

Corso di Laurea Magistrale in
“BIOLOGIA PER LA SOSTENIBILITÀ”

Anno Accademico 2023-2024

Igiene dell'ambiente e del territorio

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

valeria.dionofrio@uniparthenope.it



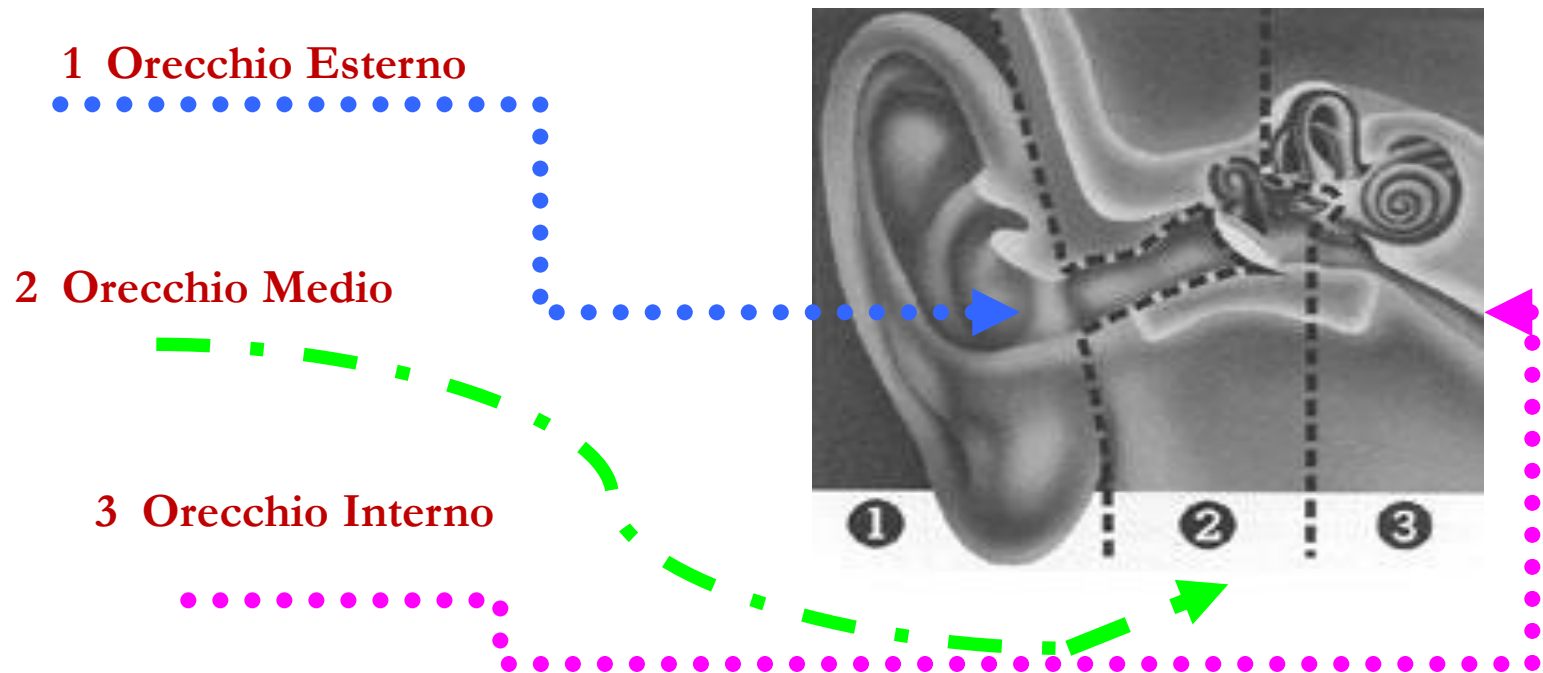
SIS

Scuola Interdipartimentale
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**
e della **Salute**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)

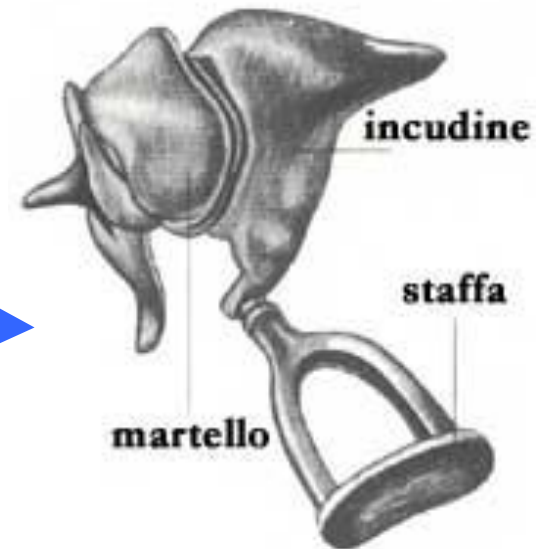
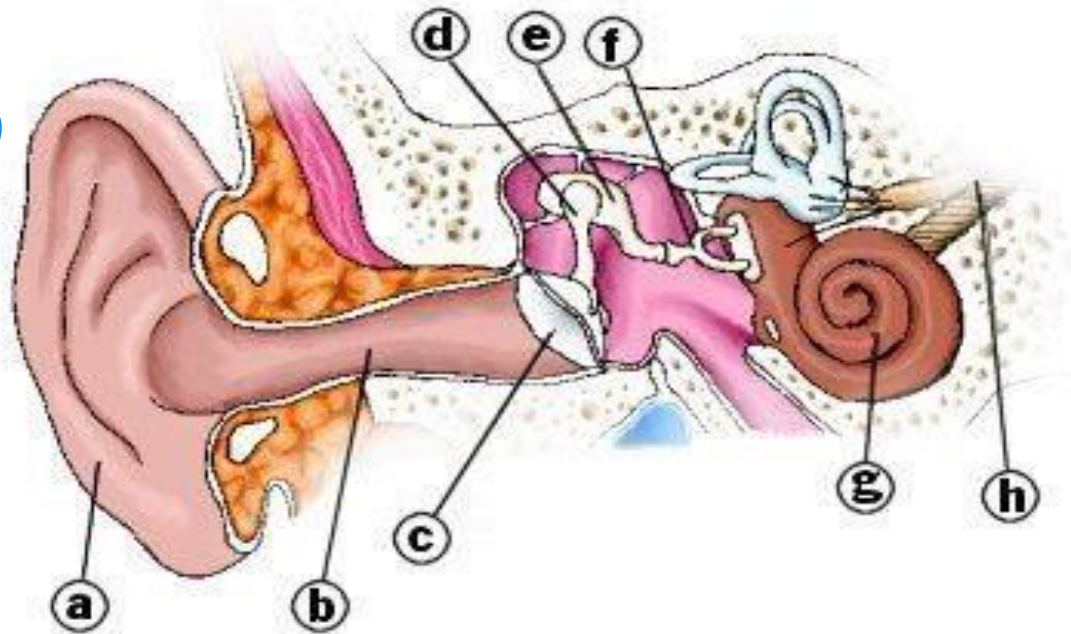
L'ORGANO DELL'UDITO

Da un punto di vista morfologico si suole dividere l'orecchio umano in tre parti:



L'ORECCHIO UMANO

- a. Padiglione auricolare
- b. Canale auditivo
- c. Timpano
- d. Martello
- e. Incudine
- f. Staffa
- g. Cloeca
- h. Nervo



Il compito dell'orecchio esterno e dell'orecchio medio è quello di trasmettere le variazioni di pressione dell'aria esterna all'orecchio interno secondo le seguenti fasi:

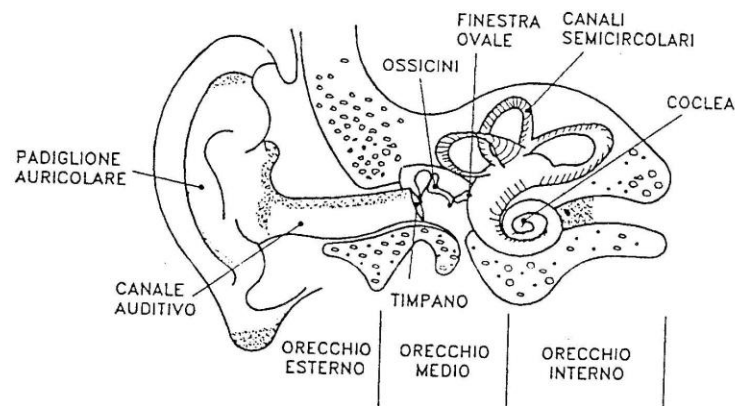
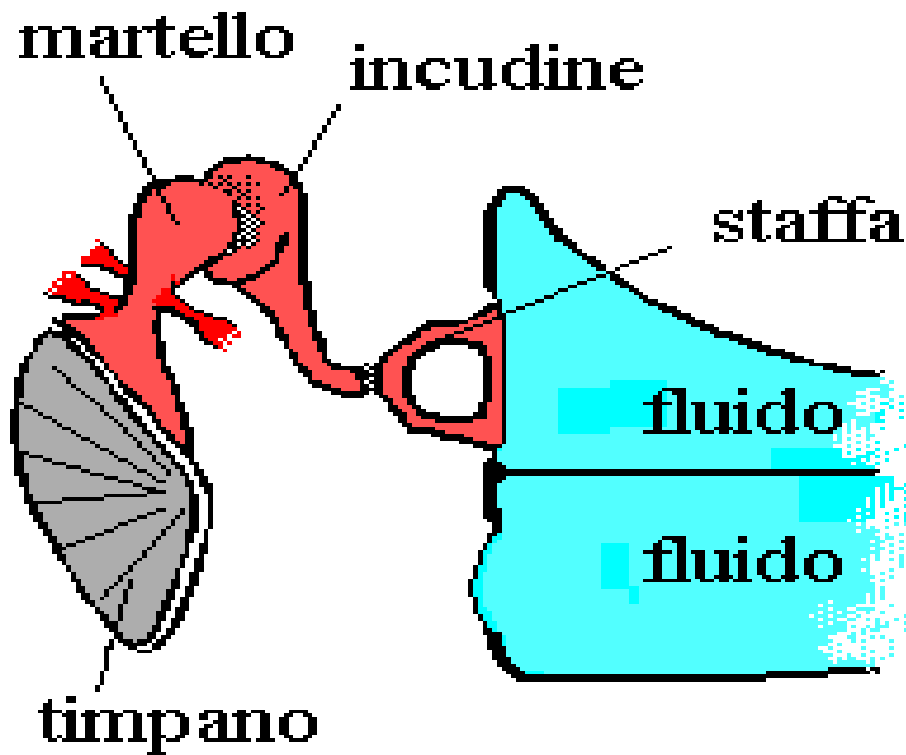


Fig. 2.1

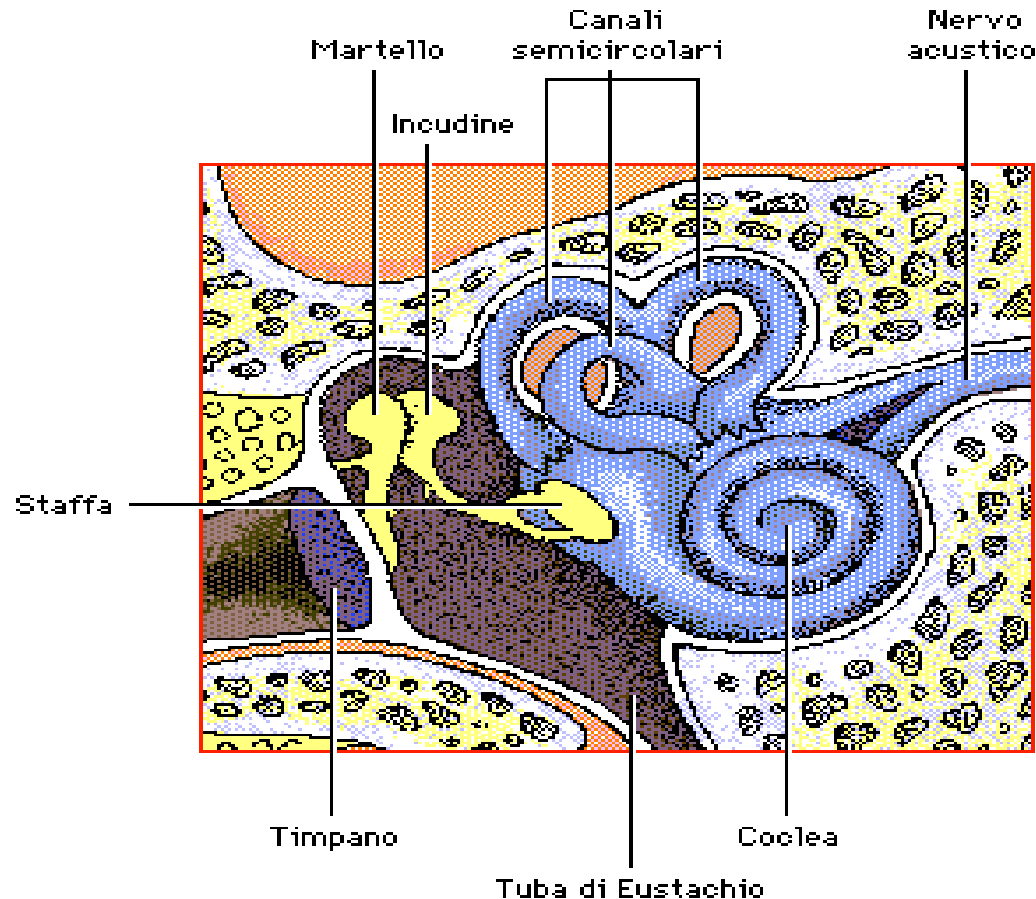
1. la membrana timpanica viene fatta vibrare, dalla pressione acustica prodotta dal suono incidente e trasmessa lungo il canale auditivo;
2. la forza esercitata sul martello si trasmette tramite l'incudine alla base della staffa, sulla quale la forza trasmessa provoca una pressione meccanica.



