

Effetti del Rumore sul Sistema Uditivo

Diego L. Gonzalez

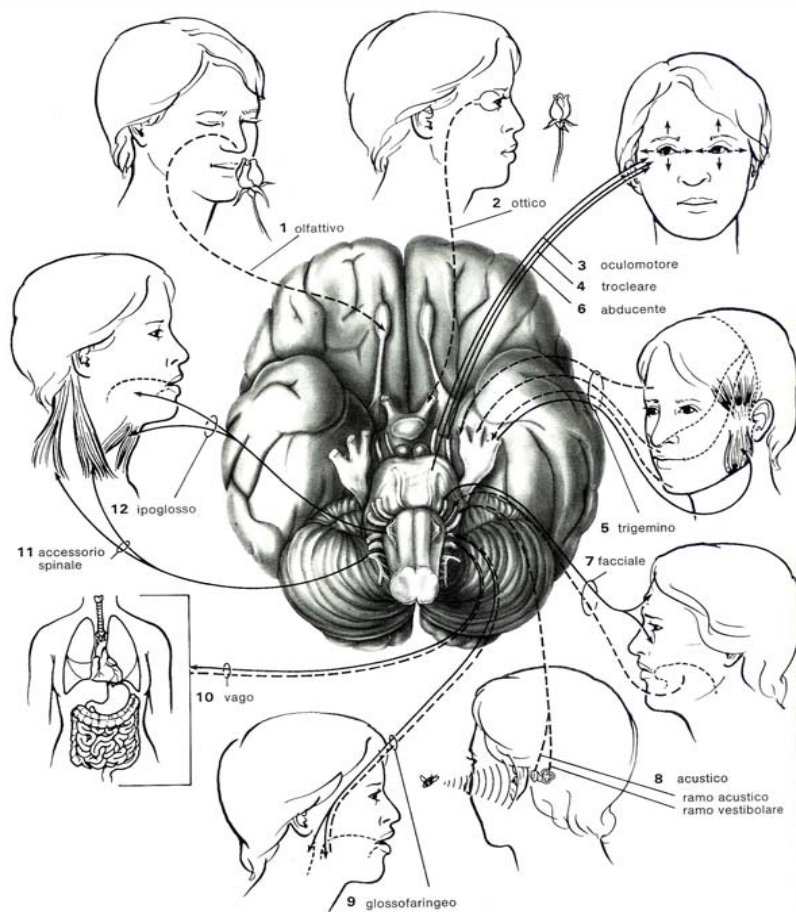
The Musical and Architectural Acoustics Laboratory FSSG-CNR
Isola di San Giorgio Maggiore, Venezia, Italy www.cini.ve.cnr.it

Università Ca Foscari di Venezia

Influenza di un Ambiente Acusticamente Idoneo per la Crescita
Centro Ricerche Fantoni – Facoltà di Ingegneria dell'Università di Padova



Sensibilità del Sistema Uditivo



Range di frequenze

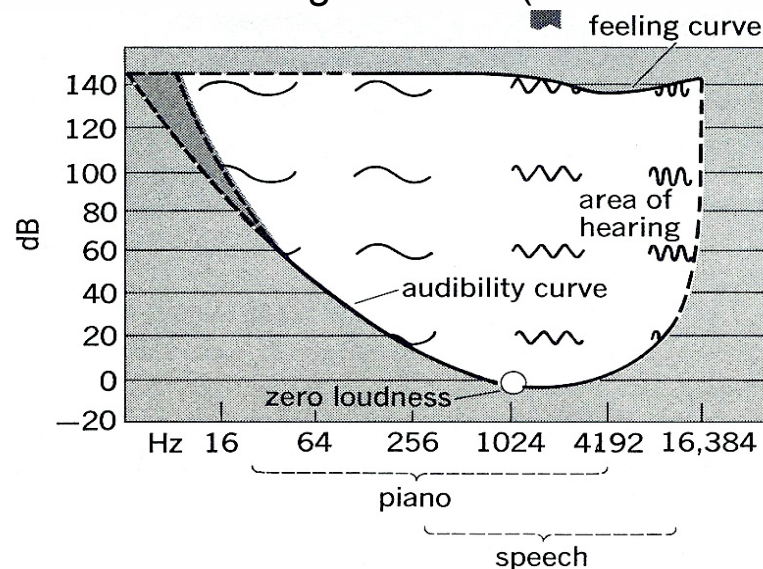
- sistema visivo: 1 ottava (da 380 a 760 nm)
- sistema uditivo: circa 12 ottave (da 16Hz a 20 kHz)

Discriminazione

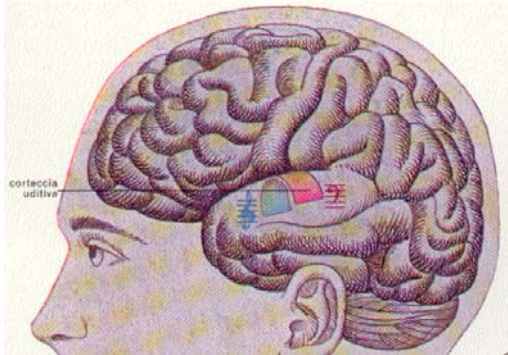
- 1200 suoni puri

Range d'intensità

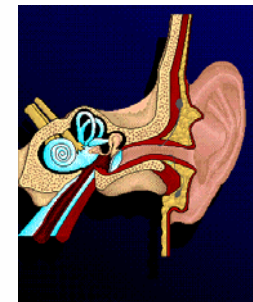
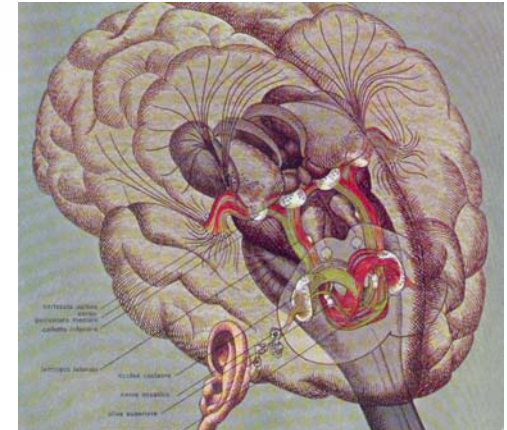
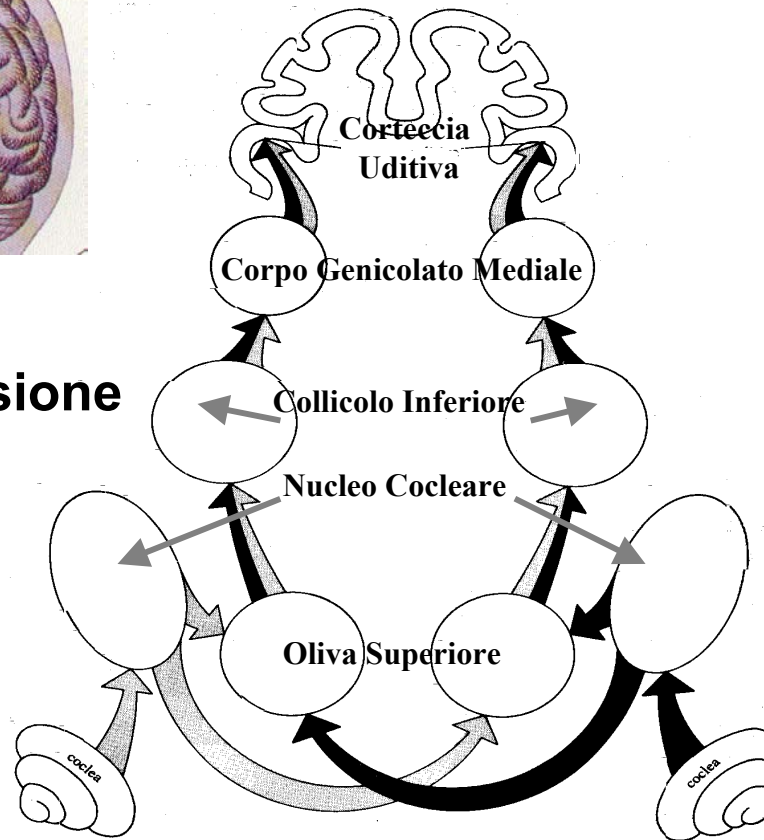
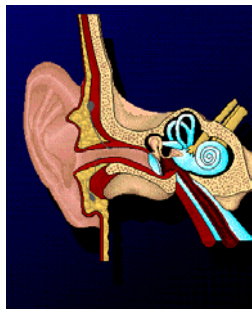
- 8 ordini di grandezza (100.000.000)



