

## DESCRITTORI



$R[\text{dB}]$   
 $L[\text{dB}]$   
 $D[\text{dB}]$



$L(A)[\text{dBA}]$   
 $L(C)[\text{dBC}]$



$T[\text{sec}]$   
 $\alpha$   
 $A[\text{mq}]$

Il suono, o vibrazione acustica, è dato dal movimento delle particelle di un mezzo elastico attorno alla loro posizione di equilibrio.

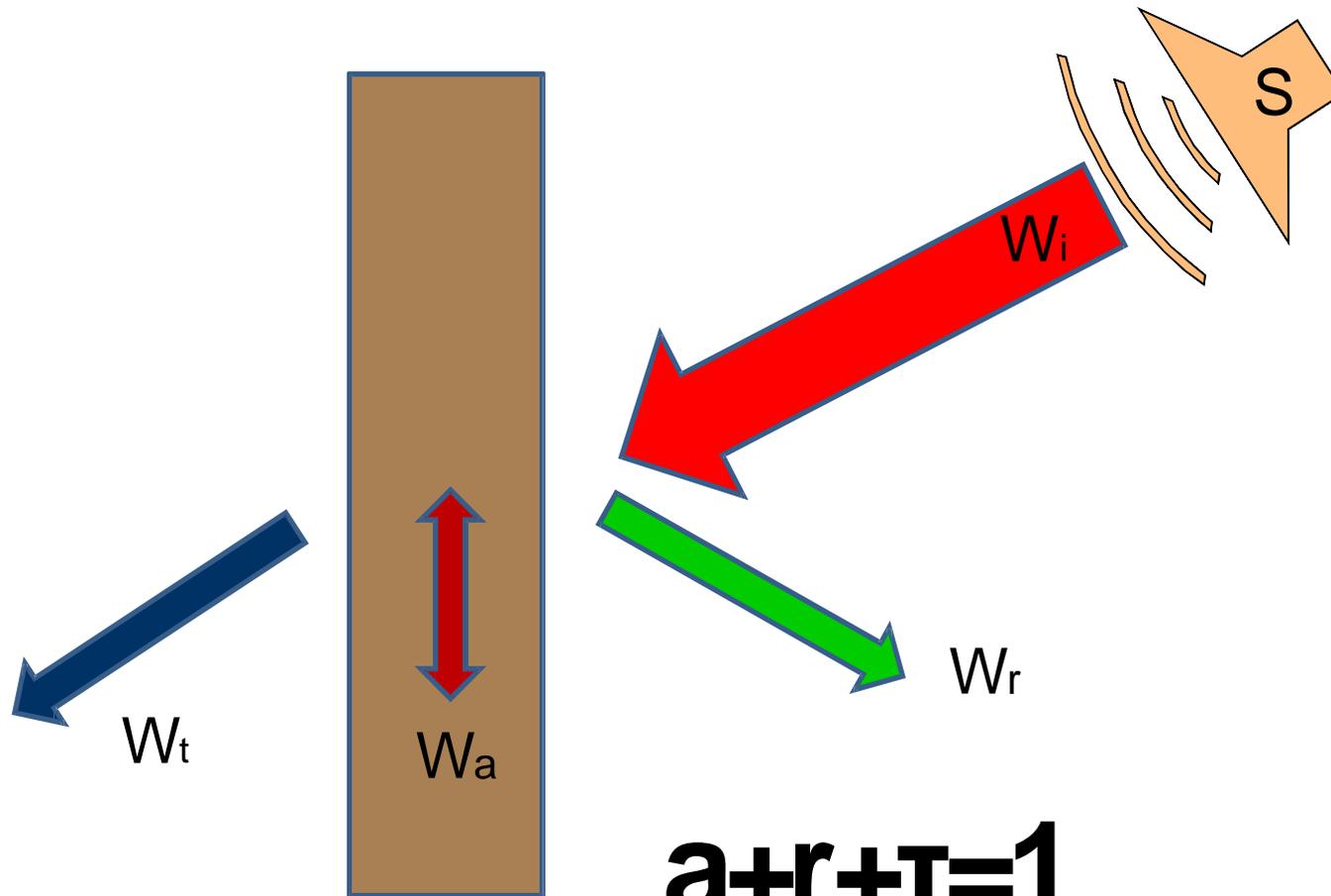


### ***Velocità di propagazione delle onde sinusoidali***

La perturbazione si propaga con una **velocità c** che, nel caso di aria con umidità relativa al 50% e temperatura  $t$  (°C), vale:

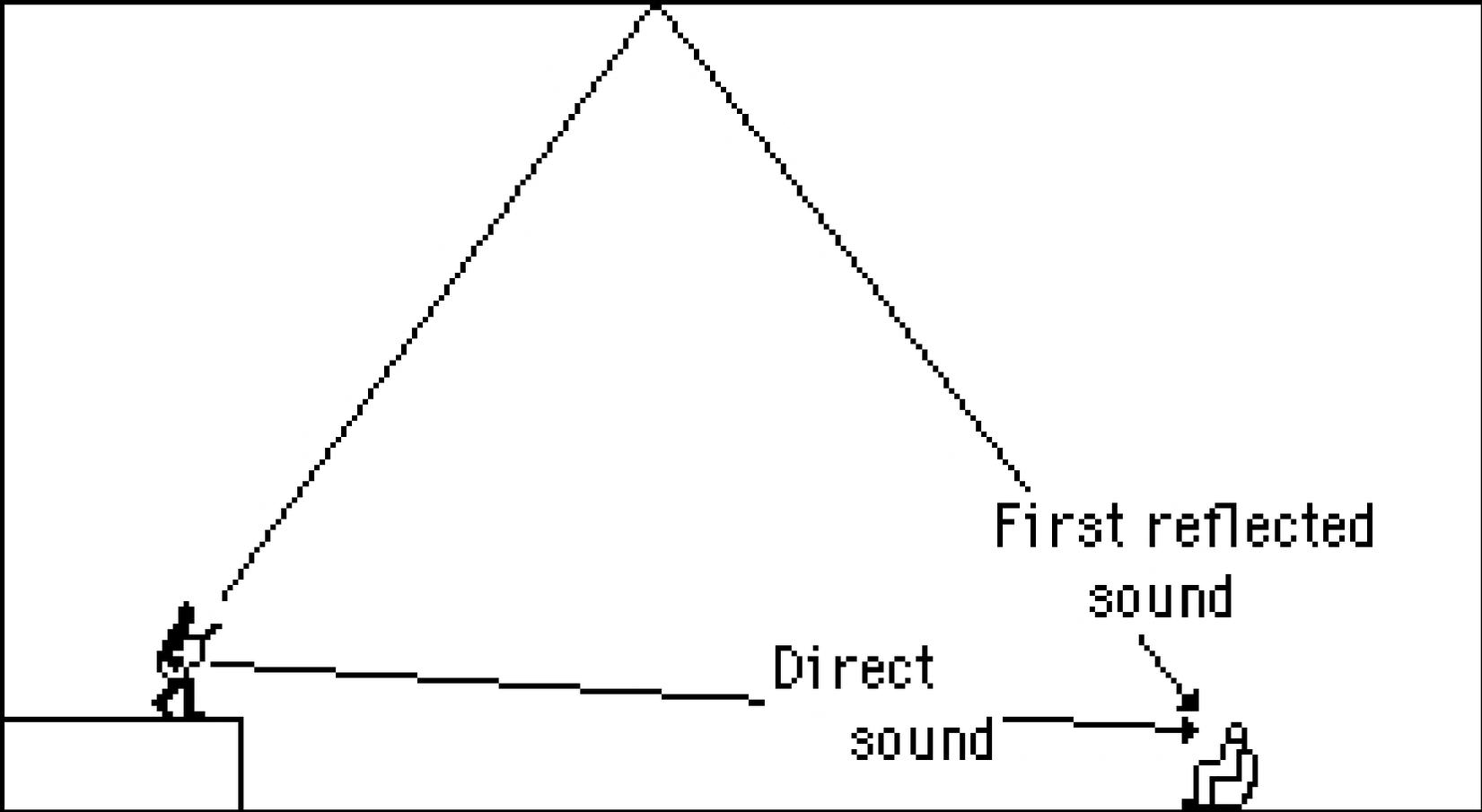
$$c = 332 + 0.551 \cdot t \quad [\text{m/s}]$$

