

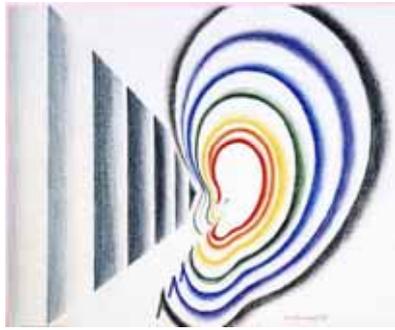


Università degli Studi di Milano

“Ausili e l’ambiente per la limitazione uditiva
antonio.arpini@unimi.it

Prof. Antonio Arpini
Cattedra di Audiologia

Suono e Udito



Omaggio dello scultore Mario Robaudi

Società dell’Immagine

Con la diffusione della scrittura e l’avvento della “Galassia Guttenberg” la vista ha sempre più avuto il sopravvento a tal punto da caratterizzare la nostra società “Società dell’Immagine”.

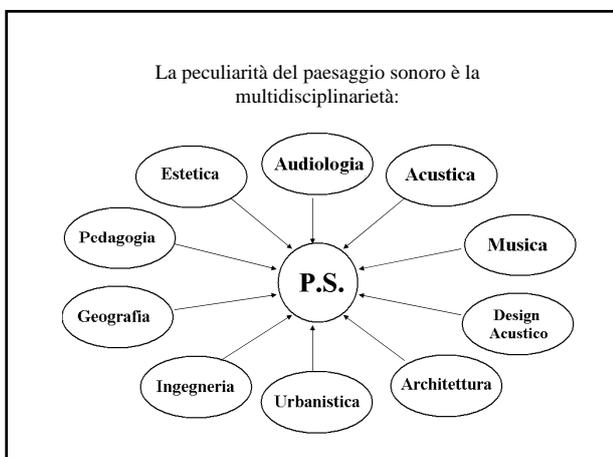
Prevale il dominio della visione subordinando così la fenomenologia dell’Audizione che è il processo che mette in relazione

L’Uomo con l’Ambiente

Cos’è il Paesaggio Sonoro

Il Paesaggio Sonoro è lo spazio fisico che accoglie i segnali sonori (suoni, rumori, silenzi, parole e altro) i quali determinano le alterazioni meccaniche dell’atmosfera che sono la causa della percezione uditiva.

La percezione uditiva sottende ad una delle leggi più importanti della psicofisica dove:

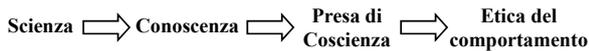
$$S = K \log (I + cTe)$$


World Sound Scape Project

A trent'anni dal "World Sound Scape Project" si è verificata una continua deturpazione del paesaggio sonoro interferendo negativamente con la fisiologia dell'ascolto.

Questa problematica ha allertato le organizzazioni internazionali (W.H.O.) circa l'aumento della sordità nel mondo.

Si richiede la presa di coscienza che:



"Ognuno di noi è educatore verso gli altri"

Epidemiologia della Sordità W.H.O. 2001

500 milioni di persone al mondo sono ipoacusiche, due terzi vivono nei paesi in via di sviluppo

- 250 milioni sono ipoacusie lievi
- 250 milioni sono ipoacusie medie, gravi, profonde (nel 1995 erano 120 milioni)

Il National Royal Institute for the Deaf (R.N.I.D) 2004 stima in 300 milioni le ipoacusie correlate all'età e nel 2050 saranno 900 milioni.

W.H.O. e R.N.I.D. ritengono che l'inquinamento acustico sia la causa principale di ipoacusia per i soggetti quotidianamente esposti:

- 10 milioni di persone sono stimate negli USA
- 25-30 milioni di persone in Europa

Le sorgenti principali sono: traffico, lavoro e divertimento.

In Italia il 72% della popolazione è esposta a livelli rischio rumore.

Legislazione

Giulio Cesare, 45 a.C. promulga la "Lex Julia Municipalis": Esclusione dei carri nella città di Roma dal sorgere del sole sino all'ora nona.

L'Italia ha accumulato un grave ritardo e tutte le leggi, decreti, direttive si rifanno all'articolo 32 della Costituzione Italiana:

"...tutela della salute del cittadino come bene della collettività e diritto di se stesso..."

Legislazione

- D.M. 1975 Edilizia scolastica
- Legge 277 1991 Protezione dal rumore nei luoghi di lavoro
- Legge 285 1992 Codice della strada (cicli motocicli e veicoli a motore)
- Legge Quadro 447 1995 Zonizzazione acustica del territorio
- D.M. 31-10-1997 Rumore aeroportuale
- D.M. 18-09-1997 Luoghi di intrattenimento e danzante (discoteca)
- D.P.R. 495 1999 Rumore ferroviario

"Protezione delle aree destinate alla quiete"

Direttiva Europea sul rumore ambientale 2002/49/EC recepita in Italia con DL n°194 18/08/2005

$$S = f(Q \cdot C)$$



La Soddisfazione della sensazione uditiva è funzione della Qualità di ascolto e delle Condizioni ambientali

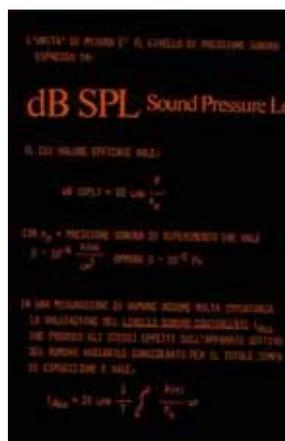
Emissione sonora e percezione uditiva

L'orecchio esiste perché esiste il suono, il suono esiste perché esiste l'orecchio



Generazione => Propagazione=> Rilevazione

I segnali sonori possono essere semplici come una nota musicale o complessi come la parola, la musica, il rumore



dB = unità di misura relativa della intensità sonora

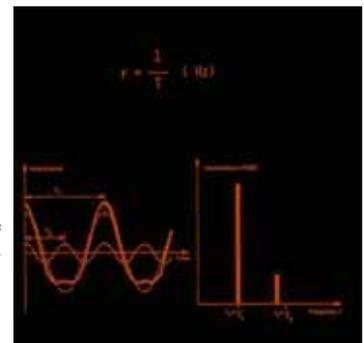
Il decibel è un operatore matematico che esprime la pressione sonora.

$$P = F/s$$

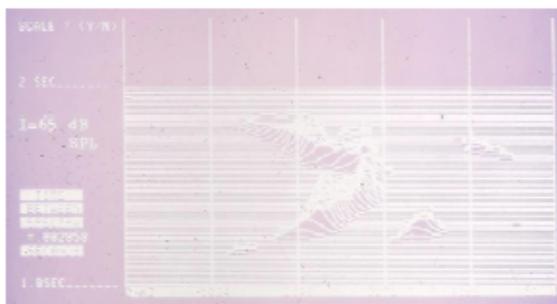
$$F = 1/ T \text{ (Hz)}$$

La Frequenza espressa in Hertz rappresenta il numero delle oscillazioni complete nell'unità di tempo

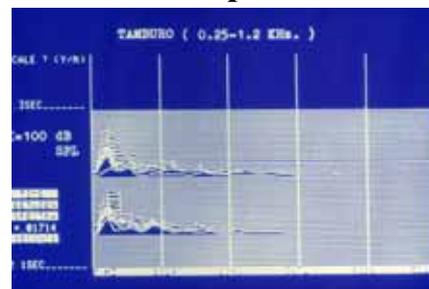
L'orecchio umano percepisce da un minimo di 20 Hz. ad un massimo di 20 KHz



Analisi tridimensionale del canto di un usignolo

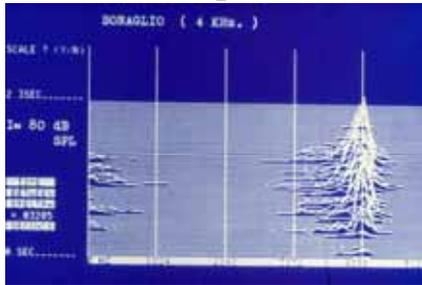


Analisi spettrale



Componenti spettrali della percussione di un tamburo. Campo di frequenze da 0.25 – 1.2 KHz.

Analisi spettrale

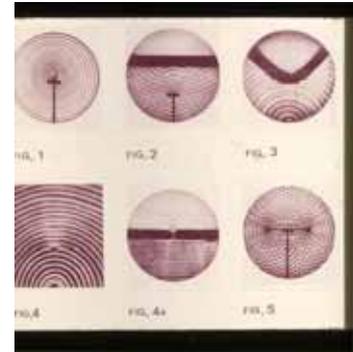


Componenti spettrali della percussione di un sonaglio.
Campo di frequenza 4 KHz.

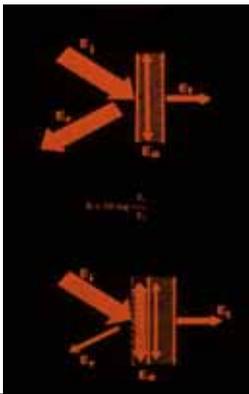
Propagazione

Esempi di propagazione sonora:

1. Propagazione Circolare
2. Riflessione totale da un ostacolo
3. Riflessione e rifrazione da un ostacolo con parziale trasparenza
4. Fenomeno della diffrazione caratterizzato da un piccolo ostacolo (fig 4) e da un piccolo foro (fig 4a)
5. Fenomeno della risonanza



Assorbimento sonoro



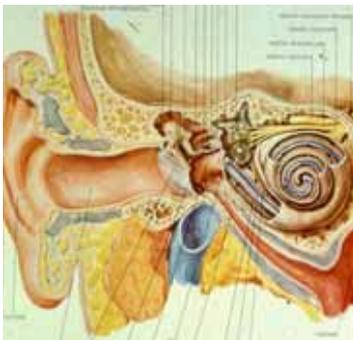
Per i materiali si valuta il coefficiente di assorbimento α mentre nel contesto ambientale si valuta l'indice di attenuazione ($R = 10 \log E_i/E_t$)

Velocità di propagazione

Il suono si propaga più velocemente nei mezzi solidi rispetto ai liquidi rispetto agli aeriformi



L'Orecchio Umano

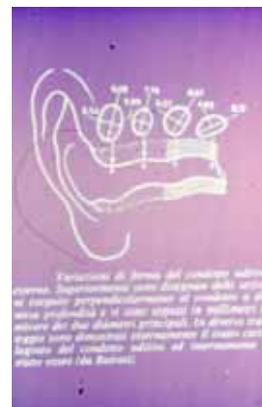


L'orecchio umano è composto da:

1. orecchio esterno
2. orecchio medio
3. orecchio interno.