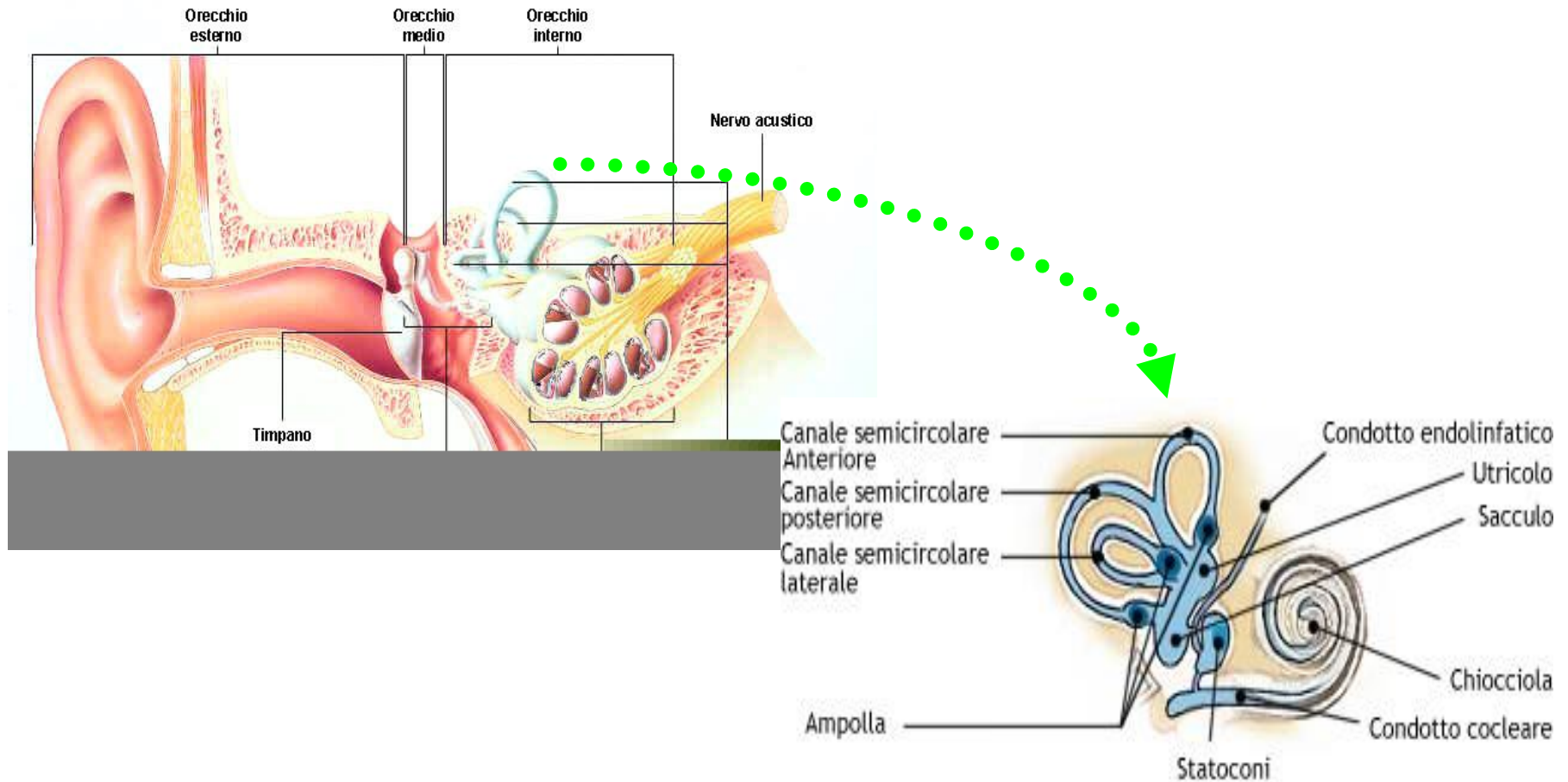


I suoni vengono trasmessi alla coclea attraverso un piccolo "trasformatore" meccanico, formato dal timpano e da una catena di tre ossicini (martello, incudine e staffa), il quale provvede a tradurre le vibrazioni sonore raccolte dall'orecchio in variazioni di pressione del fluido cocleare. La pressione applicata alla staffa, in condizioni statiche, risulta circa 185 volte maggiore di quella applicata al timpano.

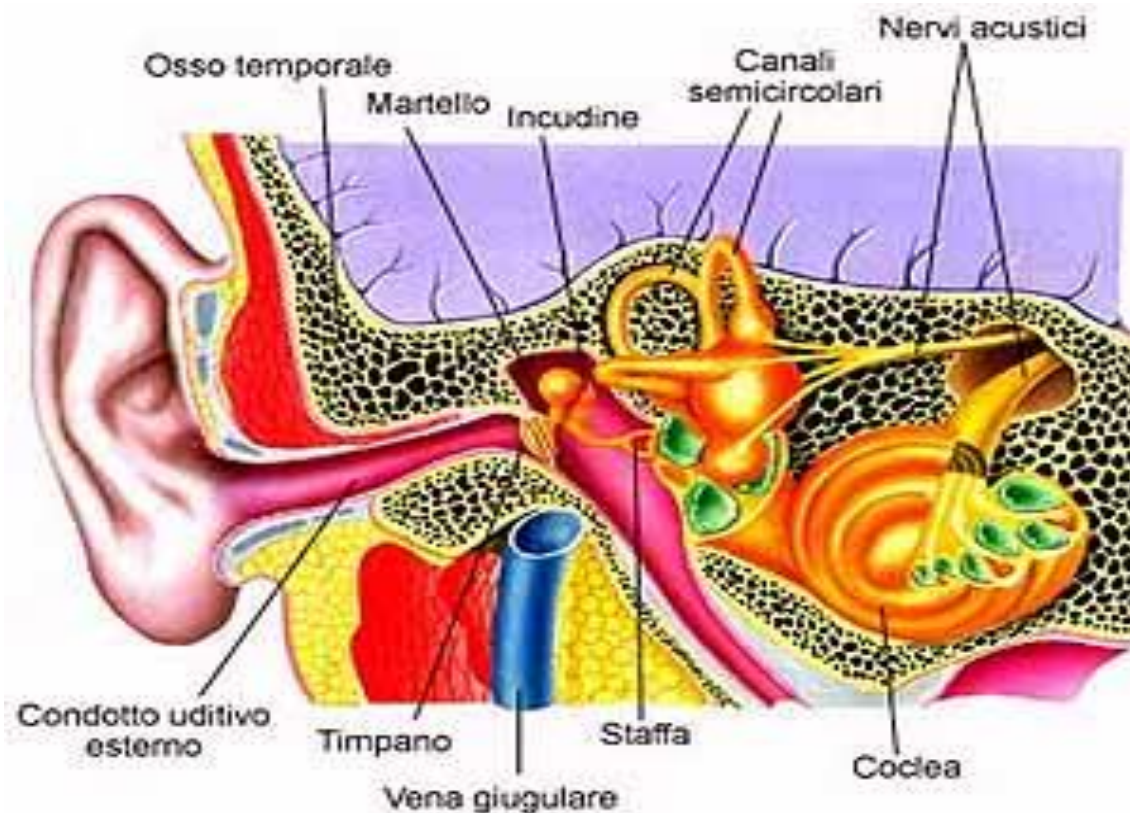
L'orecchio medio comunica con l'esterno tramite un piccolo canale, detto tromba di Eustacchio, che congiunge la cassa timpanica con la faringe. Questo collegamento con l'esterno consente di equilibrare la pressione statica esterna.



L'Orecchio interno è costituito da un insieme di organi membranosi di forma complessa (labirinto membranoso) contenuti in piccole cavità dell'osso temporale, il cosiddetto labirinto osseo.



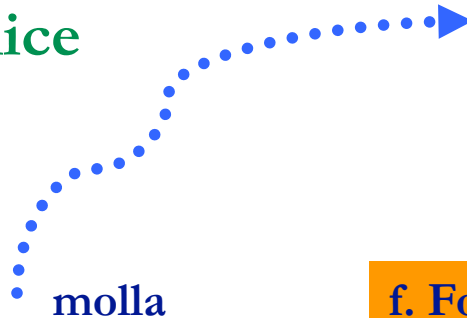
La variazione della pressione acustica, propagata dall'orecchio esterno e amplificata dall'orecchio medio, provoca delle sollecitazioni meccaniche nell'orecchio interno che qui vengono tradotte in impulsi nervosi, che i nervi acustici trasmettono al cervello.



