fino a	4			
Regione B: modale	tra	4	e	35 Hz	
Regione C: diffrazione e diffusione	tra	35	e	141 Hz	
Regione D: raytrace	tra	141	e	20,000 Hz	

Modi di un locale

modo	rango di ordine	p	q	r	frequenza	progressivo	l onda	distanz e [Hz]	coincid enze	distanz e [%]	coincid enze	denominazion e
assiale	primo	1	0	0	4.0	1	79.1	4				assiale primo
assiale	secondo	2	0	0	7.9	7	39.6	4		100%		assiale secondo
assiale	primo	0	1	0	11.5	2	27.4	4		44%		assiale primo
assiale	terzo	3	0	0	11.9	18	26.4	0	11.9	4%	11.9	assiale terzo
tangenziale	primo	1	1	0	12.1	3	25.9	0	12.1	2%	12.1	tangenziale primo
tangenziale	secondo	2	1	0	13.9	11	22.5	2		15%		tangenziale secondo
assiale	quarto	4	0	0	15.9	34	19.8	2		14%		assiale quarto
tangenziale	terzo	3	1	0	16.5	20	19.0	1	16.5	4%	16.5	tangenziale terzo
assiale	5	5	0	0	19.8	66	15.8	3		20%		assiale 5
assiale	secondo	0	2	0	22.9	10	13.7	3		16%		assiale secondo
tangenziale	secondo	1	2	0	23.3	12	13.5	0	23.3	1%	23.3	tangenziale secondo
assiale	6	6	0	0	23.8	66	13.2	1	23.8	2%	23.8	assiale 6
tangenziale	secondo	2	2	0	24.3	17	12.9	0	24.3	2%	24.3	tangenziale secondo
tangenziale	terzo	3	2	0	25.8	27	12.2	2		6%		tangenziale terzo
assiale	7	7	0	0	27.8	66	11.3	2		8%		assiale 7
assiale	8	8	0	0	31.8	66	9.9	4		14%		assiale 8
assiale	terzo	0	3	0	34.4	21	9.1	3		8%		assiale terzo
tangenziale	terzo	2	3	0	35.3	31	8.9	1	35.3	3%	35.3	tangenziale terzo
assiale	9	9	0	0	35.7	66	8.8	0	35.7	1%	35.7	assiale 9
tangenziale	terzo	3	3	0	36.4	40	8.6	1	36.4	2%	36.4	tangenziale terzo
tangenziale	quarto	4	3	0	37.9	51	8.3	1		4%	37.9	tangenziale quarto
assiale	10	10	0	0	39.7	66	7.9	2		5%	39.7	assiale 10
assiale	11	11	0	0	43.7	66	7.2	4		10%		assiale 11
assiale	quarto	0	4	0	45.9	38	6.8	2		5%		assiale quarto
tangenziale	quarto	3	4	0	47.4	54	6.6	2		3%	47.4	tangenziale quarto
assiale	12	12	0	0	47.6	66	6.6	0	47.6	1%	47.6	assiale 12
assiale	primo	0	0	1	49.1	4	6.4	2		3%	49.1	assiale primo
tangenziale	primo	1	0	1	49.3	5	6.4	0	49.3	0%	49.3	tangenziale primo