Orecchio esterno

L'orecchio esterno è composto da:
padiglione auricolare,
condotto uditivo
esterno o meato
acustico esterno e
membrana del timpano

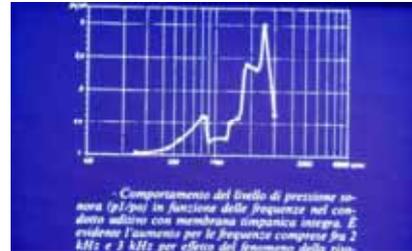


Padiglione auricolare eccellente



Il padiglione auricolare dell'orecchio di W. A. Mozart presenta un ampliamento della conca del padiglione stesso rispetto ad un normale orecchio umano

Frequenza di risonanza del meato acustico esterno



Il condotto uditivo o meato acustico esterno risuona fra 2 – 3 KHz



Orecchio medio

L'orecchio medio si sviluppa dalla membrana del timpano alla platina della staffa. Questa porzione porta il nome di catena ossiculare costituita dal martello, incudine e staffa

Orecchio interno

Immagine di coclea o chiocciola distribuita sui giri basale, medio, apicale sede dei suoni acuti, medi e gravi. Preparato anatomico fotografato al microscopio elettronico a scansione



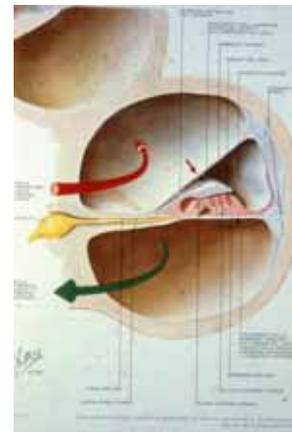
Sezione verticale della coclea



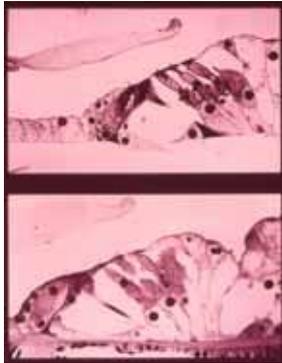
Si notino i tre giri:
1. basale
2. medio
3. apicale
e inoltre il ganglio, le innervazioni cocleari e il nervo acustico.

Ingrandimento della sezione basale della coclea

Sono evidenti la scala timpanica, vestibolare e il dotto cocleare che ospita l'organo di Corti



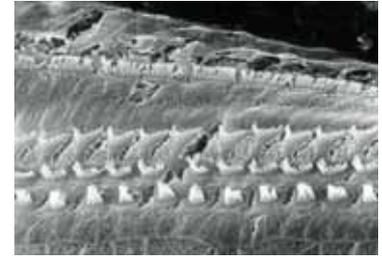
L'organo di Corti



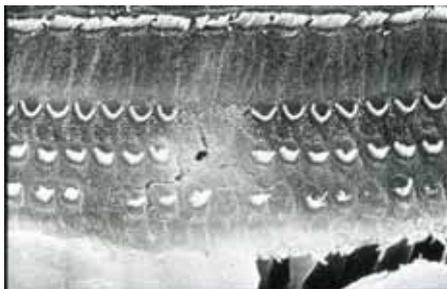
Visualizzazione delle cellule cigliate esterne e interne dell'organo di Corti con la tecnica di microscopia ottica interferenziale

Ciglia delle cellule acustiche dell'organo di Corti

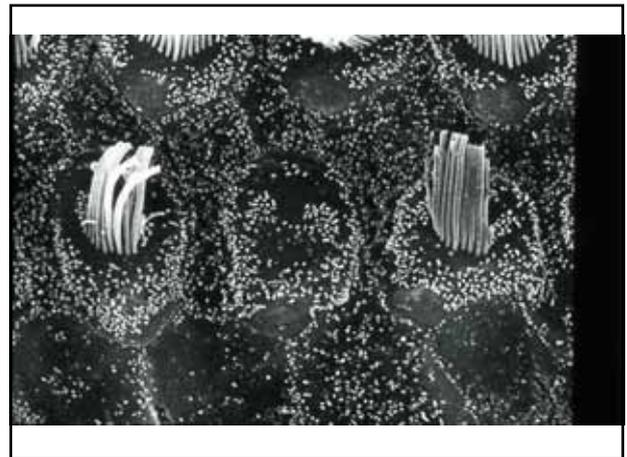
Si può notare verso la parte bassa le tre fila delle cellule cigliate esterne e una fila delle cellule cigliate interne



Ciglia delle cellule acustiche dell'organi di Corti

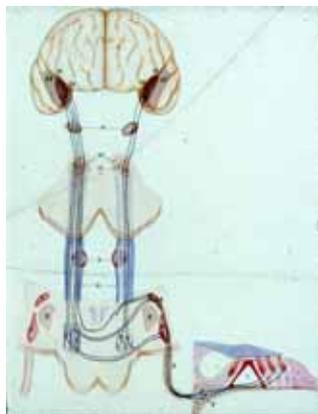


Danno cellulare da esposizione al rumore



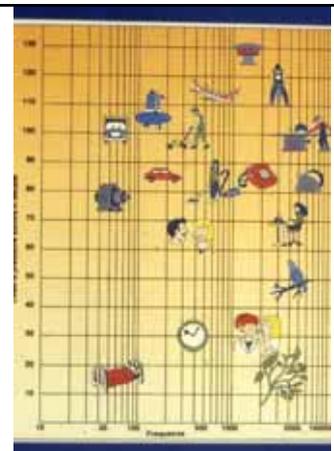
Apparato Uditivo

Sviluppo dell'Apparato Uditivo; dalla periferia (Organo di Corti) alle aree corticali uditive

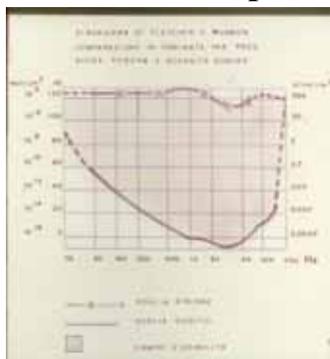


Psicoacustica delle sensazioni uditive

Varie situazioni di Paesaggio Sonoro espresse in dB HL nel dominio delle frequenze.

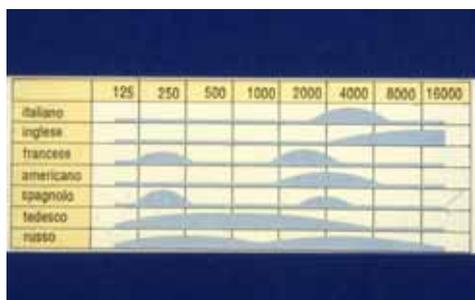


Campo Uditivo



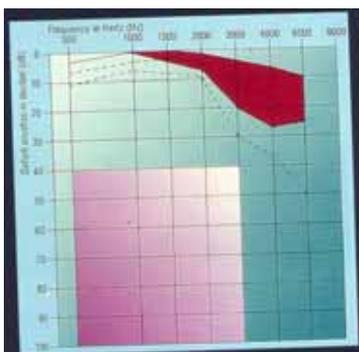
- In ascissa le frequenze e in ordinata dB SPL.
- Soglia dell'udito e soglia del dolore.

Le varie lingue



Distribuzione delle frequenze rispetto le varie lingue.

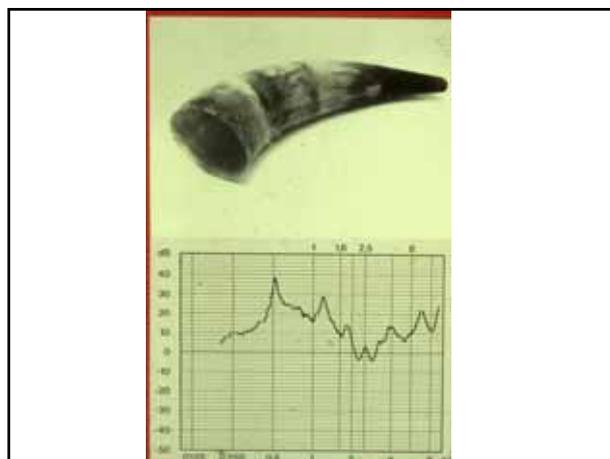
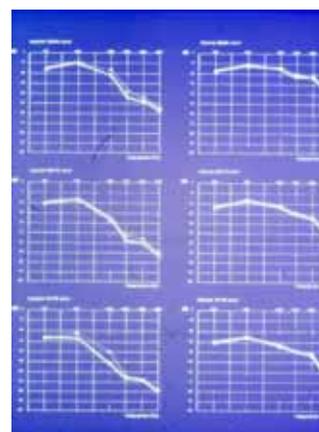
Schema dell'audiogramma

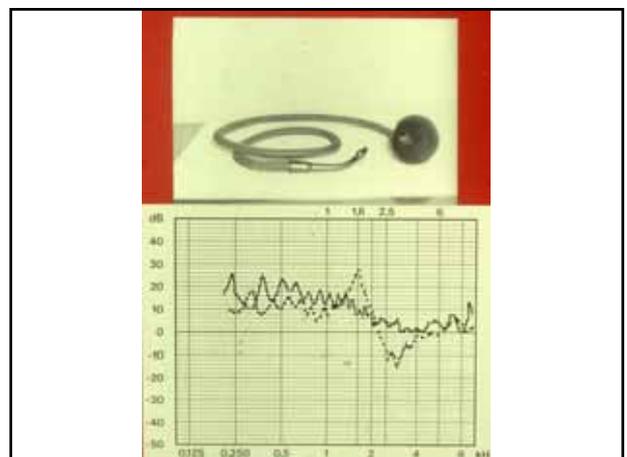
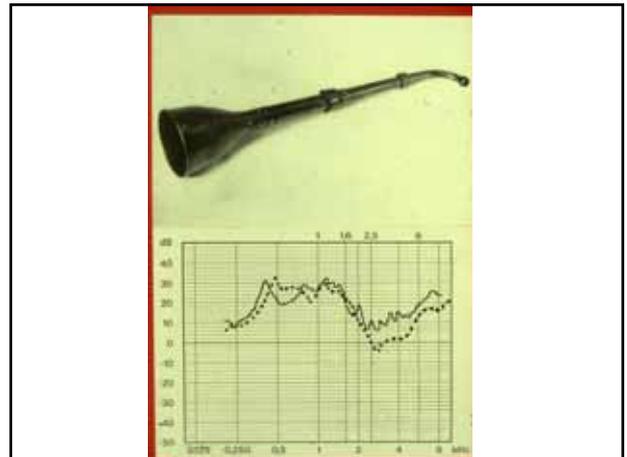