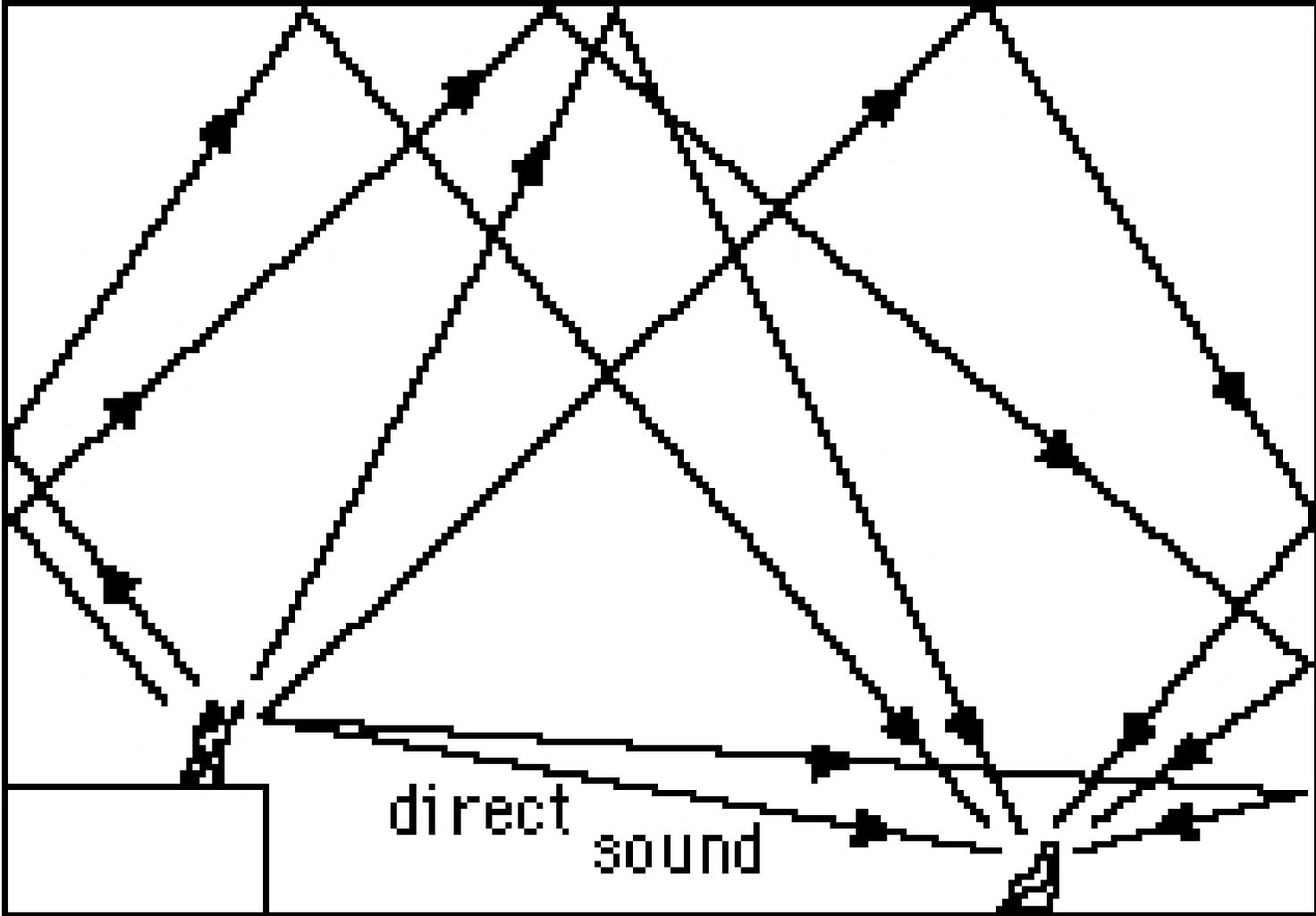
A 20°C e con RH=50%, la velocità dell'aria è pari a circa 343 m/s



$$a+r+t=1$$

assorbita + riflessa + trasmessa





## Legame frequenza-lunghezza d'onda:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$



All'aumentare della frequenza si riduce la lunghezza d'onda della perturbazione sonora

## Requisiti acustici di una sala

### ***Tempo di riverbero***

Esso è definito come il tempo necessario perché l'intensità sonora decada di un milione di volte (-60 dB) rispetto al massimo valore raggiunto prima del transitorio di estinzione

### ***Early-to-late Sound Index o Objective Clarity (C)***

L'indice di chiarezza (C) è definito come il rapporto tra l'energia sonora ricevuta nei primi 80 ms dal suono diretto e quella che giunge successivamente.

### ***Early Energy fraction o indice di definizione (D)***

L'indice D è definito come il rapporto fra l'energia ricevuta nei primi 50 ms e l'energia totale.

### ***Centre Time (Ts)***

È il tempo, in millisecondi, che l'ascoltatore impiega per ricevere l'esatta metà dell'energia acustica totale

**Indice di intensità G** può essere interpretato come la differenza tra il livello della pressione sonora nel punto di ascolto ed il livello della potenza sonora emessa dalla sorgente

**EDT (Early Decay Time)** è definito come sei volte il tempo di riverberazione calcolato sui primi 10 dB del decadimento sonoro: è misurato tra 0 e -10 dB sotto il valore iniziale del livello sonoro e solitamente si ricava dallo stesso decadimento con le quali si misura l'RT60

**L'indice di chiarezza (C50-C80)** ha il fine di valutare la possibilità, per un ascoltatore, di percepire nitidamente parole o note musicali suonate in rapida successione.

**L'indice di definizione (D50-D80)** costituisce una misura di chiarezza con la quale l'ascoltatore recepisce il messaggio parlato oppure musicale: è un parametro di qualità ma è anche significativo per l'intelligibilità del parlato; rappresenta il rapporto tra energia utile ed energia totale.

## ***STI(Speech Trasmission Index)***

E' importante **distinguere** tra un **messaggio udibile** e un **messaggio comprensibile** o più precisamente , intelleggibile.

Una possibile causa della mancata comprensione del messaggio può essere **individuata nell'ambiente** e nelle sue **caratteristiche acustiche**.