tangenziale	secondo	2	0	1	49.8	8	6.3	0	49.8	1%	49.8	tangenziale secondo
tangenziale	primo	0	1	1	50.5	6	6.2	1	50.5	1%	50.5	tangenziale primo
tangenziale	primo	0	1	1	50.5	15	6.2	0	50.5	0%	50.5	tangenziale primo
tangenziale	terzo	3	0	1	50.6	23	6.2	0	50.6	0%	50.6	tangenziale terzo
obliqua	primo	1	1	1	50.6	9	6.2	0	50.6	0%	50.6	obliqua primo
assiale	13	13	0	0	51.6	66	6.1	1	51.6	2%	51.6	assiale 13
obliquo	terzo	3	1	1	51.8	25	6.1	0	51.8	0%	51.8	obliquo terzo
tangenziale	secondo	0	2	1	54.2	13	5.8	2		5%	54.2	tangenziale secondo
obliquo	secondo	1	2	1	54.4	16	5.8	0	54.4	0%	54.4	obliquo secondo
obliquo	secondo	2	2	1	54.8	22	5.7	0	54.8	1%	54.8	obliquo secondo
obliquo	terzo	3	2	1	55.5	35	5.7	1	55.5	1%	55.5	obliquo terzo
assiale	14	14	0	0	55.6	66	5.7	0	55.6	0%	55.6	assiale 14
assiale	5	0	5	0	57.3	66	5.5	2		3%	57.3	assiale 5
assiale	15	15	0	0	59.5	66	5.3	2		4%	59.5	assiale 15
tangenziale	terzo	0	3	1	60.0	26	5.2	0	60.0	1%	60.0	tangenziale terzo
obliquo	terzo	1	3	1	60.1	29	5.2	0	60.1	0%	60.1	obliquo terzo
obliquo	terzo	2	3	1	60.5	36	5.2	0	60.5	1%	60.5	obliquo terzo
assiale	6	0	6	0	68.8	66	4.6	8		14%		assiale 6
assiale	7	0	7	0	80.3	66	3.9	11		17%		assiale 7
assiale	8	0	8	0	91.7	66	3.4	11		14%		assiale 8
assiale	secondo	0	0	2	98.3	19	3.2	7		7%		assiale secondo
tangenziale	secondo	2	0	2	98.6	28	3.2	0	98.6	0%	98.6	tangenziale secondo
tangenziale	secondo	0	1	2	99.0	14	3.2	0	99.0	0%	99.0	tangenziale secondo
tangenziale	terzo	3	0	2	99.0	39	3.2	0	99.0	0%	99.0	tangenziale terzo
obliquo	secondo	1	1	2	99.0	24	3.2	0	99.0	0%	99.0	obliquo secondo
obliquo	secondo	2	1	2	99.3	32	3.2	0	99.3	0%	99.3	obliquo secondo
obliquo	terzo	3	1	2	99.7	41	3.2	0	99.7	0%	99.7	obliquo terzo
tangenziale	secondo	0	2	2	100.9	30	3.1	1		1%	100.9	tangenziale secondo
obliquo	secondo	1	2	2	101.0	33	3.1	0	101.0	0%	101.0	obliquo secondo
obliquo	secondo	2	2	2	101.2	37	3.1	0	101.2	0%	101.2	obliquo secondo
obliquo	terzo	3	2	2	101.6	42	3.1	0	101.6	0%	101.6	obliquo terzo