Sistema Uditivo



**Complessità
Sensibilità e Precisione
Delicatezza**

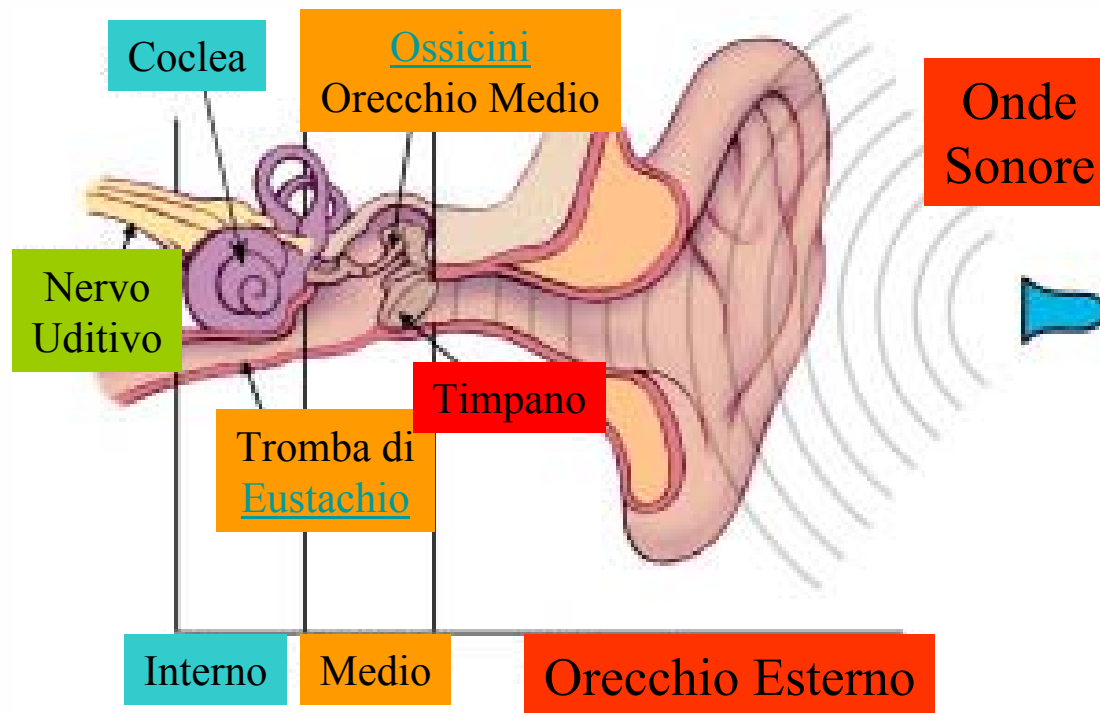


Sistema Uditivo Periferico





Sistema Periferico



Anatomia dell'Orecchio

Orecchio Medio ed Interno

Orecchio Medio
Panoramica



Timpano

- **Trasduzione Acusto-Meccanica**
- **Adattamento di Impedenza**

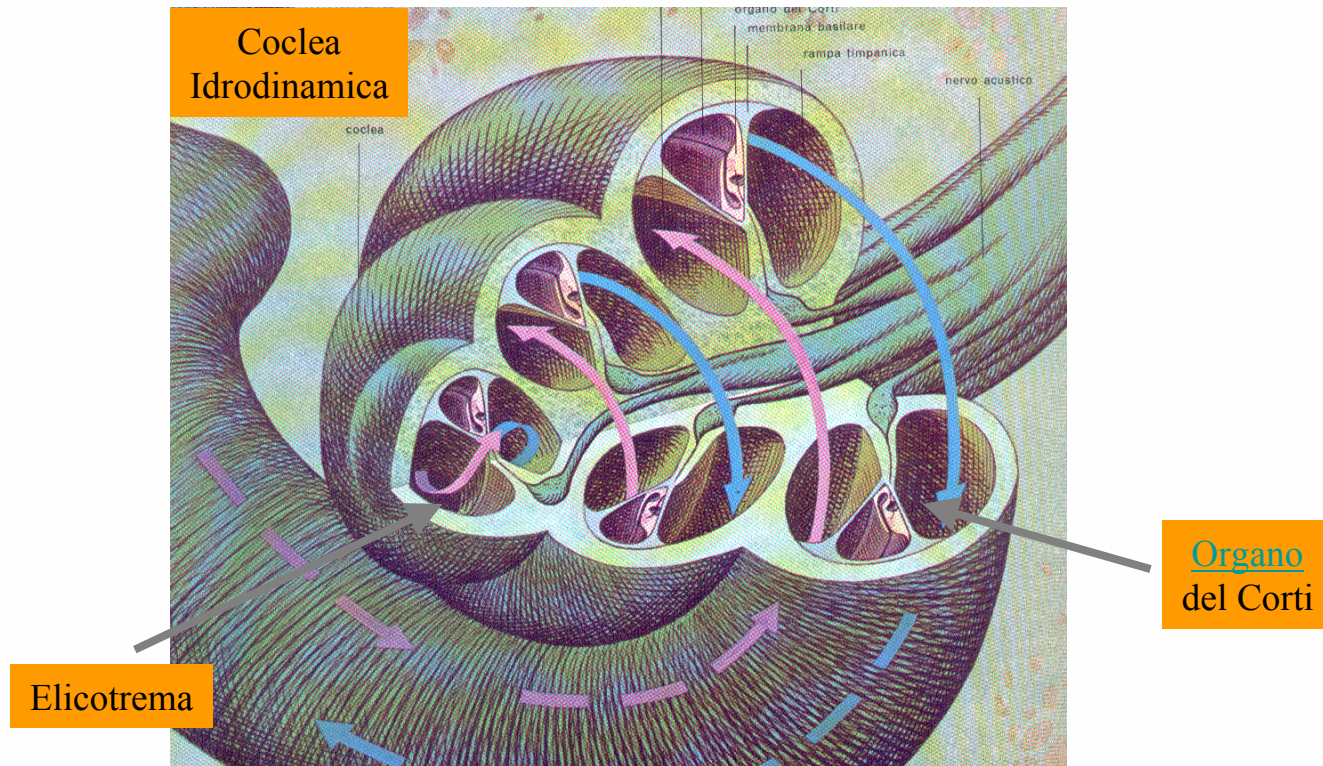
Orecchio Interno
Sezione della Coclea ed Innervazioni



- **Onde Idrodinamiche**
- **Trasduzione Meccanico-Elettrica**
(generazione degli impulsi nervosi)

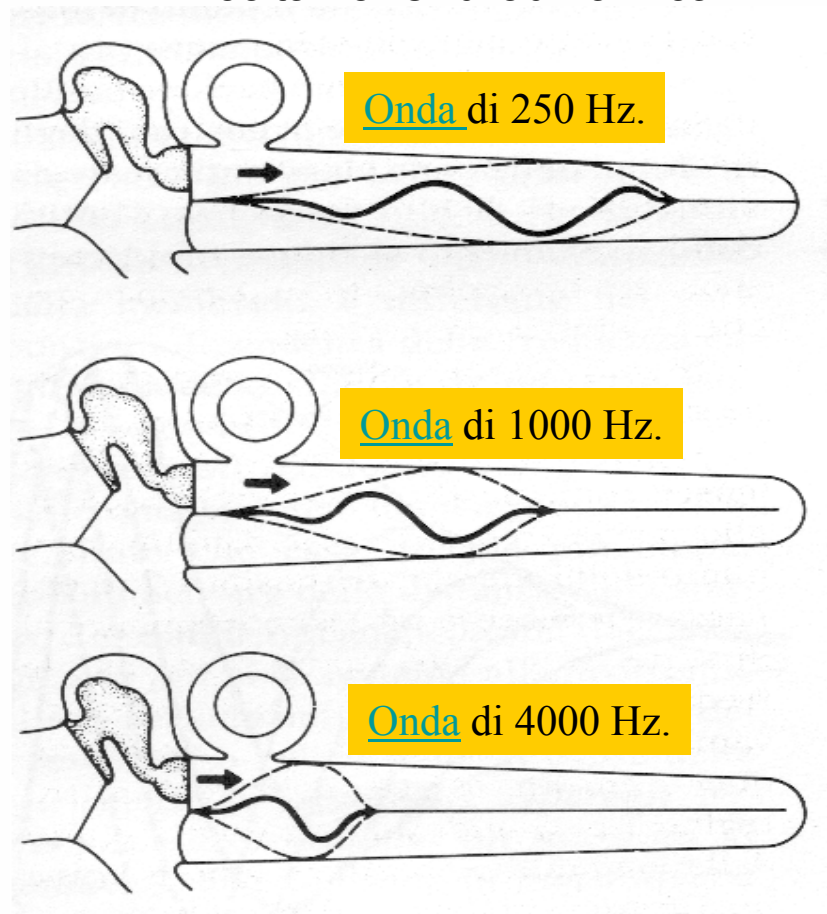


Coclea



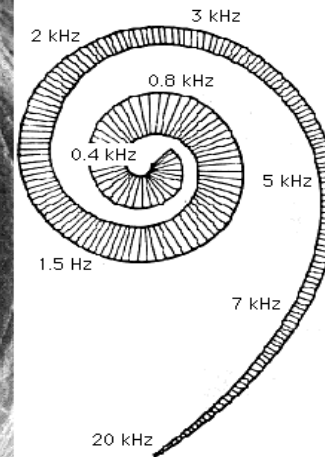
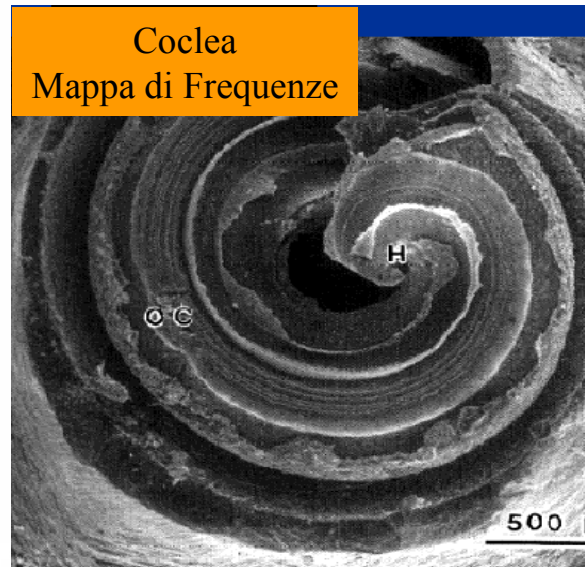
Coclea