Agli inizi dello studio del problema, la verifica veniva eseguita mediante metodi basati su giurie di parlatori-uditori. Venivano trascritte le parole comprese con quelle pronunciate al fine di valutare la qualità acustica della stanza. E' evidente che il metodo aveva grossi limiti, basati soprattutto sulla velocità del parlatore e sulla sua capacità di pronunciare correttamente le parole o le frasi campione.

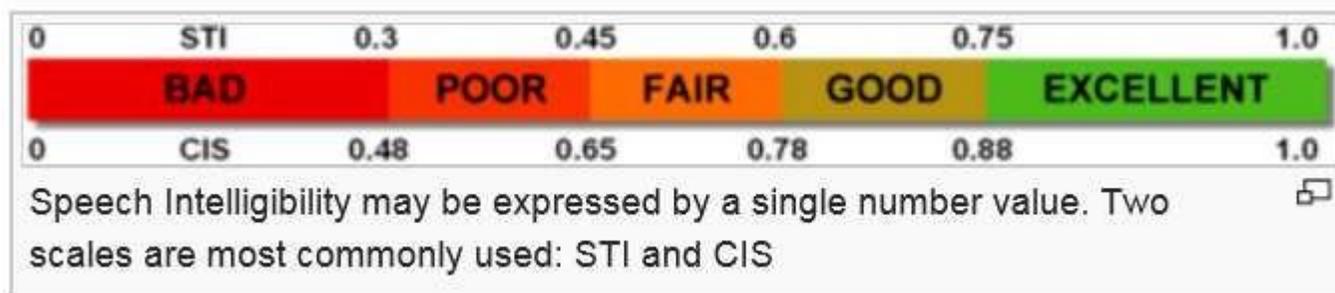
Si sostituì quindi le parole con un segnale di riferimento che rappresentava la voce e le sue modulazioni in frequenza. Un sistema elettronico emetteva il segnale e ne misurava l'arrivo in diversi punti della stanza in esame.

Venne così formulato un indice che si chiamò **STI (Speech Transmission Index)** che convertiva i vari giudizi delle giurie in un numero da 0 a 1.

Dallo STI derivarono altri parametri di intellegibilità acustica:

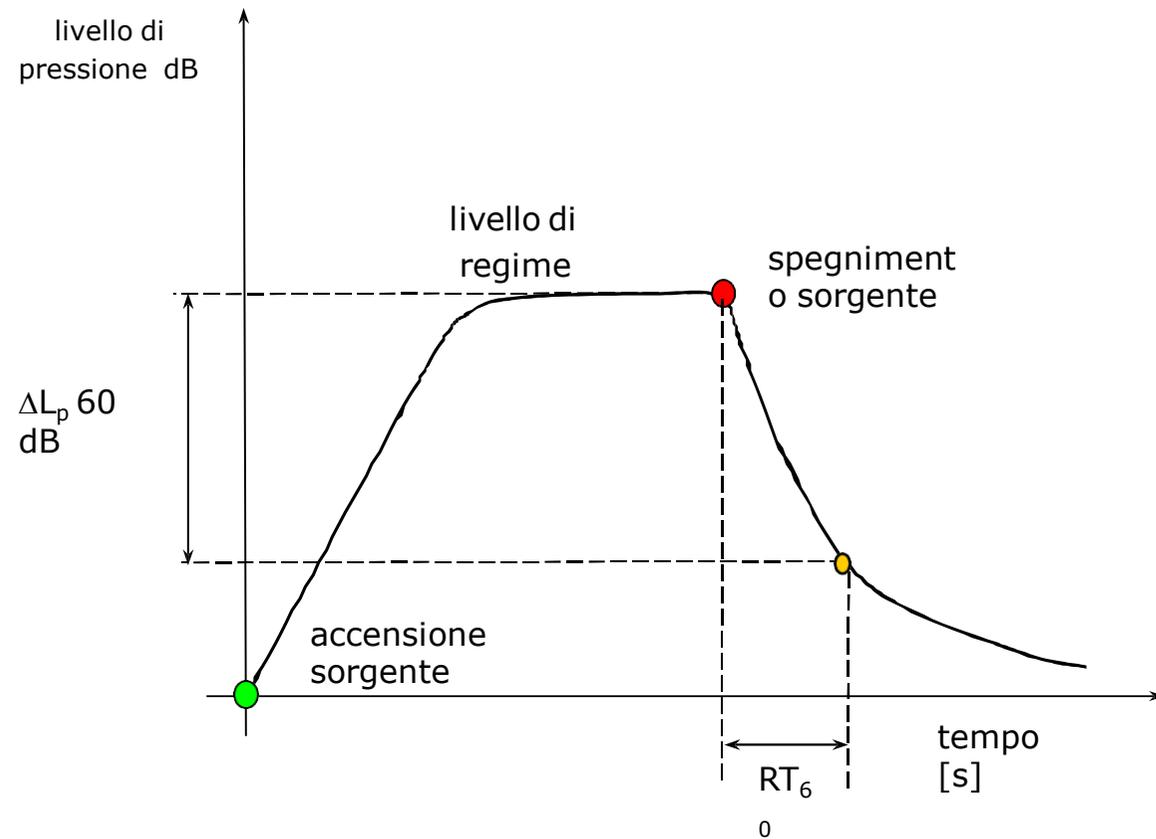
- *FTM o Misura della funzione di Trasferimento della Modulazione (98 misure)*
- *RASTI o Rapid Speech Transmission Index (9 misure)*
- *STIPA o Speech Transmission Index for Public Address System (14 Misure)*

*La norma di riferimento per queste misure è la IEC-60268-16-2011.*



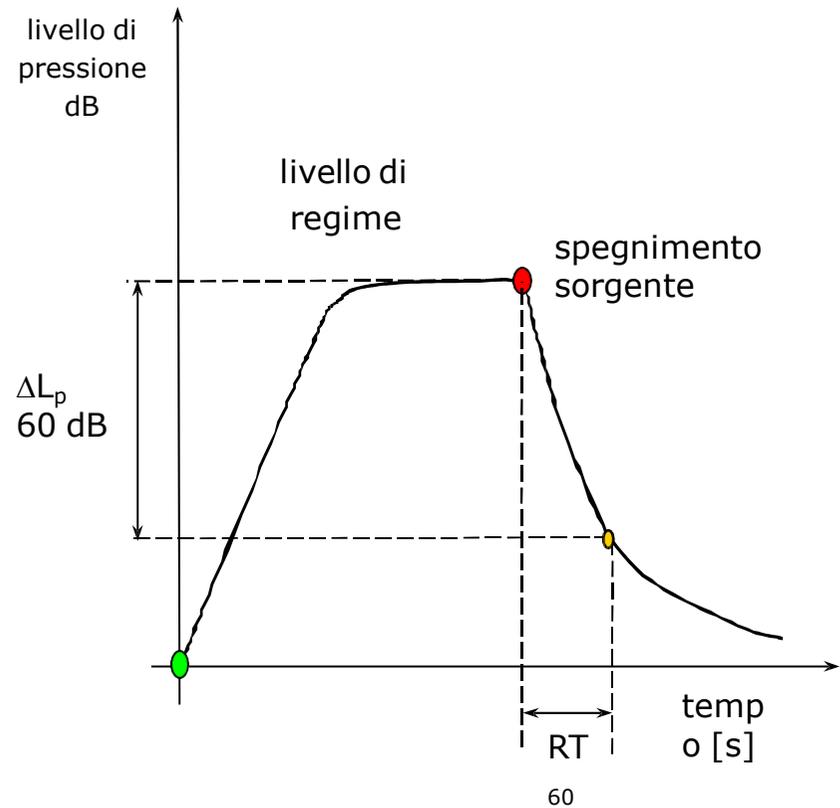
$$\text{STI (CIS = 1 + log (STI)).}$$

Si definisce **Tempo di riverbero** espresso in secondi quello necessario affinché il livello della pressione sonora diminuisca di 60 dB rispetto al valore che esso ha nell'istante in cui viene disattivata la sorgente.