ing. Domenico Brioschi
brioschi@spseurope.com

Tempi di riverberazione consigliati (cinema, teatri, auditorium..)

Volume [mc]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1-4 k [Hz]
100	1	0,9	0,8	0,7
200	1,2	1	0,9	0,8
300	1,3	1,1	1	0,9
400	1,4	1,2	1	0,9
500	1,4	1,3	1,1	0,9
1000	1,6	1,4	1,2	1
2000	1,8	1,6	1,4	1,2
3000	1,9	1,6	1,4	1,2
4000	2	1,7	1,5	1,3
5000	2,1	1,8	1,6	1,4
10000	2,4	2,1	1,8	1,7

Tempi di riverberazione consigliati

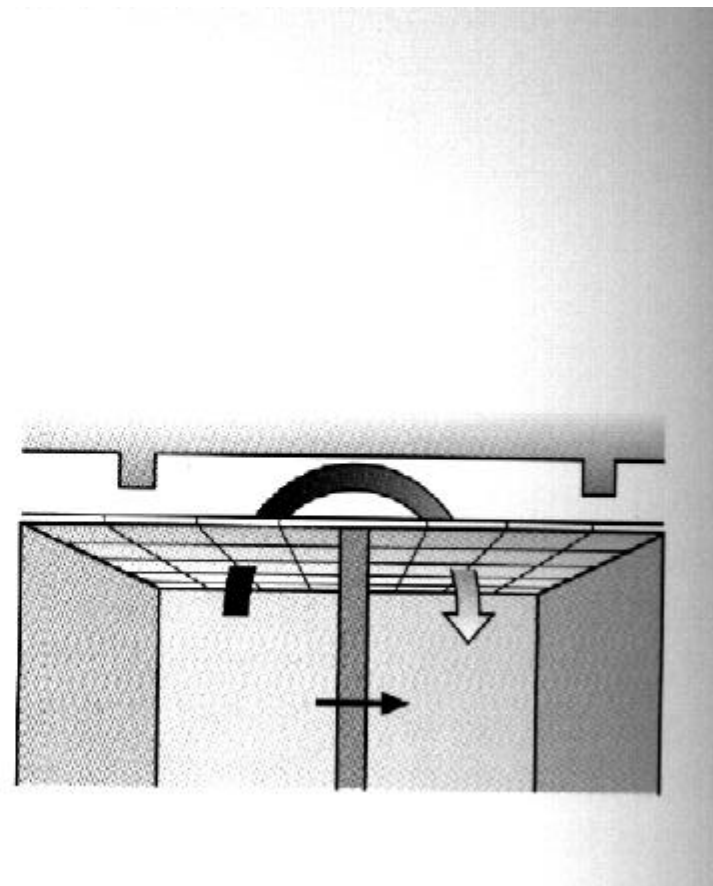
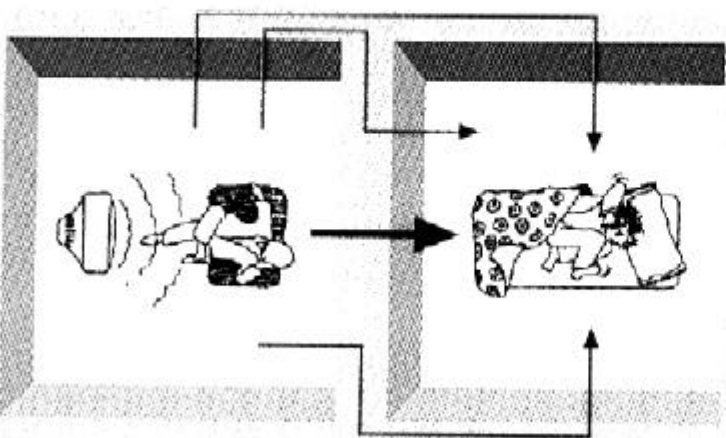
(sale di registrazione)

Volume [mc]	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1-4 k [Hz]
100	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7
200	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
300	1	0,9	0,9	0,8	0,8
400	1,1	1	0,9	0,9	0,8
500	1,2	1	0,9	0,9	0,9
1000	1,4	1,3	1,1	0,9	0,9
2000	1,6	1,4	1,2	1	1
3000	1,7	1,5	1,3	1,1	1
4000	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1
5000	2,5	1,6	1,4	1,3	1,2
10000	2,5	2	1,7	1,5	1,3
20000	2,5	2,1	1,7	1,5	1,5

Campi sonori in ambiente confinato

Isolamento acustico

Vie di trasmissione del suono tra ambienti separati



Grandezze caratteristiche dell'isolamento

D differenza di livello di pressione sonora tra due ambienti (frequenza per frequenza)

R potere fonoisolante fornito da un elemento di edificio, indipendente dalle dimensioni (frequenza per frequenza)

D', R' c.s. ma misurati in opera (apparenti)

Indici di isolamento

- D, R calcolati come indice (numero unico) secondo le modalità previste dalla UNI EN ISO 717 e UNI EN ISO 140-4.

Elenco grandezze e indici (Progetto di norma U20000780)

Grandezze per esprimere	Norma	Nome	Formula	Note
<i>Isolamento per via aerea tra ambienti</i>	UNI EN ISO 140-4			
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente	UNI EN ISO 717-1	R'	$R' = 10 \log W1 / (W2 + W3)$	W1 potenza incidente W2 potenza trasmessa dall'elemento di separazione W3 potenza trasmessa dagli elementi laterali
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato Dn,w	UNI EN ISO 717-1	Dn,w	$Dn = L1 - L2 - 10 \log (A/A0)$	A0 area di assorbimento equivalente di riferimento pari a 10 mq per appartamenti
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione Dn,T,w		Dn,T	$Dn,T = L1 - L2 + 10 \log (T/T0)$	To per appartamenti pari a 0,5 s