Eccitazione Idrodinamica

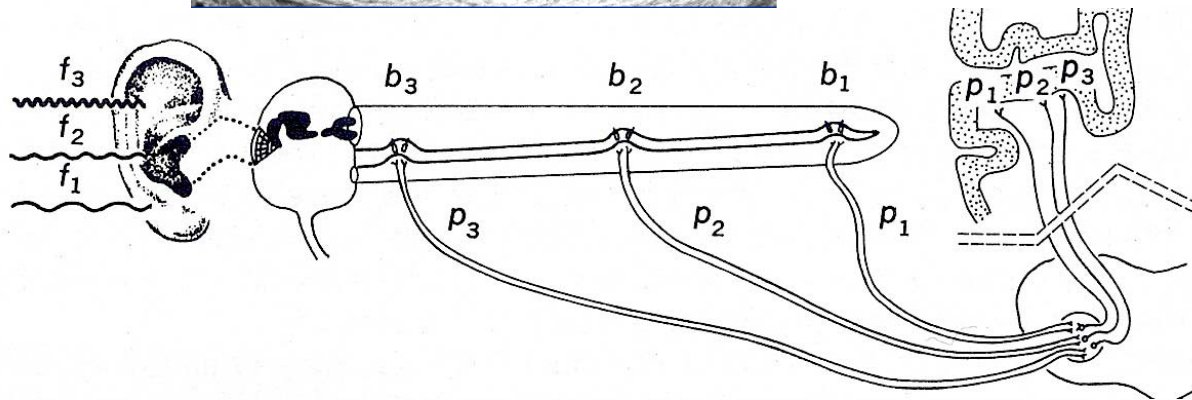




Coclea

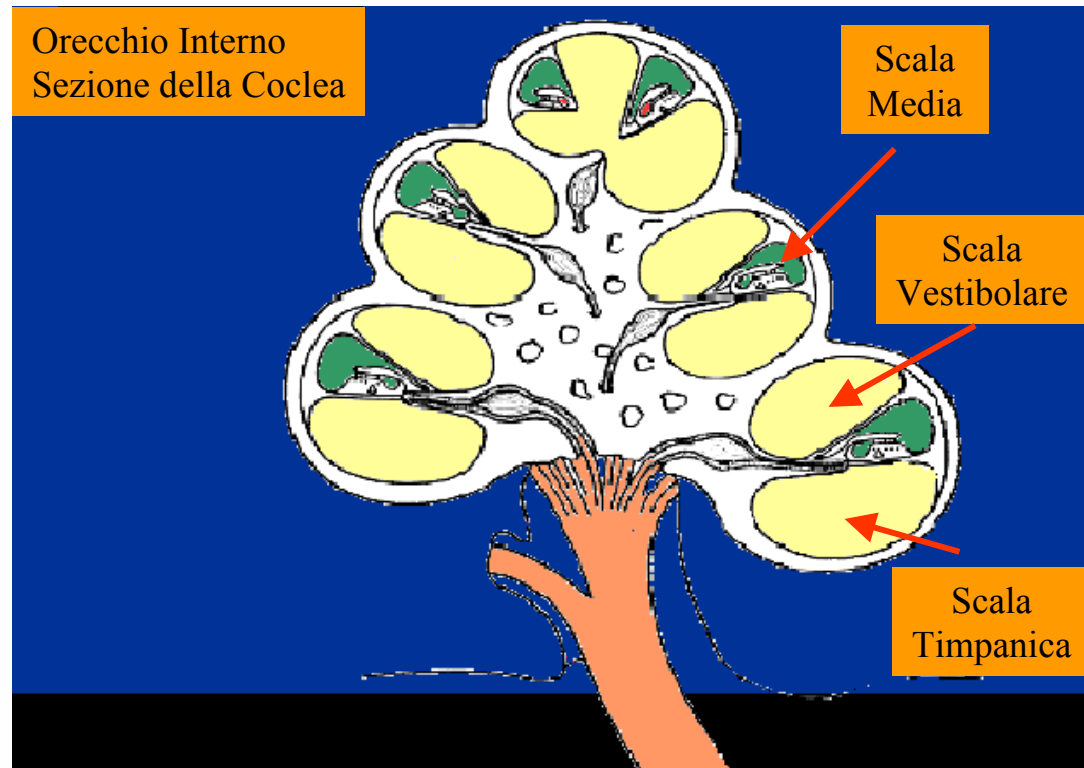


[Click](#) a 100 Hz.