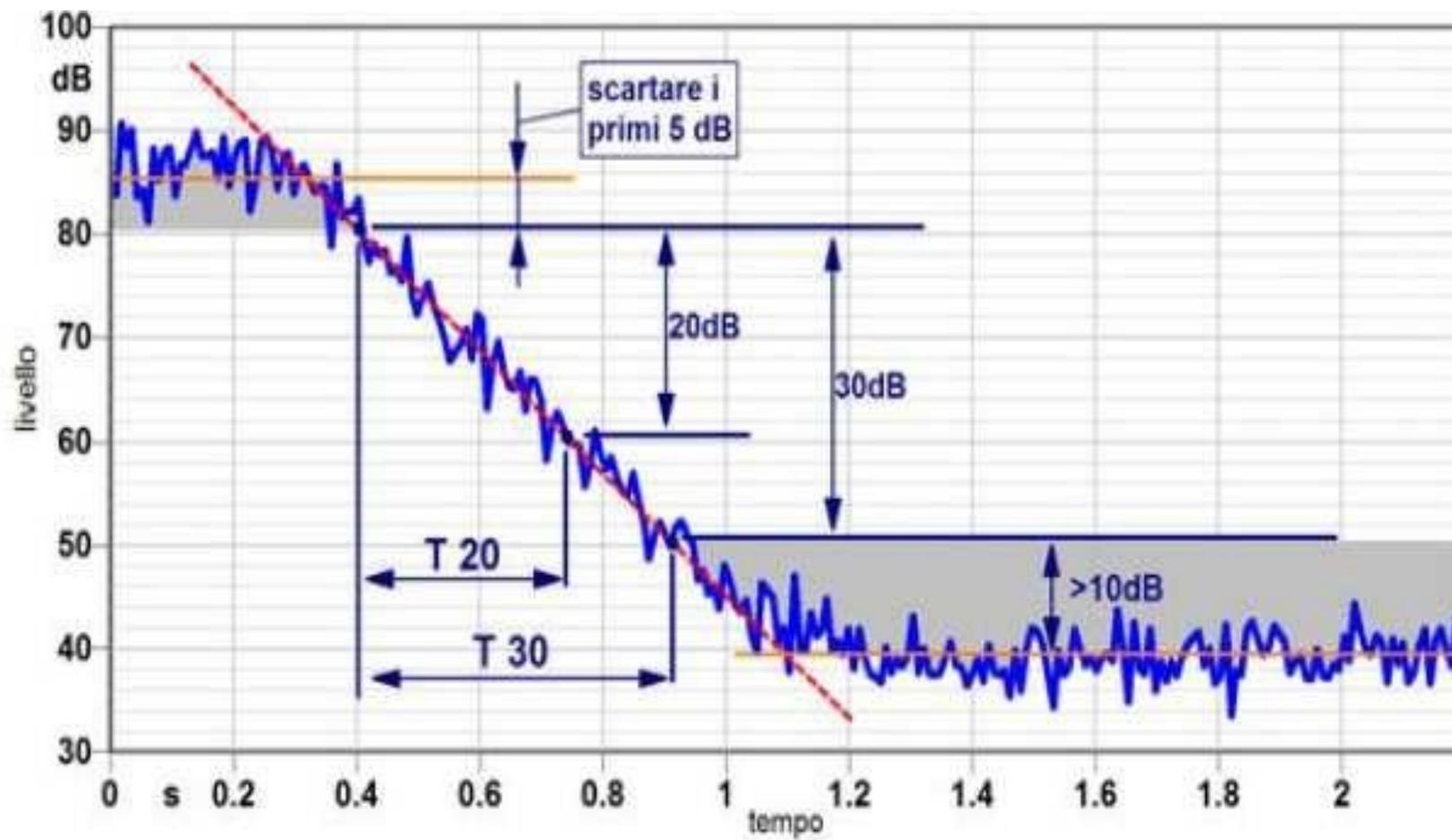


Nella pratica , causa presenza di rumori di fondo, si esegue la misura del T20 oppure T30.

La norma ISO 3382 prevede di determinare T20 **come tre volte** il tempo che trascorre fra il punto a -5 dB ed il punto a -25 dB rispetto al livello stazionario