IL SUONO

Il suono è **un'onda elastica longitudinale**, per la sua esistenza sono necessarie una **sorgente** (corpo vibrante) e un **mezzo elastico di propagazione** (acqua, aria ecc).

Il fenomeno vibratorio più semplice è quello denominato moto armonico semplice

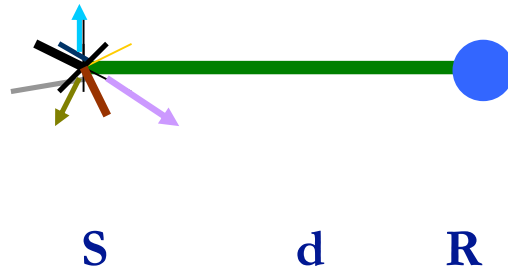


m. massa

f. Forza

IL SUONO

Il suono è quindi un modo di trasmissione dell'energia meccanica che, irradiandosi dalla **sorgente** attraverso il mezzo di **propagazione**, arriva ai **corpi recettivi**



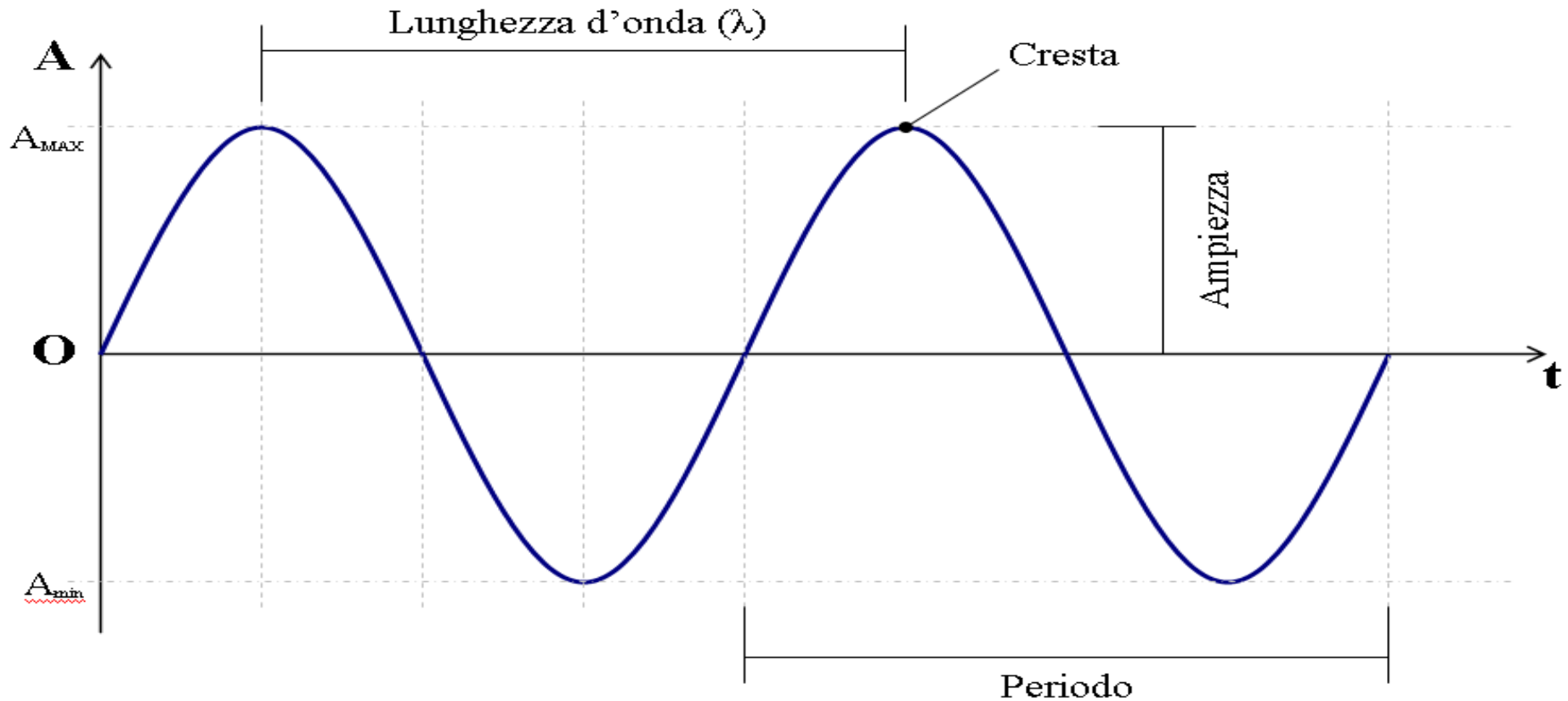
S. sorgente

d. distanza

R. recettore

*Propagazione del suono in
uno spazio aperto*

Il suono è quindi una perturbazione di carattere oscillatorio, per cui rispetta tutte le grandezze fisiche di un fenomeno oscillatorio:

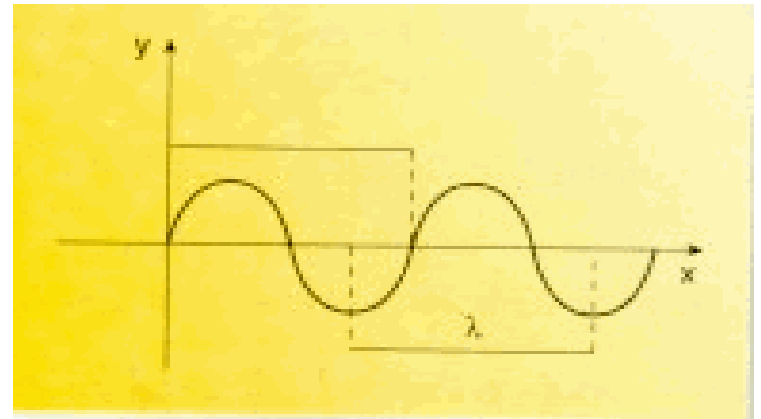


Lunghezza d'onda (λ)

È la distanza percorsa dall'onda in un periodo T.

Perciò, se "v" è la velocità di propagazione , $\lambda = v \times T$

Si misura in metri (m)

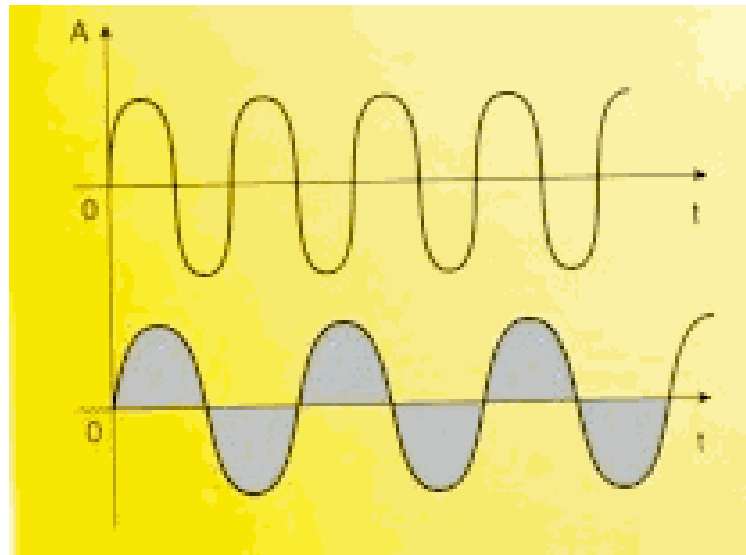


Ampiezza

L'ampiezza dell'onda rappresenta lo spostamento massimo delle molecole d'aria che oscillano intorno alla posizione di equilibrio al passaggio della perturbazione acustica