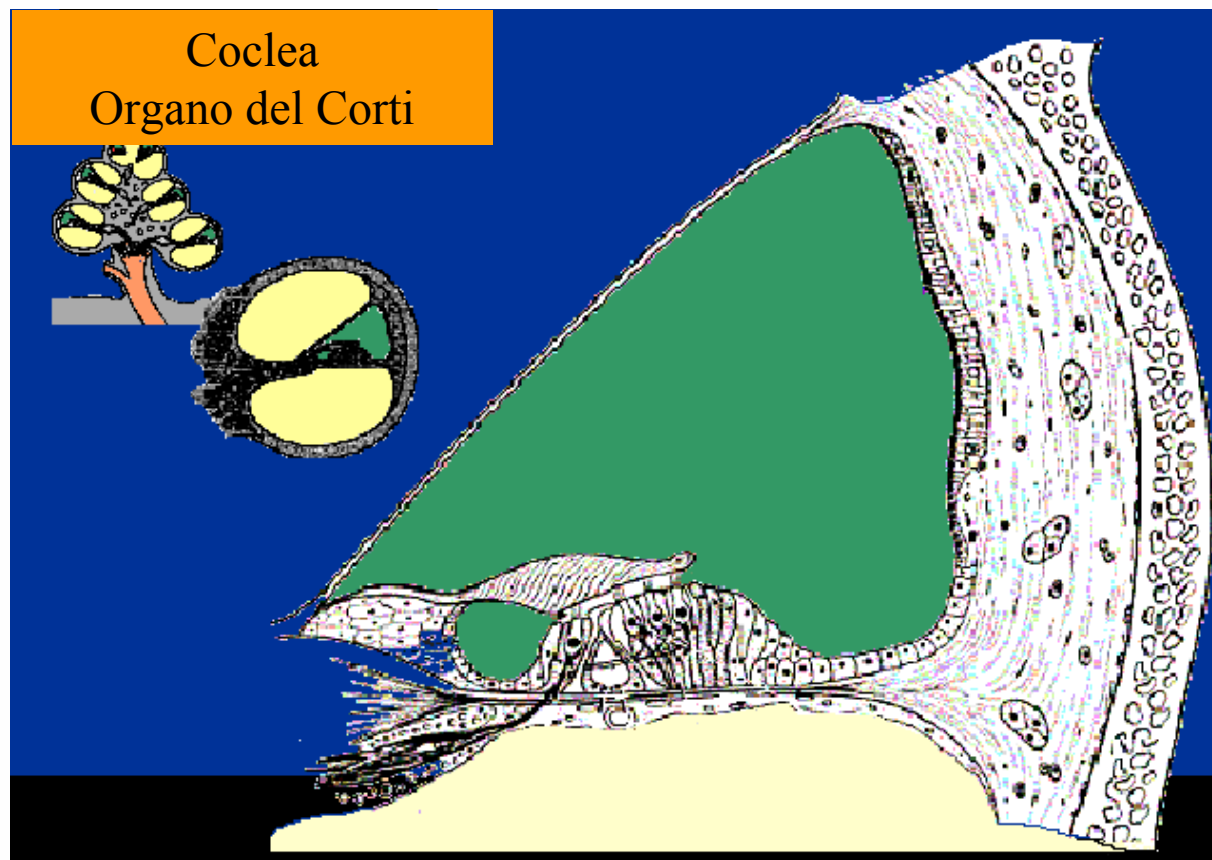


Hemholtz

Coclea

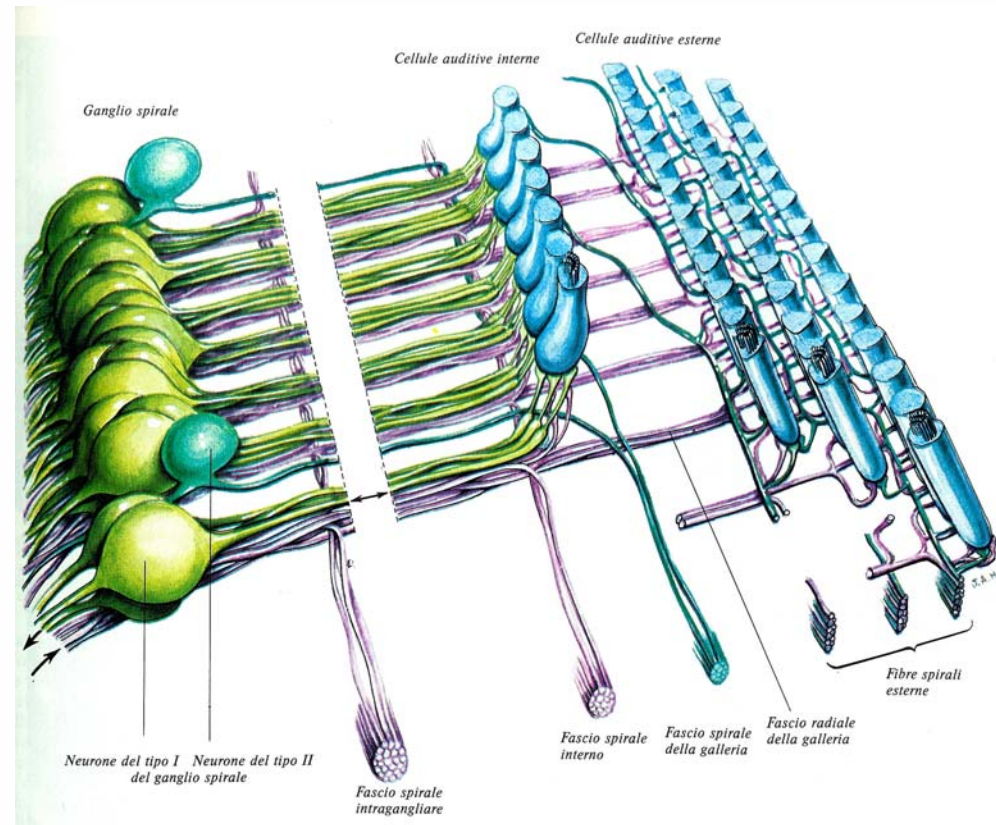
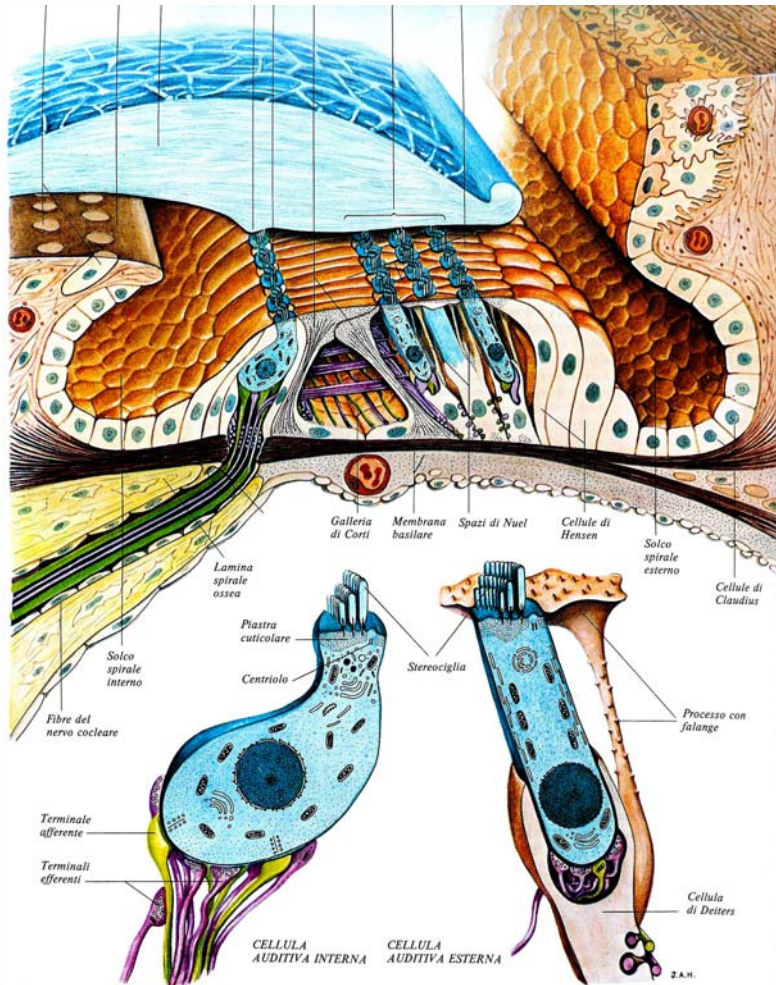


Organo del Corti



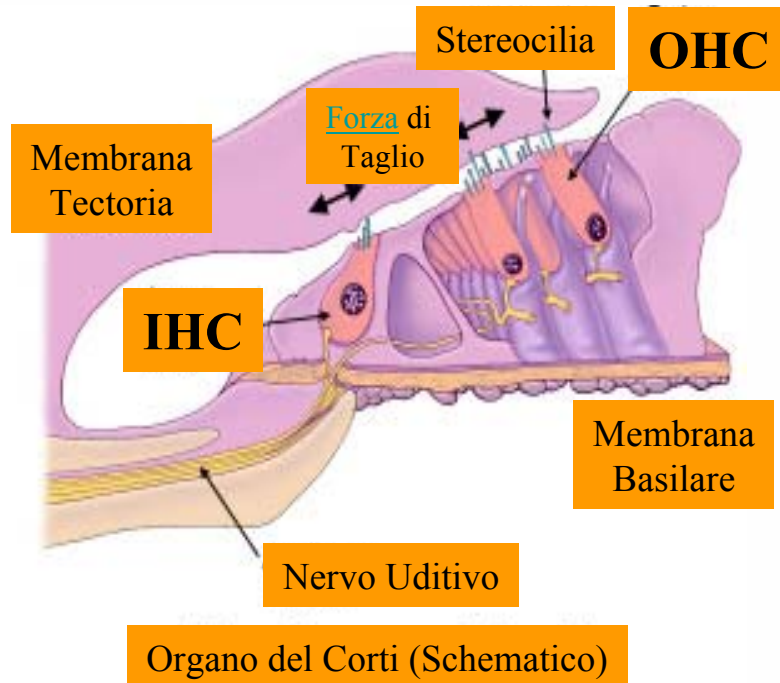


Organo del Corti

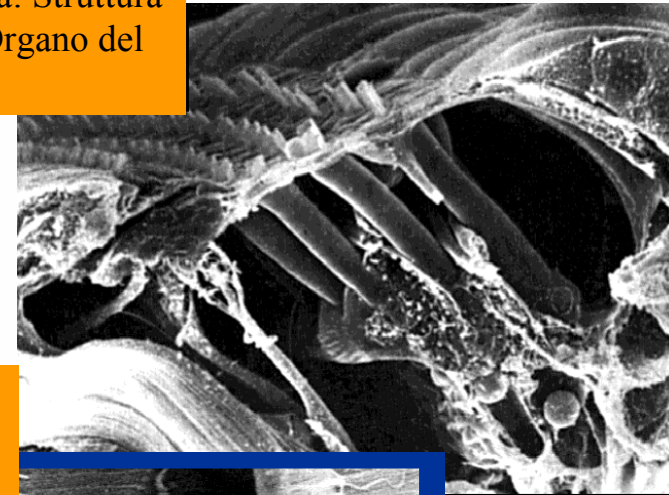




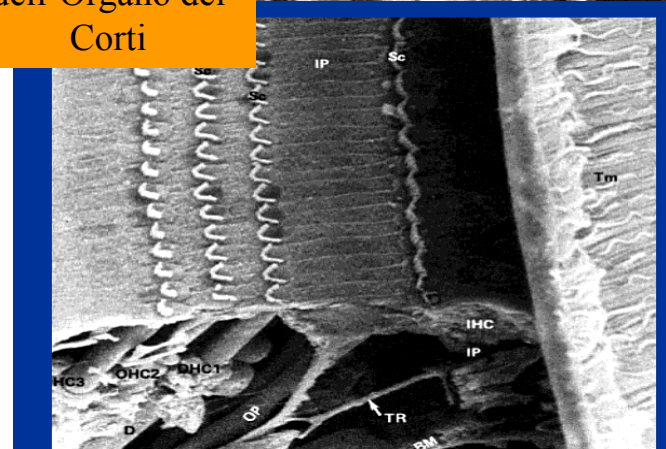
Organo del Corti



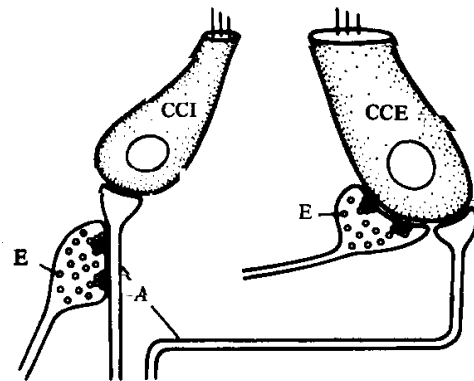
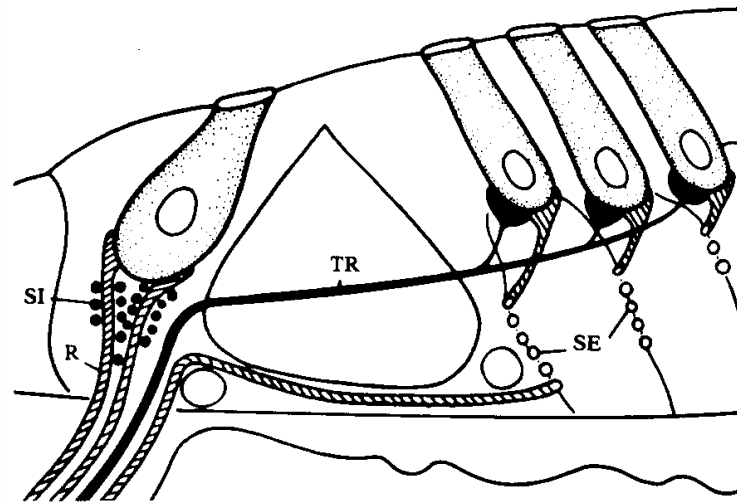
Coclea: Struttura dell'Organo del Corti



