

# 1. Rezgéstani és hangtani alapok

## 1.1. Általános ismeretek

A hang jellemzésére használt gyakoribb megnevezések a következők:

– **frekvenciája szerint:**

– **infrahang:**  $f \leq 16 \text{ Hz}$  pl. ventilátorok, légörvények, gépjárművek, kis fordulatszámú gépek,

– **hallható hang:**  $16 \text{ Hz} < f < 16 \text{ kHz}$

– **ultrahang:**  $f \geq 16 \text{ kHz}$  pl. ultrahangos alkatrésztisztítás,

– **intenzitása szerint:**

– **küszöbalatti hang:**  $I < 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

– **hallható hang:**  $10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \leq I \leq 10^1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

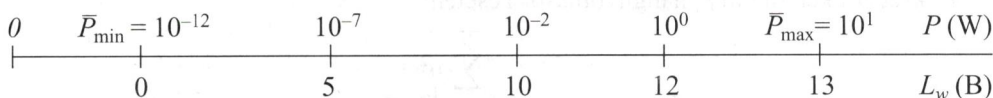
– **szuperhang:**  $I > 10^1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

A **szint** valamely (általában energiajellegű, vagy azzal arányos) mennyiség ( $X$ ) és ugyanezen mennyiség egy adott, ún. vonatkoztatási (referencia-) értéke ( $X_0$ ) hányadosának logaritmusával:  $L = k \cdot \log_a \frac{X}{X_0}$ .

Ha a  $k = 1$  és az  $a = 10$  értékeket választjuk, akkor:  $L = \lg \frac{X}{X_0}$  (bel = B).

Fontos, hogy a szint – mint azonos mennyiségek hányadosa – dimenzió nélküli mennyiség (lásd az M.4. mellékletet), de annak kifejezésére, hogy a lehetséges változatok közül az  $a = 10$  változatot használjuk, mégis adunk mértékegységet: ez a bel, a jele: B.

Ha  $X = P$ , és  $X_0 = P_0 = \bar{P}_{\min} = 10^{-12} \text{ W}$ , vagyis az emberi fül alsó hallásküszöbének átlagértéke, akkor a hangteljesítményszint:  $L_w = \lg \frac{P}{P_0}$  (B) (1.1.1. ábra).



1.1.1. ábra. A hangteljesítmény és a hangteljesítményszint skálája

Az 1.1.1. ábra azt mutatja, hogy – mivel az emberi fül felső küszöbértékének (a fájdalomküszöbnek) átlagértéke  $\bar{P}_{\max} = 10 \text{ W}$  – egy 0–13 B terjedelmű hangteljesítményszint-skála lefedi a teljes hangérzékelést (hallástartományt). Ezért – az  $a = 10$  megtartásával – célszerű áttérni a  $k = 10$  értékre, és így

$$L_w = 10 \cdot \lg \frac{X}{X_0} \text{ (dB)}, \text{ illetve } L_w = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} = 10 \cdot \lg P + 120 \text{ (dB)}.$$

Felhasználva a hangintenzitás és a hangteljesítmény közötti  $I = \frac{P}{S}$  összefüggést (lásd az M.2. mellékletet), felírható a **hangintenzitásszint** is:

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \text{ (dB)}, \text{ ahol értelemszerűen } I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Amennyiben figyelembe vesszük a hangintenzitás és a hangnyomás közötti  $I = K \cdot p^2$  összefüggést (lásd az M.2. mellékletet), akkor felírható a **hangnyomásszint** is:

$$L_p = 10 \cdot \lg \left( \frac{P}{p_0} \right)^2 \text{ (dB)}, \text{ illetve } L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{p_0} \text{ (dB)},$$

ahol a vonatkoztatási (referencia-) érték – mint önkényesen, de célszerűen választott nullapont, azaz vonatkoztatási hangnyomás ( $p_0$ ) – nagysága:  $p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Megjegyzés: Célszerű tudatosítani, hogy a szintskála egy önkényes nullapontú, azaz 3. típusú skála (lásd az M.4.2. táblázatot), és így a mennyiségek bármelyik célszerűen választott értéke lehet nullapont, azaz vonatkoztatási érték. Másként fogalmazva: ezzel a skálával két hangteljesítmény, hangintenzitás stb. értéke közötti szintkülönbséget közvetlenül dB-ben számíthatjuk.

A hangintenzitás és a hangnyomás közötti összefüggés figyelembevételével a levegő fizikai normálállapotára ( $\rho_0 = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $c_0 = 332 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) felírható, hogy  $p_0^2 = I_0 \cdot \rho_0 \cdot c_0 = 10^{-12} \cdot 428,3 \text{ J} \cdot \text{Pa} \cdot \text{m}^{-3} = 4,283 \cdot 10^{-10} \text{ N}^2 \cdot \text{m}^{-4}$ , vagyis  $\rho_0^* = 2,07 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ . Ezzel a hangnyomás- és a hangintenzitásszint közötti különbség:

$$L_p - L_I = 20 \cdot \lg \frac{P}{p_0} - 20 \cdot \lg \frac{P}{p_0^*} = 20 \cdot \lg \frac{p_0^*}{p_0} = 20 \cdot \lg 2,07/2 = 0,298 \approx 0,3 \text{ dB},$$

amit a gyakorlatban elhanyagolunk, azaz  $L_p \approx L_I$ .

Általános alakban felírva:  $L_p - L_I = 10 \cdot \lg \frac{\rho \cdot c}{400}$ . (Esetünkben:  $10 \cdot \lg \frac{428,3}{400} = 0,297 \text{ dB}$ .)

Mivel a hang az olyan környezeti tényezők közé tartozik, amelyeknél a hatás a tényező energiájával arányos, így a hangnyomásszintre felírt összefüggésben mindig a **négyzetes középérték (r.m.s.-érték)** szerepel:

– diszkrét értékek (adott  $p_i$  hangnyomások) esetén:

$$\overline{p^2} = r.m.s. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i^2}{n}} \text{ (Pa)},$$

– a hangnyomás  $p(t)$  egyértékű függvényénél a  $t_2 - t_1 = T$  időtartamra:

$$\overline{p^2} = r.m.s. = \bar{p} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt} \text{ (Pa)}$$

A zaj- és rezgésvédelem gyakrabban használt szintmennyiségeit az 1.1.1. táblázat tartalmazza.

**1.1.1. táblázat.** A gyakrabban használt szintmennyiségek

Megnevezés	Képlet	Vonatkozó érték (referencia)
Hangteljesítményszint	$L_W = 10 \cdot \lg P/P_0$	$P_0 = 10^{-12} \text{ W}$
Hangintenzitás szint	$L_I = 10 \cdot \lg I/I_0$	$I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Hangnyomásszint	$L_p = 10 \cdot \lg (p/p_0)^2 = 20 \cdot \lg p/p_0$	$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$
Rezgésgyorsulásszint	$L_a = 20 \cdot \lg a/a_0$	$a_0 = 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Rezgésebességszint	$L_v = 20 \cdot \lg v/v_0$	$v_0 = 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Adatközlés, pl.: „A hangteljesítményszint 82 dB (re $10^{-12} \text{ W}$ ).”		