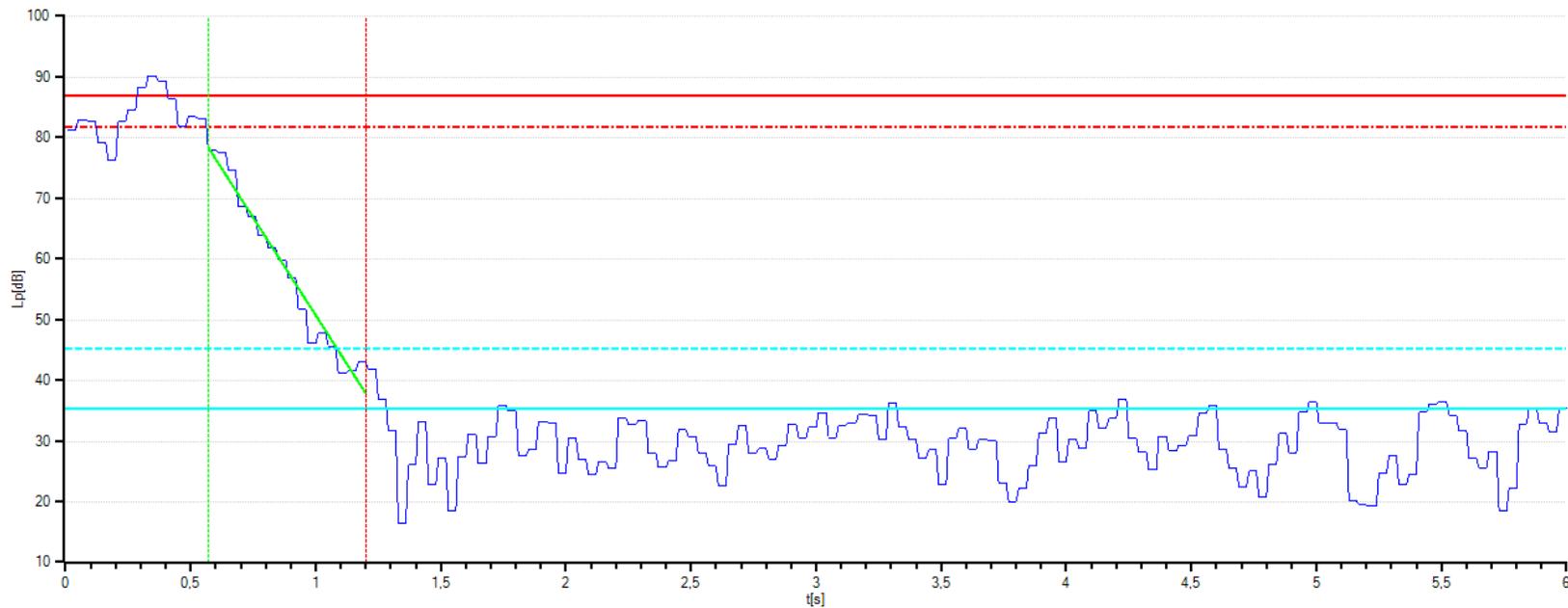


## ISO 3382-2 – Misura del TR



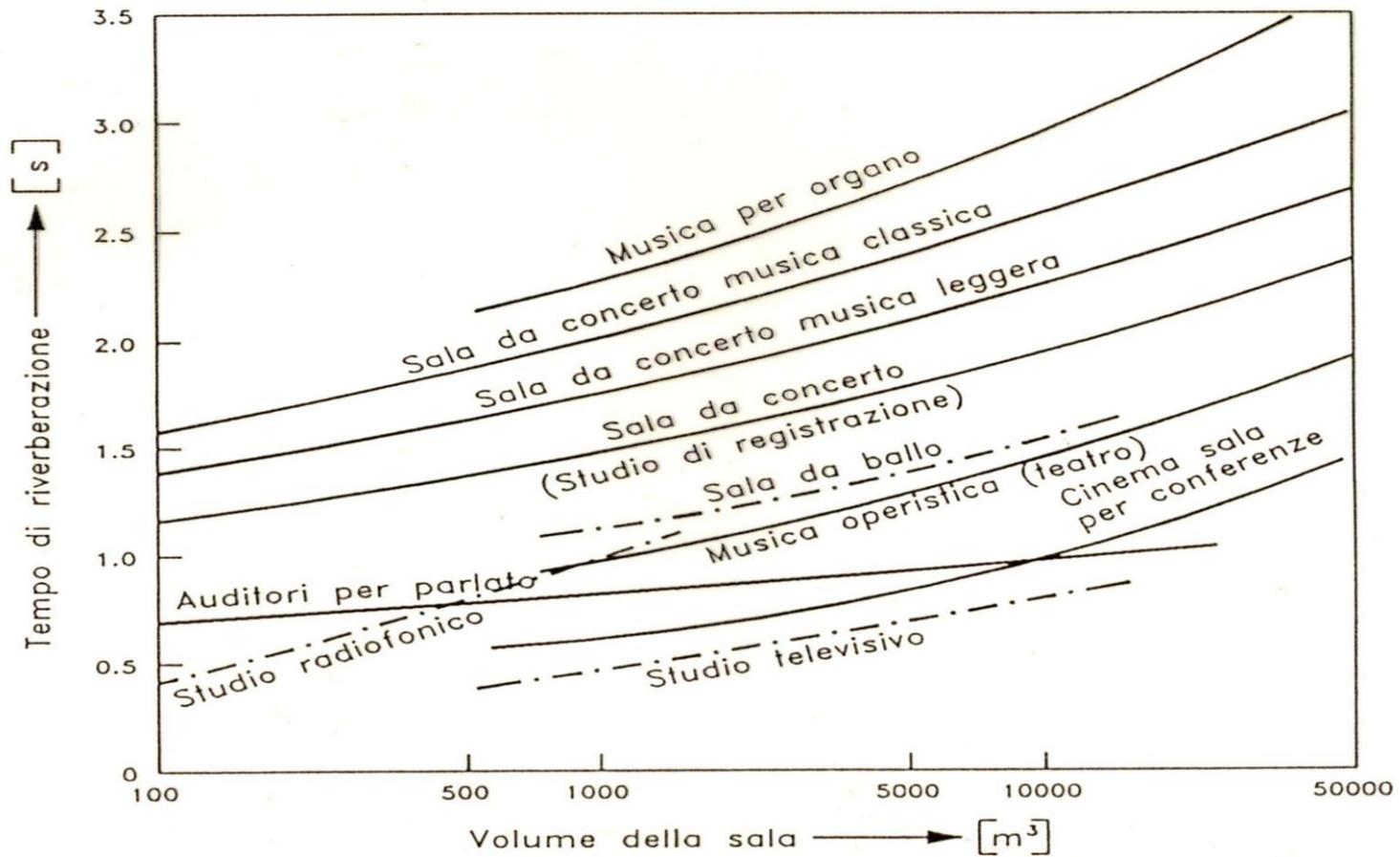
## ISO 3382-2 Correlazione sulla retta di decadimento

Il calcolo del TR viene eseguito mediante un post elaborazione dei dati sperimentali che vengono influenzati dai modi di risonanza dettati dalla tipologia di volume in misura. La retta viene decisa utilizzando una regressione lineare ai minimi quadrati.



- METODO 1: Pendenza tra due punti della curva di decadimento (x)
- METODO 2: Pendenza tra due punti (x,y)
- METODO 3: Regressione lineare per approssimazione ai minimi quadrati tra due punti (x)

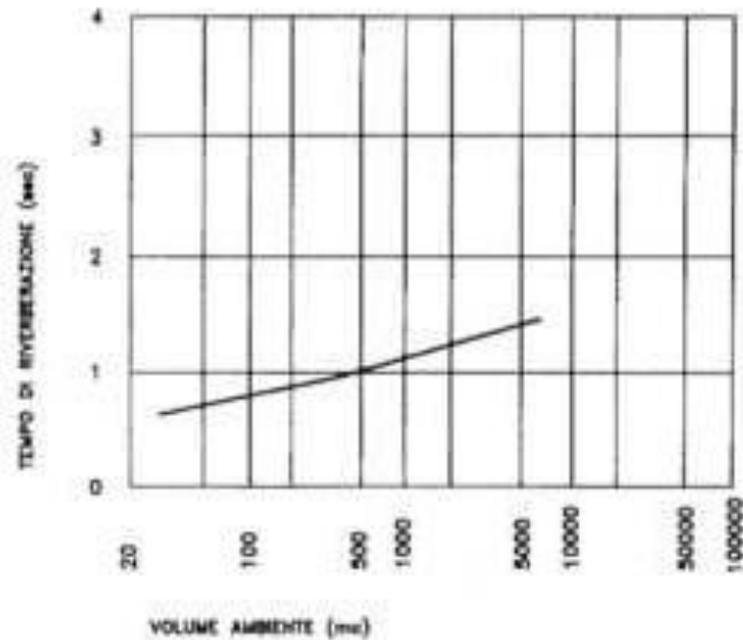
f = 50Hz      r<sup>2</sup> = 0,959  
Δ : 36,2 dB      ξ [%] = 41  
T [s] : 0,93