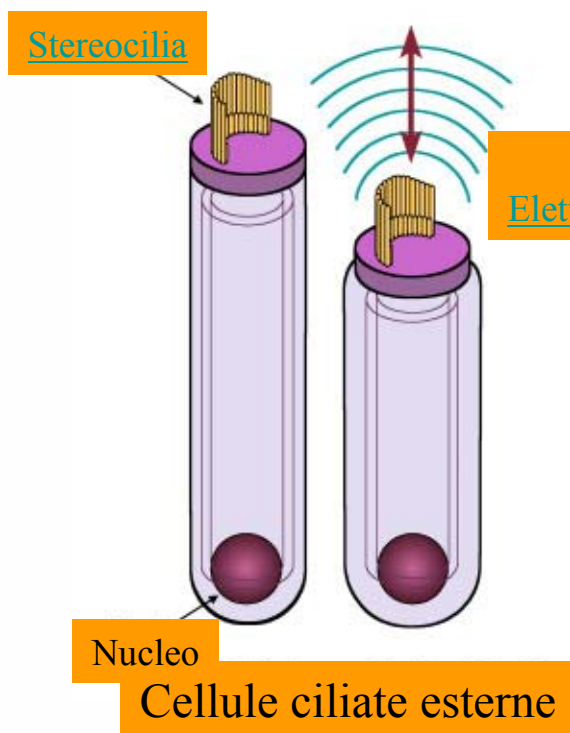
Coclea: Struttura dell'Organo del Corti



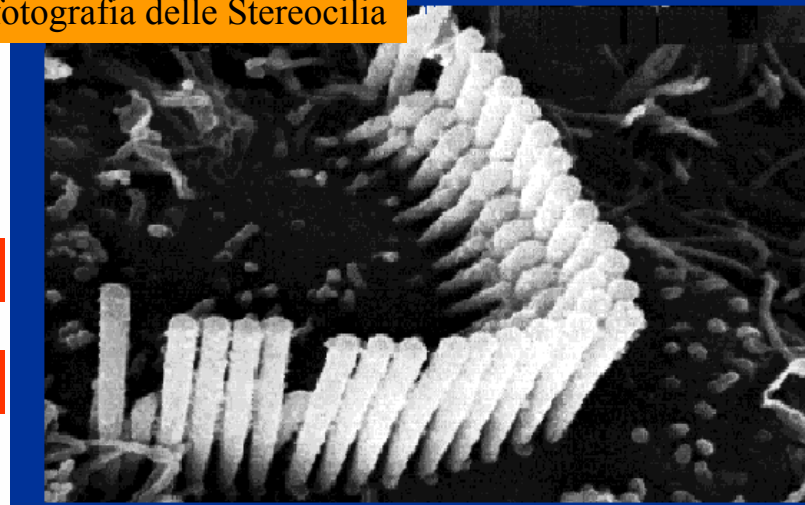
Cellule Ciliate Interne ed Esterne



Cellule Ciliate Esterne



Cellule ciliate Esterne
Microfotografia delle Stereocilia



Coclea 1

Coclea 2

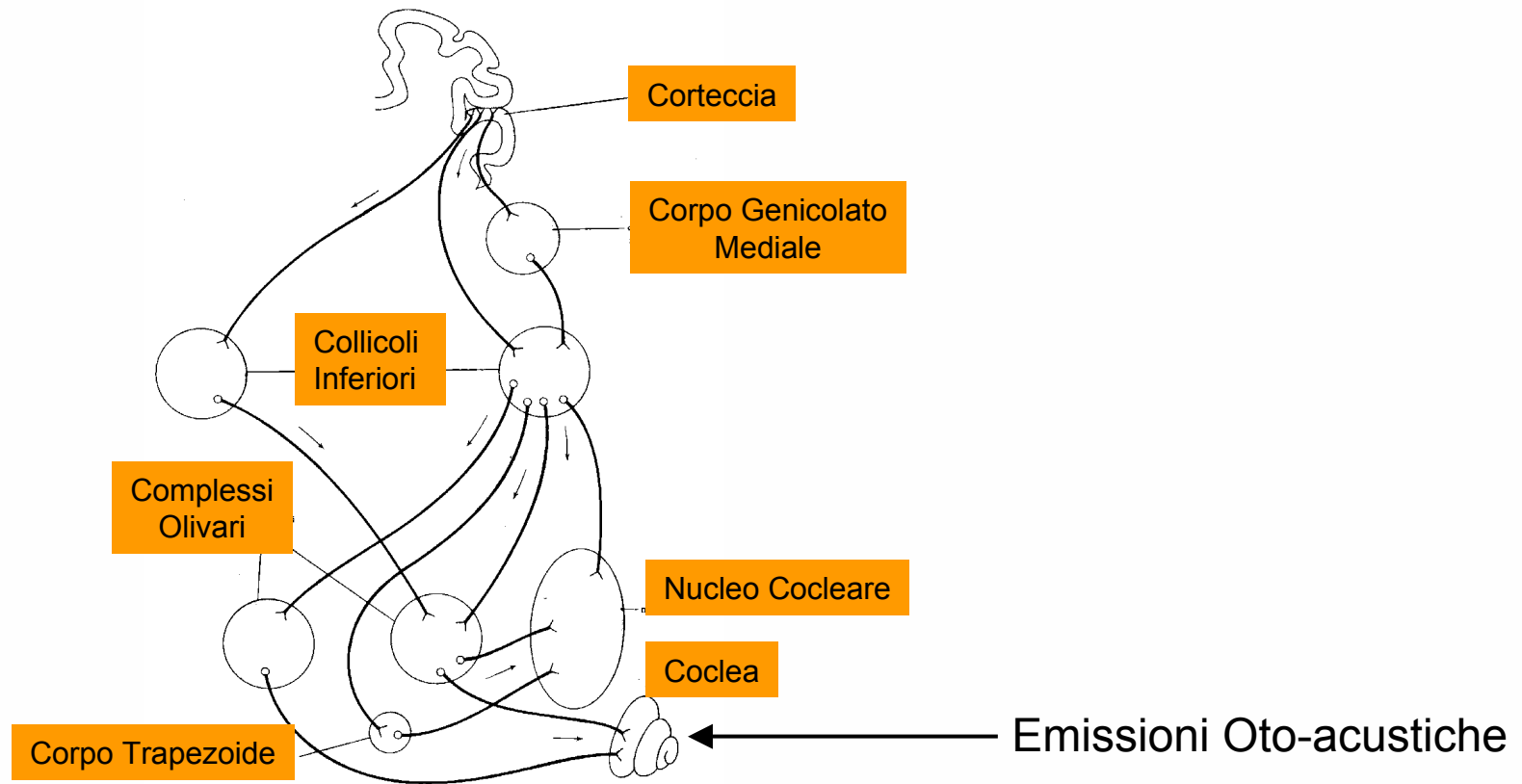
Bending

In fase

90 gradi fuori fase



Vie Discendenti



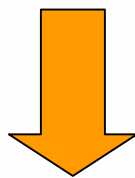


Effetti da Rumore

Effetti prodotti dal rumore

Fastidio (livello soggettivo)
Disturbo (dimostrabile in modo oggettivo ma reversibile)
Danno (collegato ad un danno fisiologico irreversibile)

Specifici (effetti uditivi; effetti vestibolari: vertigini, nausea, disturbi dell'equilibrio)
Neuro endocrini e psicologici (neurologici: cefalea; psicologici: aggressività; endocrini: reazioni di allarme)
Psicosomatici (cardiovascolari, respiratori, digerenti, visivi, ecc; solo ad alti livelli di rumore)
Psico-sociali (comprensione della parola; rendimento: attenzione, apprendimento, memoria; sonno)