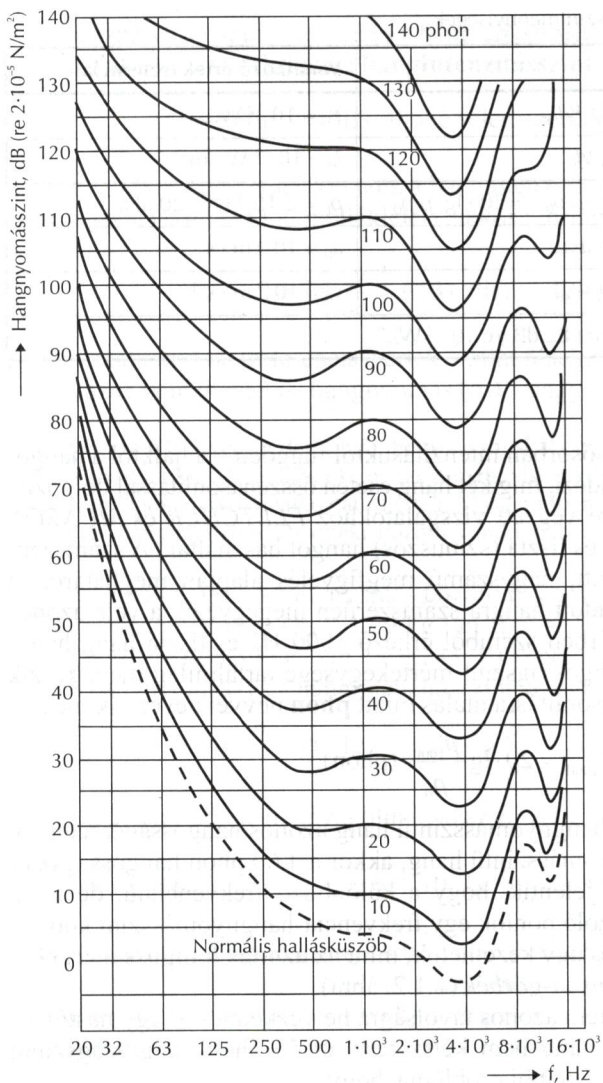
Az ember az egyes hangokat elsősorban intenzitásuktól függően – a halktól a hangosig – a **hangosságérzet** alapján rendezi, míg két hang esetén összehasonlítással dolgozik. Az összehasonlítás megismerésére végzett vizsgálatokhoz **FLETCHER** és **MUNSON** vonatkoztatási értéként 1000 Hz-es tiszta (szinuszos) hangot használtak. A számszerű jellemző a szint alakban megadott, nagyszámú megfigyelés alapján meghatározott **hangosság szint**, amely bármely adott hangra számszerűen megegyezik a vele azonos hangosságérzetű, a szabad hangtérben szemből érkező 1000 Hz-es tiszta hang hangnyomásszintjével (dB). Az  $L_N$  hangosság szint mértékegysége tartalmilag megegyezik a dB-lel, de a (szubjektív) összehasonlításra utalás miatt **phon** névvel nevezzük meg:

$$L_N = L_{1000} = 20 \cdot \lg \frac{P_{1000}}{P_0} \text{ (phon).}$$

Például, ha a 125 Hz-es 65 dB hangnyomásszintű hang azonos hangosságérzetet ad, mint az 1000 Hz-es 60 dB hangnyomásszintű hang, akkor azt 60 phon hangosság szintűnek mondjuk. Az eddigiek azt jelentik, hogy a különböző frekvenciájú, de kellő hangnyomásszintű hangokat ábrázoló pontok egy frekvencia-hangnyomásszint koordináta-rendszerben összeköthetők, és úgy kezelhetők, mint az **azonos hangosságérzetek görbéi** – ezek az ún. *Fletcher–Munson-görbék* (1.1.2. ábra).

Lényeges, hogy ezek a görbék nem azonos távolságra helyezkednek el egymástól, és így a 100 phon hangosság szintű hang nem kétszerese az 50 phon hangosság szintű hangnak. Alkalmazásukat tekintve további probléma, hogy  
– a gyakorlatban igen ritkán fordulnak elő tiszta hangok, továbbá  
– nem határozható meg velük kettőnél több hangforrás eredő hangossága.

Egy adott,  $f_f$  felső, és egy adott  $f_a$  alsó frekvenciájú hang esetén a kettő közötti távolság, az ún. **frekvenciaköz (hangköz)** a  $H = \log_2 \frac{f_f}{f_a}$  összefüggéssel adható meg. Tehát újra egy önkényes nullapontú, azaz 3. típusú skálát (lásd az M.4.2. táblázatot) használunk. Az összefüggés átalakításával:  $H = \lg \frac{f_f}{f_a} \cdot \frac{1}{\lg 2} \approx 3,322 \lg \frac{f_f}{f_a}$  (oktáv).  $H = 1$  oktáv akkor, ha  $\lg \frac{f_f}{f_a} = \lg 2$ , azaz  $\frac{f_f}{f_a} = 2$ .



**1.1.2. ábra.** A frekvencia és a hangosság közötti összefüggés 1000 Hz-től eltérő frekvenciákon (az azonos hangosságérzetek görbéi, az ún. Fletcher–Munson-görbék)

Az **oktáv-sáv középfrekvenciája** a mértani (geometriai) középértékként értelmezett frekvencia, vagyis  $f_k = f_f \cdot f_a = \sqrt{2} \cdot f_a = 1,41 \cdot f_a$ . A kezdő frekvencia 22,4 Hz, így az első oktáv-sávban:  $f_k = 31,5$  Hz.

A **tercsáv (harmadoktáv-sáv)** az oktáv-sáv egyharmadának megfelelő frekvencia-köz (sávköz, sáv szélesség). Ha, pl. az első oktáv-sávot vesszük, akkor ennek

– első tercsáv-jában  $f_{k1} = \frac{31,5}{\sqrt[3]{2}} = 25$  Hz,

– a másodikban  $f_{k2} = 31,5$  Hz, végül

– a harmadikban  $f_{k3} = 31,5 \cdot \sqrt[3]{2} = 40$  Hz.

Fentiekből értelemszerű, hogy mind az oktáv-, mind a tercésávokra érvényes az  $\frac{f_f - f_a}{f_k}$  hányados állandósága.

Az oktáv- és a tercésáv-középfrekvenciák szokásos értékeit az 1.1.2. táblázat tartalmazza.

1.1.2. táblázat. A szokásos középfrekvenciák és az A-súlyozás értékei

Oktáv- közép- frekvencia (Hz)	Tercés- közép- frekvencia (Hz)	$A_i$ A-súlyozási érték (dB)	Oktáv- közép- frekvencia (Hz)	Tercés- közép- frekvencia (Hz)	$A_i$ A-súlyozási érték (dB)
31,5	25	-44,7	1 000	800	-0,8
	31,5	-39,4		1 000	0
	40	-34,6		1 250	0,6
63	50	-30,2	2 000	1 600	1,0
	63	-26,2		2 000	1,2
	80	-22,5		2 500	1,3
125	100	-19,1	4 000	3 150	1,2
	125	-16,1		4 000	1,0
	160	-13,4		5 000	0,5
250	200	-10,9	8 000	6 300	-0,1
	250	-8,6		8 000	-1,1
	315	-6,6		10 000	-2,5
500	400	-4,8	16 000	12 500	-4,3
	500	-3,2		16 000	-6,6
	630	-1,9		20 000	-9,3

## 1.2. Hangterjedés

### 1.2.1. Hangerjedés szabad hangtérben

Egy adott hangforrás által a szabad tér valamely pontjában létrehozott hangnyomásszint a pont és a hangforrás távolságától, valamint a hangterjedést az adott szakaszon befolyásoló tényezőktől (a domborzati viszonyoktól, a terepfelszín anyagától, a növényzettől, az épületektől, időjárástól stb.) függ.