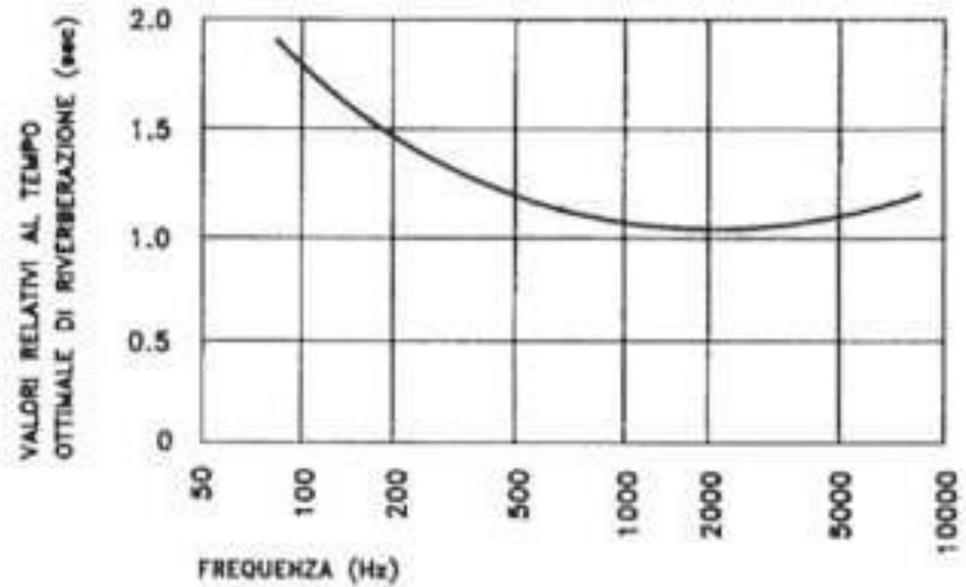
Per le Scuole si ricorda il D.M. 18/12/1975

+

Circolare Nr. 3150 del 22/05/1967



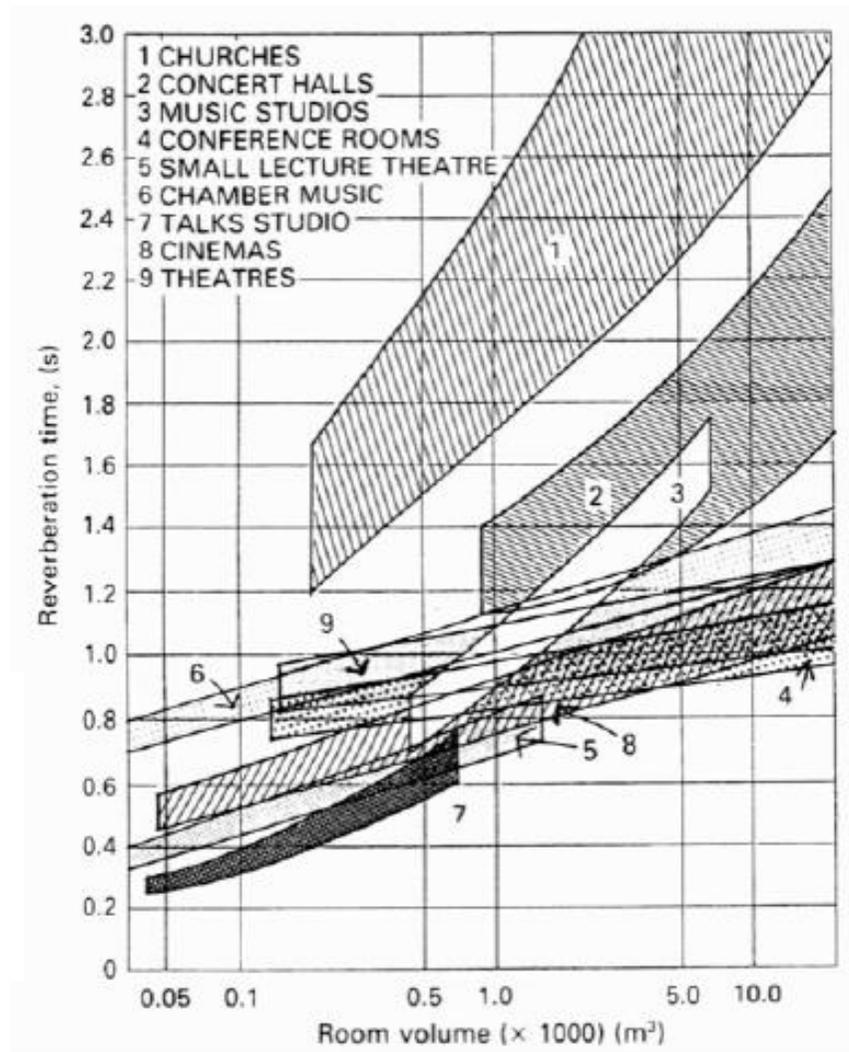
Tempo di riverberazione dipendente dal volume



Tempo di riverberazione dipendente dalla frequenza

Tipologia di ambiente	$T_{60}$ ottimo (secondi)
Aula piccola	0,5
Aula grande	1
Cinema	0,7-0,8
Teatro dell'opera	1,3-1,5
Concert hall	1,7-2,3

- Ascolto di musica  $T_{60,ott} \approx 0,1 \sqrt[3]{V}$
- Ascolto di parola  $T_{60,ott} \approx 0,5 + 10^{-4} V$



$$RT_{60} = \frac{0,161V}{Sa_m} \quad [s]$$

Sabine

*Valida per ambienti regolari e  
con Alfa medio < 0,2*

$$RT_{60} = \frac{0,161V}{-S \ln(1 - a_m)} \quad [s]$$

Eyring e Norris

*Valida per grandi ambienti*

$$RT_{60} = \frac{0,161V}{-S \ln(1 - a_m) + 4aV} \quad [s]$$

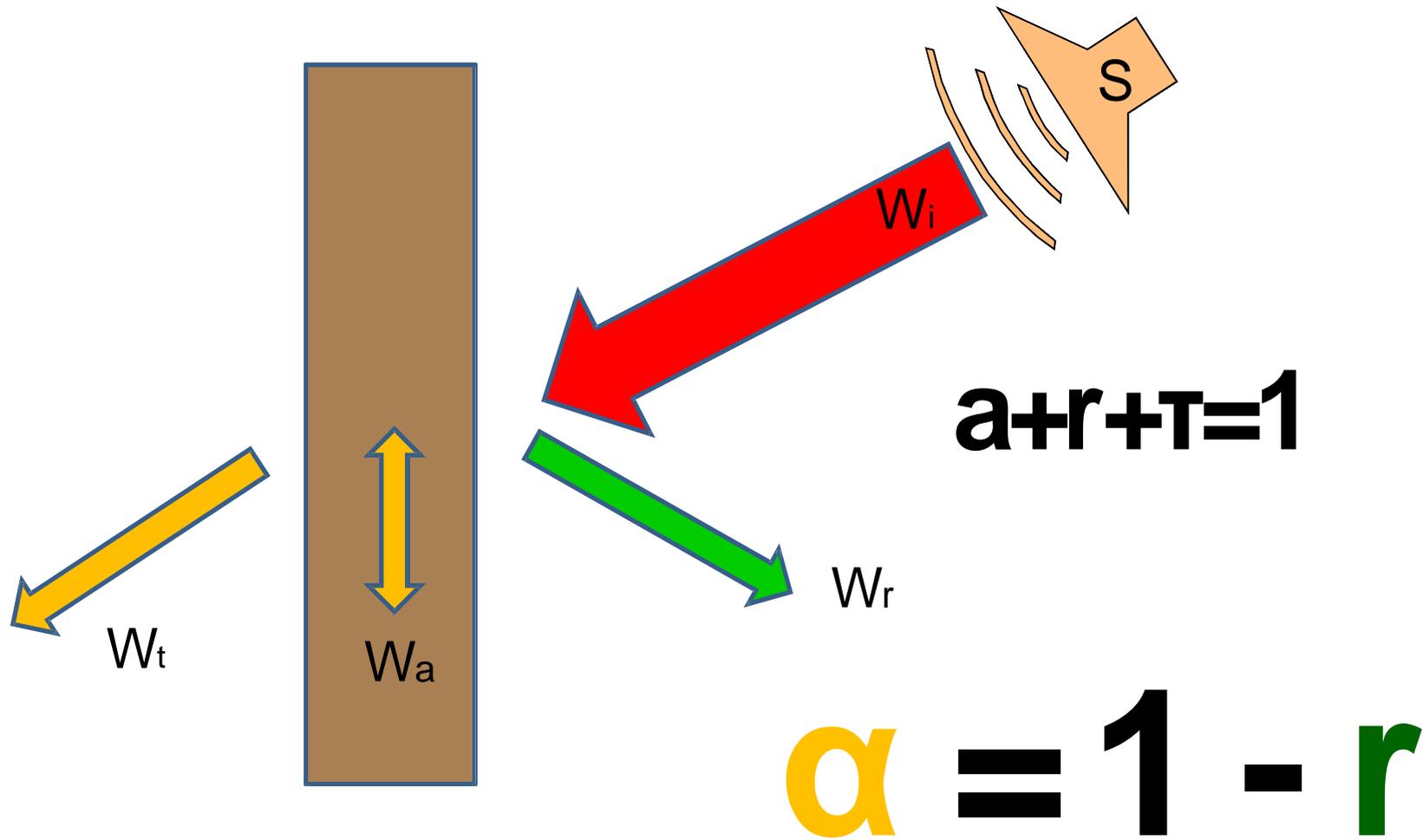
S=Superficie totale dell'involucro in mq  
am = Coefficiente di assorbimento medio  
a= Coefficiente assorbimento dell'aria