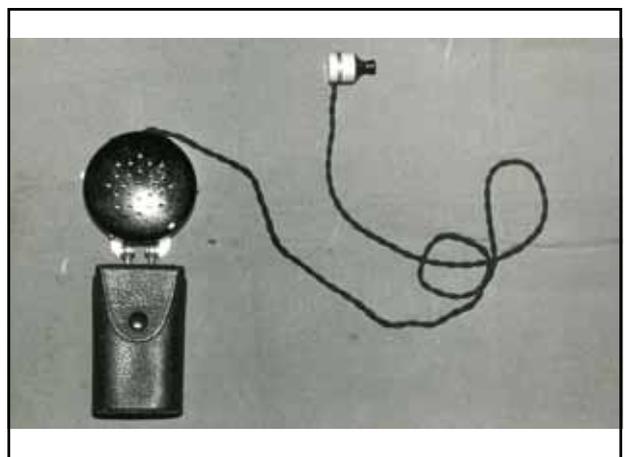
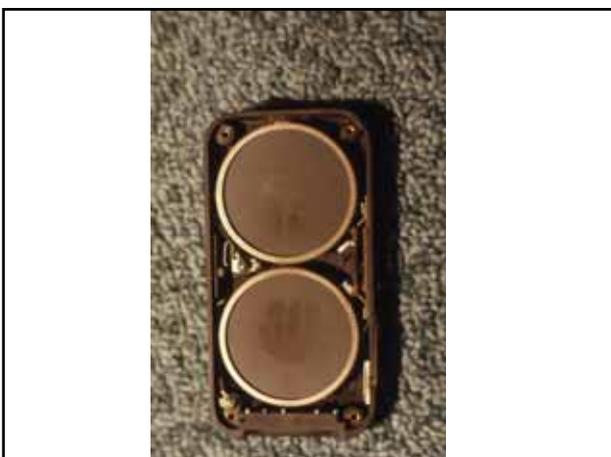
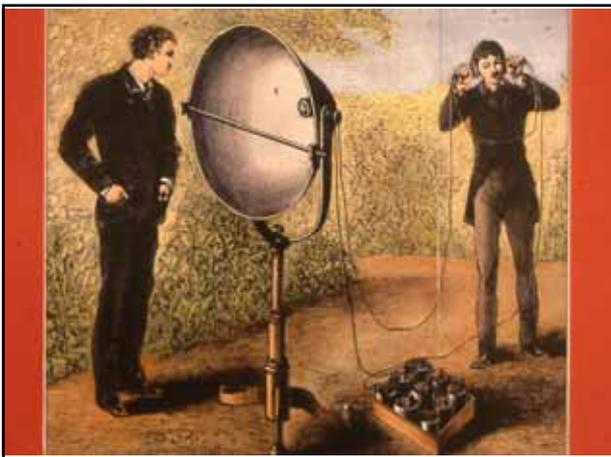
La banda rossa evidenzia la progressione della perdita uditiva per effetto dell'esposizione al rumore

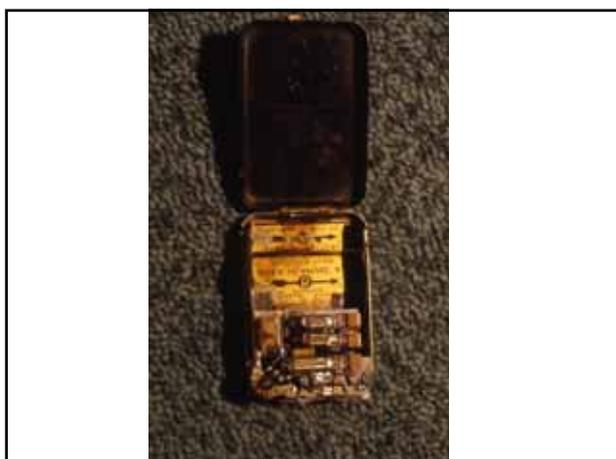
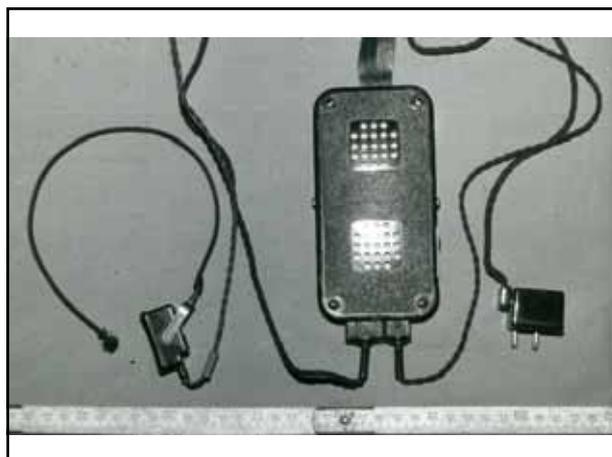
Evoluzione della perdita uditiva

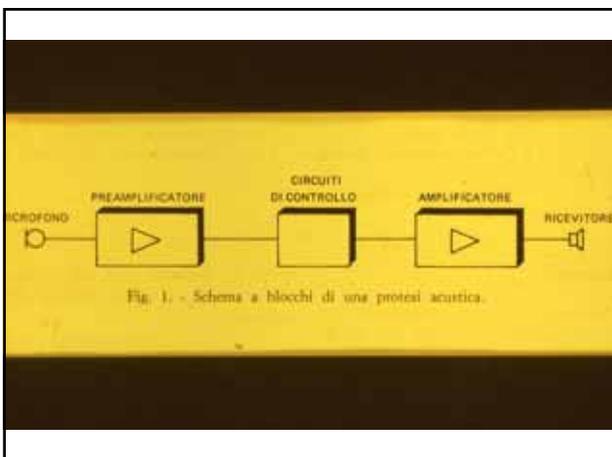
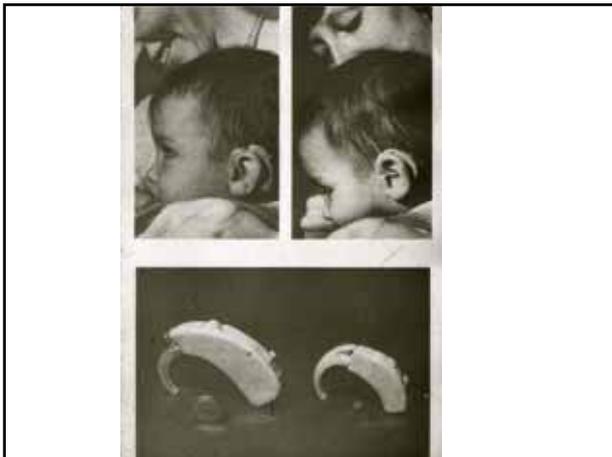
Perdita uditiva neurosensoriale di uomini (a sinistra) e donne (a destra) rapportate a differenti decenni di età.











