

Áramlástan Tanszék

www.ara.bme.hu

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Kar

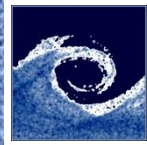


Akusztika, Zaj- és rezgésvédelem

Nagy László
nagy@ara.bme.hu

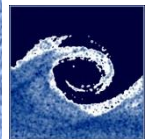
Zaj- és rezgésvédelem

2015/2016. II.



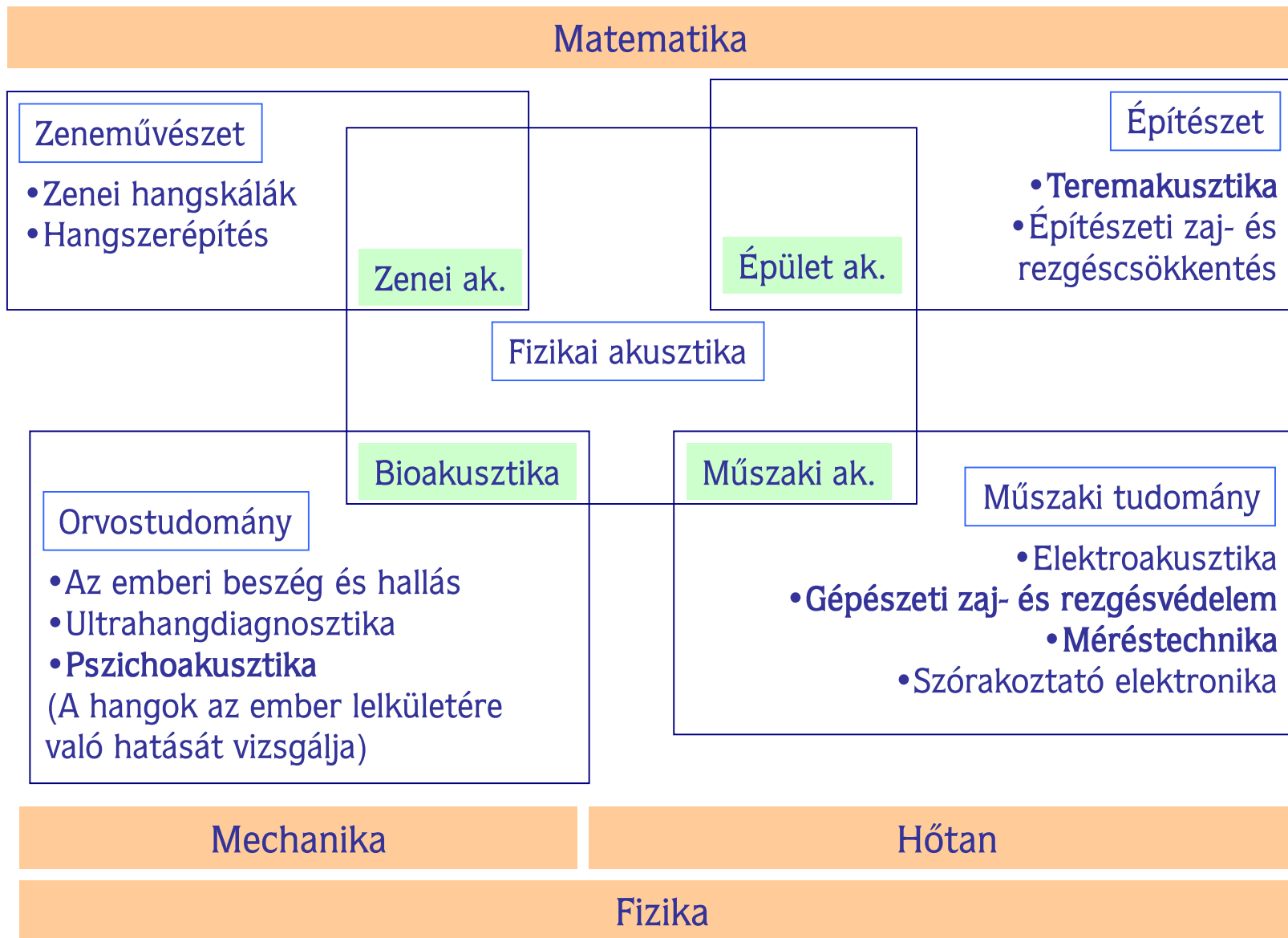
Az előadás vázlatja

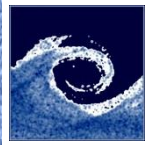
- Akusztika, hangtan
- Alapdefiníciók
- Ingerintenzitás
- Az emberi hallás
- Az emberi hallószerv felépítése, működése, fizikai jellemzők
- Zaj fogalma
- A zaj élettani hatása
- Zaj és rezgésvédelmi mérőszámok
- Hangosság, zajosság, beszédérthetőség
- Közúti zaj mérés, jogszabályok, EU projektek
- Szakirodalom



Az akusztika

Akusztika, hangtan: „*A hang keletkezésével, terjedésével és elhalásával illetve az (élő) emberi szervezetre kifejtett hatásával foglalkozó fejezete a mechanikának.*”





A hang kettős természete

A hang fogalma lehet fizikai, élettani és lélektani jellegű.

Fizikai meghatározás szerint a hang valamely rugalmas közeg állapotának egyensúlyi helyzete körüli ingadozása, amely egy rugalmas hordozó közegben tovaterjed.

Élettani meghatározás szerint a hang az az érzet, amit a nyomingadozás a hallószervben kelt.

A hang kettős természete:

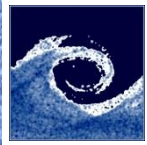
Áramlástan szerint: instacionárius, összenyomható, nagy mennyiségek apró megváltozásai;

Hullámtermészet: Zavarási állapot továbbterjedése, interferencia képesség, képes visszaverődni, képes eltörni, képes elhajolni, szóródni.

Hanghullámok alapvető tulajdonsága:

Longitudinális hullámok a kialakuló részecske sebesség iránya megegyezik a hang terjedési sebesség irányával (rugó: sűrűsödik, ritkul)

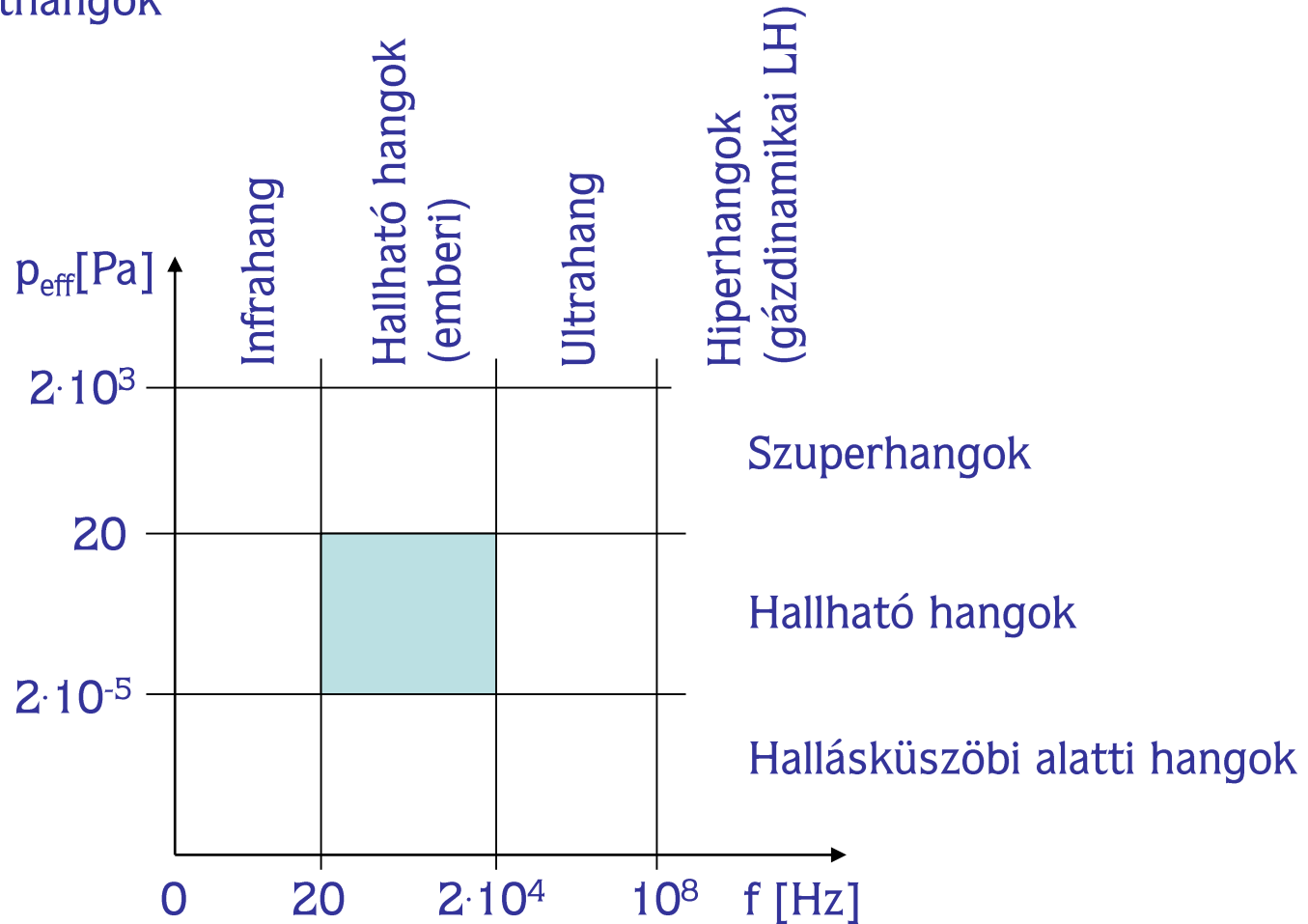
Transzverzális hullámok a kialakuló részecske sebesség iránya merőleges a hang terjedési sebesség irányára.



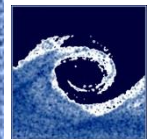
A hangok osztályozása

Hangok, a vivő közeg alapján

- Léghangok (általában ezzel foglalkozunk)
- Folyadékhangok
- Testhangok



Másodpercenkénti periódikusok száma



Az érzet törvényei, Weber törvény

Az érzékelhető ingerintenzitásról

Weber törvény (1834):

$$k = \frac{\Delta I}{I}$$

ΔI : Relatív ingerküszöb ($\Delta\Phi$)

(éppen észrevehető ingerintenzitás változás)

I: Ingerváltozás (Φ)

k: Konstans, értékei különböző inger modalitásokra

látás 0,079

hallás 0,029

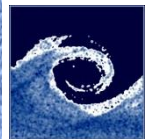
nyomás 0,022

ízlelés 0,083



Erns Henrik
Weber

„Minél erősebb a kezdő inger, annál nagyobb változás kell ahhoz, hogy a személy észrevegye => a különbségi küszöb és az ingerintenzitás konstans törtet képez.”



Fechner törvény

A Weber törvény általánosítása.

Bármely ÉÉK érzéketlenül egyenlő bármely más ÉÉK-val => egy inger észlelt erőssége egyszerűen az abszolút küszöb felett éppen észrevehető különbségek száma. => az inger erőssége (É) a fizikai intenzitás (I) logaritmusával arányos.