Elenco grandezze e indici (Progetto di norma U20000780)

Grandezze per esprimere	Norma	Nome	Formula	Note
<i>Isolamento per via aerea di facciate</i>	UNI EN ISO 140-5			
Indice del potere fonoisolante apparente di facciata	UNI EN ISO 717-1	R'45,w	$R'_{45,w} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log(S/A) - 1,5$	
Indice del potere fonoisolante apparente di facciata	UNI EN ISO 717-1	R'45tr,w	$R'_{45tr,w} = Leq1 - Leq2 + 10 \log(S/A)$	usando come sorgente il traffico
Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione	UNI EN ISO 717-1	D2m,nT	$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \log(T/T_0)$	T0=0,5 s
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata normalizzato	UNI EN ISO 717-1	D2m,nw	$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \log(A/A_0)$	A0=10 mq

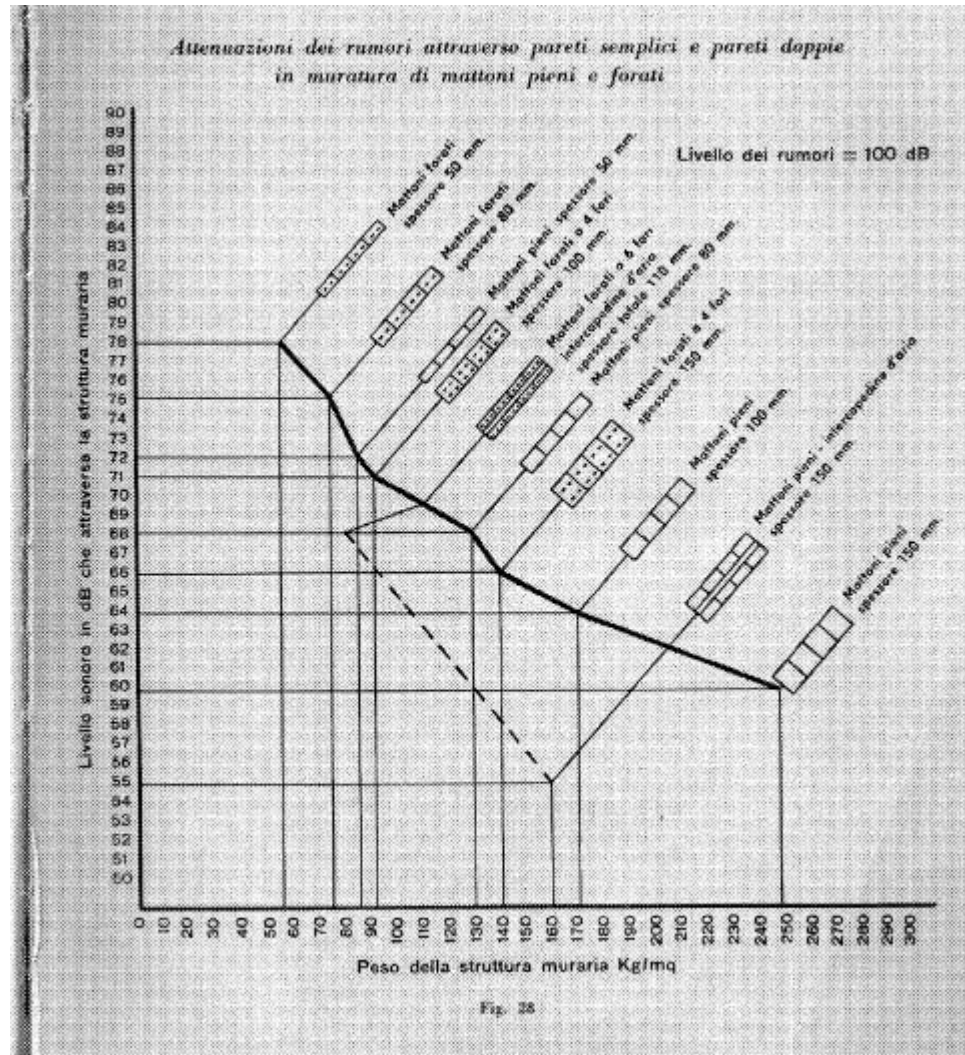
Elenco grandezze e indici (Progetto di norma U20000780)

