

Áramlástan Tanszék  
www.ara.bme.hu

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépészmérnöki Kar



## Akuszтика, Zaj- és rezgésvédelem

Nagy László  
nagy@ara.bme.hu

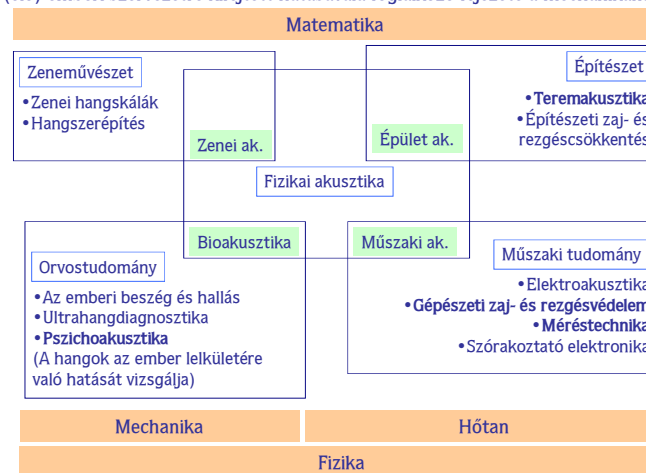
Zaj- és rezgésvédelem | 2012/2013. II.

2013. március 14.



### Az akusztika

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



### Az előadás vázlatja

- Akusztika, hangtan
- Alapdefiniók
- 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



### 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** természet: instacionárius, összenyomható, nagy mennyiségek apró megváltozásai;

**Hullám** természet: 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.

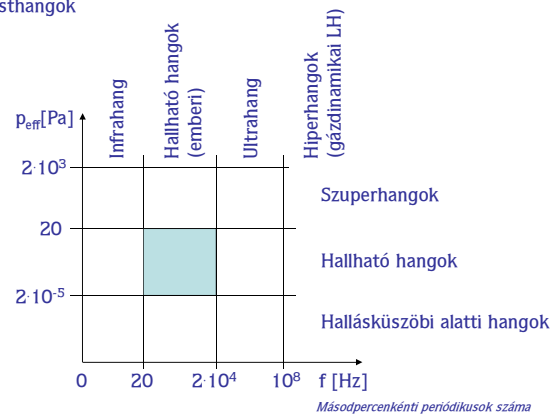
Animáció



## A hangok osztályozása

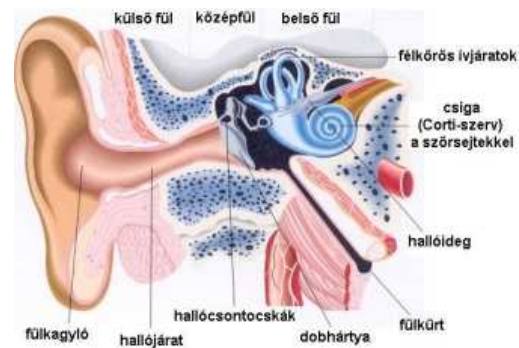
Hangok, a vivő közeg alapján

- Léghangok (általában ezzel foglalkozunk)
- Folyadékhangok
- Testhangok



## A hallószerve felépítése (Nobel díj)

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



Békésy György (1961)

Forrás: dr. Kutor László – Intelligens rendszerek elmélete előadása alapján (BMF-NIK, <http://mobil.nik.bmf.hu/tantargyak/ire.html>)



## Weber és Fechner törvény (Stevens törvény)

Az érzékelhető ingerintenzitásról

Weber törvény (1834):  $k = \frac{\Delta I}{I}$

$\Delta I$ : Relatív ingerküszöb ( $\Delta\Phi$ )  
(éppen észrevehető ingerintenzitás változás)

I: Ingerváltozás ( $\Phi$ )

k: Konstans, értékei különböző inger modalításokra

látás	0,079
hallás	0,029
nyomás	0,022
ízlelés	0,083



Erns Henrik Weber

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

$\dot{E}$ : Érzet intenzitás ( $\Psi$ )

k: Konstans

I: Ingerintenzitás ( $\Phi$ )