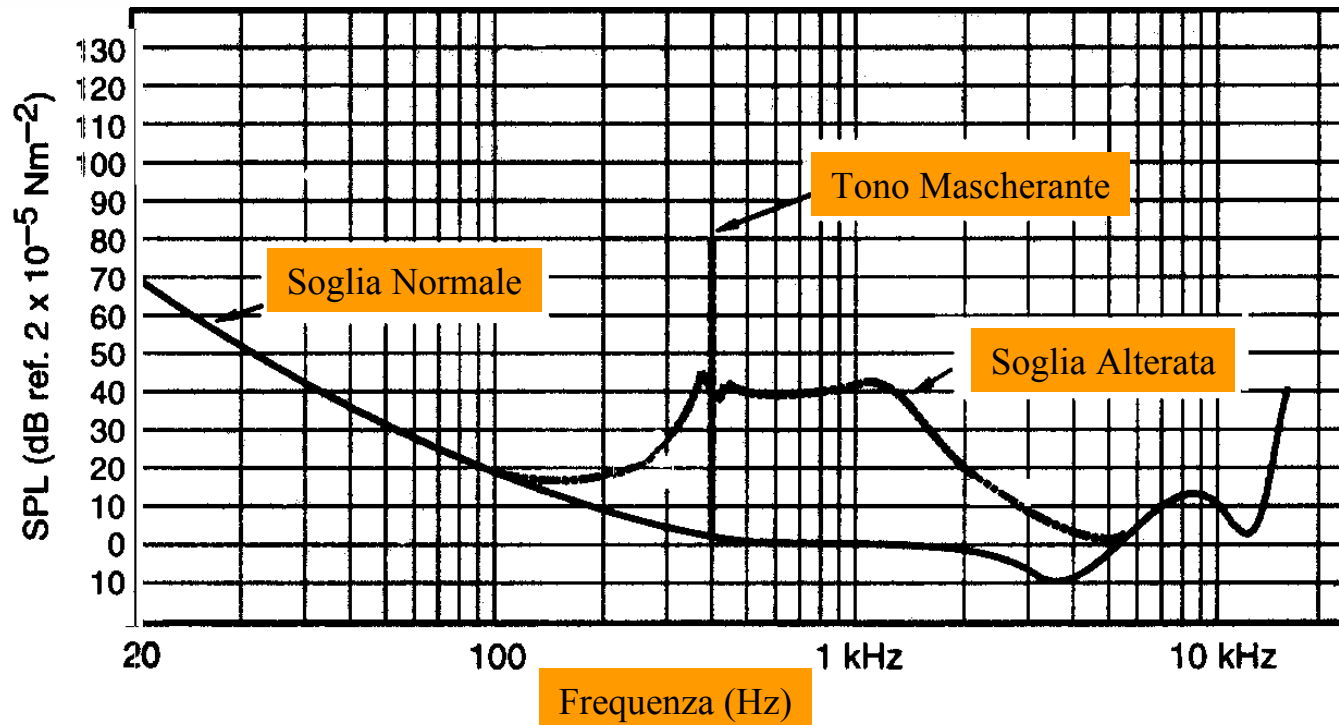
INTENSITA'

DURATA

FREQUENZE

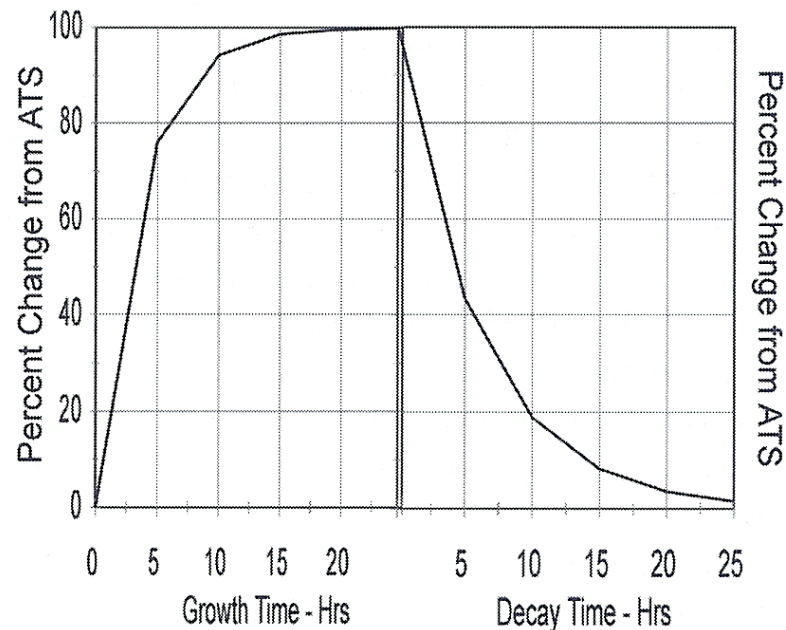
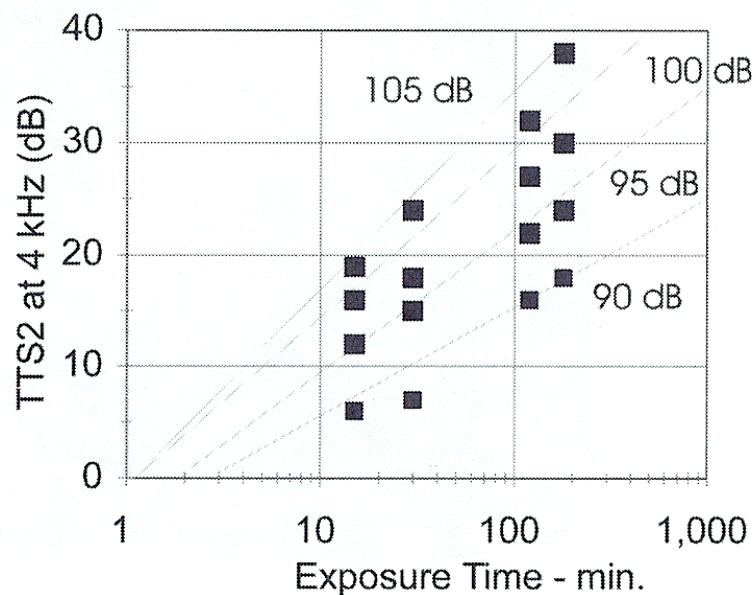


Mascheramento





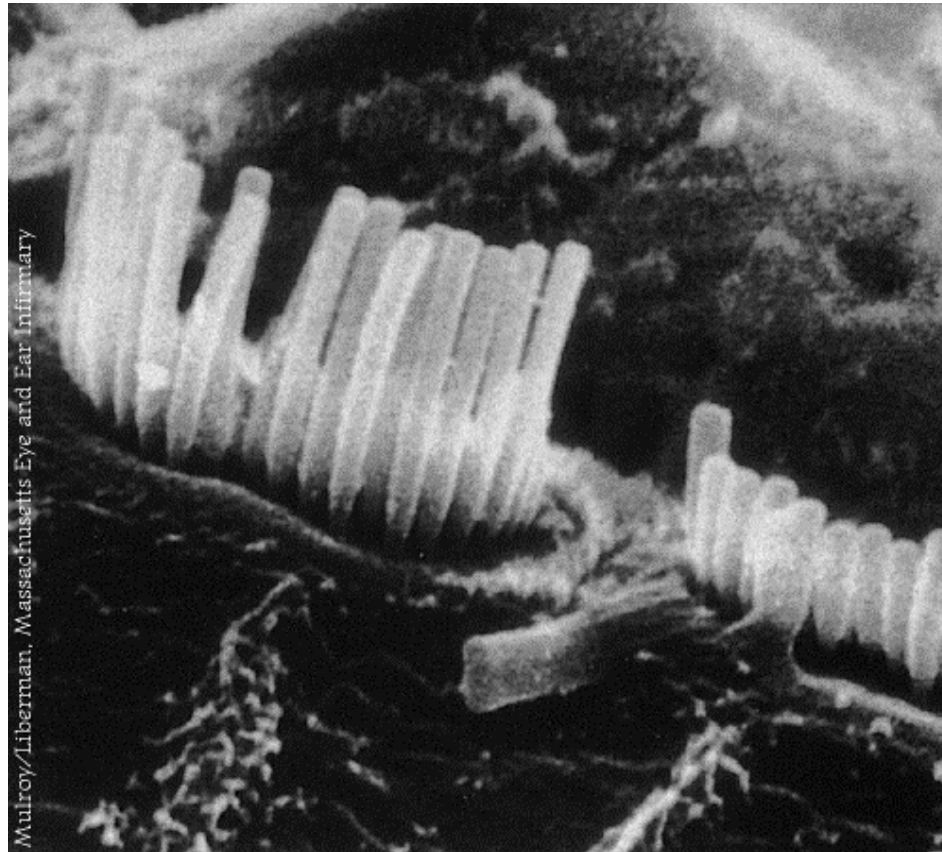
Disturbo Uditivo



TTS2 = Temporary Threshold Shift dopo 2 minuti della esposizione a rumore

Quando il livello del rumore non è troppo alto la perdita uditiva risulta reversibile