<i>Isolamento rumore da calpestio</i>	UNI EN ISO 717-2			
Indice di valutazione del livello normalizzato di pressione di rumore da calpestio	UNI EN ISO 717-2	L'n,w	$L_n = L_i + 10 \log(A/A_0)$	$A_0 = 10 \text{ mq}$
Indice di valutazione di rumore da calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione	UNI EN ISO 717-2	L _n ,T,w	$DL_w = L_i + 10 \log(T/T_0)$	

Elenco grandezze e indici (Progetto di norma U20000780)

<i>Grandezze per esprimere le caratteristiche acustiche degli elementi per l'edilizia</i>				
Isolamento a rumori aerei	UNI EN ISO 140-3			
Indice di valutazione del potere fonoisolante	UNI EN ISO 717-1	R	$R=10 \log((W1/W2))$	senza trasmissioni laterali UNI
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi	UNI EN ISO 717-1	$D_{n,e,w}$	$D_{n,c}=L1-L2-10\log(A/A0)$	senza trasmissioni laterali UNI
Isolamento del rumore da calpestio	UNI EN ISO 140-6	$L_{n,w}$	$L_n=L_i+10\log(T/T0)$	

Legge di massa



Legge di massa

$$R_0 = 20 \log (pfM/rc)$$

$$R = R_0 - 10 \log(0,23 * R_0) \quad \text{dove}$$

f frequenza [Hz]

M massa per unità di superficie [kg/mq]

r densità dell'aria [kg/mc]

c velocità del suono nell'aria [m/s] 341

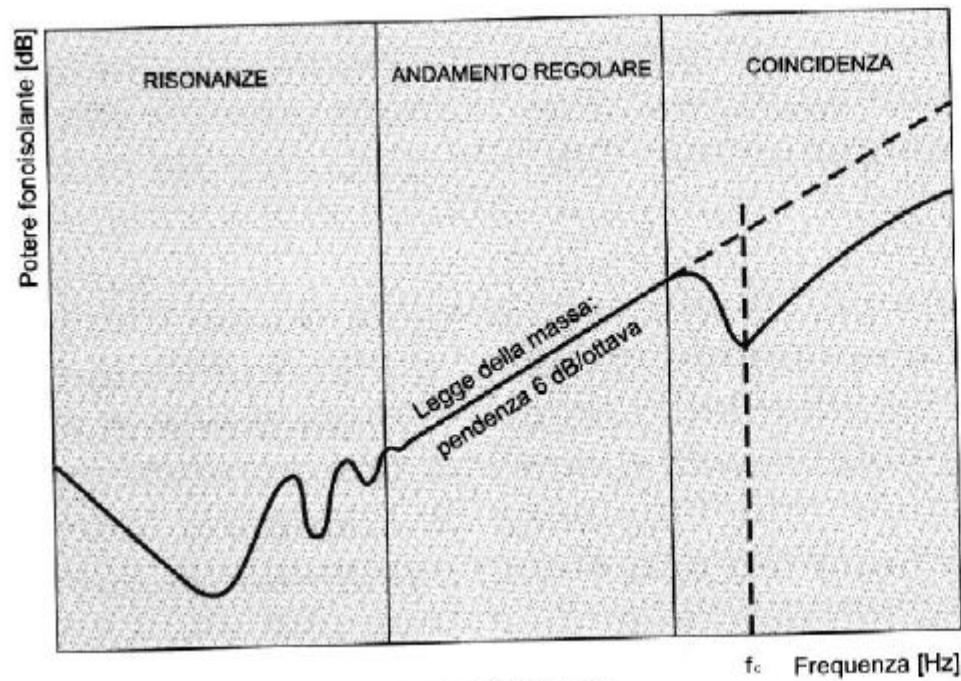
Effetto coincidenza parete semplice

Ciascuna parete si comporta come un oscillatore semplice in corrispondenza della sua frequenza naturale (critica)

$$f_c = c^2 \cdot \text{radq}(\rho/E) / (1,8 \cdot H)$$

- c velocità del suono nell'aria [m/s];
- ρ densità del materiale [kg/mc];
- E modulo elastico [kg/cm² * 10⁴]
- H spessore della parete [cm]