Gustav Theodor Fechner

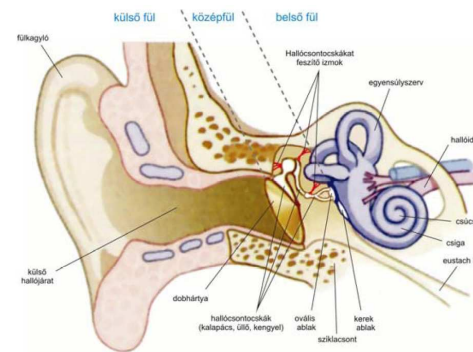
Stevens törvény (1953):  $\dot{E} = k * I^n$

Forrás: dr. Kutor László – Intelligens rendszerek elmélete előadása alapján (BMF-NIK, <http://mobil.nik.bmf.hu/tantargyak/ire.html>)



## A hallószerve felépítése (Nobel díj)

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



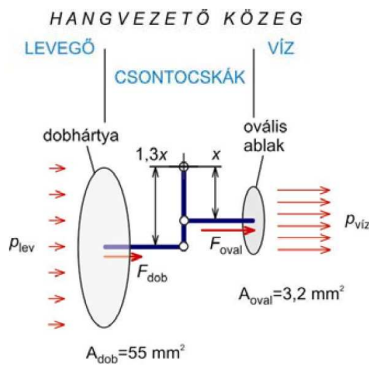
Békésy György (1961)

Forrás: <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/hang/hallas2004.pdf>



### A csontocskák szerepe, mechanikai analógiával

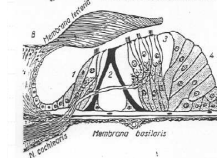
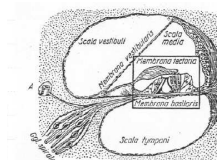
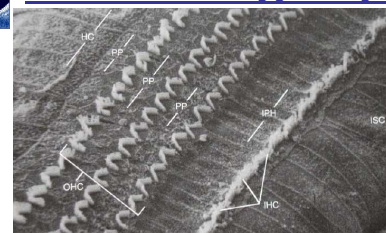
Az erők hatása és a különböző felületek különbsége okozta erősítés összesen:  $22,3 (p_{\text{viz}}/p_{\text{levegő}})$



Forrás: <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/hang/hallas2004.pdf>



### A hallószerv érzékszetei, a zaj hatása



9.76. ábra. Az emberi cochlea egy „lárvaként” kialakult mesterség.  
 1: Ezen általános ábrán látható a csiga bázis felépítése és a hangjelátvitel.  
 2: Belső szőrsejt; 3: Külső szőrsejt; 4: A szőrsejtek közötti szűk rések.



Felül egy emberi érzékszét.

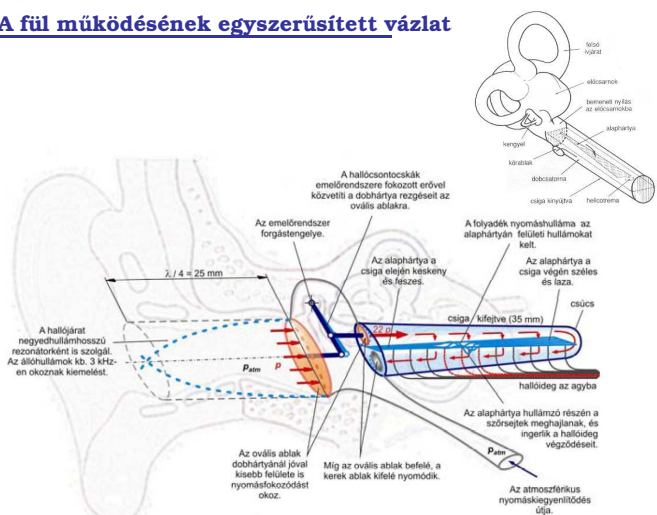
Alul egy tengerimalac ép és a 24 órás 120dB-lel terhelt sérült szőrsejt szekciója.

Forrás: <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/hang/hallas2004.pdf>

Érzékelési tartomány ?