Altezza

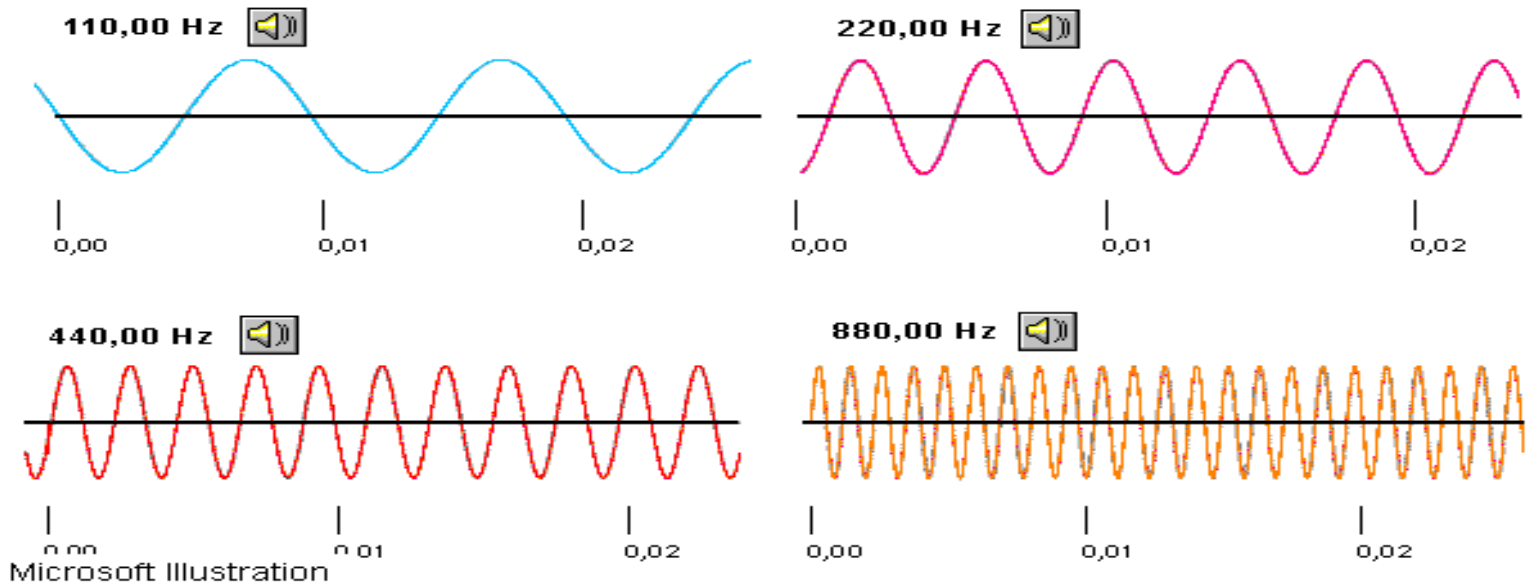
L'altezza (o Acutezza) è la caratteristica che determina l'elevazione di un suono dovuta alla rapidità delle vibrazioni che lo producono e ci consente di distinguere i suoni acuti da quelli gravi.



Essa cambia a seconda della frequenza a cui l'onda vibra.
Al crescere della frequenza corrisponde l'aumento dell'altezza.
Onde sonore aventi uguali ampiezza ma frequenza diversa generano suoni di diversa altezza.

Frequenza (f)

È il numero di vibrazioni complete che avvengono in un secondo.
Si misura in hertz (Hz).



Il "range" di udibilità dell'orecchio umano è compreso tra i 20 Hz e i 20 KHz. Ciò significa che, pur esistendo onde sonore che si propagano a frequenze più basse (infrasuoni) o più alte (ultrasuoni), noi non possiamo percepirle.

Intensità (I)

È la grandezza che permette di distinguere i suoni deboli da quelli forti, un suono è tanto più forte quanto maggiore è l'ampiezza delle oscillazioni della sorgente che lo genera.

L'intensità di un'onda sonora si definisce come il rapporto tra l'energia trasportata dall'onda stessa e la superficie attraversata per il tempo:

$$I = E / (S \times \Delta t)$$

Dato che il rapporto tra energia e tempo rappresenta la potenza, l'intensità si può esprimere come il rapporto tra potenza dell'onda ed area attraversata:

$$I = P / S$$

Misura dell'Intensità

L'intensità si misura in Decibel (dB).

$$\text{dB} = 10 \times \log_{10} (I/I_0)$$

Dove I_0 è il valore d'intensità per cui la sensazione fisiologica è nulla.

La scala delle intensità è logaritmica, perciò ogni incremento di 10 dB corrisponde ad un aumento in intensità di un fattore 10: Il fruscio delle foglie, infatti, è 10 volte più intenso dei mormorii



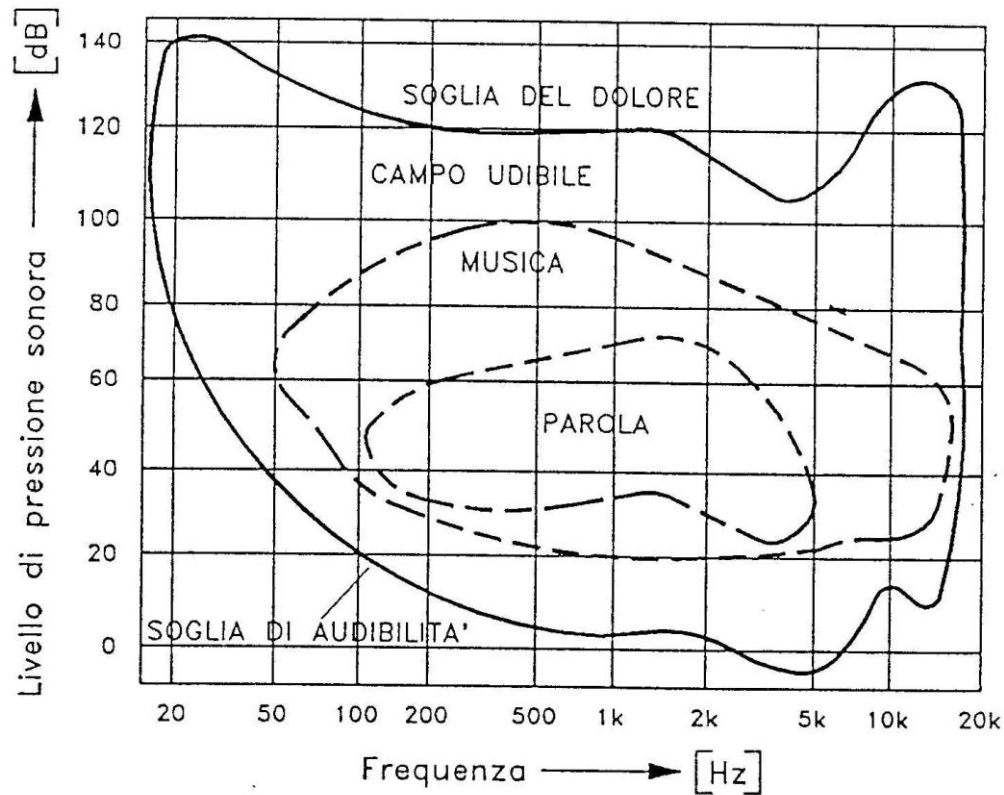


Fig. 2.4

In condizioni dinamiche, l'orecchio medio trasferisce meglio suoni di frequenze prossime a 1000 - 2000 Hertz, e via via meno bene quelli di bassa e alta frequenza, a causa della risonanza generata dalla cavità in cui hanno sede i componenti dell'orecchio medio