Danno alle Cellule Ciliate Esterne



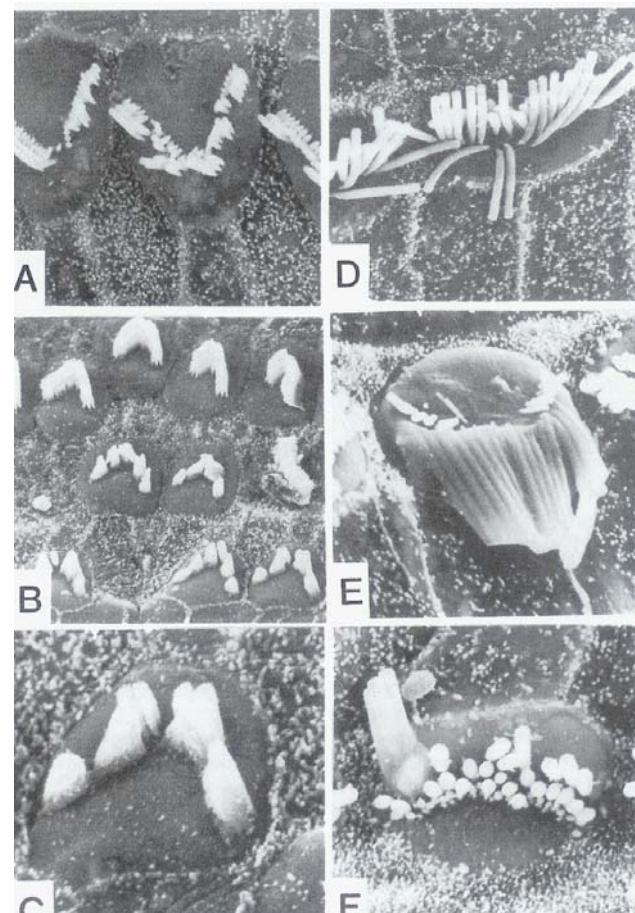
Danno Uditivo

Danno alle cellule ciliate prodotto
da esposizione al rumore

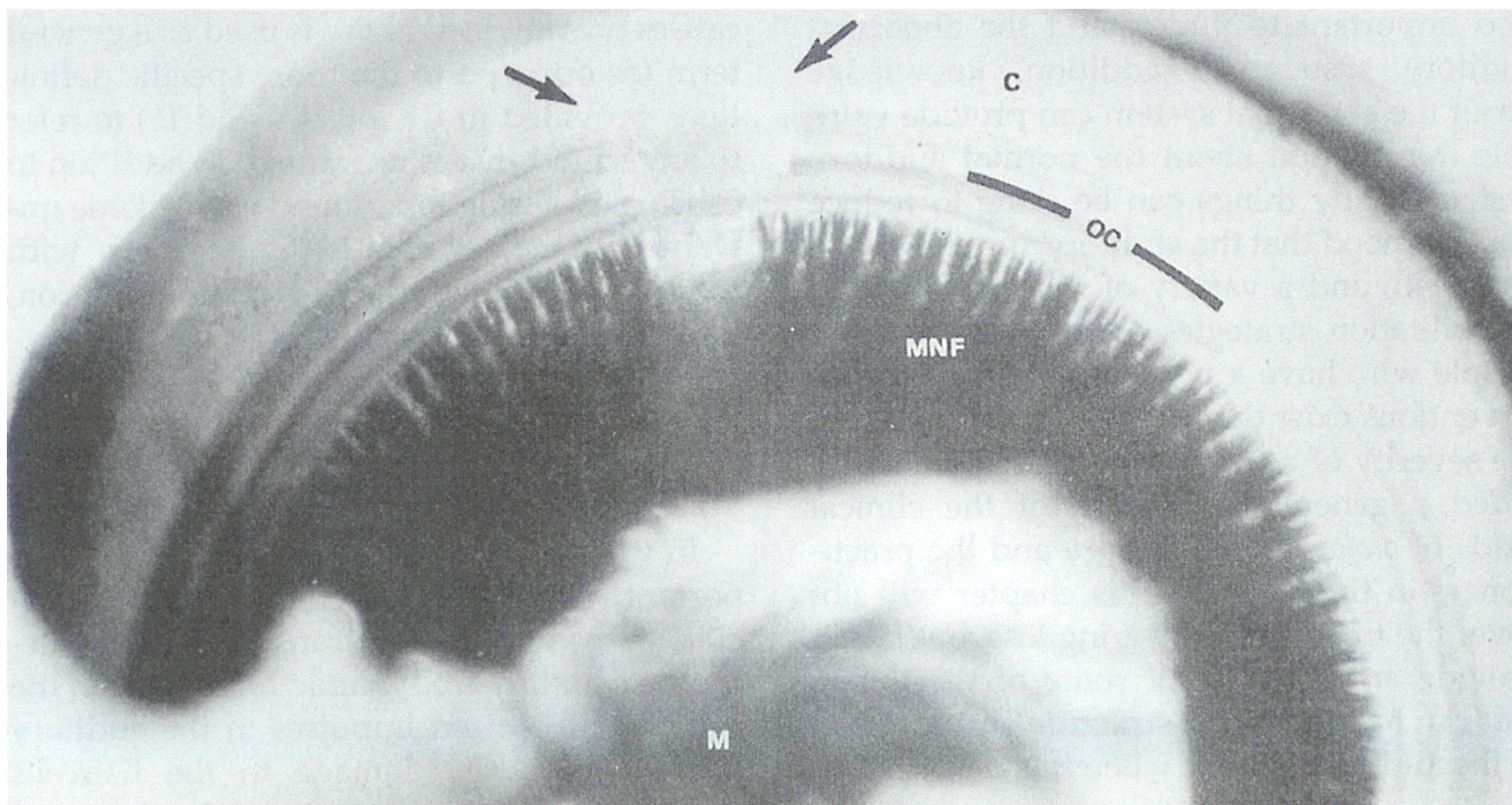
Altre cause di danno uditivo
possono essere:

1. Sostanze oto-tossiche (antibiotici)
2. Malattie (infezioni)
3. Traumi
4. Invecchiamento

Nei mammiferi il danno uditivo alle
cellule ciliate è irreversibile:
queste sono neurone specializzate e
per tanto non si rigenerano



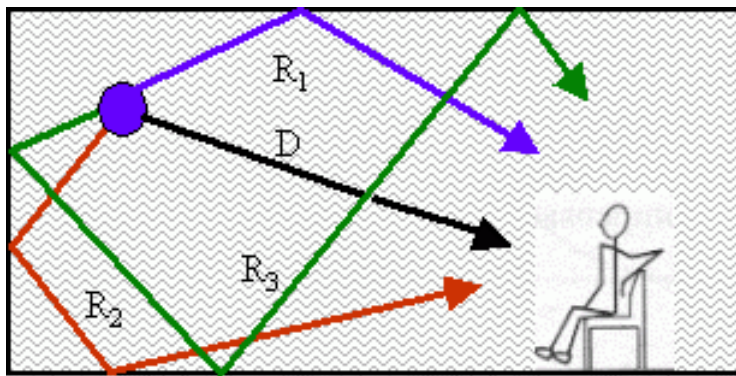
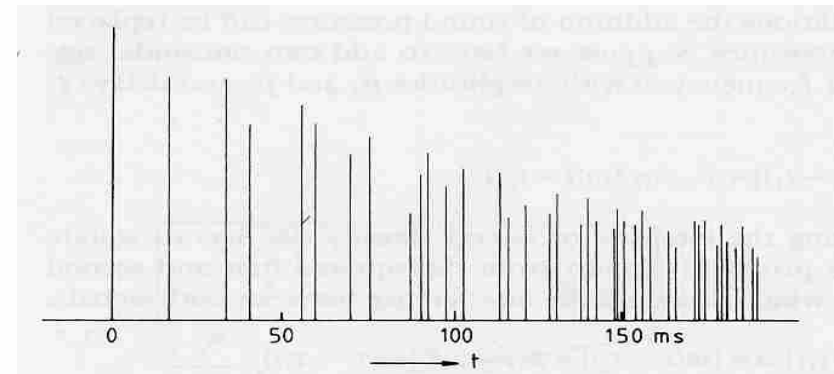
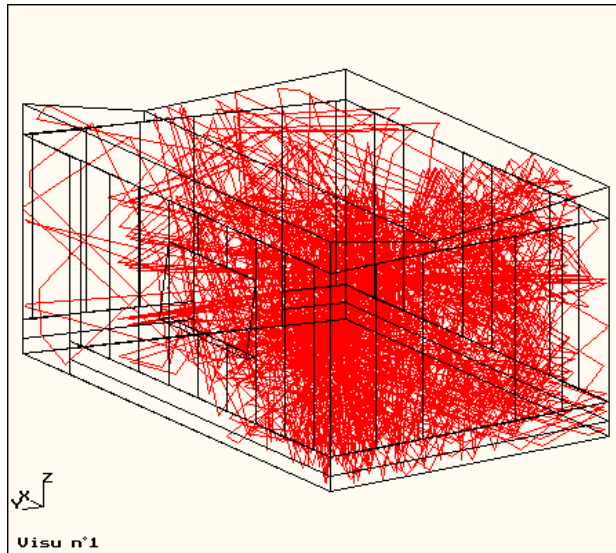
Danno Uditivo (organo del Corti)



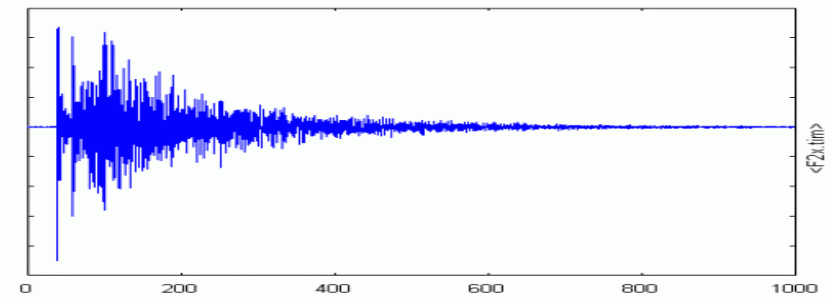
Danno all'organo del Corti prodotto da esposizione a rumore (Chinchilla)