### A fül működésének egyszerűsített vázlat



Forrás: <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/hang/hallas2004.pdf>



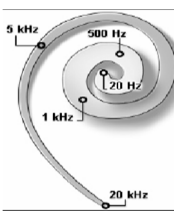
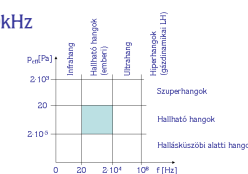
### A hallás jellemzői

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

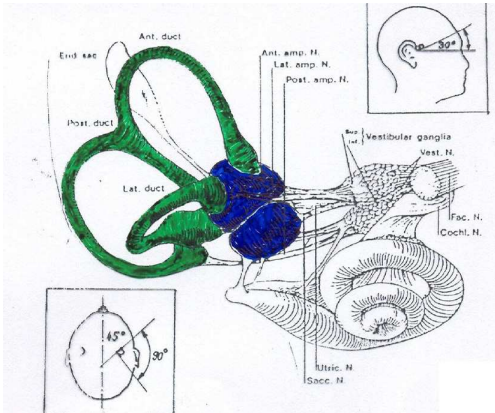
A magas hangok a csiga bázisán, mély hangok a csiga csúcsán okoznak ingerületet.

Érzékelési tartomány:

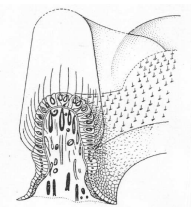
ember	16 Hz - 20kHz
kutya	35kHz
patkány	40kHz
egér	98kHz
delfin	100kHz



## Az egyensúly érzékelése (Nobel díj)



Bárány Róbert  
(1914)



Forrás: dr. Kutor László – Intelligens rendszerek elmélete előadása alapján (BMF-NIK, <http://mobil.nik.bmf.hu/tantargyak/ire.html>)

## A zaj- és rezgésvédelem mérőszámai

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

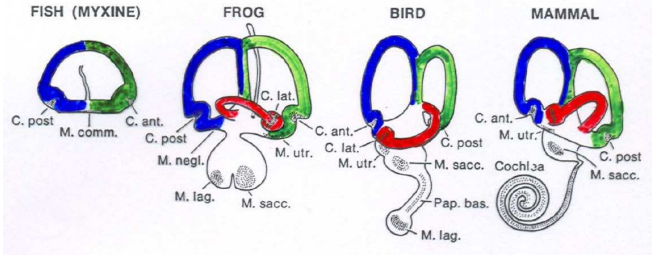
Zaj → **hangnyomás** (ritkábban intenzitás);  
 Rezgés → kitérés, sebesség és a **gyorsulás**.  
 Szinuszos jelek / élettani szempontok

Törekvés: a hatások egy számmal történő jellemzése.

### Ún. egvadatos mérőszámok:

- Hangosság
- A-hangnyomásszint (A-weighted)
- Hangosság
- Zajosság
- Egyenértékű hangnyomásszint ( $L_{Aeq}$ )
- Beszédérthetőség
- Súlyozott egyenértékű rezgésgyorsulás

## Az egyensúly érzékelése az állatokban



Forrás: dr. Kutor László – Intelligens rendszerek elmélete előadása alapján (BMF-NIK, <http://mobil.nik.bmf.hu/tantargyak/ire.html>)

## Hangosság

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

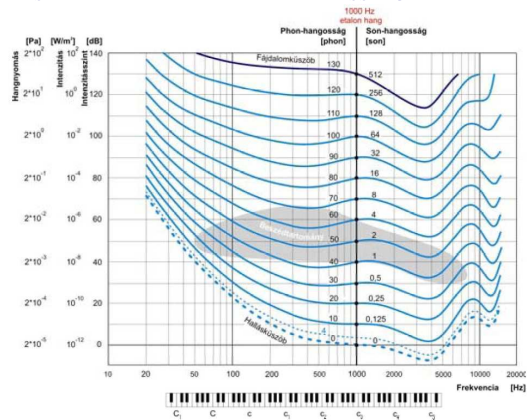
Értelmezés szerint annak az **1kHz frekvenciájú** szabad hangtérben szemközt érkező **tisztahangnak a hangnyomásszintje**, amely **azonos hangérzetet** kelt a kérdéses hanggal.