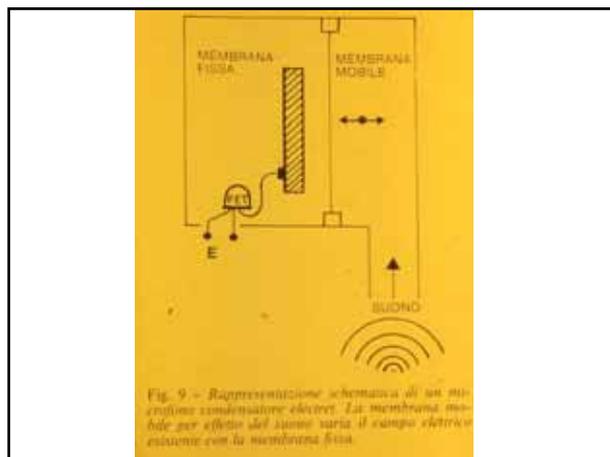
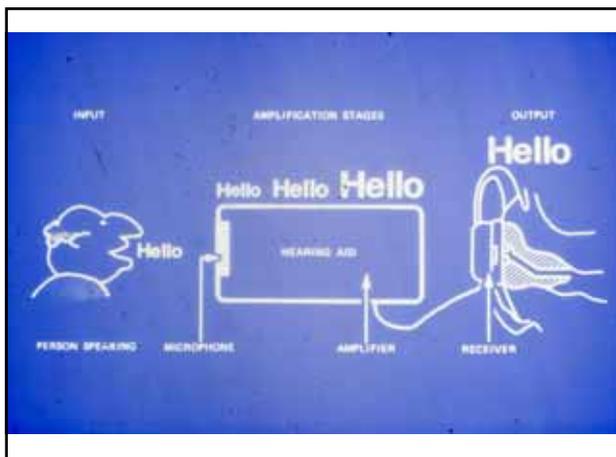
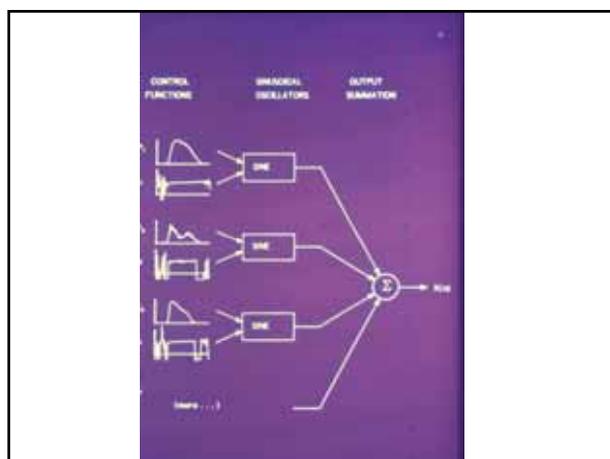
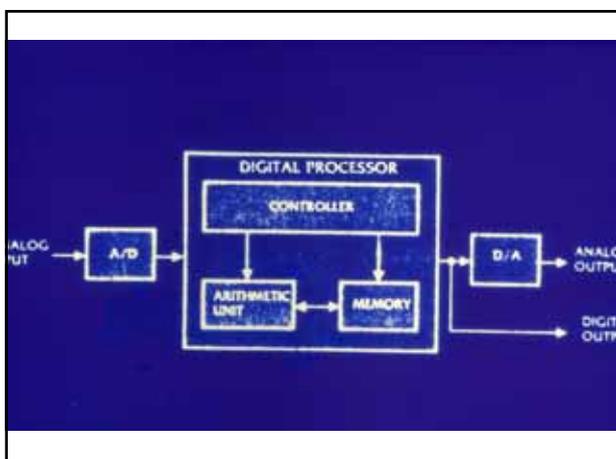
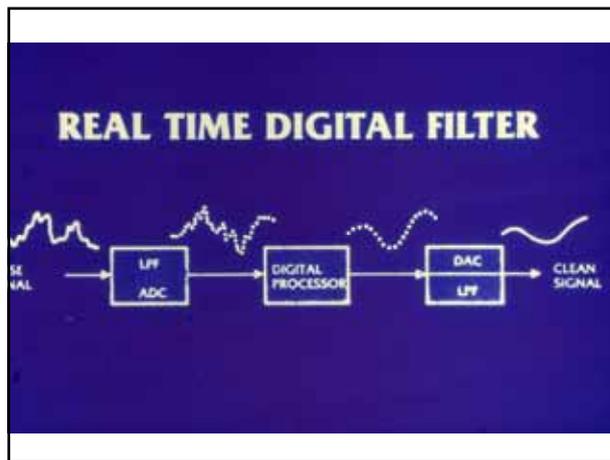
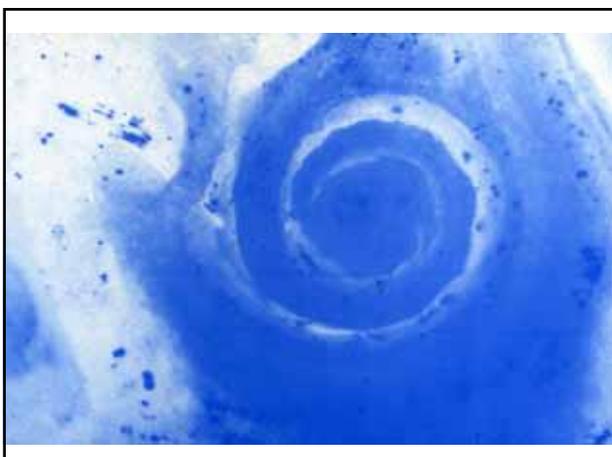
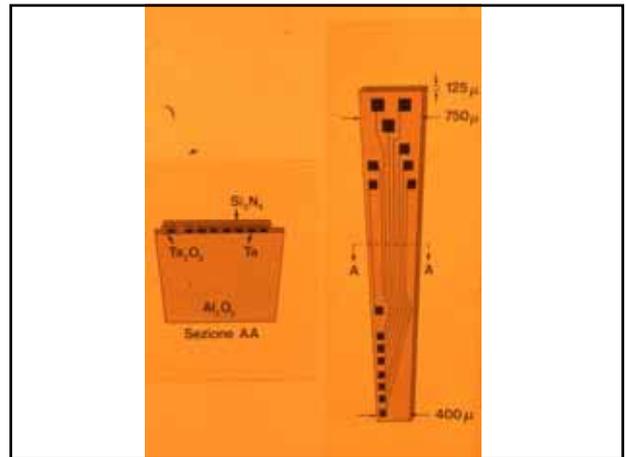
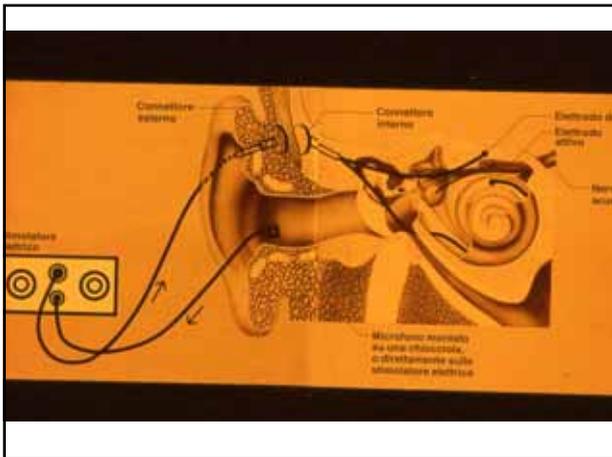
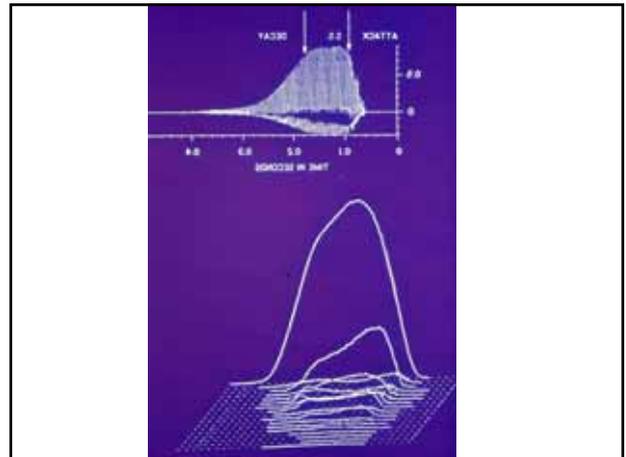
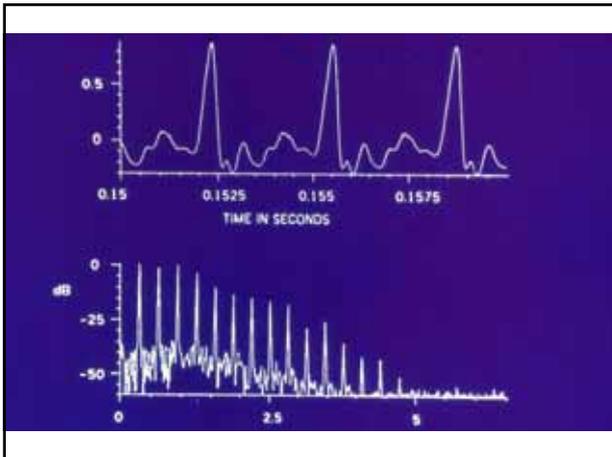


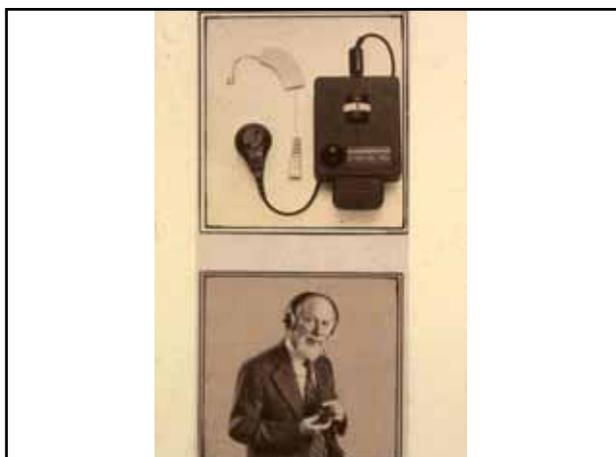
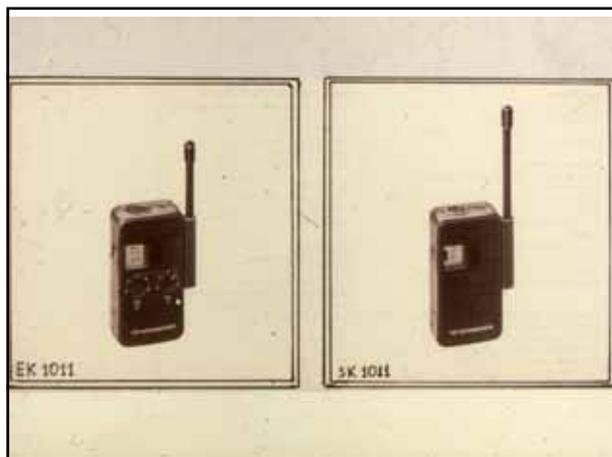
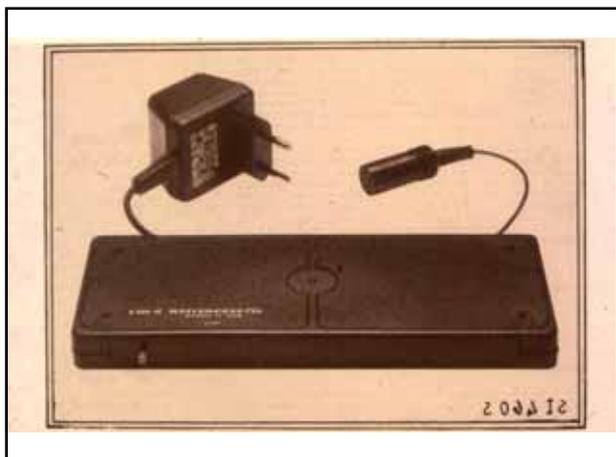
Fig. 9 - Rappresentazione schematica di un microfono capacitativo elettrostatico. La membrana mobile per effetto del suono varia il campo elettrico esistente con la membrana fissa.

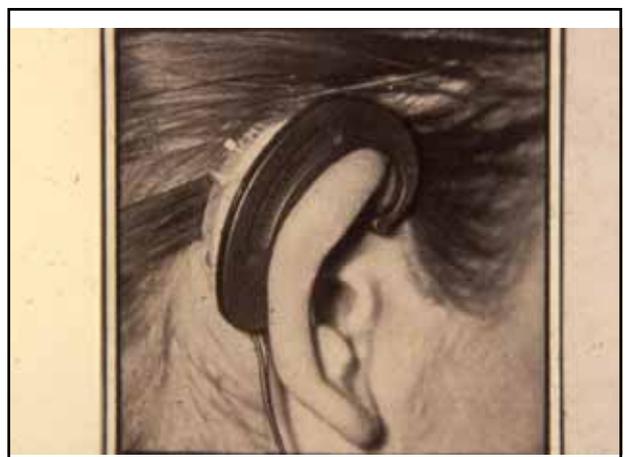
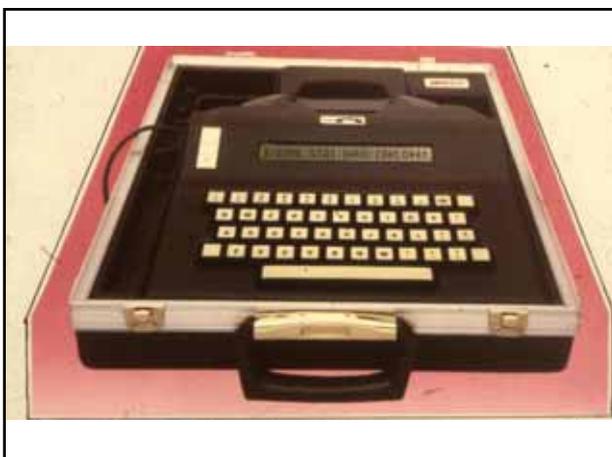
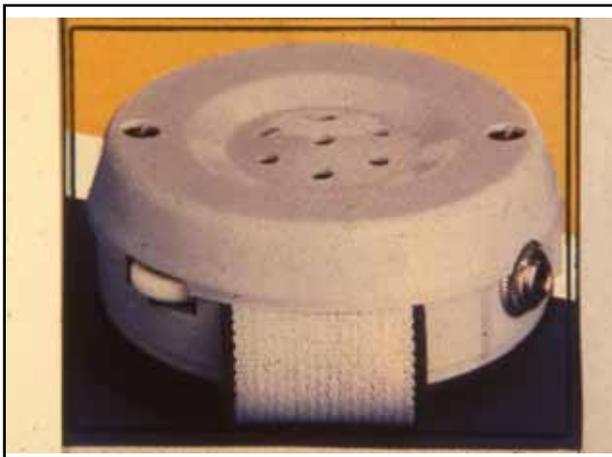
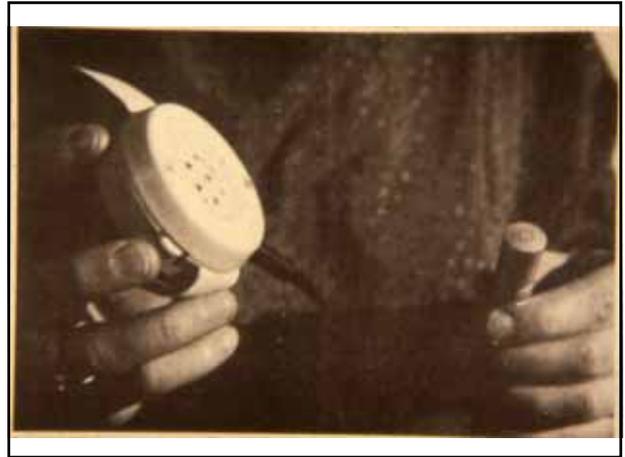
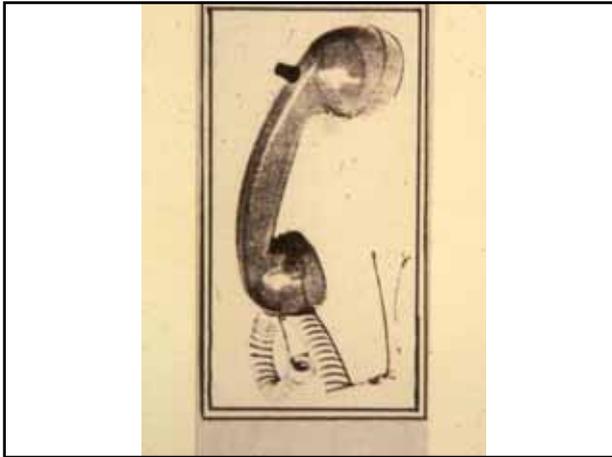