VALORI IN DECIBEL, PER DIVERSE TIPOLOGIE DI “RUMORE”



LIVELLO	SORGENTE
10 dB	Deserto
20 dB	Studio di registrazione; Voce bisbigliata
30 dB	Fruscio di foglie nel bosco; Conversazione a bassa voce; ventola di raffreddamento di un computer
40 dB	Rumore in una biblioteca; Conversazione telefonica
50 dB	Voce parlata; Teatro; Fotocopiatrice
60 dB	Voce alta; Stampante a getto d'inchiostro.
70 dB	TV ad alto volume;
80 dB	Strada con traffico medio; festa da ballo;
90 dB	Fabbrica rumorosa; Strada con forte traffico
100 dB	Autotreno; Smerigliatrice; Cantiere edile.
110 dB	Discoteca; Concerto Rock; Motocicletta; Clacson;
120 dB	Sirena; Martello pneumatico
130 dB	Sparo di un cannone; Jet in pista
140 dB	Jet in volo
160 dB	Missile in volo

RIASSUMENDO...

MISURA DEL SUONO

Il suono è costituito da molte **componenti** e la misura di ognuna di queste porterà a diversi risultati:

- **Frequenza**: si misura in hertz (Hz) e si tratta del numero di vibrazioni che si verificano in un secondo
- **Intensità**: permette di fare una distinzione tra suoni deboli e forti, l'intensità viene misurata in decibel (dB)
- **Periodo**: tempo necessario per compiere una vibrazione completa
- **Velocità di propagazione**: la velocità con cui un suono si propaga in un certo ambiente
- **Lunghezza d'onda**: la distanza che compie il suono in un determinato periodo di tempo
- **Ampiezza d'onda**: si collega all'intensità del suono che avvertiamo
- **Altezza**: quanto un suono è acuto o grave
- **Timbro**: dipende da che tipo di strumento viene emesso

Il processo di trasmissione delle vibrazioni avviene in maniera selettiva

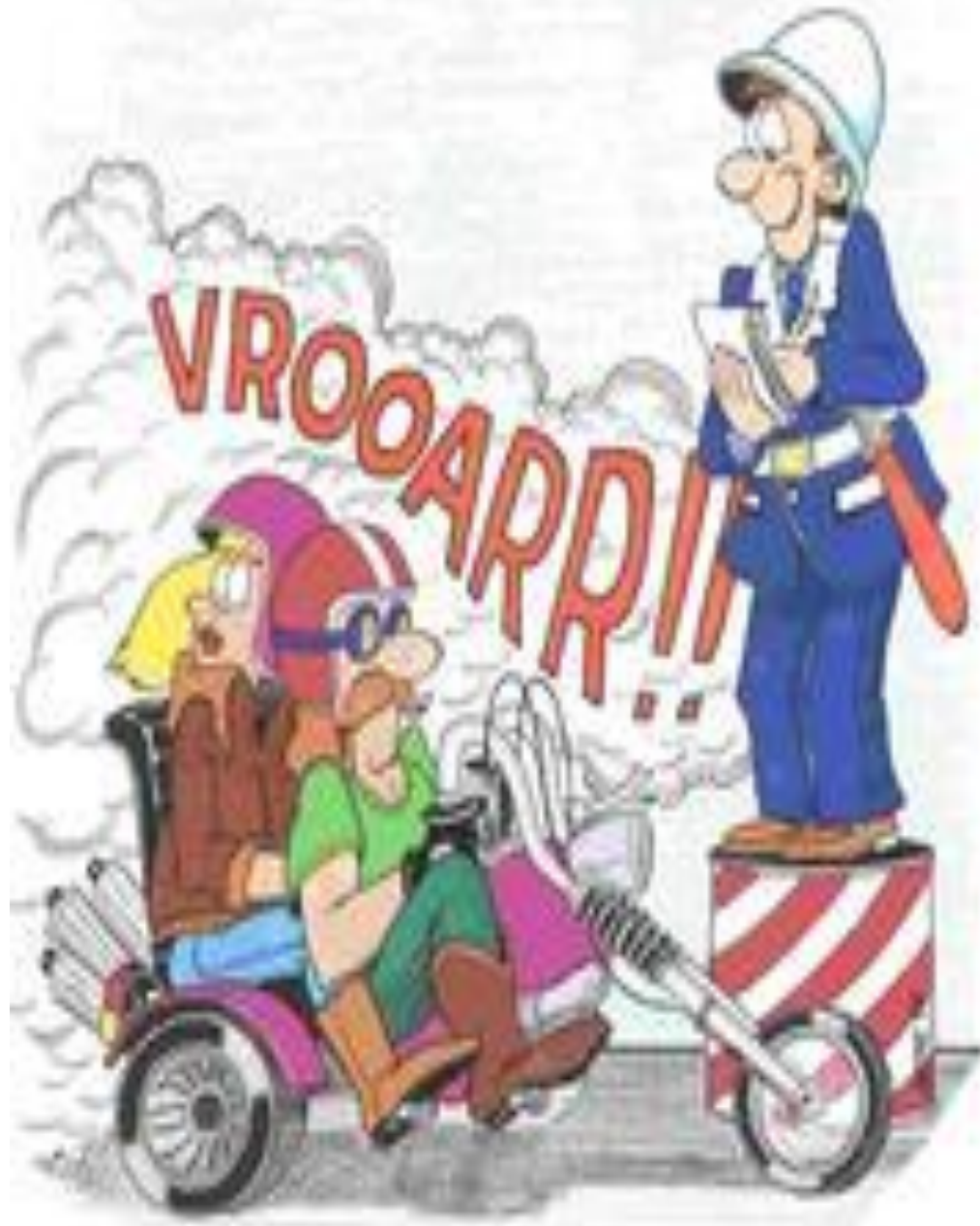
Al di sopra del valore limite di **20kHz** si produce una forte attenuazione delle vibrazioni trasmesse dalla membrana timpanica, con conseguente perdita di percezione uditiva

Per quanto riguarda il valore di soglia inferiore, pari a circa **20hz**, avviene che al diminuire della frequenza l'onda di pressione si propaga e raggiunge il timpano in un tempo sempre più breve, finché le differenze di pressione tendono a zero.

Fenomeni acustici, la cui frequenza cade al di fuori dell'intervallo sopra specificato, prendono il nome di infrasuoni e ultrasuoni

Rumore Ambientale:

grande rischio per
l'udito e la qualità
della vita



EFFETTI DEL RUMORE A BREVE TERMINE



Il rumore, irrita, indispone,
ostacola il dialogo e la
concentrazione

EFFETTI DANNOSI

Psicologici

irritabilità, stress

Fisiologici:

danno grave all'orecchio interno;
aumento della pressione
sanguigna, emicranie, nausea,
tensione muscolare, affaticamento
e nervosismo.