Három alaptípusú hangforrás különböztethető meg: pontszerű, vonalszerű és felületi.

#### Pontszerű hangforrás

A pontszerű hangforrás a fizikában gyakran alkalmazott ideális esetek (pontszerű tömeg, pontszerű fényforrás stb.) egyike, és olyan hangforrást értünk alatta, amely a tér minden iránya felé, egyenletesen sugározza ki a hangenergiát gömbhullámok alakjában. Tehát egy – bármelyik irányban –  $r$  távolságra lévő pontban az ún. gömbsugárzó hangintenzitása:

$$I_g = \frac{P}{S} = \frac{P}{4 \cdot r^2 \cdot \pi} \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}.$$

Azonban legtöbb hangforrás nem ideális, azaz nem gömbösugárzó, hanem bizonyos irányítottság, számszerűen az egyes irányokra vonatkozó  $D$  **irányítási tényező** jellemzi (lásd az M.2. mellékletet). Ezzel a hangintenzitás általános esetben:  $I = \frac{D \cdot P}{4 \cdot r^2 \cdot \pi}$  ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

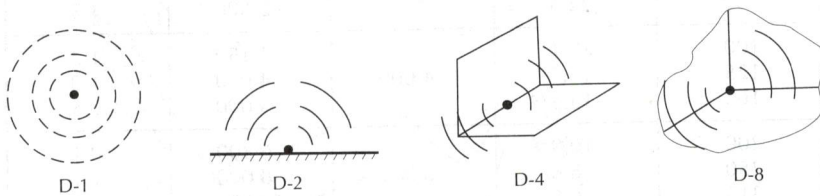
Áttérve a szintmennyiségekre:  $10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg D + 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0} - 20 \cdot \lg r - 10 \cdot \lg 4\pi$ , illetve

$$L_I = L_W + 10 \cdot \lg D - 20 \cdot \lg r - 11 \text{ (dB)}.$$

Felhasználva az 1.1. alfejezetben tárgyalt  $L_p - L_I \approx 0,3 \text{ dB}$ , illetve  $L_p \approx L_I$  összefüggést:

$$L_p = L_W + 10 \cdot \lg D - 20 \cdot \lg r - 11 \text{ (dB)}.$$

A  $D$  irányítási tényező értékét a hangforrás elhelyezésével befolyásolt terjedési felület néhány jellegzetes esetére az 1.2.1. ábra mutatja.



**1.2.1. ábra.** A hangterjedési felület befolyása a hangintenzitásra

A dimenzió nélküli  $D$  irányítási tényezőre felírt összefüggést átalakíthatjuk, amennyiben az intenzitások helyett a megfelelő térszögekkel számolunk:

$$D = \frac{I}{I_g} = \frac{\frac{1}{\Omega}}{\frac{1}{4 \cdot \pi}} = \frac{4 \cdot \pi}{\Omega} \geq 1.$$

Amennyiben képezzük  $K_\Omega = 10 \cdot \lg \frac{4\pi}{\Omega} = 10 \cdot \lg D$  értéket, akkor dB-skálán kapjuk az irányítási tényező értékét – amint ez a hangnyomásszintre az előbb felírt összefüggésben is szerepel –, és számszerűen azt adja meg, hogy a hangforrás közelében lévő felületek milyen mértékben növelik a lesugárzást. Az 1.2.1. táblázat az 1.2.1. ábra szerinti négy jellegzetes elrendezés esetére tartalmazza  $\Omega$ ,  $10 \cdot \lg \Omega$ ,  $D$  és  $K_\Omega$  értékét.

A hangnyomásszintre az előbb felírt összefüggésben szereplő  $(-20 \cdot \lg r)$  tagnak az  $r_0 = 1 \text{ (m)}$  értékkel  $(-20 \cdot \lg \frac{r}{r_0})$  alakba történő átírása után jól látható, hogy a hang-

1.2.1. táblázat.  $D$ ,  $\Omega$  és  $K_\Omega$  értéke négy jellegzetes elrendezés esetén

A hangforrás elhelyezése	$\Omega$ (sr)	$10 \cdot \lg \Omega$	$D$ (-)	$K_\Omega$ (dB)
Felület felett magasan, vagy attól távol, szabadon (térben: gömbsugárzó)	$4\pi$	11	1	0
Felületen vagy közvetlenül felette, vagy alatta (padlón, oldalfal felületén, mennyezet alatt: félgömb-sugárzó)	$2\pi$	8	2	3
Két egymásra merőleges felület (pl. padló és oldalfal) metszés-vonalában vagy ahhoz igen közel: negyedgömb-sugárzó)	$\pi$	5	4	6
Három egymásra merőleges felület (pl. padló és két oldalfal) találkozásánál, illetve ahhoz igen közel: nyolcadgömb-sugárzó)	$\pi/2$	2	8	9

forrástól való távolság megkétszerezésével a hangnyomásszint 6 dB-lel csökken, ugyanis

$$-20 \cdot \lg \frac{r}{r_0} = -20 \cdot \lg \frac{2 \cdot r_0}{r_0} = -20 \cdot \lg 2 = -6 \text{ dB.}$$

Az összefüggés általános alakban is felírható:

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) - 20 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1} \text{ (dB), ahol } r_2 > r_1$$

### Vonalszerű hangforrás

Vonalszerű hangforrásról akkor beszélünk, ha a forrás egyik lineáris mérete ( $l$ ) jelentős (pl. csővezeték, légcsatorna, bizonyos esetekben a közlekedési nyomvonal). Ilyenkor a hangforrás egy  $l$  hosszúságú hengerként képzelhető el, amelynek hangteljesítményét egységnyi hosszúságra vonatkoztatva adjuk meg: ( $W \cdot m^{-1}$ ), és a hangintenzitás:

$$I = \frac{D \cdot P' \cdot l}{S} = \frac{D \cdot P' \cdot l}{2 \cdot r \cdot \pi \cdot l} = \frac{D \cdot P'}{2 \cdot r \cdot \pi} \text{ (W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}.$$

Áttérve a szintmennyiségekre:  $10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg D + 10 \cdot \lg \frac{P'}{P_0} - 10 \cdot \lg r - 10 \cdot \lg 2\pi$ , illetve

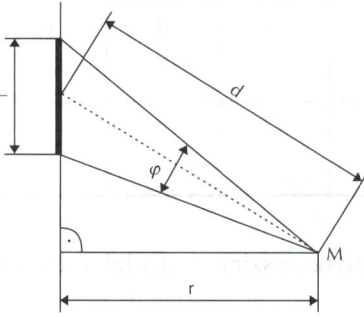
$$L_p = L'_w + 10 \cdot \lg D - 10 \cdot \lg r - 8 \text{ (dB).}$$

Az összefüggésben szereplő ( $-10 \cdot \lg r$ ) tagnak az  $r_0 = 1$  (m) értékkel ( $-10 \cdot \lg \frac{r}{r_0}$ ) alakba való átírása után jól látható, hogy a hangforrástól való távolság megkétszerezésével a hangnyomásszint 3 dB-lel csökken, ugyanis  $-10 \cdot \lg \frac{r}{r_0} = -10 \cdot \lg \frac{2 \cdot r_0}{r_0} = -10 \cdot \lg 2 = -3 \text{ dB.}$

Az összefüggés általános alakban is felírható:

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) - 10 \cdot \lg \frac{r_2}{r_1} \text{ (dB)}, \quad \text{ahol } r_2 > r_1.$$

Vannak olyan vonalszerű sugárzók is, amelyek nem tekinthetők koherensnek. Pl. ilyen egy elhaladó vonat, amely azonos sebességgel mozgó zajforrások sorozata, és a kis távolságban lévő észlelő képes is megkülönböztetni őket.