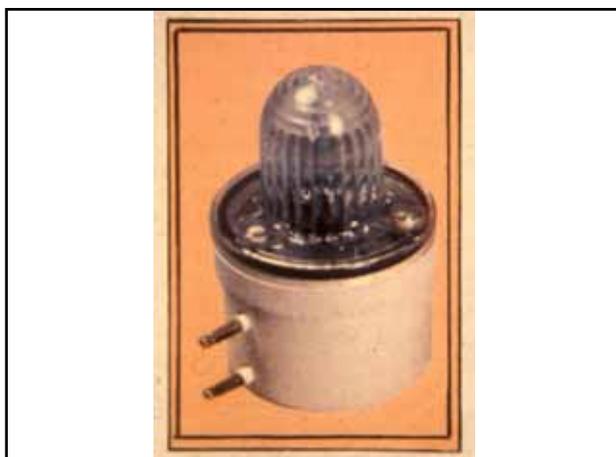
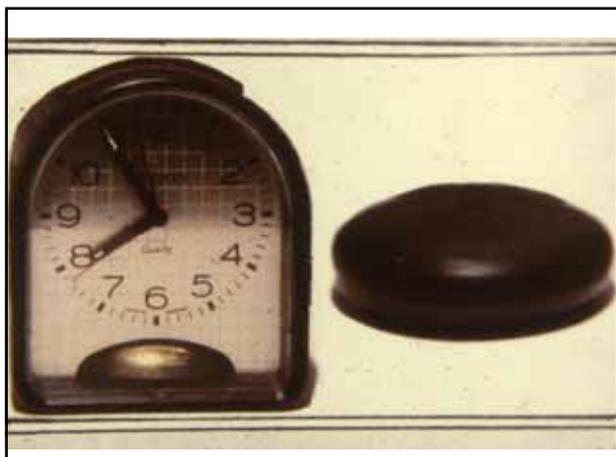
Fig. 14 - Diagramma polare delle caratteristiche di risposta di una griglia orientata con massima direzionalità. Si osserva come il grafico cambia vari in funzione della frequenza.

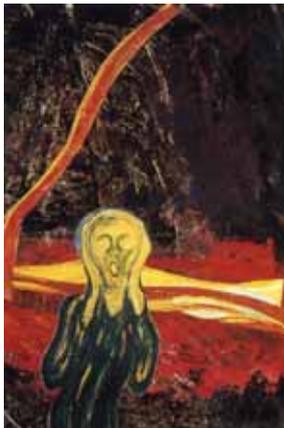
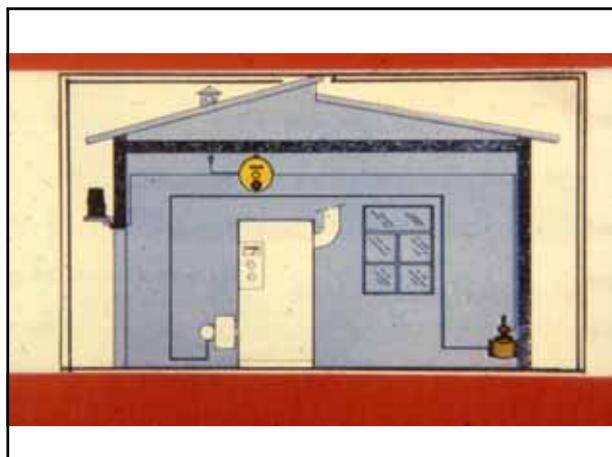












L'urlo di Munch

Una bella rappresentazione del fastidio da rumore.

Inquinamento acustico esterno

La legislazione che tutela i lavoratori è molto avanzata.

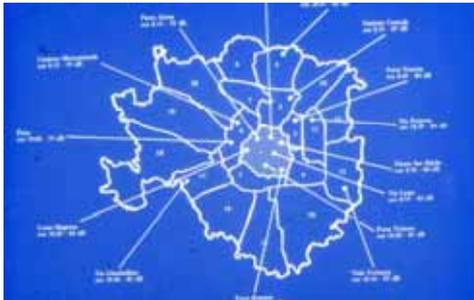


Inquinamento acustico esterno aeroportuale

Più complessa e meno applicata è la legislazione che tutela le persone residenti limitrofe gli aeroporti.

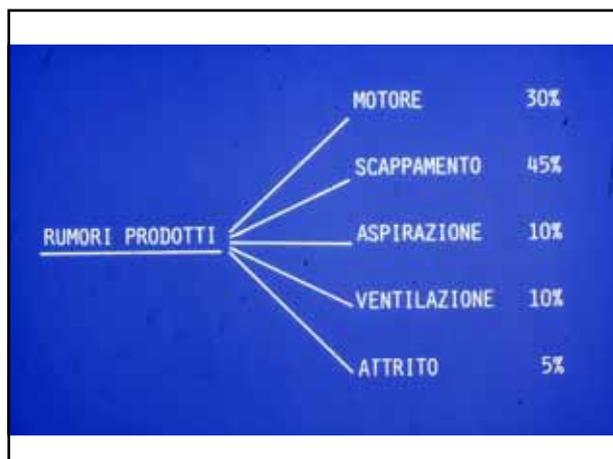
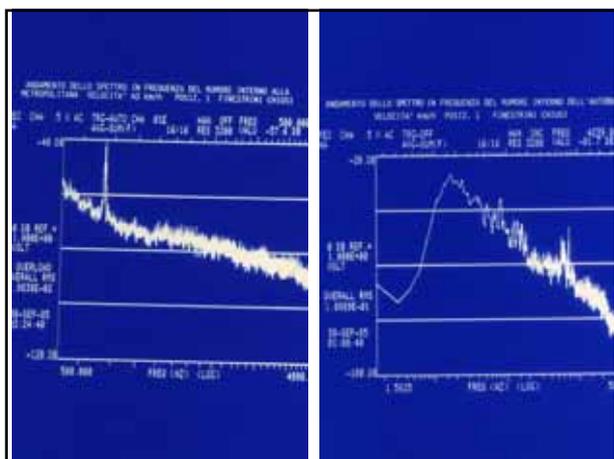


Inquinamento acustico esterno a Milano



Milano pulsa a livelli di 70 – 75 dB Leq.

Inquinamento acustico a Milano



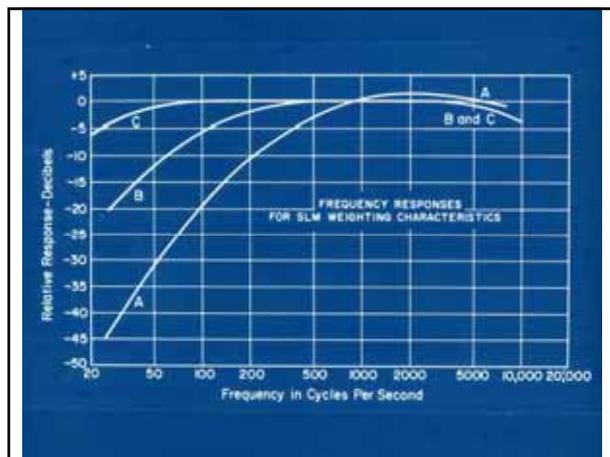
Il traffico di Milano



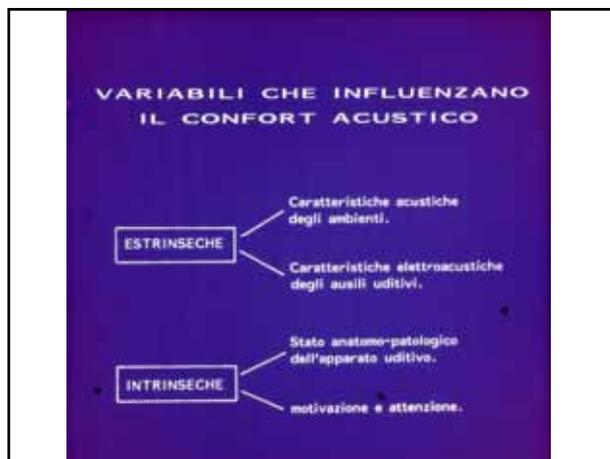
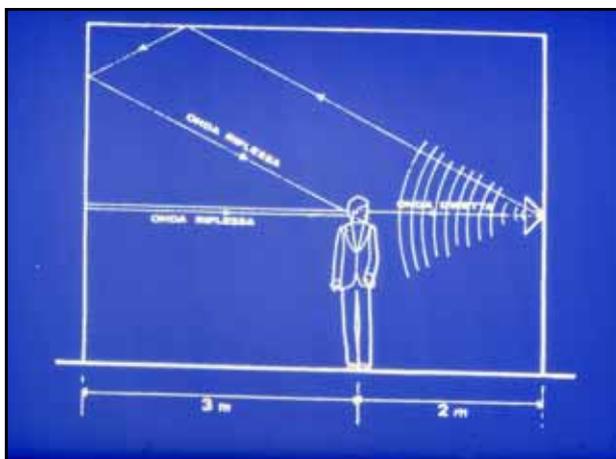
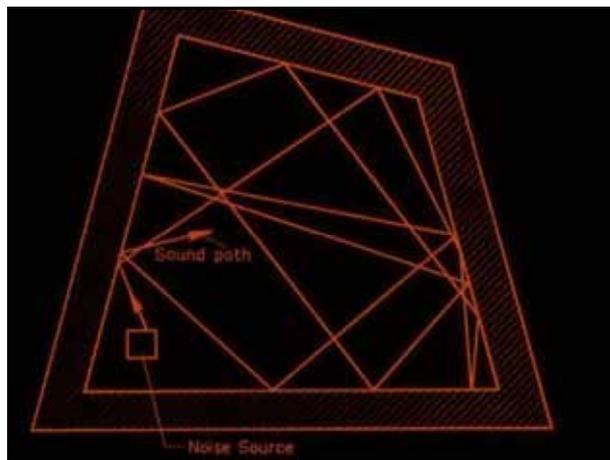
Sosta all'Università Statale di Milano