## $\alpha_m$ = UNITA' ASSORBENTI

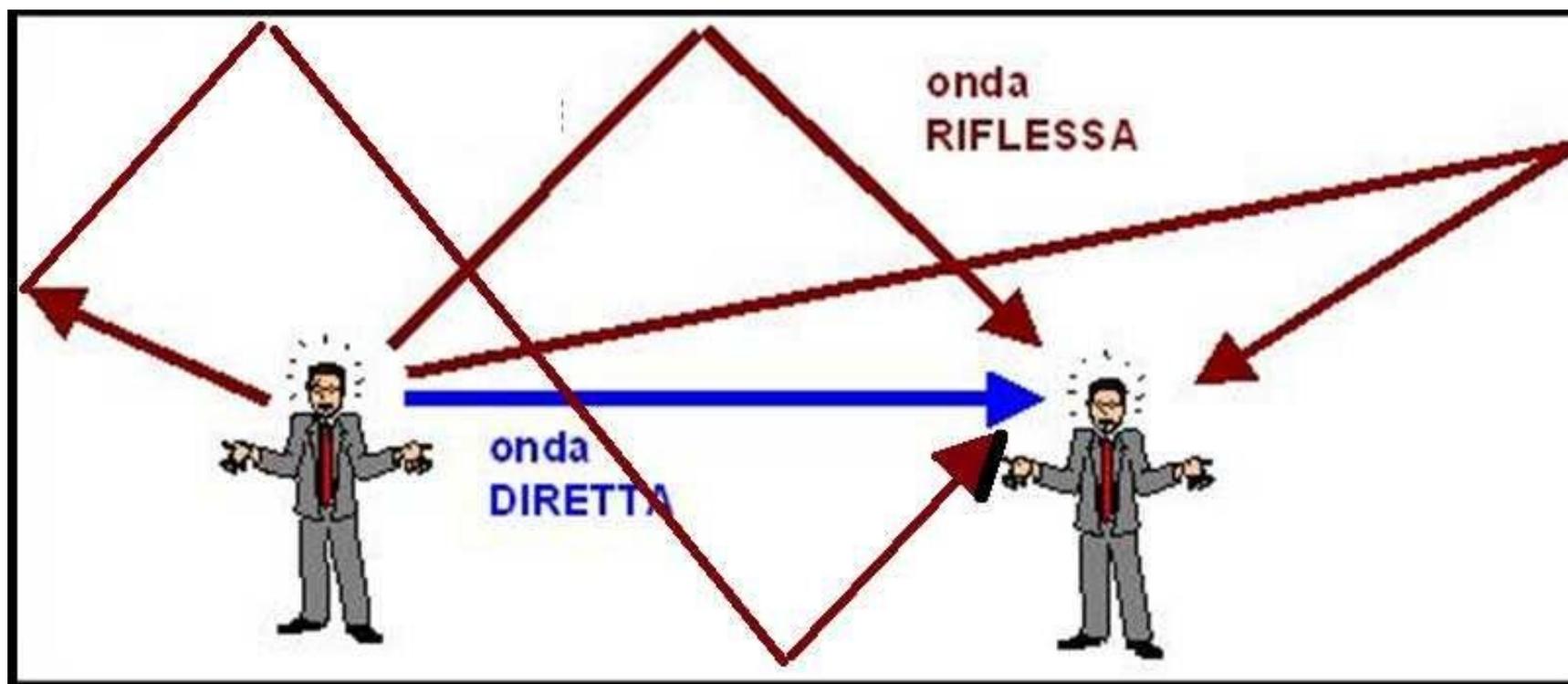
Le unità assorbenti di un ambiente sono definite come il prodotto della sommatoria dei coefficienti di assorbimento  $\alpha_i$  delle facce da cui è costituito, per la superficie  $S$  di queste ultime e si misurano in  $m^2$ .

Nel caso in cui l'ambiente non è vuoto andranno considerati anche i coefficienti di assorbimento e le superfici degli oggetti, persone ecc. presenti in esso.

$$A_f = \sum_1^n \alpha_f * S$$



*Ambiente chiuso*



**Campo vicino:**

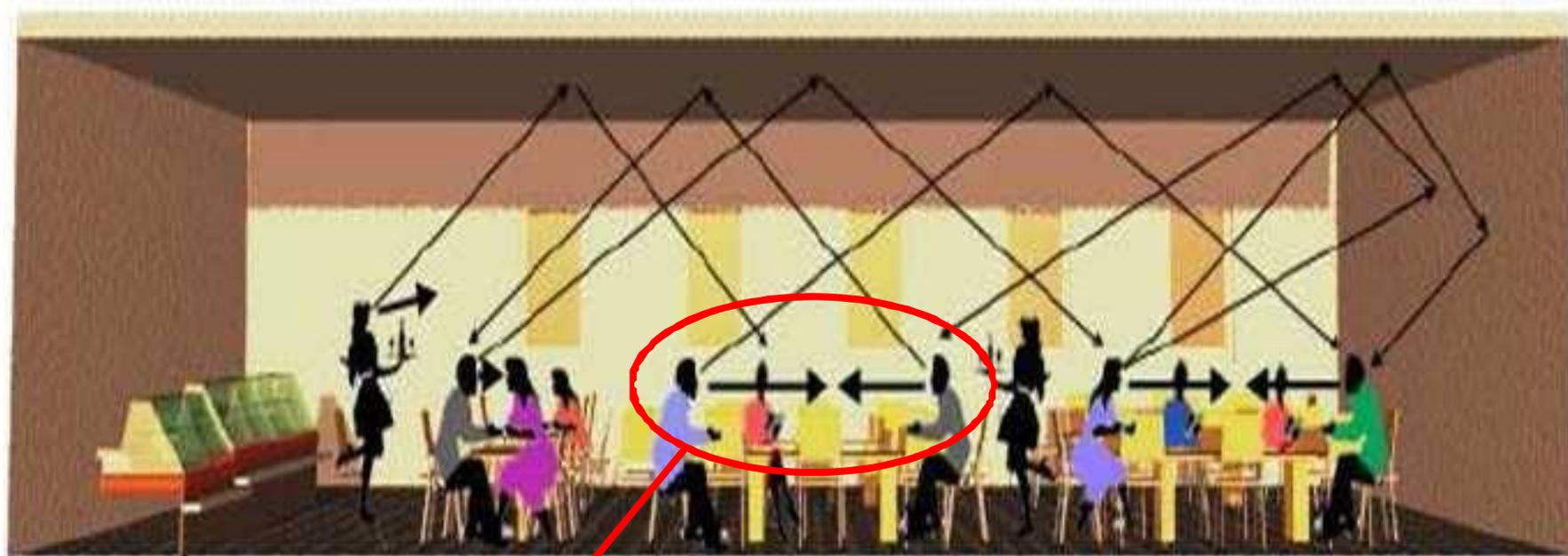
è l' area che precede la retta verticale passante per il punto di intersezione delle due curve; in questa zona per valori superiori di 10 dB a partire dalla retta del livello sonoro riverberante, **il campo riverberante è trascurabile.**