Ld. Azonos hangosságintgörbékét. (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 karakterisztika függvénye.



Forrás: <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/hang/hallas2004.pdf>



## 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 hangosság szint 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)



## Szintek és alapdefiníciók

Hangforrás	Hétköznapi, zenei hangosságfogalmak, illetve a halláskárosodás határai	Hangteljesítmény P [W]	Hangteljesítmény szint L <sub>w</sub> [dB]	Hangosság szint [phon]	Hangosság [son]
hűtőszoba	hallásküszöb (ember, fiatal)			0	0,001
avar zizegése, macskák dorombolása	éppen hallható			10	0,025
színhangok, rádióstúdió alapzaja	nagyon halk, ppp (pianississimo)			20	0,1
szűtőgás, könyvtár, óráketyeges	nagyon halk, pp (pianissimo)	10 <sup>-10</sup>	20-30	30	0,4
normális beszélgetés	beszédhangerő, p (piano)	10 <sup>-7</sup>	50	40	1
rodás, számítógép, nyomtató zaja	mp (mezzopiano)			50	2
hangos beszélgetés, WC lehozás, porszívó	mf (mezzoforte)			60	4
autó belső terének zaja (120 km/óránál)	hangos, f (forte)			70	8
erős városi forgalom, hangos zene	f (fortissimo), 8 órán túli halláskárosodás	10 <sup>-4</sup>	80	80	16
kiabálás (1,5m), áthaladó metrószereplvény	ff (fortississimo), 2 órán túli halláskárosodás			90	32
nagyon zajos üzem	nagyon hangos			100	64
légalapács	nagyon hangos	0,1	110	110	128
diszkó (a hangfalnál), ordítás a fülbe (20cm)	éppen elviselhető	10	130	120	256
sugarhajtsú repülőgép (közeli), légóttalmi	fájdalomküszöb	10 <sup>2</sup>	150	130	512
taketa, puskalövés (a fül mellett)	dobhárnyarepedés	10 <sup>6</sup>	190	180	180

Hangterek	Hangnyomás P <sub>eff</sub> [Pa]	Hangnyomásszint L <sub>p</sub> [dB]
hallásküszöb (f=1000Hz)	2*10 <sup>-5</sup>	0
hangstúdió háttérzaja	2*10 <sup>-4</sup>	20
csendes lakóterjedő, ijjel	2*10 <sup>-3</sup>	40
közepes hangos beszélgetés (étteremben)	2*10 <sup>-2</sup>	60
forgalmas út (közeli)	0,2	80
benzinmotoros gépjármű, közeli (0,5m), szabadter	6,3	110
felszálló sugárhajtóműves repülőgép 10m	63	133
100mm-es katonai löveg, elütésekör	630	150



## Zajosság

A zaj terhelés hatása.

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

$$\text{A zajosság szint } L_z = 40 + \log_2 Z \text{ [PNdB]}$$

[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.

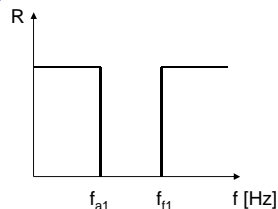
Ahol „R” a szűrő elméleti ellenállása (alsó-felső frekvencia határ):  
Illetve csak az  $f_{a1}$  és az  $f_{f1}$  frekvencia között enged át.

Az oktávsváv:

$$f_{\text{oktávsváv\_felső}} = 2f_{\text{oktávsváv\_alsó}}$$

$$f_{\text{oktávsváv\_közép}} = \sqrt{f_{\text{oktávsváv\_alsó}} * f_{\text{oktávsváv\_felső}}}$$

$$f_{\text{oktávsváv\_közép}} = \sqrt{2}f_{\text{oktávsváv\_alsó}} = \frac{f_{\text{oktávsváv\_felső}}}{\sqrt{2}}$$