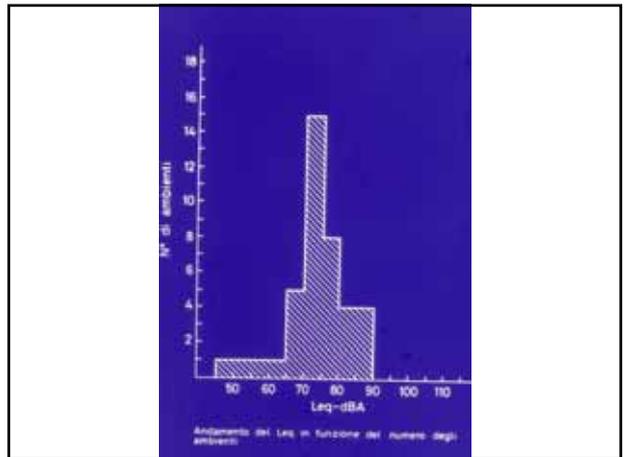
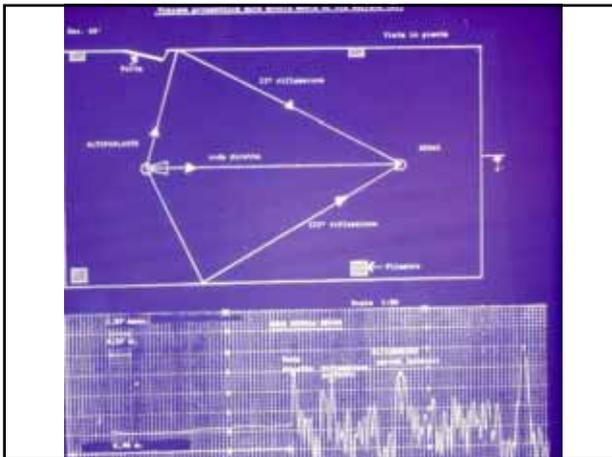
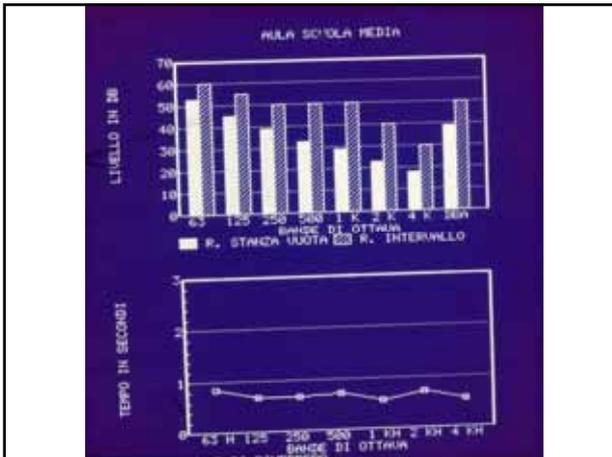


Risultati della misurazione



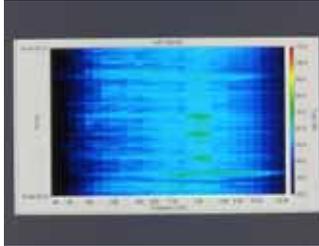
Leggete attentamente, ricordate e mettete in pratica







Analisi spettrale cromatica



- Rumore di fondo del **Centro Studi e Ricerche di Audiologia** dell'Ambiente.
- Bleu scuro basso livello, rosso alto livello.

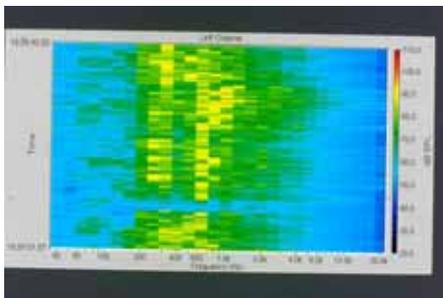
Rumore di fondo del Cento Studi e Ricerche di Audiologia dell'Ambiente



Distribuzione dei livelli in dB SpL nel dominio delle frequenze.

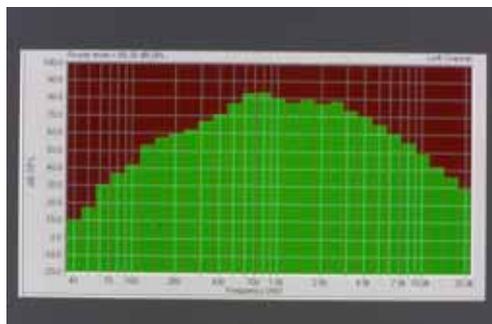
Analisi spettrale cromatica di un brano di Paganini

Si noti la comparsa del violino.

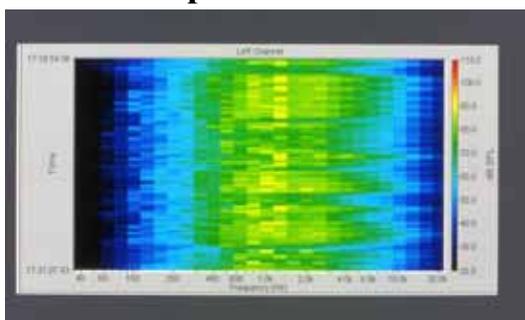


Distribuzione dei livelli

Notare la presenza dei violini tra 1 e 4 KHz.



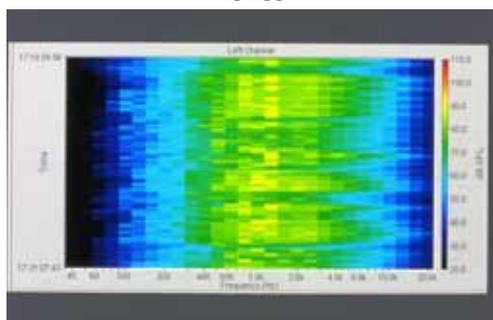
Analisi spettrale cromatica



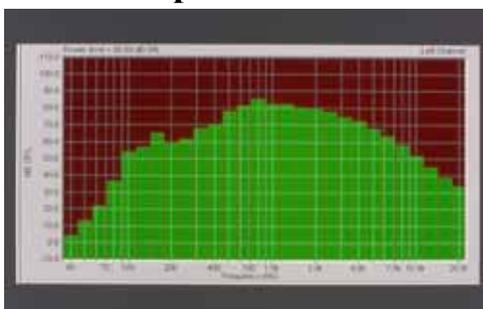
Media ponderata dei livelli di musica al pianoforte di Ludovico Einaudi

Analisi spettrale cromatica

Tre minuti del gruppo R.E.M.



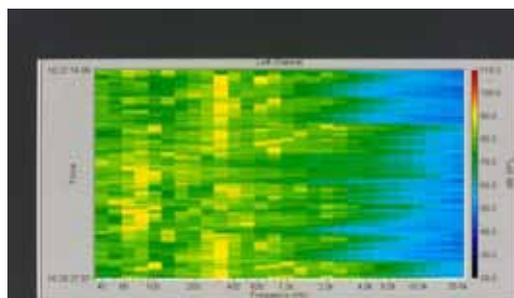
Analisi spettrale di livello



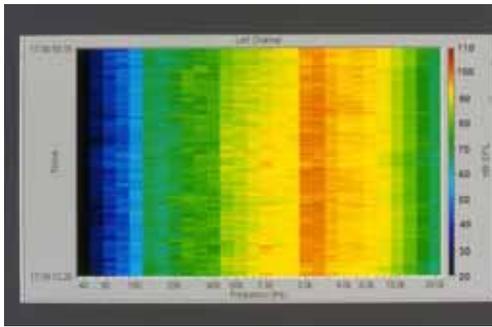
Tre minuti del gruppo dei R.E.M.. Si noti la presenza delle basse frequenze.

Analisi spettrale cromatica

Tre minuti del "Bolero di Ravel"



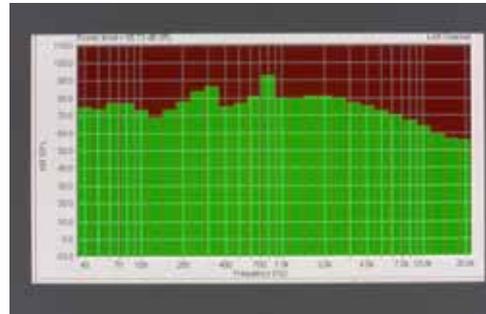
Analisi spettrale cromatica



Un minuto del gruppo gli "Slayers"

Analisi di livello

Si noti il livello in dB SpL quasi costante a tutte le frequenze.



Esempi di disturbi extrauditivi

Più parti del nostro organismo vengono interessate.