Fechner törvény (1860): $\dot{E} = k * \log(I)$

É: Érzet intenzitás (Ψ)

k: Konstans

I: Ingerintenzitás (Φ)

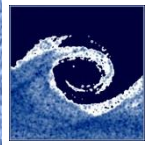
Kétszeres fényerősség nem duplázza meg az észlelt fényerősséget.

Ha egy fizikai inger intenzitása növekszik, észlelt erőssége először gyorsan nő, aztán egyre lassabban.

Más néven: éppen észrevehető küszöb (ÉÉK). Ahogy az észleléshez szükség van egy minimális ingerre, két inger megkülönböztetéséhez is kell bizonyos mértékű különbség.



Gustav Theodor
Fechner



Stevens törvény

Az érzékelhető ingerintenzitás törvényei

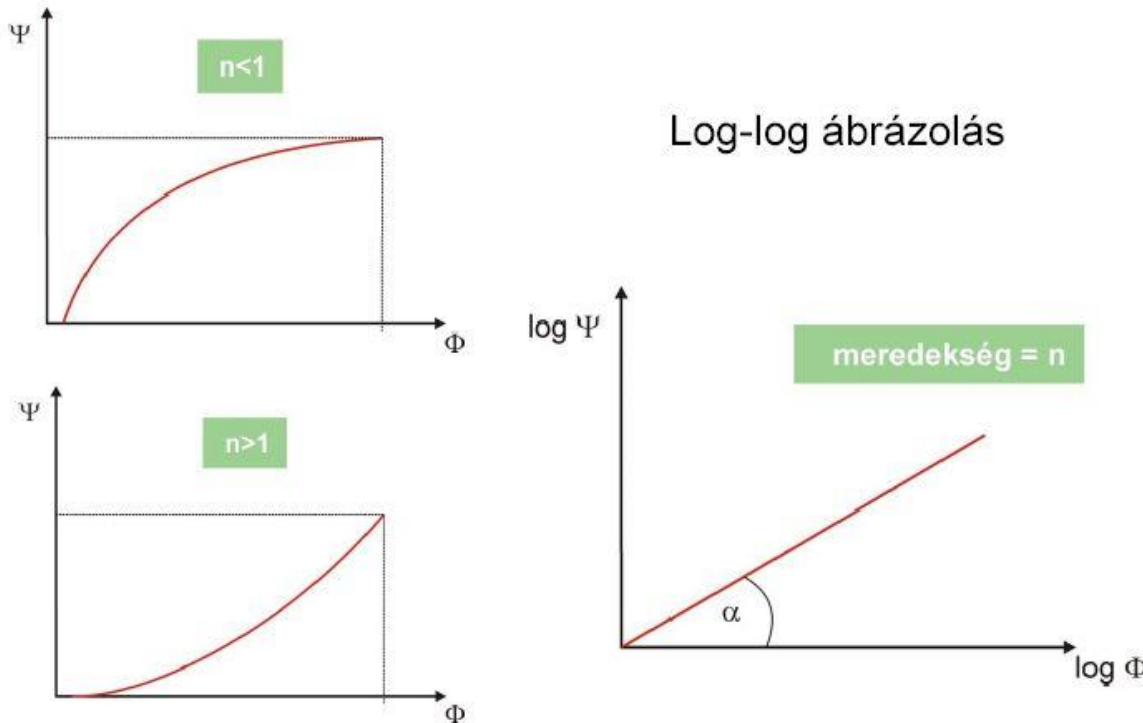
Stevens törvény (1953): $\dot{E} = k * I^n$

I = inger intenzitás

Ik = abszolút ingerküszöb

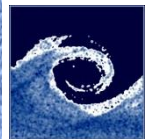


Stanley Smith Stevens
(1906-1973)



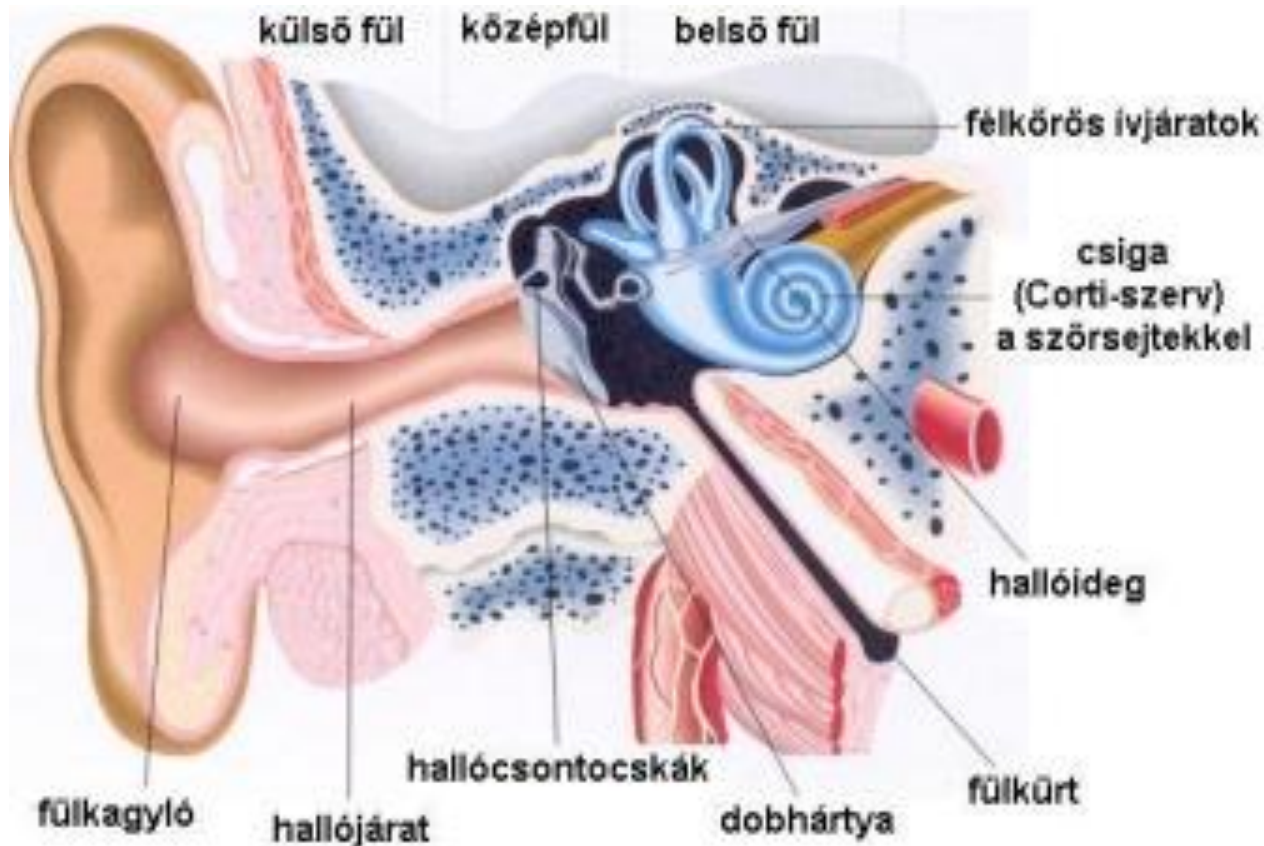
példák:

inger	n
hangerő	~ 0.3
fényerő	~ 0.5
sósság	~ 1.3
édesség	~ 1.5
hőmérséklet	~ 1.6
áramütés	~ 3.5



A hallószerve felépítése

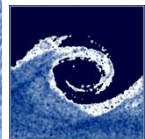
- fülkagyló
- külső fülcsatorna (3 kHz rezonancia frekvencia)
- dobhártya
- halócsontok (kalapács, üllő, kengyel)
- belső fül



B. Gy. legjobb fényképe. Az egyetlen, amelyen mosolyog. A Békésy-Gyűjtemény könyvéből (The Nobel Foundation, Stockholm 1974, címlap)

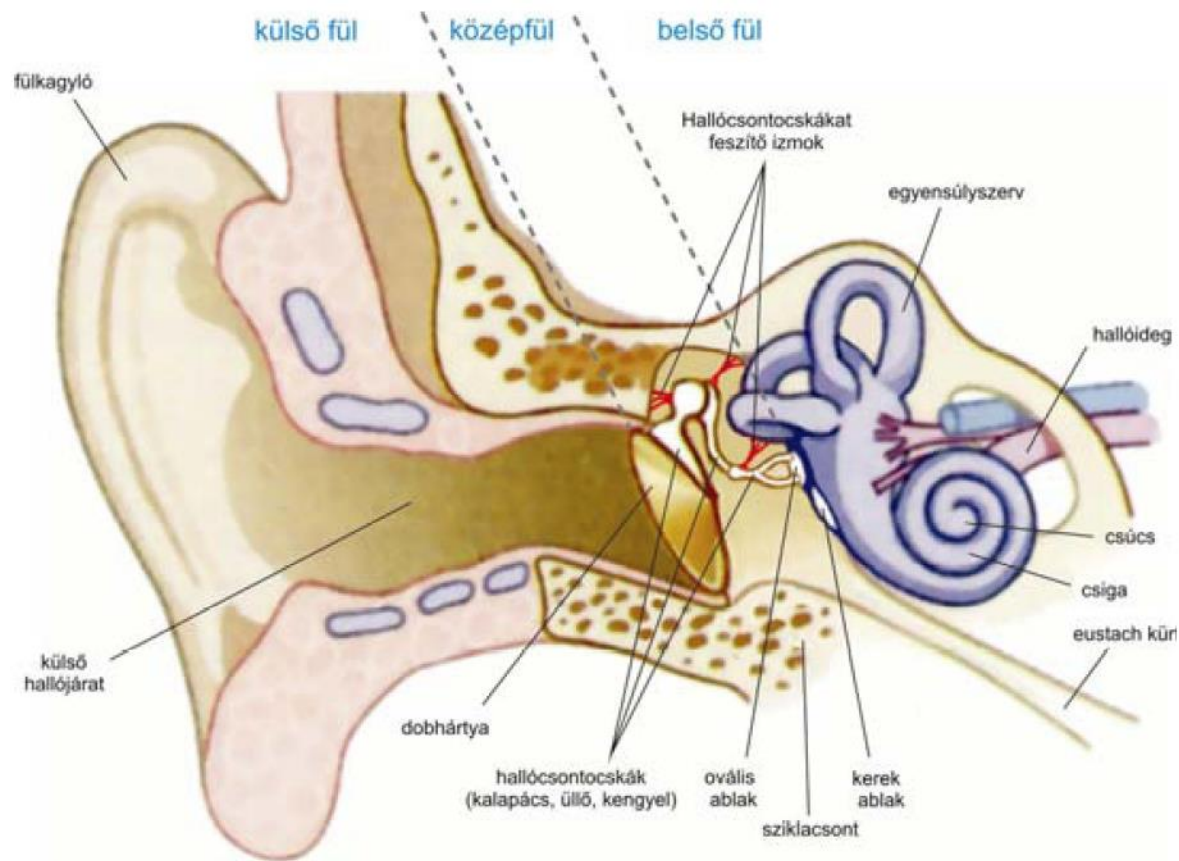


Békésy György
(1961)
(Nobel díj)



A hallószerve felépítése

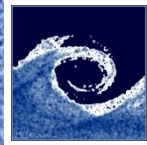
- fülkagyló
- külső fülcsatorna (3 kHz rezonancia frekvencia)
- dobhártya
- haló csontok (kalapács, üllő, kengyel)
- belső fül