Parete reale



POTERE FONCOISOLANTE DI PARETE OMOGENEA

Coincidenza – dati numerici

Materiale	fc (sp. 10 mm) [Hz]	Massa [kg/mc]	Perdita interna [dB]	Decadimento [dB]
Mattone pieno	2.500	2.000	Piccola	10
Cls	1.800	2.300	Media	6-8
Cls. Argilla espansa	1.900	1.500	Medio-forte	5-6
Gesso	4.000	1.000	Media	6-8
Legno abete	6.000	600	Media	6-8
Fibre di legno	4.000	5-600	Media	6-8
Vetro	1.200	2.500	Piccola	10

Effetto risonanza pareti multiple

$f_r = 840 \cdot \text{rad} \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{d}\right) \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}\right)}$ dove

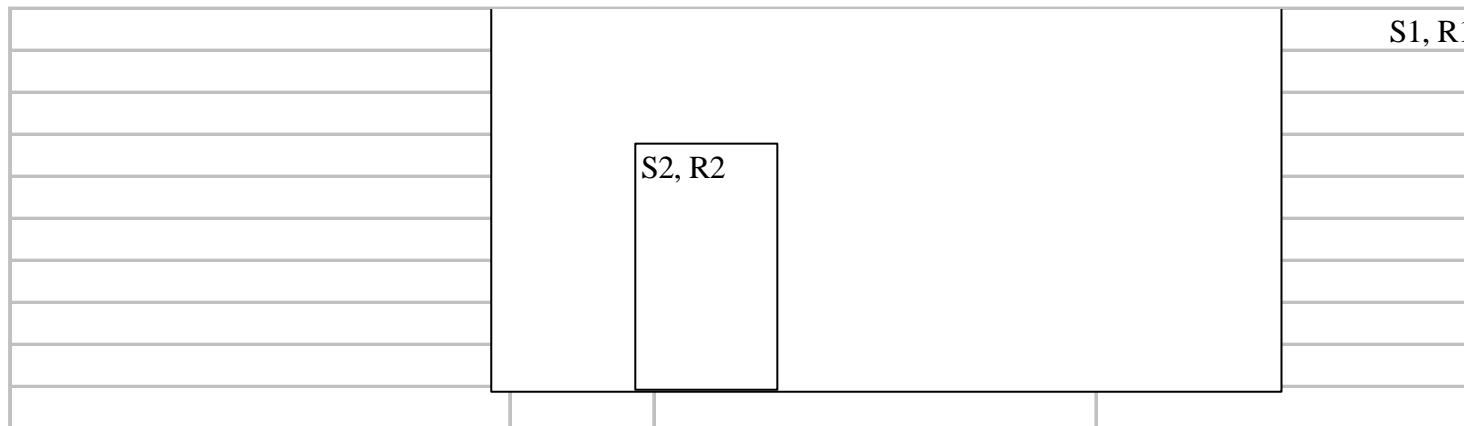
D spesso intercapedine [cm]

m_1 massa del primo strato [kg/mq]

m_2 massa del secondo strato [kg/mq]

Si tende a far sì che f_r sia la più piccola possibile (al di sotto dei 100 Hz)

Isolamento pareti composte



τ = coefficiente di trasmissione = energia
trasmessa/incidente $\rightarrow \tau = 10^{(-0,1 * R)}$

Isolamento pareti composte

Risultato:

$$\mathbf{t}_{\text{ris}} = \mathbf{S}_1 \mathbf{t}_1 + \mathbf{S}_2 \mathbf{t}_2 / (\mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2)$$

$$\mathbf{R}_{\text{ris}} = 10 \log (1/\mathbf{t}_{\text{ris}})$$