Effetti uditivi ed extrauditivi dell'inquinamento acustico

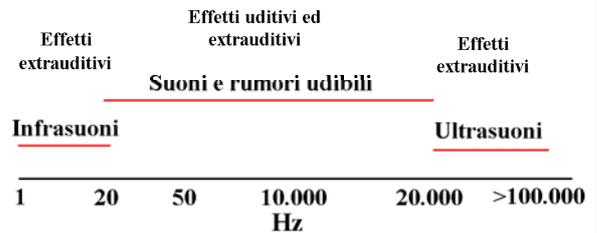


Grafico 3 - Lombardia Anno 2000

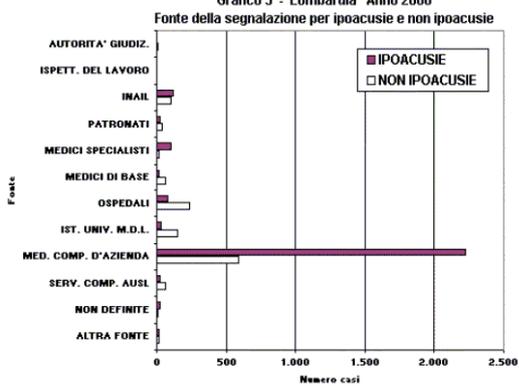
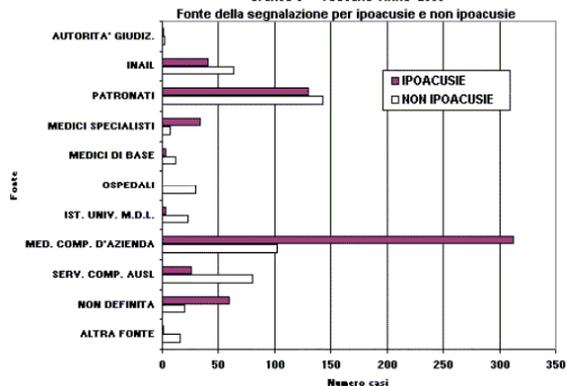


Grafico 3 - Toscana Anno 2000





**Parco Adamello Brenta
chiesetta dei Russi**



**Parco Adamello Brenta
Lago dei Pozzoni**



**Parco Adamello Brenta Rifugio
Carè Alto chiesetta dei Russi**



**Parco Adamello Brenta
Cima Carè Alto mt.3462**

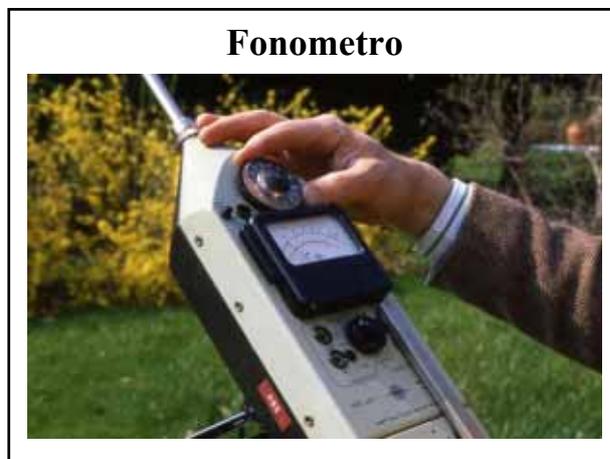


**Parco Adamello Brenta
Valle di Genova**



**Parco Adamello Brenta - Baita
Germenega Alta – Val di Genova**





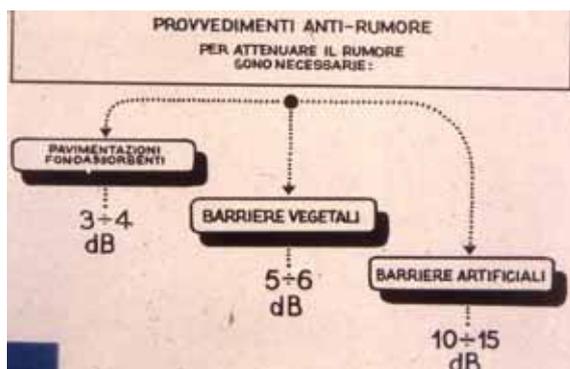
Barriera assorbente vegetale



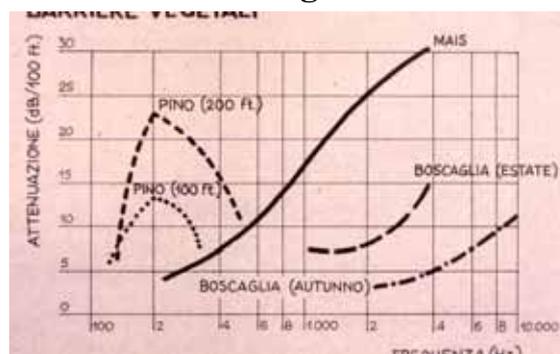
Strumentazione per la misura del rumore



Esempi di barriere fonoassorbenti



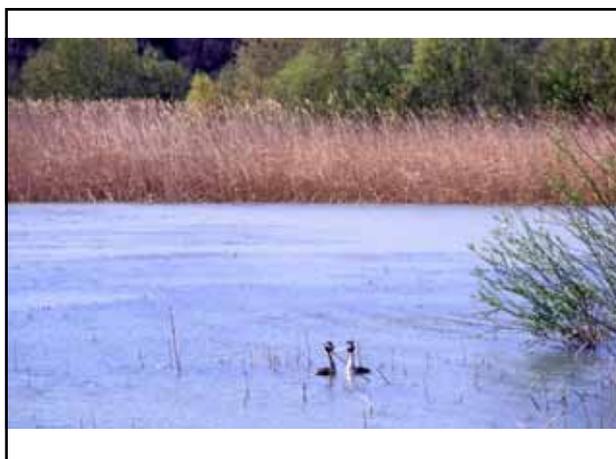
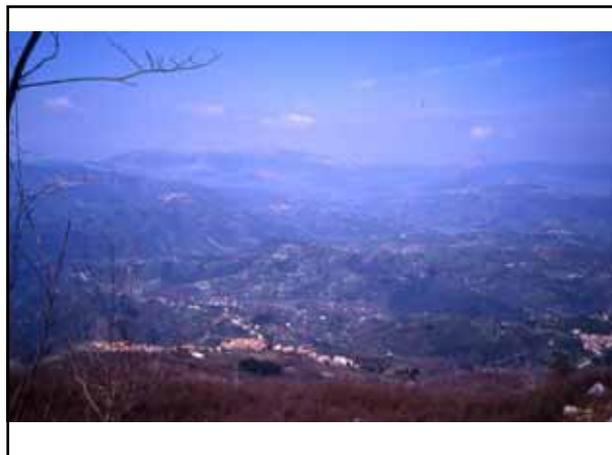
Effetto del potere di assorbimento di varie vegetazioni

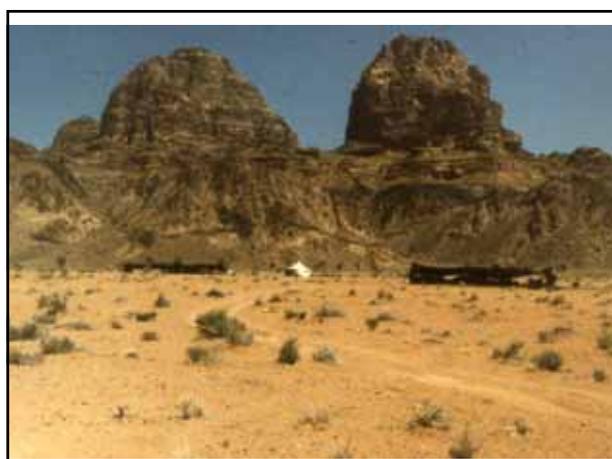


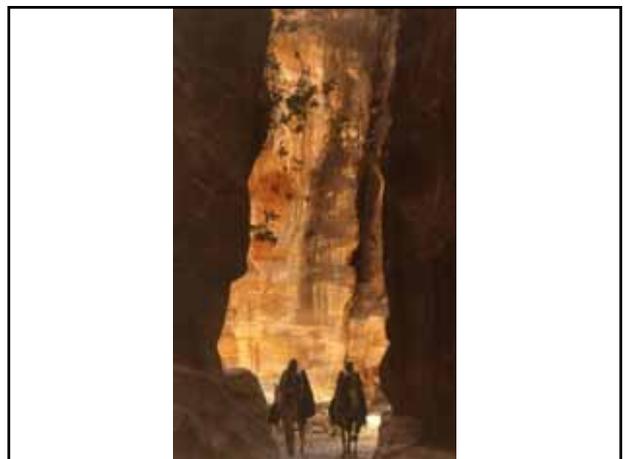
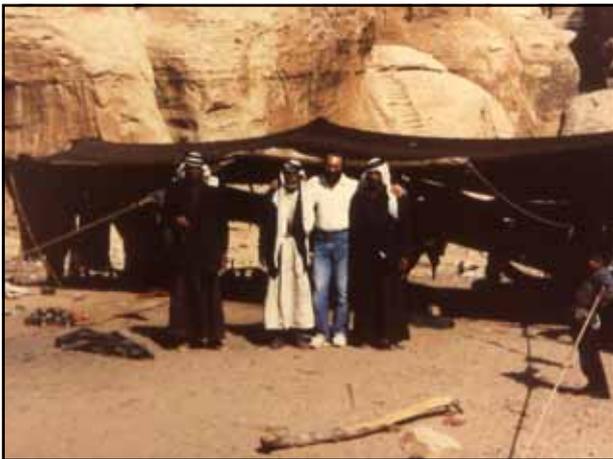
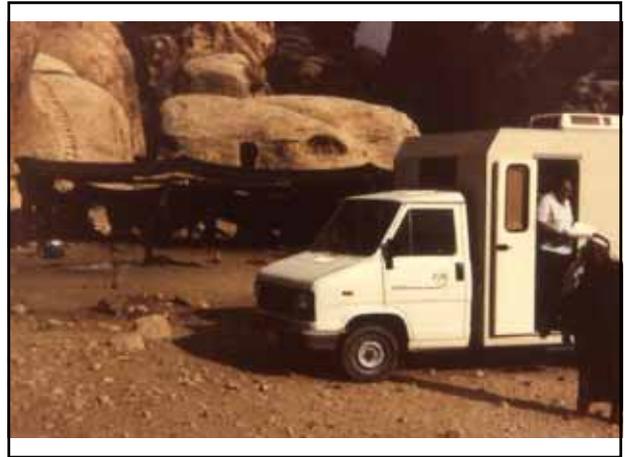
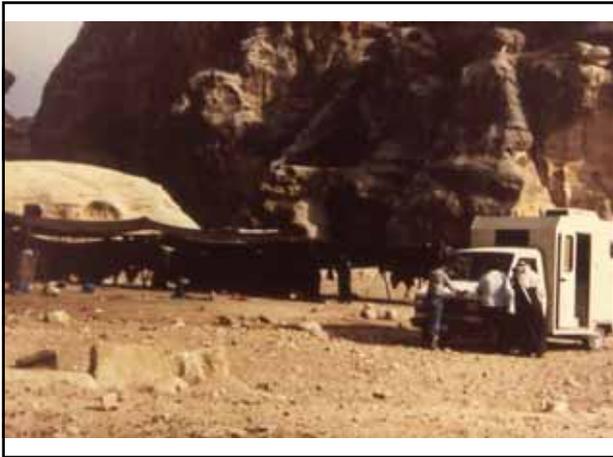
Parco del Cilento