LIVELLI SONORI (dB)	EFFETTO DEL RUMORE SULL'UOMO
25-30	Nessun effetto
30-50	Fastidio
35-50	Disturbi della qualità e della durata del sonno
40-80	Disturbi dell'apprendimento
40-85	Disturbi psichici, ansia e irritabilità
45-55	Inizio degli effetti di disturbo in ambiente urbano nelle ore notturne
45-75	Interferenza sulla trasmissione e sulla comprensione della voce parlata
55-65	Inizio degli effetti di disturbo in ambiente urbano nelle ore diurne
55-70	Disturbo del lavoro d'ufficio
60-70	Influenza sull'efficienza del rendimento
60-90	Vasocostrizione
75-95	Aumento della pressione arteriosa
80	Disturbo del 60-80% della popolazione esposta
80-115	Danno uditivo cronico
140-145	Rottura del timpano, distruzione immediata delle cellule del Corti



La sordità

da rumore, NON si può curare

Il rumore distrugge l'udito delle persone esposte in modo tanto lento e subdolo che all'inizio non ci si accorge di quanto accade.. quando ce ne rendiamo conto il danno è fatto.

Può essere prevenuta: il miglior metodo di accertamento consiste nell'effettuare periodici esami AUDIOMETRICI



EFFETTI SPECIFICI CRONICI DEL RUMORE

Un soggetto normoudente esposto a rumore subisce un
abbassamento della capacità uditiva



Il livello sonoro più debole percepibile
dall'orecchio s'innalza

La differenza tra la soglia uditiva in condizioni di
riposo e quella dopo stimolazione sonora si chiama

STS

Spostamento temporaneo della soglia uditiva

Quando il recupero non è più possibile l'STS diventa uno
spostamento permanente della soglia uditiva (SPS)

SPS: OTOPATIA DA RUMORE

<i>I FASE</i>	Si possono accusare alla fine del lavoro ronzio o senso di “ovattamento”
<i>II FASE</i>	Successivamente può apparire difficoltosa la comprensione della voce sussurrata a distanza superiore a 6-8 m
<i>III FASE</i>	Perdurando l'esposizione a rumori si riduce ulteriormente la capacità di comprendere la voce sussurrata e la conversazione
<i>IV FASE</i>	A distanza di anni dalla fase precedente può manifestarsi una condizione di sordità: la funzione uditiva viene compromessa

DEFINIZIONI

LIVELLO DI RUMORE RESIDUO - L_R -

È il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato “A” che si rileva quando si escludono le specifiche sorgenti disturbanti

LIVELLO DI RUMORE AMBIENTALE - L_A -

È il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato “A” prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo

LIVELLO DIFFERENZIALE DI RUMORE $L_D = (L_A - L_R)$

Differenza tra il livello equivalente L_{eq} (A) di rumore ambientale e quello del rumore residuo

TEMPO DI RIFERIMENTO - T_R -

È il parametro che rappresenta la collocazione del fenomeno acustico nell’arco delle 24 ore: si individuano il periodo diurno e notturno

- Periodo **Diurno** ore 6,00 – 22,00
- Periodo **Notturno** 22,00 – 6,00

TEMPO DI OSSERVAZIONE - T_O -

È un periodo, compreso entro uno dei tempi di riferimento, durante il quale l’operatore effettua il controllo e la verifica delle condizioni di rumorosità

MISURE DI RUMOROSITÀ ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI ABITATIVI

Leq < 40 dB diurno	RUMORE ACCETTABILE
Leq < 30 dB notturno	
40 < Leq < 60 diurno	RUMORE ACCETTABILE SE: $L_D = L_A - L_R < 5$
30 < Leq < 45 notturno	
Leq > 60 dB (A) diurno	RUMORE NON ACCETTABILE
Leq > 45 dB (A) notturno	

VALORE DEI LIMITI DEL LIVELLO SONORO EQUIVALENTE (LeqA)

relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio

CLASSE	ZONA	Diurno dB	Notturmo dB
I	<u>Aree particolarmente protette</u> ospedali, scuole, aree destinate al riposo, aree urbanistiche, parchi pubblici, aree rurali, ecc.	50	40
II	<u>Aree destinate ad uso residenziale</u> Aree urbane con traffico locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività industriali e/o artigianali	55	45
III	<u>Aree di tipo misto</u> Aree urbane con traffico locale e attraversamento, con media densità di popolazione, uffici, commercio	65	55
IV	<u>Aree di intensa attività umana</u> Intenso traffico veicolare, alta densità di popolazione, elevata presenza di uffici, attività commerciali e artigianali, limitata presenza di piccole industrie, vicino a ferrovie e autostrade	65	55
V	<u>Aree prevalentemente industriali</u> Aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di popolazione	70	60
VI	<u>Aree prevalentemente industriali</u> Aree esclusivamente interessate da industrie e prive di insediamenti abitativi	70	70

Sottoporsi a
programmi di
addestramento e
formazione



Utilizzare i DPI in
modo appropriato

Obblighi dei lavoratori

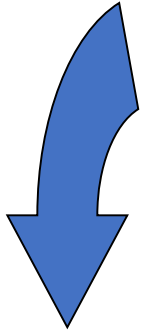
Segnalare al datore di
lavoro, al dirigente
qualsiasi difetto
riscontrato nei DPI



Avere cura dei DPI a loro
disposizione senza
apportare modifica di
propria iniziativa

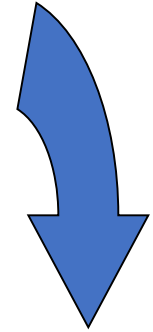


INTERVENTI PREVENTIVI



AMBIENTE DI LAVORO

- Sulla sorgente
- Sulle vie di propagazione
- In corrispondenza del ricevitore



AMBIENTE DI VITA

- ← Riduzione del rumore alla sorgente
- ← Regolamentazione del traffico veicolare
- ← Protezione degli edifici
- barriere antirumore -

Principali sorgenti di rumore o di musica, riguardanti l'ambiente abitativo, interno ed esterno:

Sorgente	Distanza mt	Livello sonoro dB
Televisione accesa varietà	3	74
Televisione accesa partita di calcio	3	80
Hi-fi, volume tenuto da teen-agers	3	86
Hi-fi, volume tenuto da adulti	3	80
Conversazione normale	1	63
Conversazione ad alta voce	1	70
Festa danzante teen-agers	-	100
Festa danzante tra adulti	-	95

MUSICA

La musica non può essere assimilata ad un rumore di un ambiente di lavoro poiché:

La musica può:

Rilassare

Spaventare

Eccitare

Stimolare

Può provocare effetti identici a quelli di uno psicofarmaco, tanto da poter modificare l'elettroencefalogramma

DISCOTECHE

Alti livelli di pressione acustica $>95\text{db}$

Tempi prolungati di esposizione $>2\text{h}$

Abbassamento temporaneo dell'udito, senso di stordimento, presenza di fischi o Acufeni

The background image shows a dimly lit nightclub or concert hall. A large, multi-tiered chandelier hangs from the ceiling, casting a warm glow. The room is filled with rows of wooden tiered seating, and the floor is illuminated with blue and purple light patterns. The overall atmosphere is lively and modern.

L'esposizione a rumori superiori a 90dB per 8 ore al giorno e per molti anni provoca una perdita uditiva permanente.

In discoteca i livelli sonori possono superare i 110dB per una o più ore, mentre il limite di legge è di 95dB (DM. 215/99)

È OPPORTUNO RICORDARE CHE



36 ore settimanali a 85dB per 30 anni
equivalgono a 5 anni a 95 dB e a 4 anni
a 105dB + 2h a 90dB.