1.2.2. ábra. Véges hosszúságú vonalszerű hangforrás

A gyakorlatban a véges hosszúságú vonalszerű hangforrást (lásd az 1.2.2. ábrát) is egyedi (azaz pontszerű) hangforrásnak kell tekinteni, ha annak mértani középpontjától az észlelési pontig ( $M$ ) mért távolság ( $d$ ) legalább kétszer akkora, mint a hangforrás legnagyobb lineáris mérete ( $l$ ), vagyis teljesül a  $d \geq 2 \cdot l$  feltétel. Hasonlóképpen kell eljárni hangforráscsoport esetén is, ha

- a csoport egyes hangforrásainak hangteljesítménye közel egyenletesen oszlik meg, és
- az egyes hangforrások és az észlelési pont közötti terjedés közel azonos, és
- az egyes hangforrások megközelítőleg irányfüggetlen sugárzók, és
- a hangnyomásszint csökkenése a csoporton belül elhanyagolható.

Ha az említett feltételek nem teljesülnek, akkor a csoportot kisebb részekre kell osztani.

### Felületi hangforrás

Felületi hangforrásról akkor beszélünk, ha a forrásnak egy nézeti felületen lévő két lineáris mérete jelentős, és két jellegzetes alakot említhetünk, nevezetesen a kör és a derékszögű négyszög alakot (pl. üzemsarnok téglalap alakú, nagy méretű üvegezett oldalafa). Az ilyen felületeknél integrálszámítással határozható meg a hangintenzitás.

**A szabad téri hangterjedést további tényezők is befolyásolják.** A hangforrástól  $r$  távolságban lévő terhelési pont hangnyomásszintje ( $L_t$ ) a következő általános összefüggéssel számítható:

$$L_t = (L_W + K_\Omega + K_{ir}) - (K_d + \Sigma K) \text{ (dB)},$$

ahol  $L_W$  – a hangforrás kibocsátási hangteljesítményszintje (dB),

$K_\Omega$  – a hangforrás irányítási tényezője (dB),

$K_{ir}$  – a hangforrás egyedi tulajdonságait figyelembe vevő irányítási index (dB),

$K_d$  – a gömb sugárzó hangforrás terjedési viszonyait figyelembe vevő tényező, tulajdonképpen a  $(-20 \cdot \lg r)$  értéke (dB),



$\Sigma K$  – az összes többi hangnyomásszint-csökkenést okozó hatást, nevezetesen

- a levegő csillapító hatását,
- a talaj és a talajközeli meteorológiai viszonyok miatti csillapítást,
- a növényzet csillapító hatását,
- a beépítettség miatti szintcsökkenést,
- az akadályok hangárnyékoló hatását

magában foglaló tényező (dB).

A számítás részletes szabályait szabványok (MSZ ISO 9613 sorozat, MSZ 15036) tartalmazzák.

A hangterjedési úton lévő akadály miatti járulékos hangnyomásszint-csökkenésre vonatkozóan lásd az M.2. mellékletet.

Az M.3. melléklet néhány ábrát tartalmaz a szabadtéri hangterjedéshez.

## 2. Zajvédelem

### 2.1. A zaj fogalma és jellemzése

A **zaj** olyan hangjelenség, amely

- egyrészt az adott személy számára az adott körülmények között, és az adott időszakban (pl. zenehallgatás, alvás, pihenés a lakásban vagy a kertben, üdülőben) – tehát szubjektíve – kellemetlen, zavaró, illetve teljesítménycsökkentő hatású (pl. tanulás, munka esetén), és ezzel a megközelítéssel az előbbi esetben a komfortelmélet, illetve a környezetvédelem, az utóbbi esetben az ergonómia foglalkozik,
- másrészt személy halláskárosodását okozhatja – vagyis objektíve, még akkor is, ha az adott személy ezt a zajt az adott körülmények között és az adott időszakban szubjektíve nem érzi kellemetlennek –, és ezzel a megközelítéssel általában az egészségvédelem, a szervezett munkavégzés keretei között a munkavédelem foglalkozik.

A meghatározásból egyértelmű, hogy:

1. A zaj mindig csak személlyel (az emberrel) kapcsolatban, csak az emberre – bizonyos esetekben, pl. az állattartásban, a haszonállatokra – vonatkoztatva értelmezhető.
2. A zaj mindig hang, de nem minden hang zaj – a minősítés nem természettudományi (azaz nem fizikai törvény, illetve szabály), hanem emberi, vagyis szubjektív, illetve jogszabályi megítélés. Még a „halláskárosodás” is emberi minősítés, mint tudatos cselekvés.

A következőkben a zaj jellemzésére használt gyakoribb megnevezéseket és mennyiségeket tárgyaljuk.

A **zaj/zajeseemény megfigyelési időtartamon belüli jellemzésére** használt gyakoribb megnevezések a következők:

– **lefutása szerint:**

- **folytonos:** az időbeli megszakítások nélküli zaj; ezen belül
  - **periódusos (periodikus, ciklikus):** a periódusosan ismétlődő zaj,
  - **szakaszos (időszakos):** az időbeli megszakításokkal, csak időszakonként fellépő zaj,
  - **egyszeri:** egyetlen alkalommal jelentkező zaj/zajeseemény,

– **időtartama szerint:**

- **impulzusos:** 1 s-nál rövidebb időtartamú hangenergia-csomagok sorozatából álló zaj; számszerű jellemzésére az *impulzuszaj-mutató* (az *impulzusosság*) használatos (lásd a 2.4.3. szakaszban); ezen belül
  - **egyedi hangenergia-csomagok:** ha az egyes hangenergia-csomagok közötti szünetek 0,2 s-nál hosszabbak,
  - **kváziimpulzusos:** ha a közel azonos szintértékű hangenergia-csomagok közötti szünetek 0,2 s-nál rövidebbek,

– **tartós:**  $1 \text{ s} \leq t \leq 60 \text{ s}$

– **hosszú idejű:**  $t > 60 \text{ s}$

– **szintje szerint:**

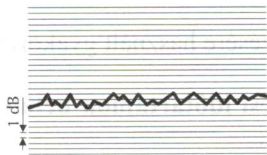
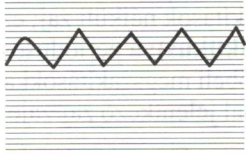
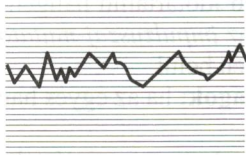
- **állandó (állandó szintű):** elhanyagolhatóan kis (a szakmai gyakorlat szerint legfeljebb 5 dB) szintváltozást mutató zaj,
- **nem állandó (változó, változó szintű):** nem elhanyagolható szintváltozásokat mutató zaj, ezen belül
  - **ingadozó (fluktuáló):** folyamatosan változó szintű zaj,
  - **szaggatott (intermittáló):** amelynek szintje ismételtlen és hirtelen az alapzajra esik vissza, és az alapzajtól eltérő szint időtartama legalább 1 s, vagy amelynek szintje két különböző, de ismétlődően azonos szintű állapot között váltakozik,
- **színképe (spektruma)** (részhangjainak frekvencia szerinti megoszlása) **alapján:**
  - **tonális (vonalas):** egy vagy több, tisztán megkülönböztethető frekvenciájú hangból (ún. diszkrét hangból) álló zaj; ezen belül
  - **szinuszos (tisztahang):** egyetlen szinuszos jellegű hang (adott frekvencián),
  - **nem szinuszos:** alapfrekvencia és felharmonikusai,
- **keskeny sávú:** keskeny frekvenciatartományban folytonos színeképet mutató zaj,
- **széles sávú:** széles frekvenciatartományban folytonos színeképet mutató zaj,
- **vegyes:** részint tonális, részint folytonos színeképet mutató zaj.