B. Gy. legjobb fényképe. Az egyetlen, amelyen mosolyog. A Békésy-Gyűjtemény könyveiből (The Nobel Foundation, Stockholm 1974, címlap)

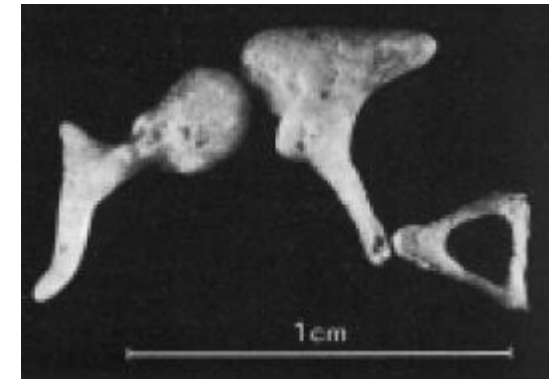
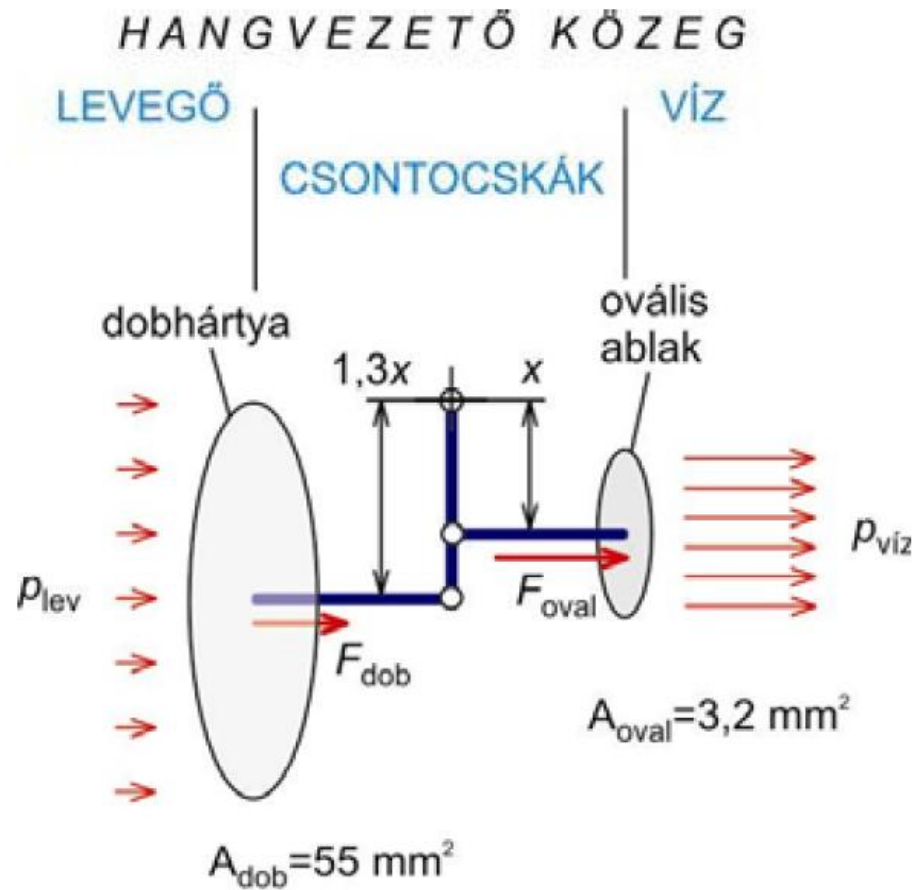


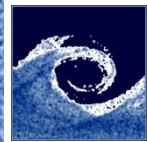
Békésy György
(1961)
(Nobel díj)



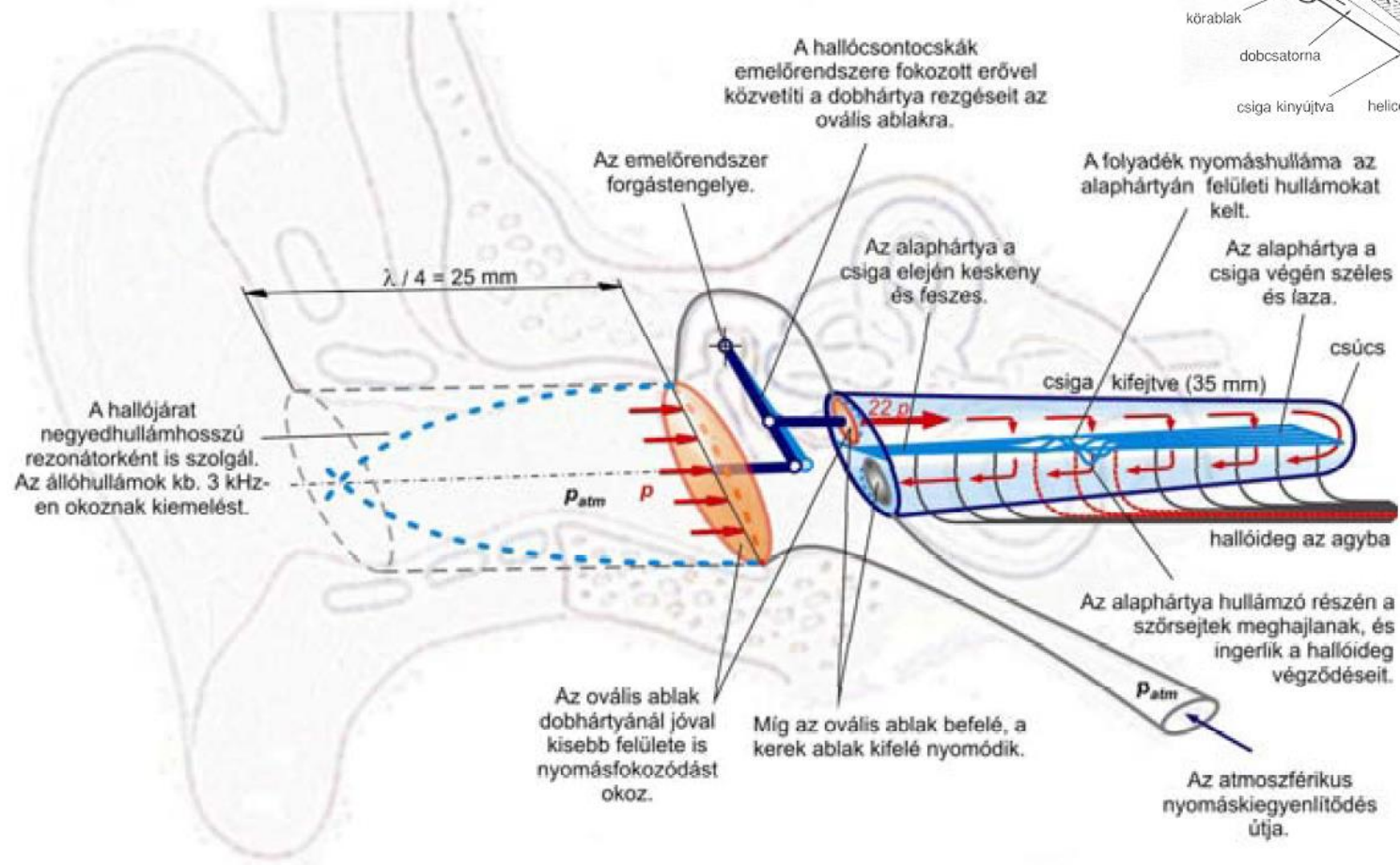
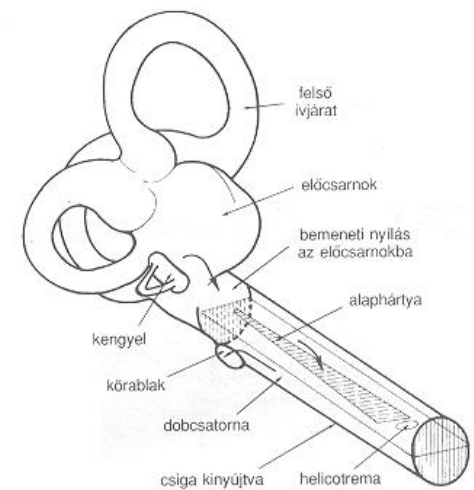
A csontocskák szerepe, mechanikai analógiával

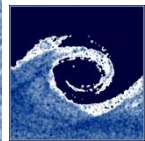
Az erőkar hatása és a különböző felületek különbsége okozta erősítés összesen: 22,3 ($p_{\text{víz}}/p_{\text{levegő}}$)



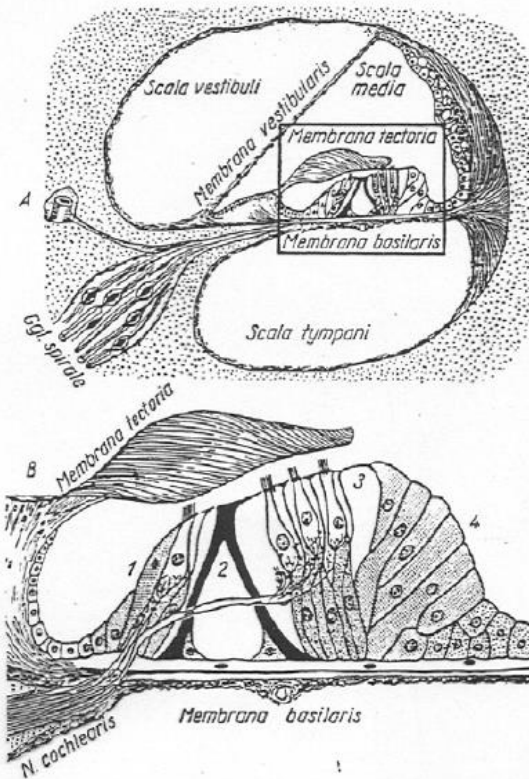
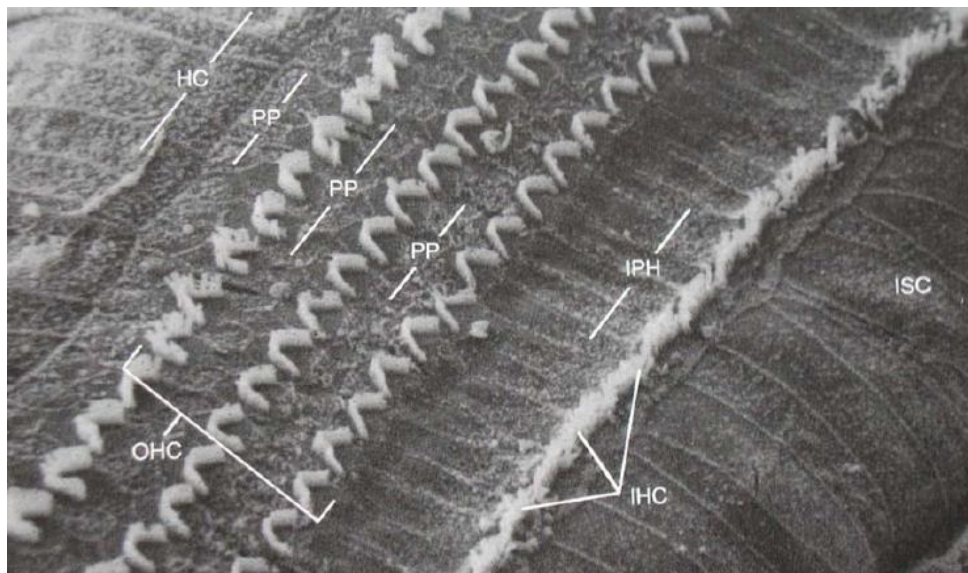


A fül működésének egyszerűsített vázlat





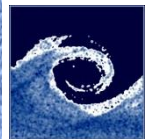
A hallószerv érzéksejtjei, a zaj hatása



9.7/5. ábra. A: emberi cochlea egy „járatának” vertikális metszete. A: Egy teljes járat; B: a felső ábra bekeretezett része kinagyítva. 1: Belső szőrsejtek; 2: pillérsejtek; 3: külső szőrsejtek; 4: támasztősejtek.