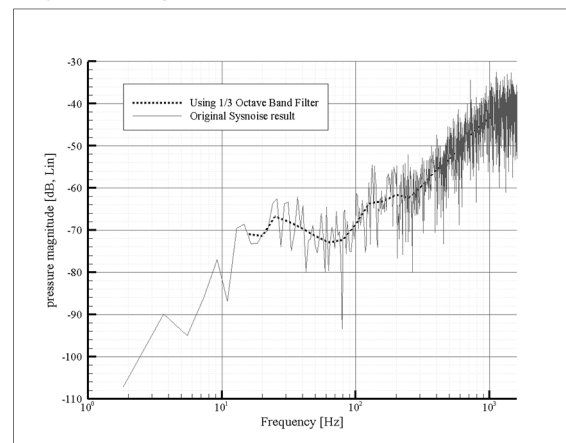


Nemzetközi szabvány f oktávsváv középfrekvenciák [Hz], a hallható tartományban: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1k; 2k; 4k; 8k; 16k (10db)



### Kitérő #3 - A jelek szűrése

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



### Kitérő #2 - Tercsváv

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

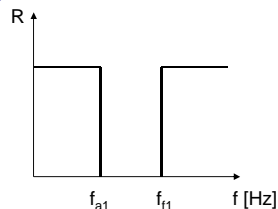
Ahol „R” a szűrő elméleti ellenállása (alsó-felső frekvencia határ):  
Illetve csak az  $f_{a1}$  és az  $f_{f1}$  frekvencia között enged át.

A harmadoktávsváv (tercsváv):

$$f_{\text{tercsváv\_felső}} = \sqrt[3]{2}f_{\text{tercsváv\_alsó}}$$

$$f_{\text{tercsváv\_közép}} = \sqrt{f_{\text{tercsváv\_alsó}} * f_{\text{tercsváv\_felső}}}$$

$$f_{\text{tercsváv\_közép}} = \sqrt[6]{2}f_{\text{tercsváv\_alsó}} = \frac{f_{\text{tercsváv\_felső}}}{\sqrt[6]{2}}$$



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



### 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:

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

B: a beszéd sávszintje

Z: a zaj sávszintje

i-dik oktávsvávban 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**

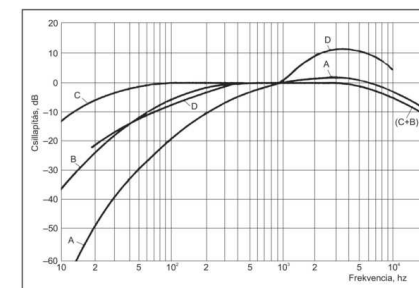
$\Delta_i$ : a beszédhangnyomásszint csúcsok és a zavaró zajszint különbsége dB-ben.

$f_m$ [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



### Akusztikai szűrők



„A” súlyozó szűrő (A-weighting): A zaj emberre gyakorolt hatásának jellemzésére szabványosan az A-hangnyomásszintet alkalmazzuk. Az azonos hangosságú szint-görbékéből vezettek 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)]



### Beszédérthetőség #3, beszédzavarási szint

A mindennapi életben használt összefüggés.

A beszédzavarási szint három oktávsvárra vonatkozóan a számtani középérték.

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

Jó irányértékként alkalmazhat az érthetőségre:

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



### Egyenértékű hangnyomásszint

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

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

Az A-súlyozott mérések esetén az egyenértékű A-hangnyomásszint adódik  $L_{\text{Aeq}}$  [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 keresztvezédesre 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



## 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.) Kvm-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,
- ...



## Közúti zaj mérése #2

Ld. Mérési útmutató, MSz, jk.

Egyenértékű hangnyomásméret:

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 hangnyomásméret

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

$$L'_{AeqM1} = 15,0 + 10 \lg Q_{M1} + 16,7 \lg v_{M1}$$

$$L'_{AeqM2} = 17,3 + 10 \lg Q_{M2} + 19,0 \lg v_{M2}$$

$$L'_{AeqM3} = 13,2 + 10 \lg Q_{M3} + 16,7 \lg v_{M3}$$

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



## Határértékek #1

A közlekedéstől származó zaj terhelési határértékei a zajtől védendő területeken

	Zajtól védendő terület	Határérték ( $L_{TH}$ ) az $L_{Aeq}$ megítélési szintre (dB)					
		Kiszolgáló úttól, lakóterület származó zajra		Az országos közúthálózatba tartozó mellékutakról, a települési önkormányzat tulajdonában lévő gyűjtőutakról és külterületi kiserőutakról, a vasúti mellékvonalokról és pályaudvarokról, a repülőtérrel, illetve a nem nyilvános fél- és leszállóhelyektől** származó zajra		Az országos közúthálózatba tartozó gyorsforgalmi utakról és főutakról, a települési önkormányzat tulajdonában lévő behatárolt gyorsforgalmi utakról, behatárolt községi főutakról és behatárolt másodrendű főutakról, az autópálya-pályaudvarokról, a vasúti fővonalokról és pályaudvarokról, a repülőtérrel, illetve a nem nyilvános fél- és leszállóhelyektől*** származó zajra	
		nappal 06-22 óra	éjtel 22-06 óra	nappal 06-22 óra	éjtel 22-06 óra	nappal 06-22 óra	éjtel 22-06 óra
1.	Üdülőtérrel, különleges területek közel az egészségtudományi terület	50	40	55	45	60	50
2.	Lakóterület (kiszárvásias, kertvárosias, falusias, telepvezérvonal beépítési), különleges területek közel az oktatási létesítmények területén, és a termékek, a zöldségterület	55	45	60	50	65	55
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítési), 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 ( $L_{Aeq}$ ) az $L_{eq}$ megítélési szintre (dB)	
		nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra
1.	Köstermek és betegszobák	35	30
2.	Tantermek, előadótermek oktatási intézményekben, foglalkoztató termek, hálóhelyiségek bölcsődékben és óvodákban	40	-
3.	Lakószobák lakóépületekben	40	30
4.	Lakószobák szállodákban és szálló jellegű épületekben	45	35
5.	Élkezési/konyha, étkezési/helyiség lakóépületekben	45	-
6.	Szállodák, szálló jellegű épületek, kintósági lakóépületek közös helyiségei	50	-
7.	Éttermek, eszpresszók	55	-
8.	Nagy- és kiskereskedelmi épületek eladóterei, vendéglátó helyiségei, a váróterem	60	-



## EU projektek

...  
 6<sup>th</sup> Framework Programme 2002-2006 (total € 18 billion)  
 7<sup>th</sup> Framework Programme 2006-2010  
 Clean Sky Transport / Aeronautics € 4.1 billion  
 VITAL Project (acoustic, aerodynamics, material engineering)  
 ...

Nyitott szemmel járni!  
 Pályázatok



## 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 haladjon meg a 65dB(A)-t és a zaj a 85dB(A)-t
- Az éjszakai  $L_{Aeq} = 55-65$ 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 gépi 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.



## Tanszéki lehetőségek,

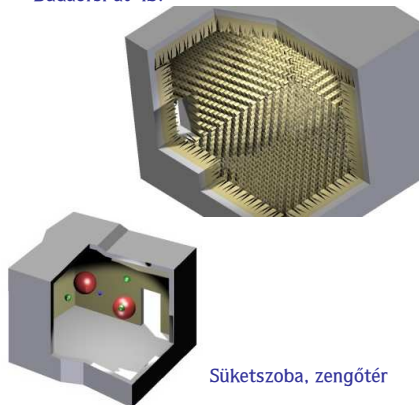
A tanszék segíthet az alábbi konzultálásban:

- Diplomatervezés
  - 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



## Elérhetőségek

BME Áramlástan Tanszék  
AE épület 1. emelet 12. szoba  
463 3465

Majd: [www.ara.bme.hu/~nagy](http://www.ara.bme.hu/~nagy) (teaching, akusztika)  
[nagy@ara.bme.hu](mailto:nagy@ara.bme.hu)

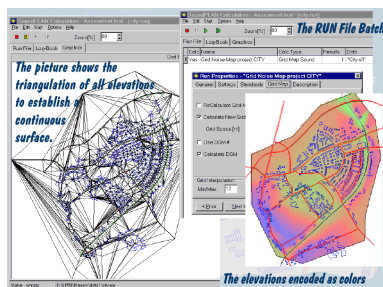
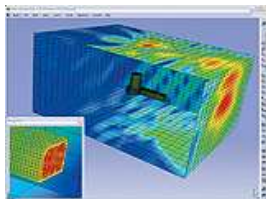
### Szakirodalom