Értelemszerű, hogy egy adott zajt általában több jellemzővel adunk meg, pl.

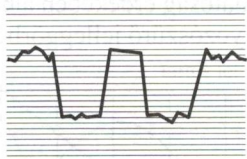
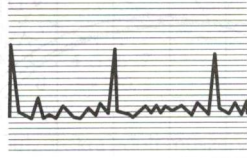
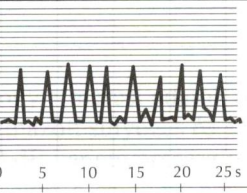
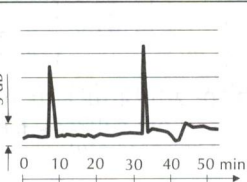
- folytonos lefutású, hosszú idejű, változó szintű, széles sávú hallható hang, vagy
- szakaszos lefutású, tartós idejű, állandó szintű, tonális hallható hang, vagy
- folytonos lefutású, hosszú idejű, állandó szintű ultrahang.

A 2.1.1. táblázat néhány jellegzetes zajtípust mutat.

**2.1.1. táblázat.** Jellegzetes zajtípusok a megfigyelési időtartamon belüli lefutás szerint

Zajtípus	Időbeli lefutás	Példa
1. Állandó (állandó szintű)		Ventilátorok Villamos motorok Szivattyúk
2. Periódusosan változó		Sorozatgyártás Felületcsiszolás
3. Nem periódusosan változó		Kézi munka Szerelés Hegesztés

2.1.1. táblázat. Jellegzetes zajtípusok a megfigyelési időtartamon belüli lefutás szerint (folytatás)

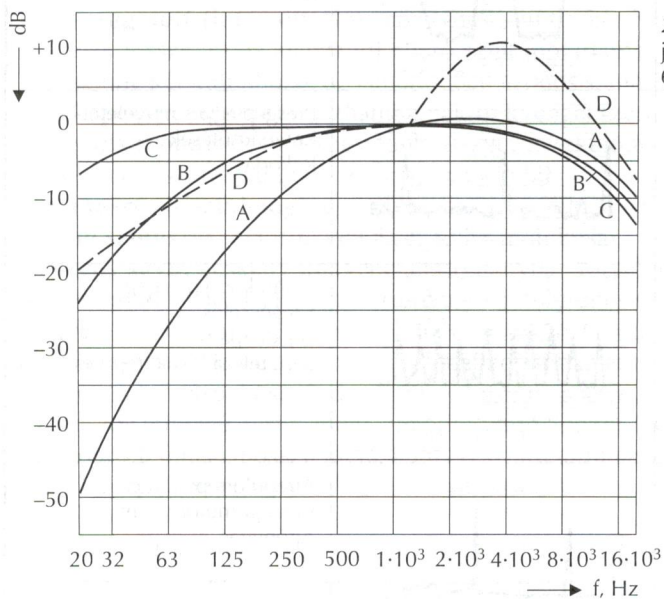
Zajtípus	Időbeli lefutás	Példa
4. Szaggatott (szakaszos, időszakos, intermittáló)		Kompresszor feltöltéskor Forgácsolás Lift
5. Egyes impulzusok		Présgép egyes műveletei Kalapácsütések Rakodás
6. Ismételt impulzusok		Önműködő présgép Szegecselés Légkalapács Sűrű felszállások (repülés)
7. Elkülönült zajcsúcsok		Átrepülő repülőgép Ritka járműforgalom Ajtónyitás

Az  $L_{pXY}$  súlyozott hangnyomásszint a zajmérő X frekvencia-jelleggörbéjű súlyozószűrőjével, illetve Y időállandójával meghatározott hangnyomásszint.

A fül frekvenciafüggő érzékelési jellemzőit, illetve a szubjektív értékelését figyelembe vevő **súlyozás X betűvel jelölt frekvencia-jelleggörbéjének megnevezése lehet A-, C- vagy Z-súlyozás:**

- az **A-súlyozás** a 40 phon hangosság szintet közelíti (az  $A_i$  súlyozás számértékeit az 1.2. táblázat tartalmazza),
- a **C-súlyozás** a 100 phonos hangosság szintet közelíti,
- a **Z-súlyozás (zéró-súlyozás)** (régi nevén **Lin.**) a hangszínképet változatlanul hagyja, vagyis változatlanul (azaz zéró csillapítással) engedi be a mérőcsatornába az „összes” frekvenciájú összetevőt. Így ebben az állásban mérhetünk akár 160–180 dB-es szintértéket is, anélkül, hogy fájdalmat éreznénk, ha a hangszínképben van(nak) pl. 16 Hz alatti hang(ok), amely(ek)et nem azonosítunk hangérzetként, mert infrahang(ok) – de a műszer méri,
- az **AU-súlyozás** a 10–40 kHz tartományra vonatkozik, és a hallható összetevő kimutatására szolgál ultrahang jelenléte esetén.

Megjegyezzük, hogy korábban használatos volt még a 70 phon hangosság szintet közelítő B-súlyozás, valamint a D-súlyozás, amelyek az előbbiektől lényegében abban különböznek, hogy 4000 Hz körül adott egy sajátos súlyozást, és a repülési zaj jellemzéséhez használták. Az összehasonlíthatóság érdekében a hallható hangok tartományára vonatkozó mindegyik – A...D – súlyozószűrő jelleggörbéjét a 2.1.1. ábra mutatja.



2.1.1. ábra. A súlyozószűrők jelleggörbéi [SMETANA, 1975, 61. p.]

A súlyozás tehát azon gondolat jegyében született, hogy az objektív jellemzőként mért hangnyomásszintet lehetőleg egyezzen meg a szubjektív hangosságszinttel. A mérés technika mai állása mellett azonban ezek a súlyozások ebből a szempontból elvesztették gyakorlati jelentőségüket, mert a különbségek nem elhanyagolhatók. Viszont a különböző frekvenciájú hangok kutatások által feltárt halláskárosító képességét leíró görbe – az ún. Szlavin-görbe – igen jól egyezik az A-súlyozás frekvenciamenetével, és ez indokolta teszi további használatát.