Felül egy emberi érzéksejt.

Alul egy tengerimalac ép és a 24 órás 120dB-lel terhelt sérült szőrsejt szekciója.



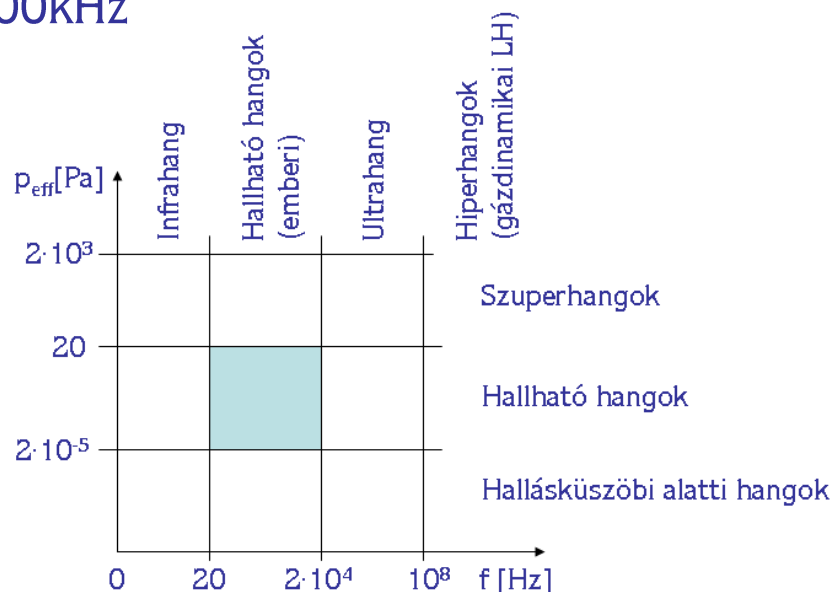
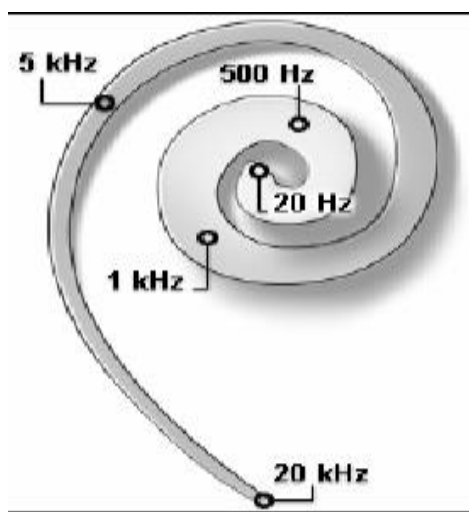
A hallás jellemzői

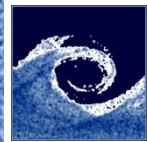
A hang receptora: Corti szerv (emberben: 33m)
Érzék sejtei: belső és külső szőrsejtek
Abszolút ingerküszöb: 10^{-12}W/m^2 (1kHz), fájdalom 10^{10}W/m^2

A magas hangok a csiga bázisán, mély hangok a csiga csúcsán okoznak ingerelületet.

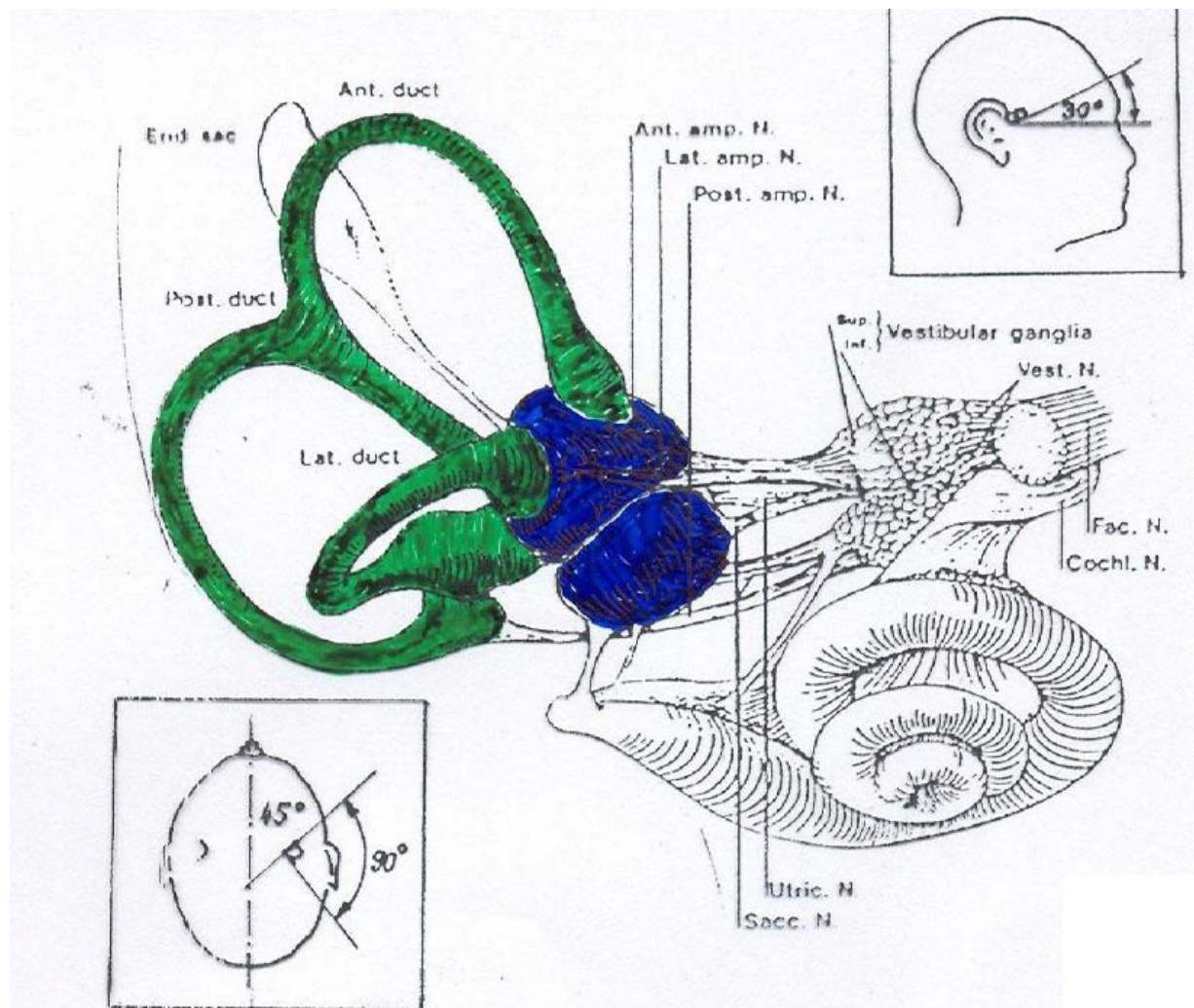
Érzékelési tartomány:

ember	16 Hz - 20kHz
kutya	35kHz
patkány	40kHz
egér	98kHz
delfin	100kHz

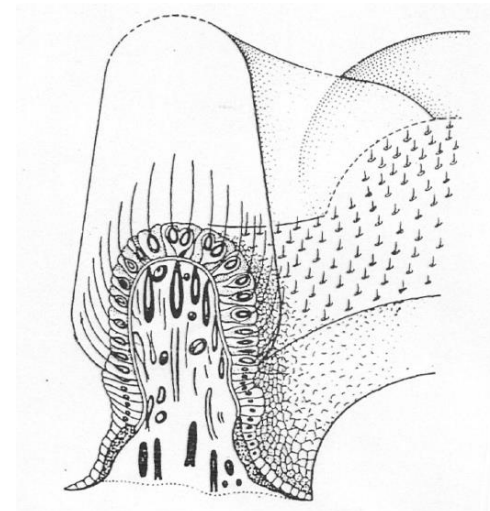


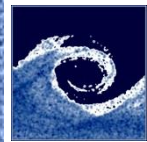


Az egyensúly érzékelése

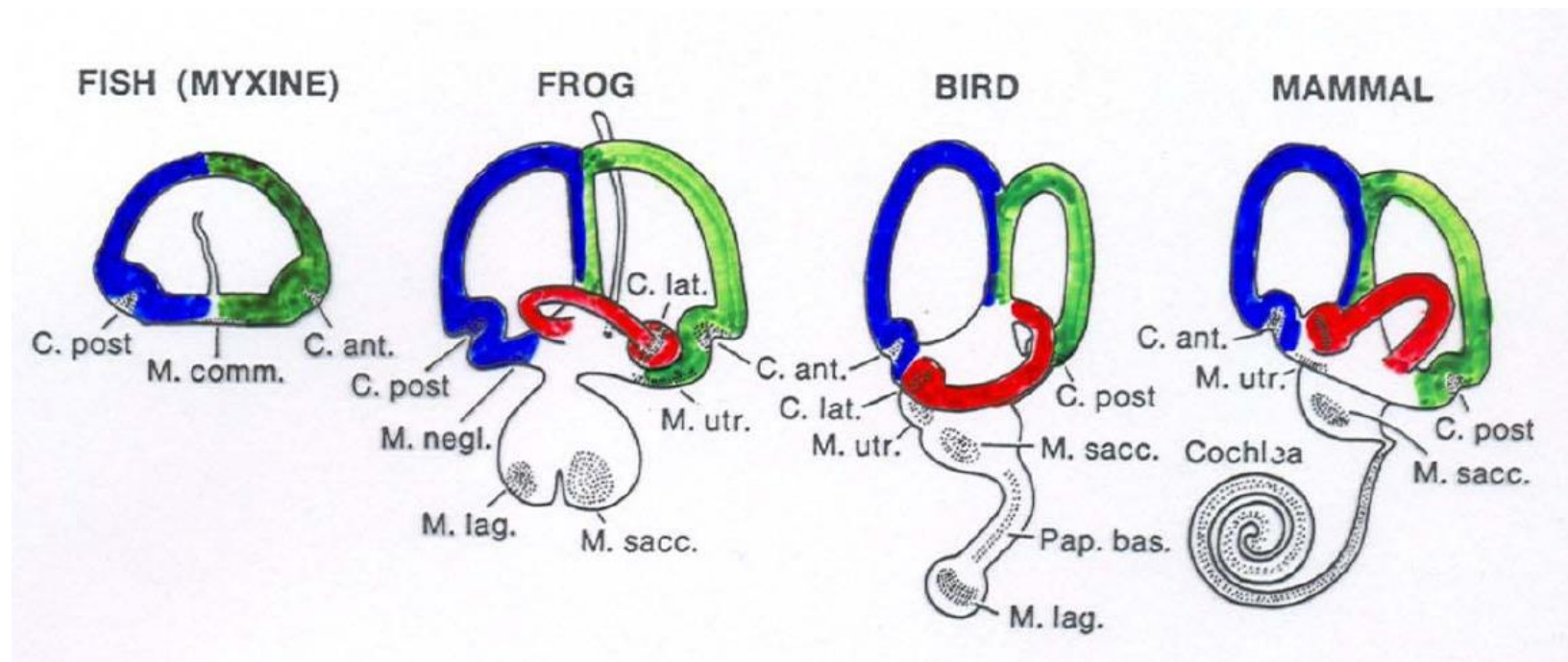


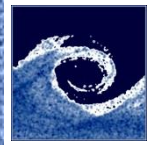
Bárány Róbert
(1914)
(Nobel díj)





Az egyensúly érzékelése az állatokban





A zaj- és rezgésvédelem mérőszámai

Zaj- és rezgésjellemző alatt rendszerint azt a fizikai mennyiséget értjük, amely erősségükre utal.