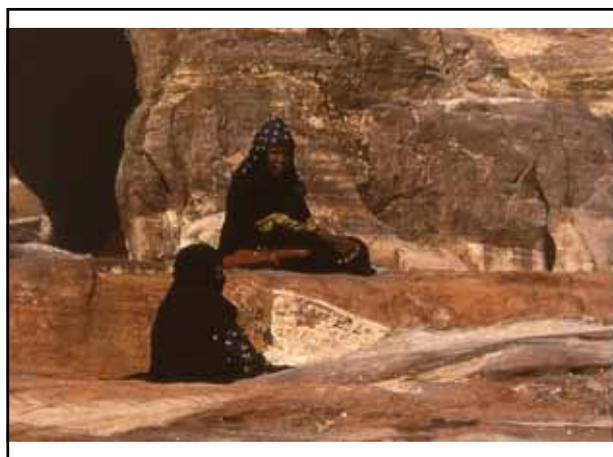
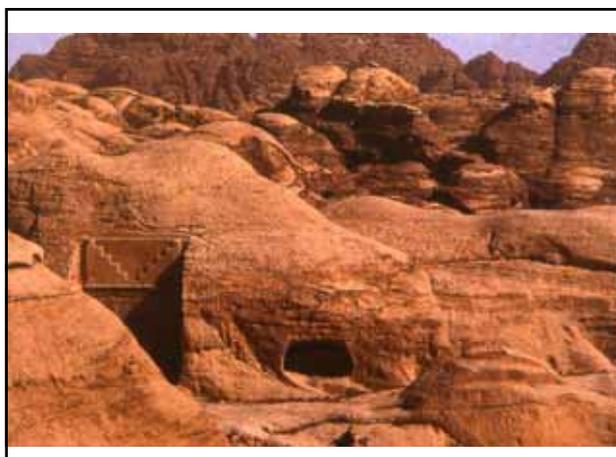
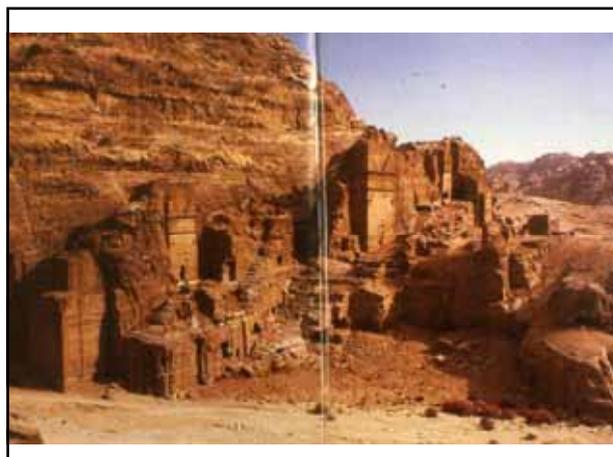
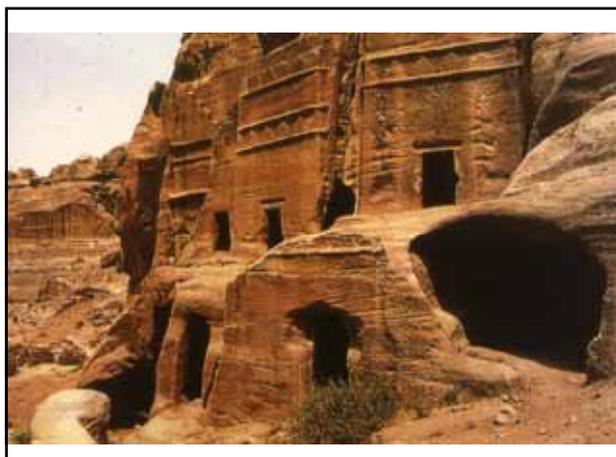
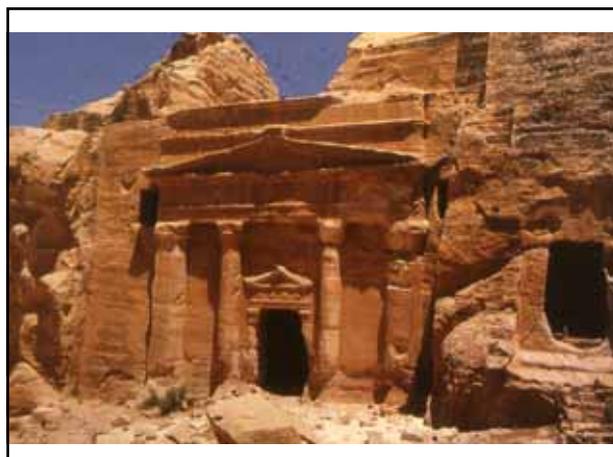
Veduta del golfo di Agropoli dal monte Stella

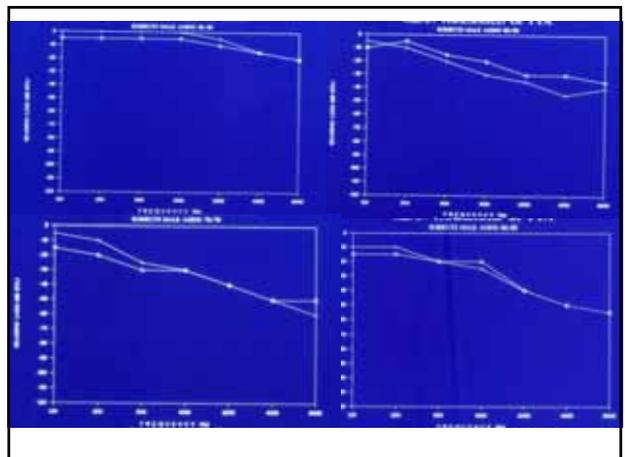
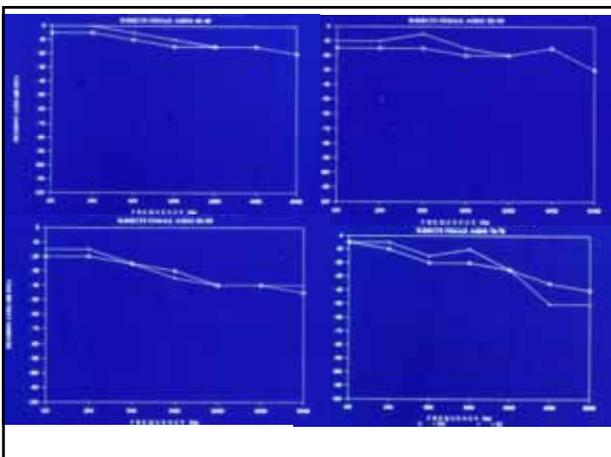
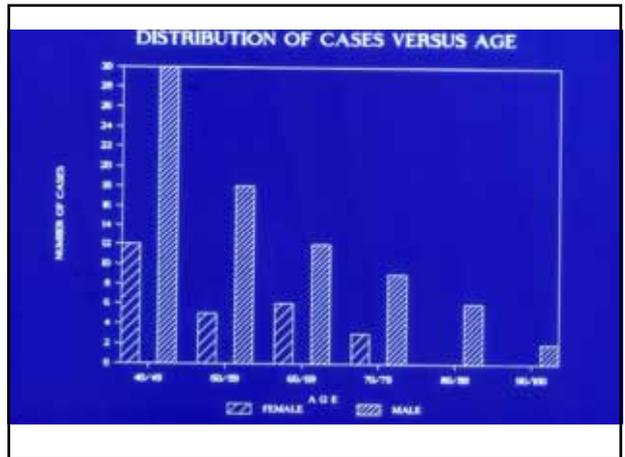
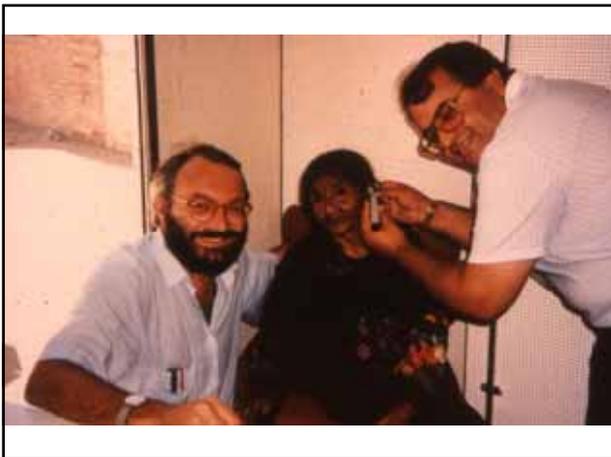
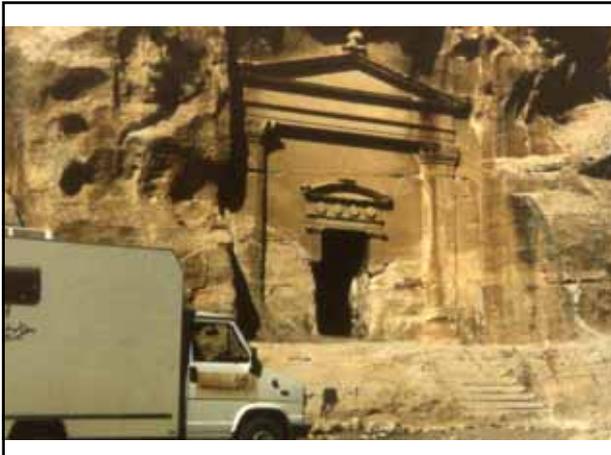


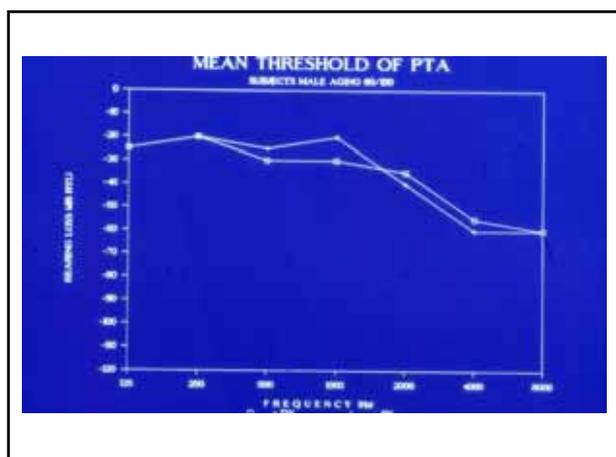












Ascolta

*Prestami ragazzo il tuo udito,
io ti regalerò la saggezza.
Ti è stata donata la furbizia dell'orecchio,
ma non il cuore per la verità*

*Impara a distinguere che sentire
non è comprendere,
comprendere non è apprendere
e ancora diverso è amare.*

*Salva ragazzo il tuo udito,
scopri il silenzio del paesaggio e del cuore
cammina con me per la manutenzione della vita
da vecchio sarai più saggio di me.*