Így az A-súlyozású hangnyomással vett változat, vagyis az **A-hangnyomásszint**:

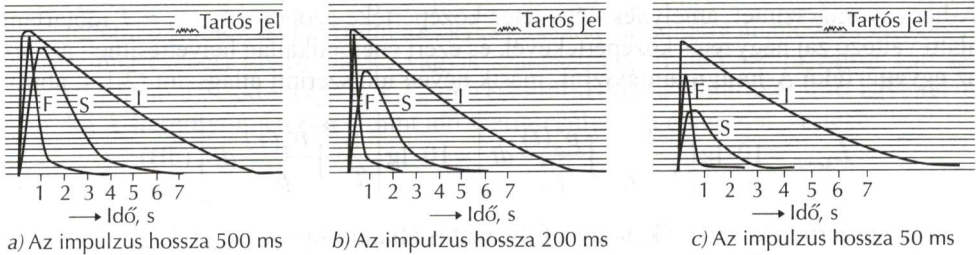
$$L_{pA} = 10 \cdot \lg \left( \frac{P_A}{P_0} \right)^2 \text{ (dB)}.$$

A súlyozószűrővel történő méréstől eltérően a **sáv szint mérések** csak a valamely  $\Delta f$  frekvenciasáv hangnyomásszintjét mérjük. Ezt a frekvenciasávot az alsó ( $f_a$ ) és a felső ( $f_f$ ) határfrekvenciákkal, illetve a sávközép-frekvenciával ( $f_k$ ) kell megadni. A gyakorlatban az oktáv- és a tercsáv szélességű frekvenciasávok használatosak (lásd az 1.2. táblázatot is).

**Az Y betűvel jelölt időállandó (lásd a 2.1.2. ábrát), mint integrációs idő**

- gyors (fast – F) jelkövetés esetén 125 ms,
- lassú (slow – S) jelkövetés esetén 1000 ms,

- **impulzus (impulse – I)** jelkövetés esetén felfutás 35 ms, a visszaállítás kb. 3 ms,
- **csúcserték (peak – P)** követése esetén a lecsengési időállandó 1500 ms,
- **adattárolás/értéktartás (hold – H)** esetén, amikor a műszer tárolja az eltelt időtartam alatt kijelzett legnagyobb értéket, a felfutás 20  $\mu$ s, a visszaállítás kb. 300 min.

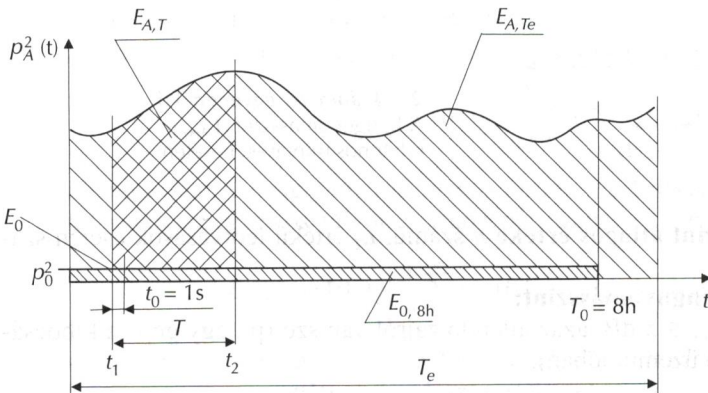


2.1.2. ábra. Különböző időtartamú impulzusokra adott műszerválasz különböző időállandók esetén [SMETANA, 1975, 80. p.]

Az eddigiekből következik, hogy a mérési adatok megadásakor mindig fel kell tüntetni, illetve közölni kell az alkalmazott súlyozás és az időállandó jelét. Pl. az A-súlyozással, és I időállandóval mért 83 dB hangnyomásszint megadása:  $L_{pAI} = 83$  dB, esetleg  $L_p = 83$  dB(AI). Sávszint mérésekor a sáv típus betűjelét és a középfrekvenciát kell megadni. Pl. oktávsváos mérésnél a 250 Hz középfrekvenciájú sávban F időállandóval mért 96 dB hangnyomásszint esetén:  $L_{p,O-250,F} = 96$  dB, esetleg  $L_p = 96$  dB(O-250, F).

Egy másik fontos jellemző az **A-súlyozású zajhatás (zajdózis) ( $E_{A,T}$ )**, ami a  $p_A$  A-súlyozású hangnyomás (Pa) négyzetének adott  $t_2 - t_1 = T$  (s) időtartamra vonatkozó integrálja, és így a zajenergiával abszolúte arányos (2.1.3. ábra):

$$E_{A,T} = \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) \cdot dt \quad (\text{Pa}^2 \cdot \text{s}).$$



2.1.3. ábra. Az A-súlyozású zajhatás ( $E_{A,T}$ ), a tényleges időtartamú munkanap zajhatása ( $E_{A,Te}$ ), az egyszeri zajesemény zajeseményszintjének referenciaértéke ( $E_0$ ) és a névleges munkanapra vonatkoztatott zajhatásszint referenciaértéke ( $E_{0,8h}$ )

A **napi A-súlyozású zajhatás** két értelemben használatos: vagy csak a munkahelyre ( $E_{A,d}$ ), vagy egy teljes (24 órás) napra ( $E_{A,D}$ ) vonatkoztatott A-súlyozású zajhatás. Ez utóbbi akkor fontos, ha jelentős a nem munkahelyi (közlekedési, szabadidő-tevékenységi stb.) zajhatás.

Az időben változó zaj esetén meghatározhatunk egy olyan folyamatos, állandó A-hangnyomásszintet, amelynek négyzetes középértéke azonos a  $t_2 - t_1 = T$  időtartam alatti változó zaj négyzetes középértékével, és ezért energetikailag helyettesítheti azt: ez az **egyenértékű A-hangnyomásszint**, másik nevén idő szerinti átlagszint (2.1.4. ábra):

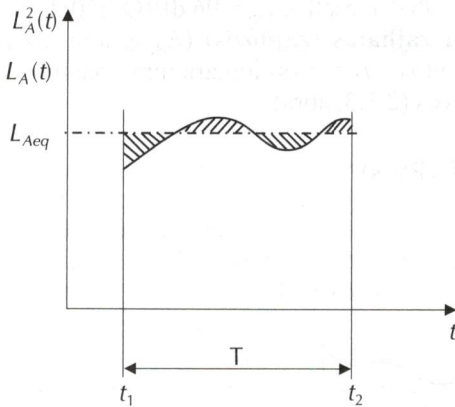
$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dB)}$$

Értelemszerűen következik, hogy a folyamatos állandó zajnál  $L_{Aeq} = L_{pA}$ .

A  $T_e$  tényleges (effektív) időtartamra vonatkozó egyenértékű A-hangnyomásszint pedig:

$$L_{Aeq,T_e} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T_e} \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dB)}$$

Amennyiben a  $T_e$  tényleges munkahelyi zajexpozíció időtartama 8 óra, azaz  $T_e = T_0 = 8$  h, akkor  $L_{EX,8h} = L_{Aeq,8h}$ . Amennyiben  $T_e \neq T_0 = 8$  h, akkor el kell végezni a 8 órára történő átszámítást (lásd a 2.4.7. szakaszban).