Zaj → hangnyomás (ritkábban intenzitás);

Rezgés → kitérés, sebesség és a gyorsulás.

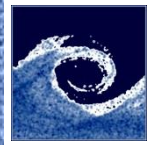
Szinuszos jelek / élettani szempontok

Törekvés: a hatások egy számmal történő jellemzése.

Ún. egyadatos mérőszámok:

- Hangosság
- A-hangnyomásszint (A-weighted)
- Hangosság
- Zajosság
- Egyenértékű hangnyomásszint (L_{Aeq})
- Beszédérthetőség

- Súlyozott egyenértékű rezgés gyorsulás

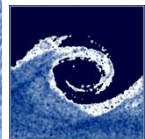


Hangosság szint

A hangosság jellemzésére szolgáló élettani mennyiség. Jele L_N [phon].

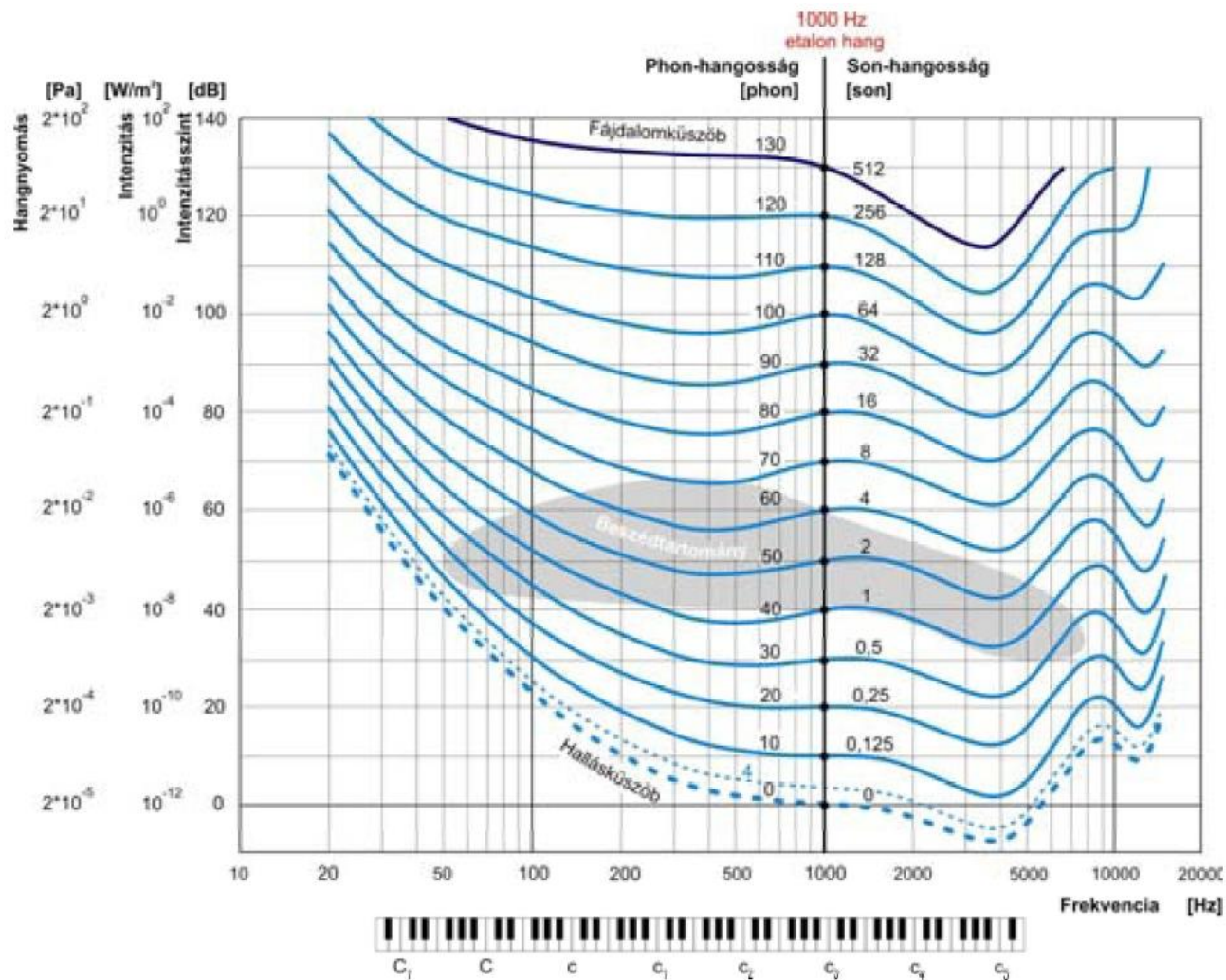
Értelmezés szerint annak az 1kHz frekvenciájú szabad hangtérben szemközt érkező tisztahangnak a hangnyomásszintje, amely azonos hangérzetet kelt a kérdéses hanggal.

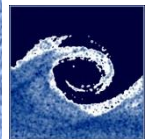
Ld. Azonos hangosság szint görbéket. (Phon-görbék)



Izofoniás görbék

- Azonos hangosságú ingerek (1000Hz-en a dB és a phon skála azonos)
- Az emberi fül hangosságérzése frekvenciafüggő.
- Az átviteli függvény teremt kapcsolatot a mérés és a valóság között.
- A phon görbék a fül átviteli karakteresztika függvénye.

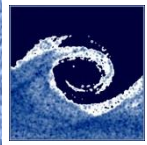




Szintek és alapdefiníciók

Hangforrás	Hétköznapi, zenei hangosságfogalmak, illetve a halláskárosodás határai	Hangteljesítmény P [W]	Hangteljesítmény- szint L_w [dB]	Hangosságszint [phon]	Hangosság [son]
süketszoba	hallásküszöb (emberi, fiatal)			0	0,001
avar zizegése, macsak dorombolása	éppen hallható			10	0,025
szívhangok, rádióstúdió alapzaja	nagyon halk, ppp (pianississimo)			20	0,1
suttogás, könyvtár, óraketyegés	nagyon halk, pp (pianissimo)	10^{-10}	20-30	30	0,4
normális beszélgetés	beszédhangerő, p (piano)	10^{-7}	50	40	1
iroda, számítógép, nyomtató zaja	mp (mezzopiano)			50	2
hangos beszélgetés, WC lezuhás, porszívó	mf (mezzoforte)			60	4
autó belső terének zaja (120 km/óránál)	hangos, f (forte)			70	8
erős városi forgalom, hangos zene	ff (fortissimo), 8 órán túli halláskárosodás	10^{-4}	80	80	16
kiabálás (1,5m), áthaladó metrószerelvény	fff (fortississimo), 2 órán túl halláskárosodás			90	32
nagyon zajos üzem	nagyon hangos			100	64
légkalapács	nagyon hangos	0,1	110	110	128
diszkó (a hangfalnál), ordítás a fülbe (20cm)	éppen elviselhető	10	130	120	256
sugárhajtású repülőgép (közelről), légtalmi csőfájdalomküszöb		10^3	150	130	512
rakéta, puskalövés (a fül mellett)	dobhártyarepedés	10^6	190	180	

Hangterek	Hangnyomás p_{eff} [Pa]	Hangnyomásszin t L [dB]
hallásküszöb ($f=1000\text{Hz}$)	$2 \cdot 10^{-5}$	0
hangstúdió háttérzaja	$2 \cdot 10^{-4}$	20
csendes lakónegyed, éjjel	$2 \cdot 10^{-3}$	40
közepes hangos beszélgetés (étteremben)	$2 \cdot 10^{-2}$	60
forgalmas út (közelről)	0,2	80
benzinmotoros fűrés, közelről (0,5m), szabadter	6,3	110
felszálló sugárhajtóműves repülőgép 10m	63	133
100mm-es katonai löveg, elsütéskor	630	150



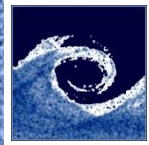
Hangosság

A hangosság a hangnyomás-, illetve a hangosságszinttel szemben lineáris kapcsolatot biztosít az egyes összetevők között és a hangosságérzetet jellemző mennyiség. Jele N [son].

A hangosságszint rendszerhez kötött azonosítási pontja (egységnyi hangosság): 1 son = 40 phon

$$L_N = 40 + 10 \log_2 N$$

A hangosság a valóság érzetnek felel meg, **lineáris mérték**.
(1 son + 1 son = 2 son)



Zajosság

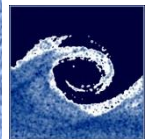
A zaj terhelés hatása.

A zajosság a zajosságérzet jellemzésére használatos. Jele Z [noy]

A zajosságszint $L_z = 40 + \log_2 Z$ [PNdB]

[PNdB]: Perceived noise (észlelhető zaj)

- Ezzel általában a repülőgépek zajkibocsátása és a repterek, illetve a légifolyósokat ellenőrzik.
- Rendkívül műszer- és időigényes módszer.
- Ld még a „D” súlyozó szűrő.



Kitérő #1 - Oktávsváv

A harmónikus analízis régen (sáv áteresztő készlet) és most (FFT).
FFT: Fast Fourier Transformation.

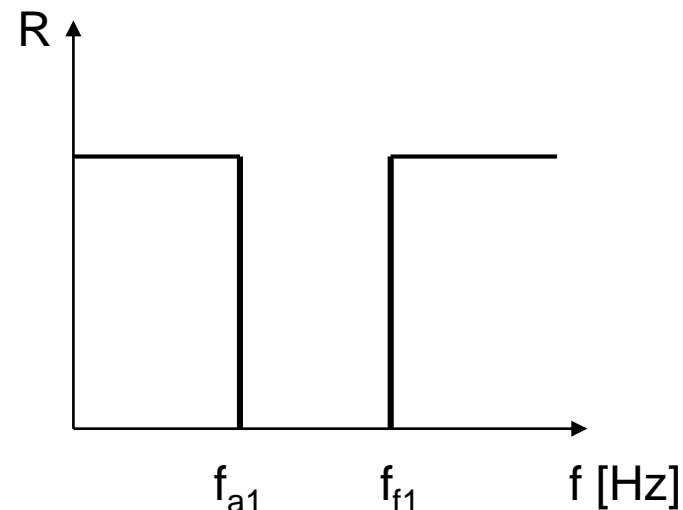
Ahol „R” a szűrő elméleti ellenállása (alsó-felső frekvencia határ):
Illetve csak az f_{a1} és az f_{f1} frekvencia között enged át.