Influenza dell'Ambiente

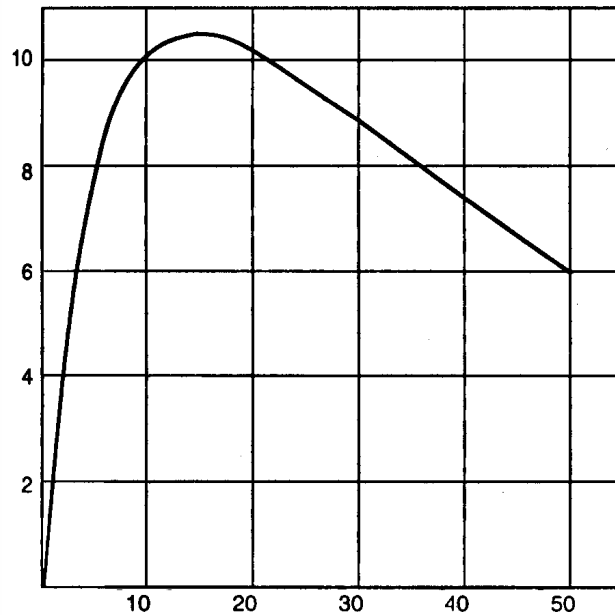


Suono Riverberante

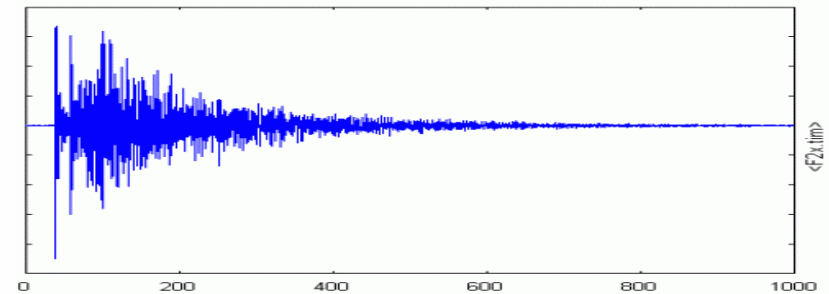


Effetto di Precedenza

Differenza di
Livello per
Uguale
Sensazione di
Loudness



Ritardo (ms)

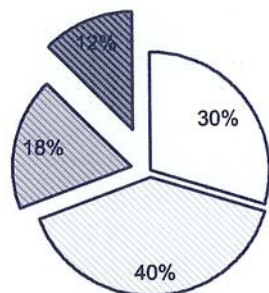


Suono Riverberante



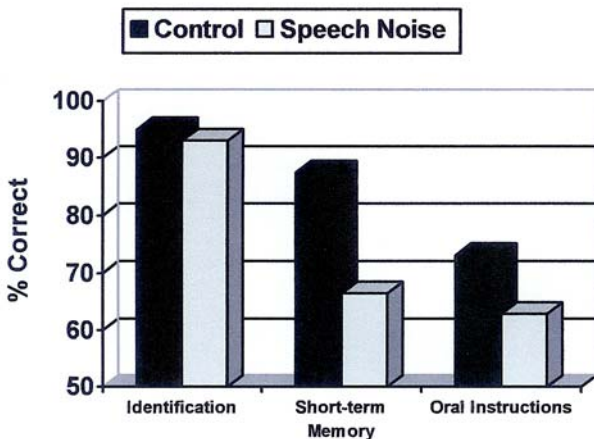
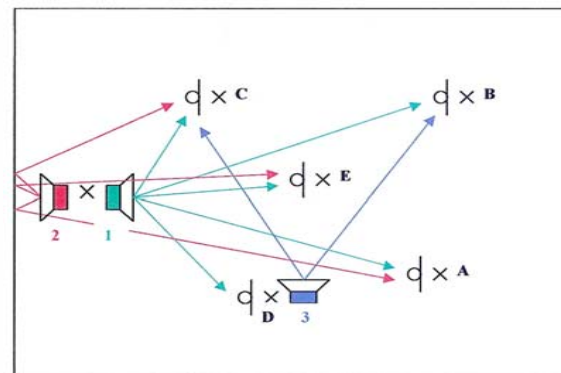
Percezione della voce

Metà delle aule soddisfa i criteri della norma DIN 18041:2004 (scuole tedesche)

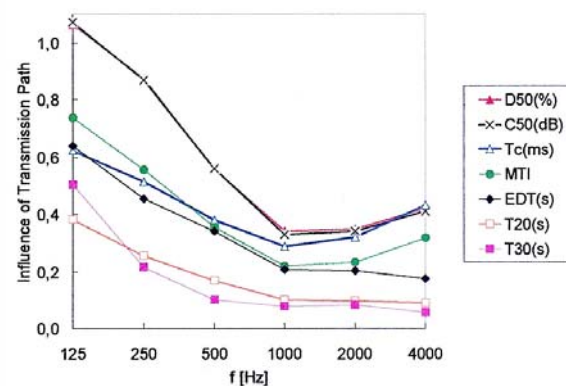


□ <0,60s □ 0,60 - 0,79s ■ 0,80 - 0,99s ■ > 1,00

Effetto della posizione
dello studente nell'aula



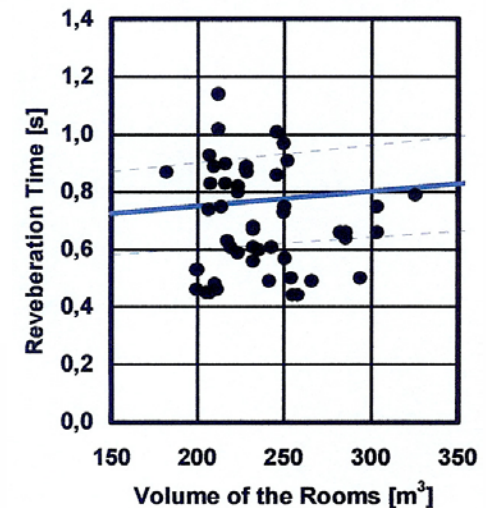
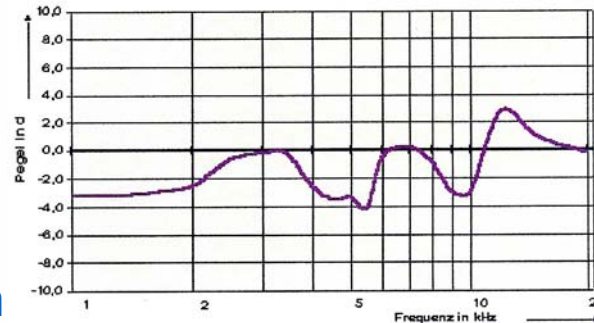
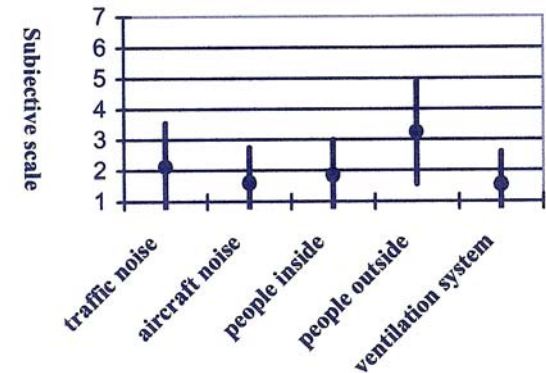
Effetto del rumore
sulla voce





Percezione della voce

- Potenza della sorgente
voce dell'insegnante; feedback
- Distanza dalla sorgente
geometria e distribuzione degli studenti nell'aula
- Rumore di fondo < 40 dB
Relazione segnale/rumore $SNR > 15$ dB
- Riverbero < 0.8 s. (250 -2000 Hz)
volume
materiale d'isolamento acustico
- Caratteristiche degli ascoltatori
non di lingua madre
con patologie uditive
fasce di età (differenze < 12 ann
riduzione di almeno il 20% sul tempo di riverbero
aumento della SNR di 10 a 20 dB



Conclusioni

- L'udito è probabilmente il senso più complesso e performante
- Dovuto alla sua complessità diventa anche labile
- Il danno al sistema uditivo interno è irreversibile
- Il senso dell'udito è sicuramente quello più importante per la comunicazione, e pertanto, anche per l'apprendimento
- Nonostante funziona bene in condizioni difficili, come ad esempio con basso rapporto segnale rumore, esistono condizioni acustiche ottimali che facilitano la comunicazione e l'apprendimento
- Queste condizioni dipendono in grande misura del condizionamento acustico dei locali per uso scolastico
- Più bassa l'età degli studenti e più importante risulta questo condizionamento
- La presenza di studenti con problemi uditivi o non di madre lingua comporta la necessità di ulteriori stringimenti dei parametri acustici accettabili per lo svolgimento delle attività scolastiche