Raccomandazione:

di alternare l'esposizione al suono ad
alta pressione sonora con pause di
“decompressione” dello stress uditivo

Tutte le attività rumorose
non possono superare il
limite della normale
tollerabilità di ogni
cittadino che desidera
quiete e riposo, come
stabilito dalle vigenti
disposizioni di legge



NORMATIVA DI RIFERIMENTO

A livello di Unione Europea, la normativa di riferimento è rappresentata dalla **direttiva 2002/49/CE**, dedicata alla determinazione ed alla gestione del rumore ambientale, recepita nel nostro ordinamento con il **D. Lgs. n. 194/2005**.

A livello nazionale tale normativa è da coordinarsi con la **legge n. 447/1995**, definita quale “legge-quadro”, a sua volta preceduta dal **D.P.C.M. 1° marzo 1991**, che fissava i limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno.

Alla legge-quadro fece seguito il **D.P.C.M. 14 novembre 1997**, di determinazione dei valori-limite delle sorgenti sonore. In funzione di tutela può inoltre essere applicato l’art. 659 c.p., che ha ad oggetto il disturbo delle occupazioni e del riposo delle persone.

La prima disciplina specifica relativa al rumore è stata adottata dal **D.P.C.M. 1° marzo 1991**.

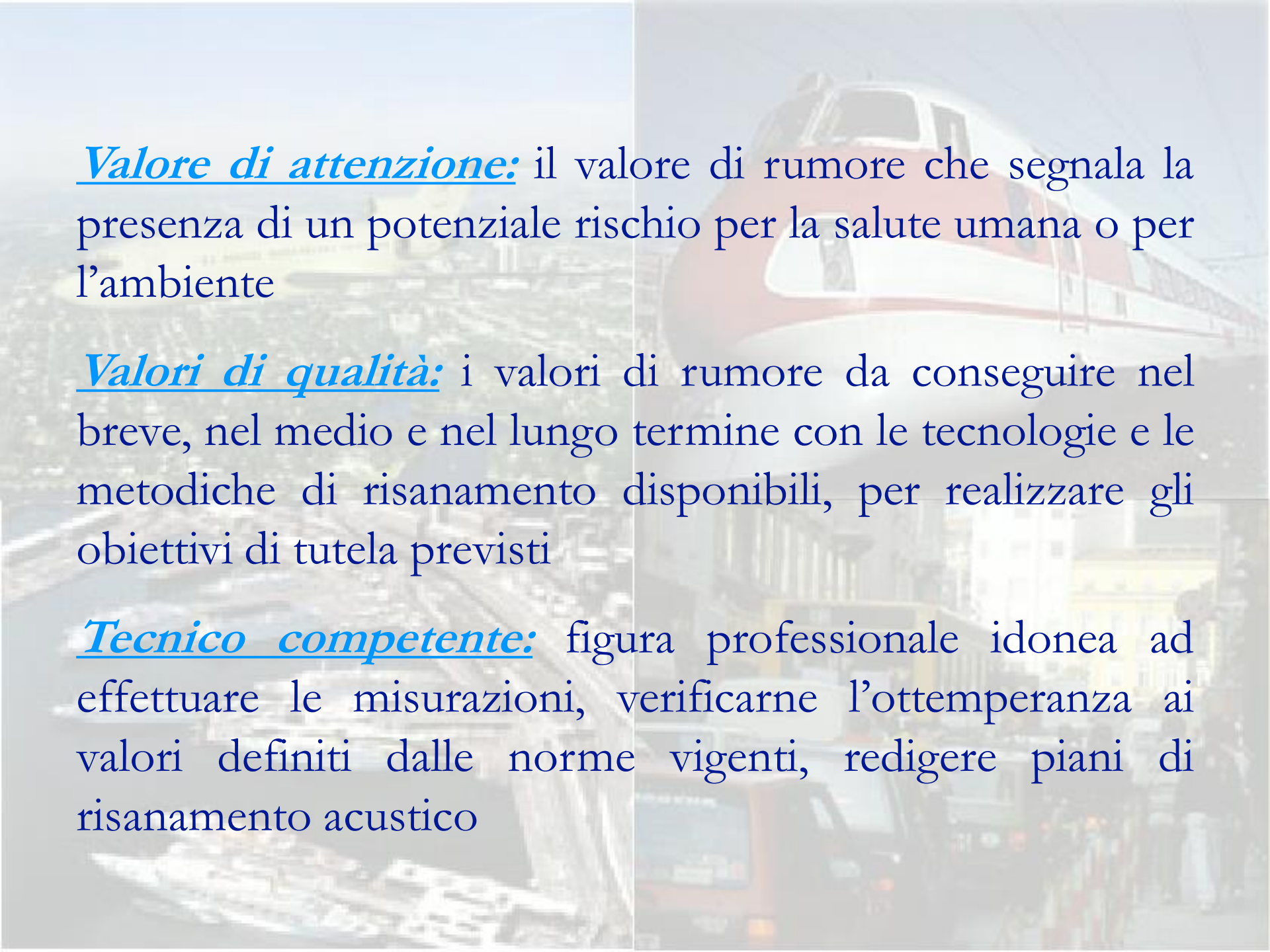
Il D.P.C.M. 1° marzo 1991 ha per prima cosa individuato lo strumento della previsione di impatto acustico sia per concessioni edilizie relative a nuovi impianti industriali che per autorizzazioni all'esercizio di attività produttive (art. 5).

Ha quindi utilizzato lo strumento della **zonizzazione**, imponendo ai Comuni di adottare, ai fini della fissazione dei limiti di esposizione al rumore, una **classificazione in zone, in relazione alla destinazione d'uso del territorio**. Per le zone non esclusivamente industriali, ai limiti massimi sono affiancati limiti differenziali, distinti per periodo diurno e periodo notturno, tra rumore ambientale e rumore residuo. Le misurazioni devono essere effettuate all'interno degli ambienti abitativi, in modo da verificare il disturbo creato da una determinata fonte, individuata ed isolata rispetto ai rumori costanti propri di quella zona (art. 2).

Valore limite di emissione: il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa

Valore limite di immissione: il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori

- *assoluto:* determinato con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale
- *differenziale:* determinato con riferimento alla differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il rumore residuo



Valore di attenzione: il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente

Valori di qualità: i valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo termine con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti

Tecnico competente: figura professionale idonea ad effettuare le misurazioni, verificarne l'ottemperanza ai valori definiti dalle norme vigenti, redigere piani di risanamento acustico



➤ ***COMPETENZE DELLO STATO***

➤ ***COMPETENZE DELLE REGIONI***

➤ ***COMPETENZE DELLE PROVINCE***

➤ ***COMPETENZE DEI COMUNI***

DPCM 14/11/1997

Determinazione valori limite delle sorgenti sonore (ex art. 3 c.1 lett.a) l.q. 447/95)

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno	Notturmo
		6.00-22.00	22.00-06.00
I	Aree particolarmente protette	45-50-47 (50)	35-40-37 (40)
II	Aree prevalentemente residenziali	50-55-52 (55)	40-45-42 (45)
III	Aree di tipo misto	55-60-57 (60)	45-50-47 (50)
IV	Aree di intensa attività umana	60-65-62 (65)	50-55-52 (55)
V	Aree prevalentemente industriali	65-70-67 (70)	55-70-57 (60)
VI	Aree esclusivamente industriali	65-70-70 (70)	65-70-70 (70)