Az oktávsváv:

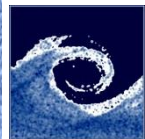
$$f_{\text{oktávsváv_felső}} = 2f_{\text{oktávsváv_alsó}}$$

$$f_{\text{oktávsváv_közép}} = \sqrt{f_{\text{oktávsváv_alsó}} * f_{\text{oktávsváv_felső}}}$$

$$f_{\text{oktávsváv_közép}} = \sqrt{2}f_{\text{oktávsváv_alsó}} = \frac{f_{\text{oktávsváv_felső}}}{\sqrt{2}}$$



Nemzetközi szabvány f oktávsváv középfrekvenciák [Hz], a hallható tartományban: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1k; 2k; 4k; 8k; 16k (10db)



Kitérő #2 - Tercsáv

A harmónikus analízis régen (sáv áteresztő készlet) és most (FFT).
FFT: Fast Fourier Transformation.

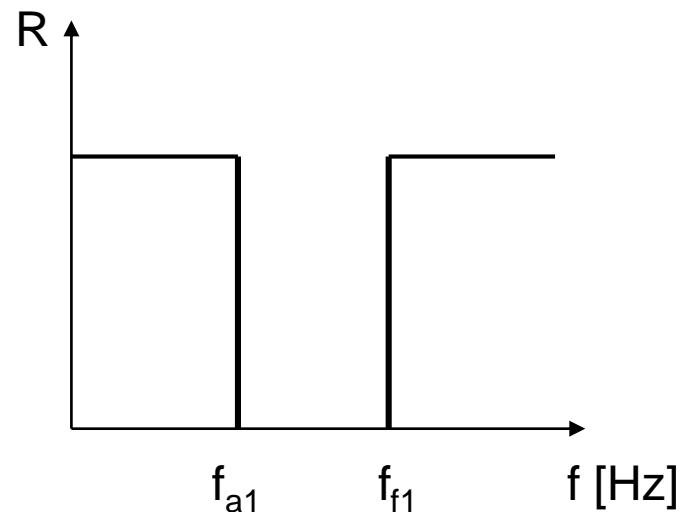
Ahol „R” a szűrő elméleti ellenállása (alsó-felső frekvencia határ):
Illetve csak az f_{a1} és az f_{f1} frekvencia között enged át.

A harmadoktávsáv (tercsáv):

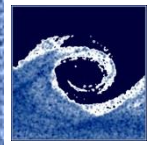
$$f_{tercsáv_felső} = \sqrt[3]{2} f_{tercsáv_alsó}$$

$$f_{tercsáv_közép} = \sqrt{f_{tercsáv_alsó} * f_{tercsáv_felső}}$$

$$f_{tercsáv_közép} = \sqrt[6]{2} f_{tercsáv_alsó} = \frac{f_{tercsáv_felső}}{\sqrt[6]{2}}$$

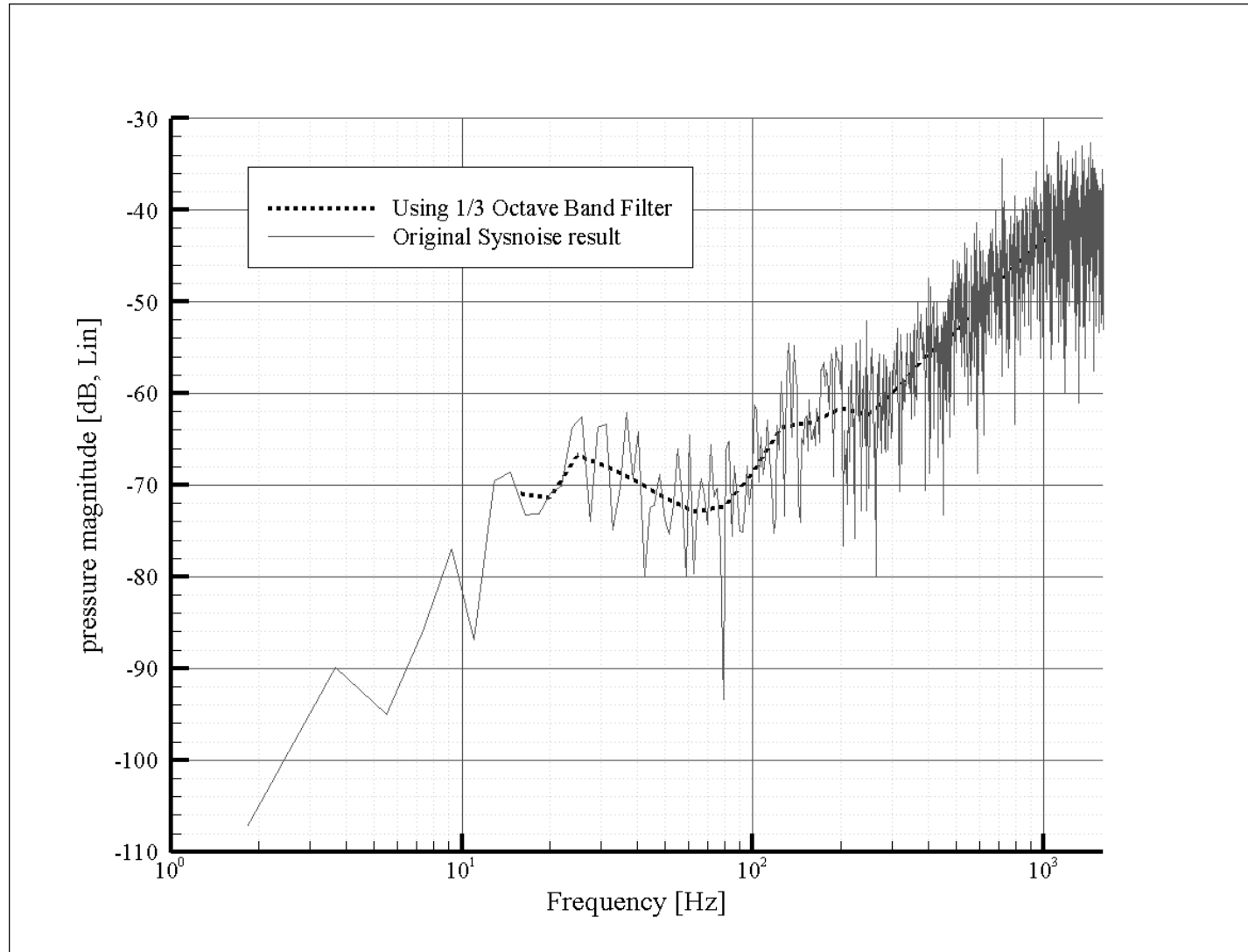


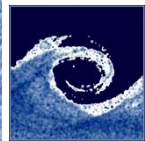
Nemzetközi szabvány f tercsáv középfrekvenciák [Hz], a hallható tartományban: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; ...



Kitérő #3 - A jelek szűrése

A különböző filterek (szűrők) alkalmazhatósága:
Kisimítja az eredményt.





Beszédérthetőség #1, érthetőségi mutató

Ipari üzemekben: kommunikációs és baleset-elhárítás [jel/zaj viszony].

Az érthetőség a megértett és az összes közölt beszédelem hányadosa.

Jellemzik az érthetőségi mutató:

$$I_{\acute{e}} = \sum_{i=1}^n \frac{(B - Z)_i + 20}{50} Y_i$$

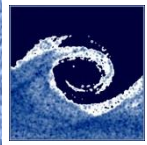
B: a beszéd sávszintje

Z: a zaj sávszintje

i-dik oktávsávban és [dB]-ben

Y: százalékos érthetőség

f_m [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Y_i [%]	2	11	23	27	22	13	2



Beszédérthetőség #2, artikulációs index

További jellemzők, mint az artikulációs index:

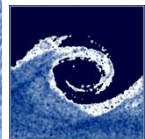
$$AI = \sum_{i=1}^n g_i \Delta_i$$

g_i : a sáv középfrekvenciától függő súlyozó tényező

Δ_i : a beszéd hangnyomásszint csúcsok és a zavaró zajszint különbsége dB-ben.

f_m [Hz]	250	500	1000	2000	4000
$g_i \cdot 10^{-4}$	18	50	75	107	83

Artikulációs index	Beszédérthetőség
0,1	Igen rossz
0,1 – 0,3	Nem megfelelő
0,3 – 0,5	Megfelelő
0,5 – 0,7	Jó
0,7	Igen jó



Beszédérthetőség #3, beszédzavarási szint

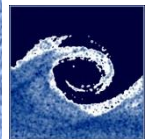
A mindennapi életben használt összefüggés.

A beszédzavarási szint három oktávsávra vonatkozóan a számtani középérték.

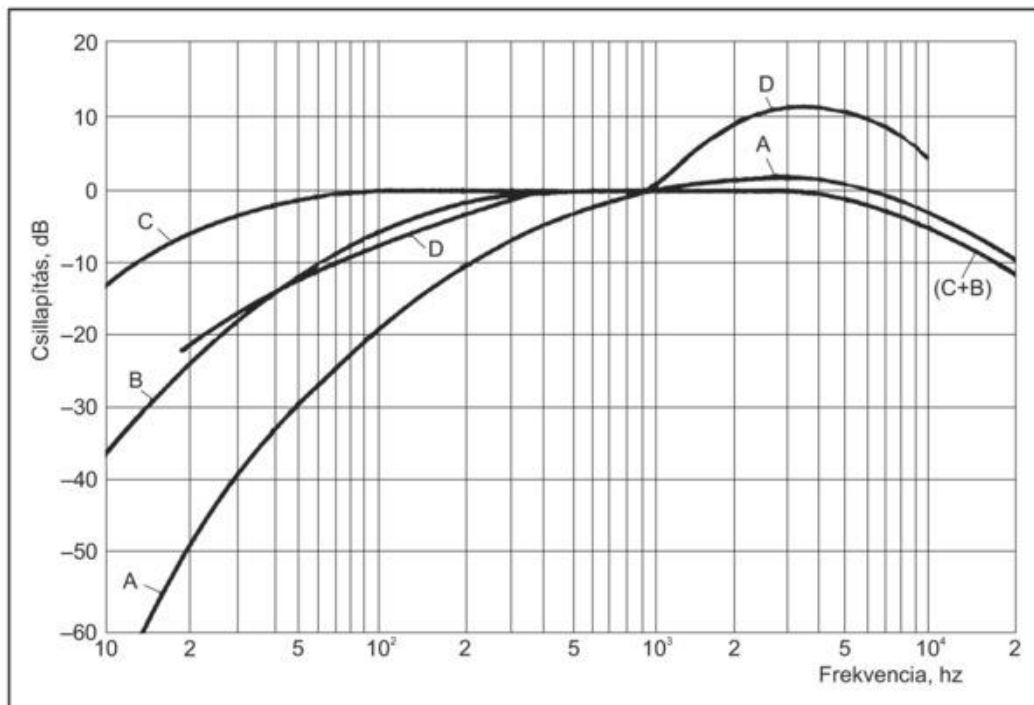
$$L_m = \frac{L_{500Hz} + L_{1kHz} + L_{2kHz}}{3} [dB]$$

Jó irányértékként alkalmazhat az érthetőségre:

- Elfogadható, ha a beszéd szint – zajszint különbsége $\Delta L < -dB \text{ db(A)}$
- Jó, ha $\Delta L = 0 \text{ db(A)}$
- Igen jó, ha $\Delta L = +5 \text{ dB(A)}$



Akusztikai szűrők

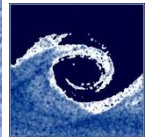


„A” súlyozó szűrő (A-weighting): A zaj emberre gyakorolt hatásának jellemzésére szabványosan az A-hangnyomásszintet alkalmazzuk. Az azonos hangosság-szint-görbékből vezették le (40phon). Ember központi. [dB(A)]

„B” súlyozó szűrő: 70phon. [dB(B)]

„C” súlyozó szűrő: 100phon. [dB(C)]

„D” súlyozó szűrő: Nem a zaj hangosságát jelöli, hanem a kellemetlenség érzetét. A D-szűrő repülési zajokhoz használatos. [dB(D)]

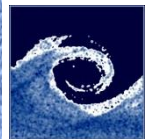


Egyenértékű hangnyomásszint

Az egyenértékű hangnyomásszint a zaj erősségén túlmenően az egyes terhelések behatási idejét is figyelembe veszi. Definíció szerint:

$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right) [dB]$$

Az A-súlyozott mérések esetén az egyenértékű A-hangnyomásszint adódik
 $L_{Aeq} [dB(A)]$



Közúti zaj mérése

Ld. Mérési útmutató, MSz, jk.