**2.1.4. ábra.** Az egyenértékű A-hangnyomásszint ( $L_{Aeq,T}$ ) folytonos mintavétel esetén

Az **A-hangnyomásszint átlagos értéke**  $n$  számú,  $L_i$  értékű leolvasások esetén számítható:

a) Mint **közepes A-hangnyomásszint**:

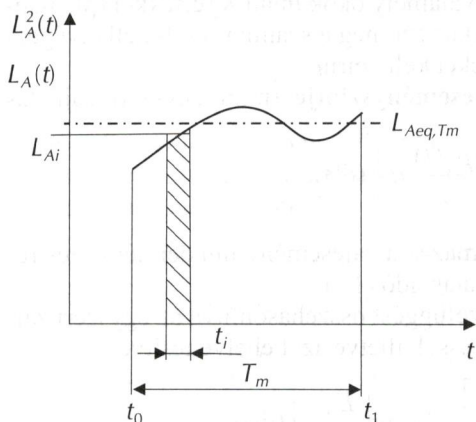
– amikor  $L_{\max} - L_{\min} \leq 5$  dB, azaz állandó zajról van szó (pl. egy gép zajkibocsátása adott állandó üzemmódban):

$$\bar{L}_A = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n L_{Ai} \text{ (dB)}$$

– amikor  $L_{\max} - L_{\min} > 5$  dB, azaz változó zajról van szó:

$$\bar{L}_A = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{Ai}} \right] = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{Ai}} \right] - 10 \cdot \lg n \text{ (dB)},$$

b) Amennyiben a  $T_m$  mérési időtartam alatt az egyes  $t_i \neq \text{áll.}$  részdőtartamok alatt  $L_{Ai}$  jellemző szintértékeket (mint az egyes  $t_i$  részdőtartamokra állandónak elfogadott szintértékeket) olvastunk le, vagyis szakaszosan állandó szintű zajról van szó (2.1.5. ábra), akkor a  $t_1 - t_0 = T_m$  **mérési időtartamra vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszint** – mint idő szerinti súlyozott átlagszint – értéke:



2.1.5. ábra. Az egyenértékű A-hangnyomásszint ( $L_{Aeq,T}$ )  $t_i \neq \text{áll.}$  részdőtartamok esetén

$$L_{Aeq,T_m} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T_m} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Ai}} \right] \text{ (dB)}, \text{ ahol } \sum_{i=1}^n t_i = T_m .$$

c) Amikor a  $t_1 - t_0 = T_m$  mérési időtartamra vonatkoztatva  $t_i = \text{áll.}$  részdőtartamok (időközök) esetén  $n$  számú,  $L_i$  értékű leolvasással  $L_{\max} - L_{\min} > 5$  dB, azaz változó zajról van szó, akkor az **egyenértékű A-hangnyomásszint:**

$$L_{Aeq,T_m} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{Ai}} \right] \text{ (dB)},$$

illetve a mért A-hangnyomásszintek  $m$  számú – 2-5 dB szélességű – osztályba sorolásakor, az egyes osztályok  $L_{Aoi}$  középértékével, és  $n_i$  gyakoriságával:

$$L_{Aeq,T_m} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m n_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aoi}} \right] \text{ (dB)}, \text{ ahol } \sum_{i=1}^m n_i = n ,$$

vagy a mért A-hangnyomásszintek  $m$  számú – 2-5 dB szélességű – osztályba sorolásakor, az egyes osztályok  $L_{Aoi}$  középértékével és  $f_i$  (%) időbeli részaránnyal:

$$L_{Aeq,T_m} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{100} \sum_{i=1}^m f_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aoi}} \right] \text{ (dB)}, \text{ ahol } \sum_{i=1}^m f_i = 100 .$$



Az integráló-átlagoló hangszintmérő (lásd a 2.4.2. szakaszt) a  $t_1 - t_0 = T_m$  mérési időtartamra vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszint értékét a következő képlet szerint adja meg:

$$L_{Aeq,T_m} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{T_m} \int_{t_0}^{t_1} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dB)}.$$

A hangnyomás csúcserőértéke ( $p_{\text{peak}}$ ) a mért pillanatnyi hangnyomások legmagasabb értéke, a C súlyozósűrővel mérve  $p_{C\text{peak}} = \max \{p_{Cj}\}$ , míg a legnagyobb C-hangnyomásszint a C súlyozósűrővel és csúcs (peak) időállandóval mért legnagyobb hangnyomásszint ( $L_{pC\text{peak}}$ ).

Amikor korrigálni kell az  $L_i$  szintértéket valamely okok miatt  $K_i$  értékkel (pl. alapzaj, illetve a zaj impulzusos jellege miatt), akkor ezt még a számítás előtt kell elvégezni, és az adott képletbe már az  $(L_i + \Sigma K_i)$  értéket kell beírni.

Némelykor az egyszerű zajesemény zajeseményszintje (mint egyszerű zajhatás zajhatásszintje) fontos:

$$L_{EA,T} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dB)},$$

ahol  $t_2 - t_1 = T$  az az időtartam, amely tartalmazza a zajesemény minden lényeges részét, míg  $t_0$  (lásd a 2.1.3. ábrát is) a vonatkoztatási idő (1 s).

Az A-súlyozású zajhatásra ( $E_{A,T}$ ) felírt összefüggést összehasonlítva az egyszerű zajesemény zajeseményszintjére felírt összefüggéssel, illetve azt behelyettesítve:

$$L_{EA,T} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] = 10 \cdot \lg \left[ \frac{E_{A,T}}{E_0} \right] \text{ (dB)},$$

ahol  $E_0 = p_0^2 \cdot t_0 = 4 \cdot 10^{-10} \cdot 1 = 4 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$  (2.1.3. ábra).

Jól látható, hogy a zajeseményszint (zajhatásszint) értéke a  $t_2 - t_1 = T$  időtartamú zajesemény hangenergiájával abszolúte arányos A-súlyozású zajhatás 1 s-ra vonatkoztatott – egy önkényes nullapontú skálán kifejezett – értéke. Másként fogalmazva: az az állandó zajszint, amelyik 1 s alatt ugyanazt a hangenergiát adja, mint a teljes  $T$  időtartamú zaj, vagyis lényegében az egyenértékű A-hangnyomásszint normalizálása 1 s időtartamra. (Főleg repülési zajnál használják, mert így minden egyes repülési esemény egyetlen adattal jellemezhető, illetve rögzíthető.)

A  $t_2 - t_1 = T$  időtartam alatti – egyedileg azonosítható  $L_{AEi}$  zajeseményszintű – zajesemények eredőjeként meghatározható azok egyenértékű A-hangnyomásszintje:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \left[ \frac{t_0}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{AEi}} \right] \text{ (dB)}.$$

Ha azonos zajeseményekről van szó, és egy esemény (ciklus)  $L_{AE}$  zajeseményszintjét mérik meg, akkor a  $T$  időtartam alatti  $n$  ciklus esetén a következő kifejezés használható ( $t_0 = 1 \text{ s}$ ):

$$L_{Aeq,T} = L_{AE} + 10 \cdot \lg n - 10 \cdot \lg \left( \frac{T}{t_0} \right) \text{ (dB)}.$$

A  $T_e$  tényleges időtartamú munkanap zajhatása (lásd a 2.1.3. ábrát is) alapján kiszámítható a **névleges munkanapra ( $T_0 = 8\text{h}$ ) vonatkoztatott zajhatásszint** is, ha a zajhatásszintre felírt összefüggés nevezőjében az  $E_0$  értéke helyett  $E_{0,8h}$ -t helyettesítünk:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left( \frac{E_{AT_e}}{E_{0,8h}} \right) \text{ (dB)}.$$

ahol  $E_{0,8h} = p_0^2 \cdot T_0 = 4 \cdot 10^{-10} \cdot 8 \text{ Pa}^2 \cdot \text{h} = 32 \cdot 10^{-10} \text{ Pa}^2 \cdot \text{h} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$ .