**Campo semi-riverberante:**

va dal campo vicino fino alla retta verticale passante nel punto di intersezione tra la retta del suono diretto e una retta orizzontale con ordinata costante di 10 dB in meno rispetto alla retta orizzontale del suono riverberante. Nel campo semi-riverberante il livello sonoro diminuisce di 6 dB ogni raddoppio di distanza.

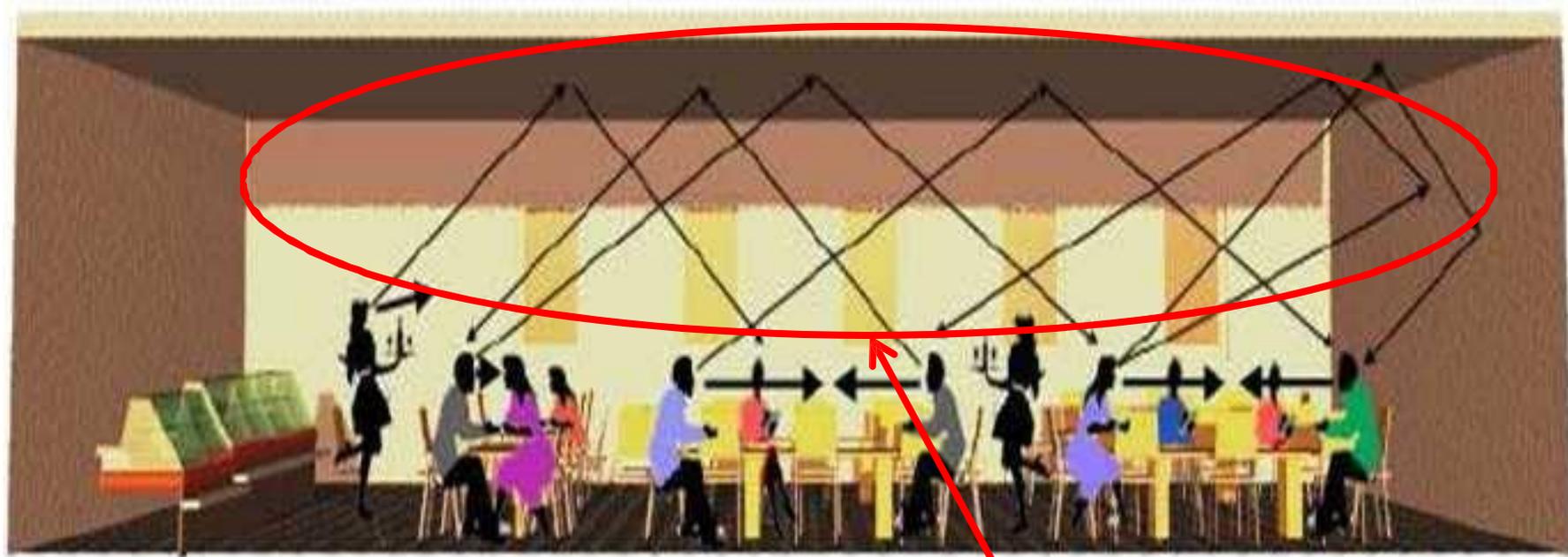
**Campo diffuso:**

va dal campo semi-riverberante in poi. In questa area **il livello di suono diretto è trascurabile.**



**Componente diretta**

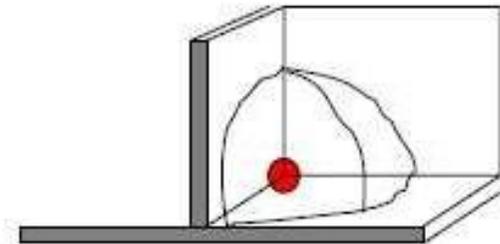
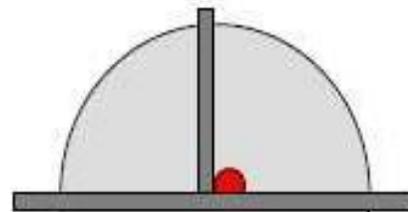
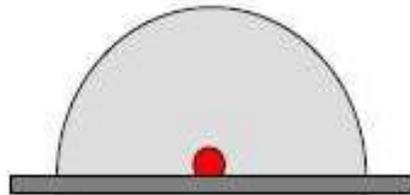
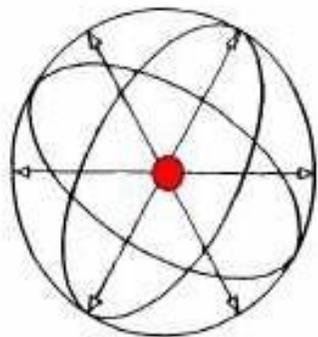
$$L_p = L_w + 10 * \log \left( \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right)$$



*Componente riverberata*

$$L_p = L_w + 10 * \log \left( \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right)$$

$$L_p = L_w + 10 * \log \left( \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right)$$



$$S_{sfera} = 4 \pi r^2$$

$$Q = 1$$

$$D = 0 \text{ dB}$$

$$S = 1/2 S_{sfera}$$

$$Q = 2$$

$$D = 3 \text{ dB}$$

$$S = 1/4 S_{sfera}$$

$$Q = 4$$

$$D = 6 \text{ dB}$$

$$S = 1/8 S_{sfera}$$

$$Q = 8$$

$$D = 9 \text{ dB}$$

*In campo aperto*

$$L_p = L_w - 11 - 20 * \log(d) + D$$

$$D = 10 \log Q$$

$$L_p = L_w + 10 * \log \left( \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{R} \right)$$

Rè definita **costante d'ambiente** e definisce come il volume reagisce in termini di assorbimento al suono che vi si propaga all'interno.

E' data dalla relazione

$$R = \frac{\alpha_m * S}{1 - \alpha_m} \quad \text{dove} \quad \alpha_m = \frac{\sum \alpha_i * S_i}{\sum S_i}$$