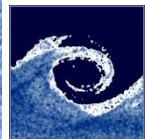
A jegyzőkönyv tartalmazza a helyszín rajzot, légkör paramétereit, a mérés dátumát, a mérési időtartamot, időjárás állapotát (A mérés nem végezhető el csapadékos időben, mert például az útburkolat nedvessége befolyásolja a járművek zajkeltését.)

Kézi hangnyomásméző pozíciója legyen a talaj felszínétől 1,5m, faltól, zárt kerítéstől lehetőség szerint legalább 3m távolságban.

A mérés során forgalomszámlálást kell végezni. Ez alapján rögzíteni kell az adott kereszteződésre jellemző haladási lehetőségeket és az irányok kombinációit, az alábbi kategóriákba tartozó járművek száma szerint:

- személygépjárművek, kisbuszok, haszongépjárművek, motorkerékpárok;
- könnyű tehergépjárművek (IFA), autóbuszok;
- nehéz tehergépkocsik (utánfutóval, kamionok), csuklós autóbuszok, lassú járművek (traktor).

Feladat meghatározni a helyszínenkénti egyenértékű hangnyomásméretet, valamint ezt az értéket összehasonlítani az érvényes jogszabályban rögzített, és az adott helyszín besorolására vonatkozó értékkel.
Forrásként az internet használható



Közúti zaj mérése #2

Ld. Mérési útmutató, MSz, jk.

Egyenértékű hangnyomásszint:

Equivalent noise level (“A” weighted sound-pressure level):

$$L'_{Aeq} = 10 * \lg \left[\frac{1}{\sum t_i} \sum (t_i * 10^{0,1 * L'_{Aeqi}}) \right] + K$$

- Városi forgalom esetén $K=0$
- t_i – a mérés időtartam
- L'_{Aeqi} – az i-dik esetben az A-súlyozott hangnyomásszint

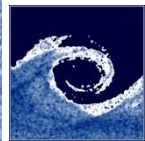
$$L'_{Aeqm} = 10 * \lg \sum_{i=1}^3 (10^{0,1 * L'_{Aeqmi}})$$

$$L'_{AeqM1} = 15.0 + 10 \lg Q_{M1} + 16.7 \lg v_{M1}$$

$$L'_{AeqM2} = 17.3 + 10 \lg Q_{M2} + 19.0 \lg v_{M2}$$

$$L'_{AeqM3} = 13.2 + 10 \lg Q_{M3} + 16.7 \lg v_{M3}$$

- Forgalom mértéke Q_{M1} - Q_{M3} [autó/óra]
- Átlagos sebesség a különböző kategóriákra (v_{M1} - v_{M3})
- L'_{AeqMi} – Az A-súlyozott hangnyomásszint [dB(A)]



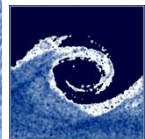
Előírások

Szabályozás: 284/2007. (X.29.) Korm. Rendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályait tartalmazza.

- Környezeti zaj,
- Környezeti rezgés,
- Környezeti zaj- és/vagy rezgésforrás
- Háttérterhelés,
- Megfelelő passzív akusztikai zajvédelem,
- Távlati forgalom (kb. 15 év)
- Védendő terület, helyiség
- ...

27/2008. (XII.3.) KvvM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról szóló jogszabályban a következők vonatkoznak a dolgozat témájára.

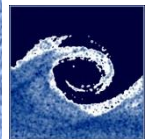
- Megítélési szint,
- Rezgésterhelés legnagyobb értéke,
- Vizsgálati küszöbérték,
- Ritkán előforduló rezgésjelenség,
- ...



Határértékek #1

A közlekedéstől származó zaj terhelési határértékei a zajtól védendő területeken

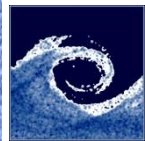
	Zajtól védendő terület	Határérték (L_{TH}) az L_{AM} megítélési szintre (dB)					
		Kiszolgáló úttól, lakóúttól származó zajra		Az országos közúthálózatba tartozó mellékutaktól, a települési önkormányzat tulajdonában lévő gyűjtőutaktól és külterületi közutaktól, a vasúti mellékvonaltól és pályaudvarától, a repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől** származó zajra		Az országos közúthálózatba tartozó gyorsforgalmi utaktól és főutaktól, a települési önkormányzat tulajdonában lévő belterületi gyorsforgalmi utaktól, belterületi elsőrendű főutaktól és belterületi másodrendű főutaktól, az autóbusz-pályaudvartól, a vasúti fővonalától és pályaudvarától, a repülőtértől, illetve a nem nyilvános fel- és leszállóhelyektől*** származó zajra	
		nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra	nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra	nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra
1.	Üdülőtérület, különleges területek közül az egészségügyi terület	50	40	55	45	60	50
2.	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű), különleges területek közül az oktatási létesítmények területei, és a temetők, a zöldterület	55	45	60	50	65	55
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), a vegyes terület	60	50	65	55	65	55
4.	Gazdasági terület	65	55	65	55	65	55



Határértékek #2

Az épületek zajtól védendő helyiségeiben

	Zajtól védendő helyiség	Határérték (L_{TH}) az L_{AM} megítélési szintre (dB)	
		nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra
1.	Kórtermek és betegszobák	35	30
2.	Tantermek, előadótermek oktatási intézményekben, foglalkoztató termek, hálólhelyiségek bölcsődékben és óvodákban	40	-
3.	Lakószobák lakóépületekben	40	30
4.	Lakószobák szállodákban és szálló jellegű épületekben	45	35
5.	Étkezőkonyha, étkezőhelyiség lakóépületekben	45	-
6.	Szállodák, szálló jellegű épületek, közösségi lakóépületek közös helyiségei	50	-
7.	Éttermek, eszpresszók	55	-
8.	Nagy- és kiskereskedelmi épületek eladóterei, vendéglátó helyiségei, a váróterem	60	-



EU stratégiák

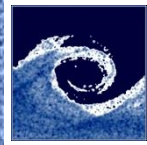
Zajkérdéssel kapcsolatosan az Európa Bizottságban több Igazgatási Csoport (Directory Group) foglalkozik.

Pl. a 2000. évi, Környezeti Cselekvési Program melynek célja:

- A lakosság zajterhelése éjszaka sehol sehol se haladja meg a 65dB(A)-t és a zaj a 85dB(A)-t
- Az éjszakai $L_{Aeq}=55-65\text{dB(A)}$ -s zajban élő lakosság helyzete ne romoljon tovább
- Az 55dB(A) határ alatti, csendes környezetben élő lakosság terhelése ne emelkedjen e határ fölé.

Az 5. Környezetvédelmi Cselekvési Program irányelvei (Zöld könyvben)

- Zajkataszter készítése
- Zajcsökkentési program
- A személygépkocsik, tehergépkocsik, repülőgépek (FP6, FP7), különböző géi berendezések zajemissziójának csökkentése, irányelvek kidolgozása,
- Zajmérés, értékelés szabványosítás.
- Zajcsökkentést eredményező intézkedések, mint pl.
 - Gépkocsi használat korlátozása
 - Éjszakai repülés megtiltása
 - Éjszakai ipari tevékenység korlátozása, tiltása
- Tereletrendezéssel, infrastruktúra fejlesztéssel összefüggő intézkedések.



EU projektek

...

6th Framework Programme 2002-2006 (total € 18 billion)

7th Framework Programme 2006-2010

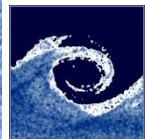
Clean Sky Transport / Aeronautics € 4.1 billion

VITAL Project (acoustic, aerodynamics, material engineering)

...

Nyitott szemmel járni!

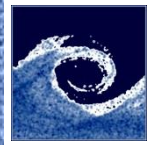
Pályázatok



Tanszéki lehetőségek,

A tanszék segíthet az alábbi konzultálásban:

- Diplomaterv
 - városi zajtérképek
 - városi zajmérések
 - ipari zajtérképek
 - rezgésmérések
 - gépészeti berendezések akusztikai vizsgálata
- Nyári munka (SoundPlan)
- Akusztikai numerikus szimuláció (soundplan, sysnoise, fluent, miskam)
- Akusztikai laboratóriumi mérések (süket szoba, zengőtér)
- Mélyebb tudományos munka, kutatás
 - szabad sugár vizsgálatok
 - szárny körüli áramlások vizsgálata
 - ventilátor akusztikai vizsgálata
 - ...

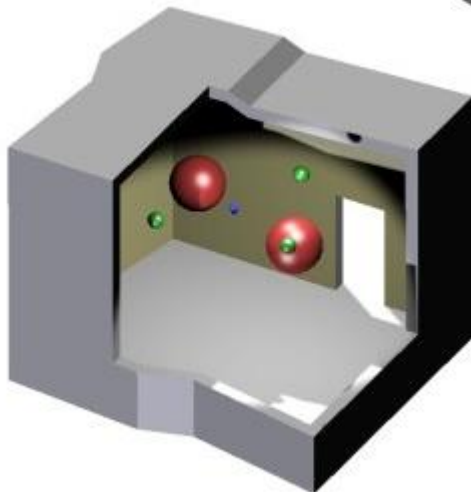
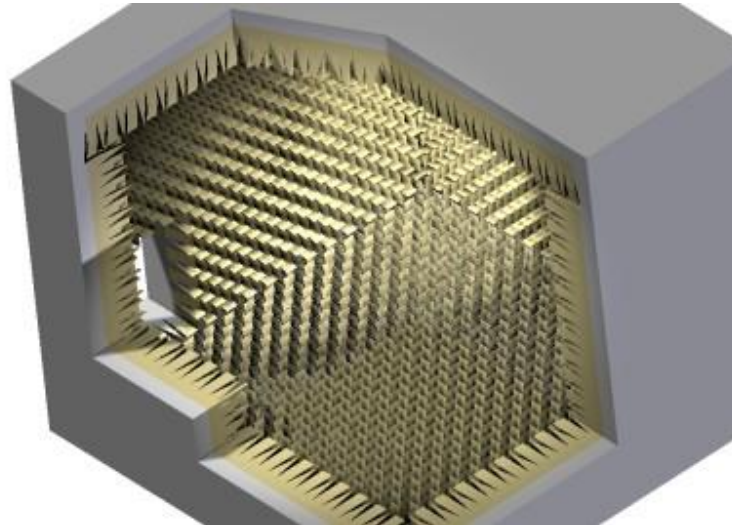


Akusztikai kutatások (mérés)

Békésy György Akusztikai Laboratórium

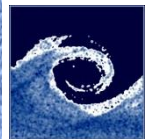
<http://www.akusztikalabor.hu>

BME Áramlástan & BME Távközlési és Médiainformaticai Tanszék
Budaörsi út 45.