- [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>



## Akusztikai kutatások (szimuláció)

SoundPlan, [www.soundplan.com](http://www.soundplan.com)  
Sysnoise (VirtuaLab), [www.lmsintl.com](http://www.lmsintl.com)  
Ansys Fluent [www.fluent.com](http://www.fluent.com)



## SoundPlan 7

Nagy László

Zajterképek

SoundPlan: [www.soundplan.com](http://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)
  
- Lden (Leqegyenértű)
- Ld (Lnapal)
- Ln (Léjeli)

<http://www.soundplan.eu/english>



## 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 Őszirozsa utca határolja.



Barcsay Blanka: Zajtérkép vizsgálata térinformatikai környezetben (2012)

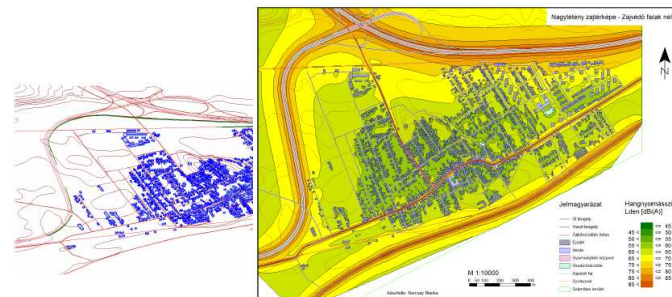
2



## 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](http://www.maps.google.hu) internetes oldalról (továbbiakban Google Maps) kerestem meg. Itt található a Google által fejlesztett ingyenesen használható internetes térképszolgáltatás.



Barcsay Blanka: Zajtérkép vizsgálata térinformatikai környezetben (2012)

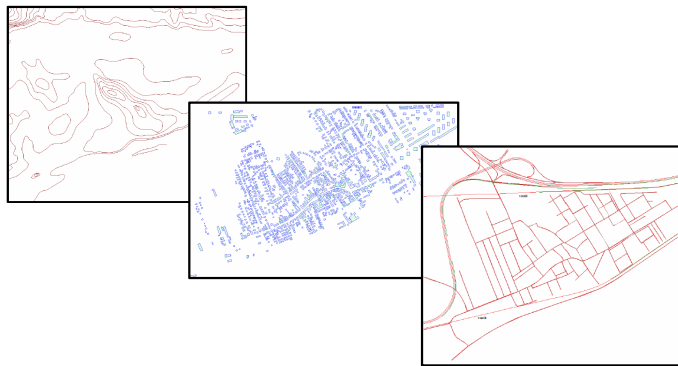
2



## 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.



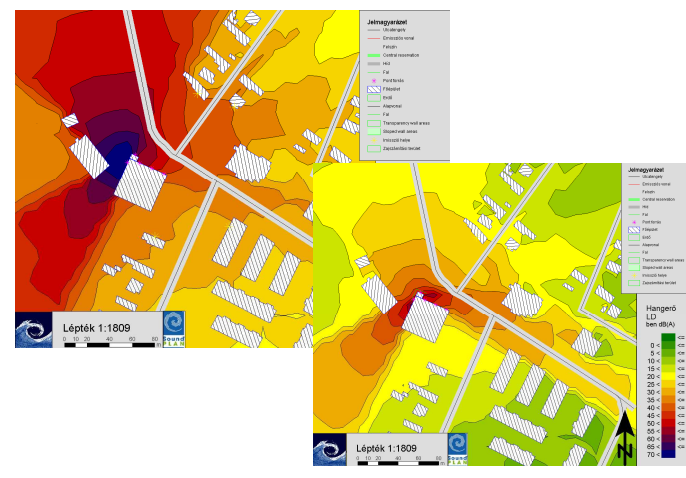
Barcsay Blanka: Zajtérkép vizsgálata térinformatikai környezetben (2012)

2



## SoundPlan 7

Zajcsökkentés



Nagy László, Koscsó Gábor Zajcsökkentés ipari környezetben (2009)

2