Süketszoba, zengőtér

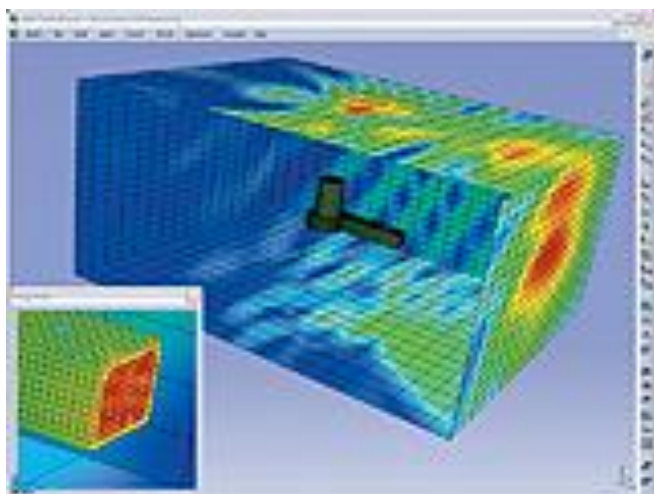




Akustikai kutatások (szimuláció)

SoundPlan,
Sysnoise (VirtuaLab),
Ansys Fluent

www.soundplan.com
www.lmsintl.com
www.fluent.com



The picture shows the triangulation of all elevations to establish a continuous surface.

The RUN File Batch

Calc Name	Calc Type	Results	Data
Yes - Grid Noise Map project CITY	Grid Map Sound	1	"City sll"

Run Properties - *Grid Noise Map project CITY*

General | Settings | Standards | **Grid Map** | Description

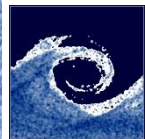
- ReCalculate Grid N
- Calculate New Grid
- Grid Space [m]
- Use DGM #
- Calculate DGM

Grid Interpolation:
Min/Max: 1/0

< Error Next >

The elevations encoded as colors

Status: running | F:\SP50\Proecols\data\Tvol\run



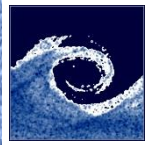
Zajtérképek

SoundPlan: www.soundplan.com

- StartKits (vasút, ipari terület)
- Teljes akusztikai megoldó (repülőtér modellezésével)
- Teljes ipari terület vizsgálata
- Teljes grafikai motor
- EU direktívák (törvények, jogszabályok)
- Parallel számítás
- Légszennyezés-számítás Miskam motorral (CFD/Szélcsatorna mérés)

- Zajkibocsátás (emission)
- Zajterjedés (propagation)

- L_{den} (Léqegyénértű)
- L_d (Lnappal)
- L_n (Léjjeli)

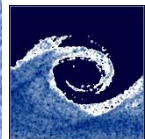


SoundPlan 7

A különböző rétegek

A **zajtérképet** az előzőekben bemutatott Soundplan szoftverrel állítottam elő, melynek használatát a BME Áramlástan Tanszék biztosította számomra. A térképezendő terület **Budapest XXII.** kerületének déli része, **Nagytétény**. A környék kertvárosnak mondható, a Bartók Béla úti lakótelep kivételével. A vizsgált területet délről a **6-os út**, nyugatról az M6 autópálya, északról az M0 autótút, keletről pedig a Tenkes utca, a Nagytétényi út és az Őszirózsa utca határolja.

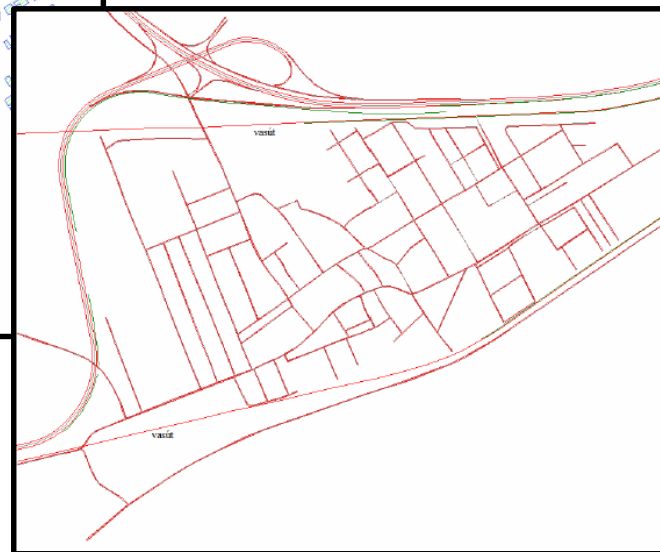
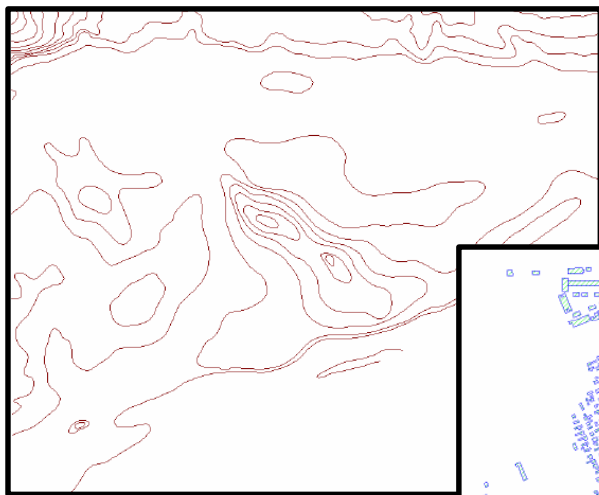


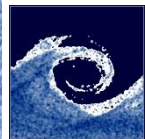


SoundPlan 7

A különböző rétegek

Munkám alapja a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium számára készített 1:10000 méretarányú topográfiai alaptérkép két szelvénye volt. Az országot összesen 4060 db 6*4 km-es szelvény fedi le, ezek közül én a 65-342 és 65-344 számút használtam.

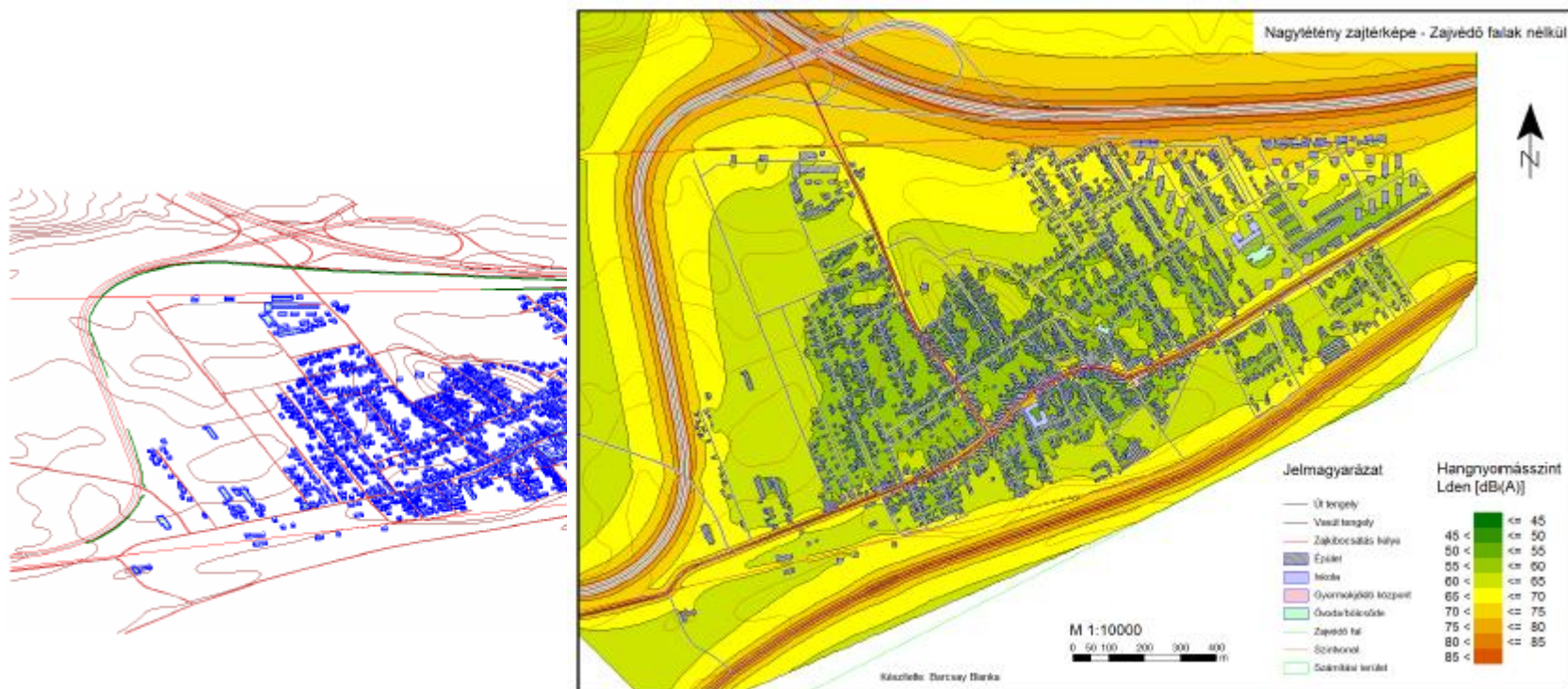


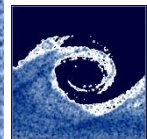


SoundPlan 7

A különböző rétegek

Ezen térképek vetületi rendszere az **EOV**, alapfelülete az IUGG 67 ellipszoid. Mivel ezek az alaptérképek 1996-ból származnak és attól kezdve jelentős építkezések történtek az általam vizsgált területen (**M6 autópálya** elkészítése), ezért a változásokat a www.maps.google.hu internetes oldalról (továbbiakban Google Maps) kerestem meg. Itt található a Google által fejlesztett ingyenesen használható internetes térképszolgáltatás.

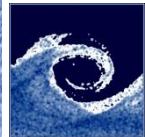




SoundPlan 7

Zajcsökkentés





Elérhetőségek

BME Áramlástan Tanszék
AE épület 1. emelet 8. szoba
463 3465

nagy@ara.bme.hu

Szakirodalom

- [1] Tarnóczy Tamás: Akusztika. Akadémiai Kiadó, 1963
- [2] Pap János: Hang-Ember-hang. Vince Kiadó, 2002
- [3] Tarnóczy Tamás: Hangnyomás, hangosság, zajosság. Akadémiai Kiadó, 1984
- [4] C. Smetana: Zaj- és rezgésmérés. Műszaki Könyvkiadó, 1975
- [5] Bauer Miklós, Czigner Jenő, Lampé István: Fül-, orr-, gégegyógyászat.
Medicina 1990
- [6] <http://www.tankonyvtar.hu/konyvek/kornyezettechnika/kornyezettechnika-6-1>