Fontos figyelni arra, hogy a névleges (8 órás) munkanapra vonatkoztatott  $L_{EX,8h}$  zajhatásszintet az  $E_{0,8h} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$  vonatkoztatási értékkel kell számítani a  $\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$ -ben megadott A-súlyozású zajhatás ( $E_{A,T_e}$ ) alapján:

$$L_{EX,8h} = 10 \cdot \lg \left( \frac{E_{AT_e}}{1,15 \cdot 10^{-5}} \right) \text{ (dB)}.$$

Ez pedig azt jelenti, hogy a  $T$  tényleges időtartamra vonatkoztatott zajeseményszint és a névleges munkanapra vonatkoztatott zajhatásszint között jelentős különbség van az eltérő vonatkoztatási értékek miatt, mégpedig:

$$L_{EA,T} > L_{EX,8h}, \text{ azaz: } L_{EA,T} - L_{EX,8h} = \Delta L.$$

Ugyanis a vonatkoztatási értékek különbözősége miatt a szintkülönbség:

$$\Delta L = 10 \cdot \lg \left( \frac{E_{0,8h}}{E_0} \right) = 10 \cdot \lg \left( \frac{1,15 \cdot 10^{-5}}{4 \cdot 10^{-10}} \right) = 10 \cdot (\lg 2,8 + 4) \approx 44,6 \text{ (dB)}.$$

Tehát az  $L_{EX,8h}$  zajhatásszint – mint napi személyi zajexpozíció – az a zajszint, amelyik 8 h alatt ugyanazt a hangenergiát adja, mint a  $T_e$  tényleges időtartamú zaj. Vagyis lényegében az egyenértékű A-hangnyomásszint normalizálása 8 h időtartamra, és ennek megfelelően:

$$L_{EX,8h} = L_{EA,T} - \Delta L = L_{EA,T} - 44,6 \text{ (dB)}.$$

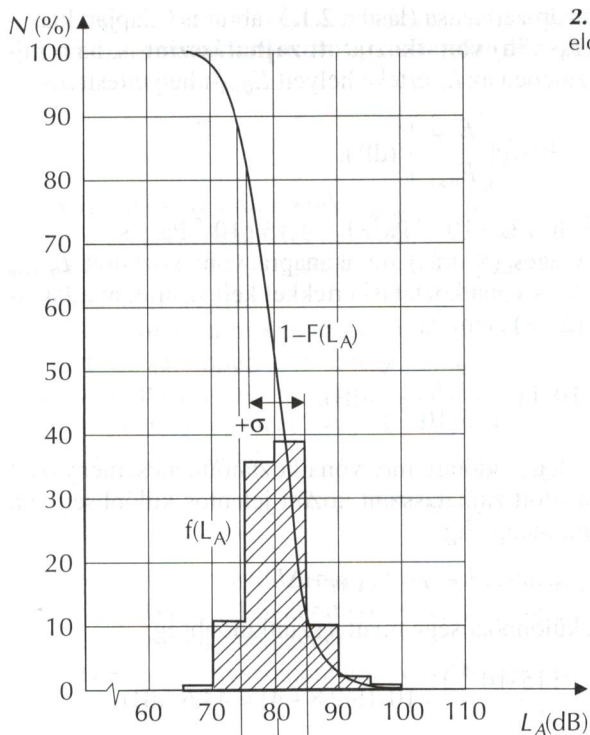
Értelemszerűen: ha  $T_e = T_0 = 8 \text{ h}$ , akkor  $L_{EX,8h}$  és  $L_{Aeq,8h}$  mérőszáma megegyezik, amint ezt már tárgyaltuk.

Az időben folytonosan változó zaj esetén az F időállandóval meghatározott **A-hangnyomásszintet valószínűségi változóként kezelve statisztikai módszerek alkalmazhatók**. A rendelkezésre álló  $L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{Ai}, \dots, L_{An}$  értékek – általában 5 dB szélességű – osztályokba sorolása után megrajzolható

– a relatív gyakoriság  $f(L_A)$  oszlopdiagramja (2.1.6. ábra), majd

– a relatív gyakoriságok nem csökkenő, lépcső alakú összegzett diagramja, mint  $F(L_A)$  tapasztalati eloszlásfüggvény, amely azt adja meg, hogy egy adott  $L_{Ai}$  szintértéknél nem nagyobb szintértékek a  $T = t_2 - t_1$  időtartam mekkora részében – hány százalékában – fordultak elő, azaz  $F(L_{Ai}) = N [L_A \leq L_{Ai}]$  (%).

A zajvédelemben azonban a zaj károsító hatása miatt nem ez a fontos, hanem ennek kiegészítő értéke, vagyis az  $1 - F(L_A)$  érték. Ez azt adja meg, hogy a  $T = t_2 - t_1$  időtartam mekkora  $N$  %-ában fordultak elő egy adott  $L_{Ai}$  szintértéknél nagyobb szintértékek, azaz  $1 - F(L_{Ai}) = 100 - N [L_A \leq L_{Ai}] = N [L_A > L_{Ai}]$  (%). (A 2.1.6. ábrán a valóságban lépcső alakú  $1 - F(L_A)$  tapasztalati függvényt a jobb szemléltetés érdekében folytonos vonallal helyettesítettük.)



2.1.6. ábra. Az A-hangnyomásszint-eloszlás statisztikai megjelenítése

Az  $1 - F(L_A)$  tapasztalati eloszlásfüggvény segítségével meghatározható az adott  $T$  időtartamra vonatkozó egy vagy több  $L_{A,N,T}$  ún. **statisztikus szint**, pl.

- egy adott  $N_i$  %-hoz tartozó  $L_{A_i,T}$  érték, amelyek közül
  - az  $N_{99}$ -nek megfelelő  $L_{A99,T}$  érték az alapzajnak tekinthető,
  - az  $N_{50}$  az  $L_{A50,T}$  érték, vagyis a közepes A-hangnyomásszint,
  - az  $N_1$ -nek megfelelő  $L_{A1,T}$  érték a legnagyobb A-hangnyomásszint, míg
  - az  $N_{10}$ -nek és az  $N_{90}$ -nek megfelelő  $L_{A10,T}$  és  $L_{A90,T}$  értékek különbsége az A-hangnyomásszint ingadozását jellemzi,
- egy adott  $L_{A_i,T}$  A-hangnyomásszint  $N_i$  %-os értéke.

Megjegyezzük, hogy a különböző szintértékekből és a tapasztalati eloszlásfüggvény alakjából bizonyos további következtetések is levonhatók. Pl. minél több az impulzusos összetevő, annál nagyobb az  $L_{Aeq}$  és az  $L_{A50}$  értékek közötti különbség, illetve az impulzusos összetevők számának növekedésével a görbe egyre jobban elnyúlik a nagyobb szintértékek felé.

Amennyiben a zaj jellemzésére egy összetett mennyiség ( $Z$ ) általános összefüggését akarjuk megalkotni, akkor a hangnyomásszint ( $L$ ), a frekvencia ( $f$ ) és az idő ( $t$ ) figyelembevételével ezt

$$Z = \phi(L, f, t)$$

alakban írhatjuk fel, és attól függően, hogy melyik egyedi jellemzőt hogyan vesszük figyelembe, a használt gyakoribb mennyiségeket a 2.1.2. táblázatban foglalhatjuk össze.

Az eddig tárgyaltak során az adott időpontban vagy csak egy zajforrás szerepelt, vagy nem volt szükség az egyes források elkülönített kezelésére. Amikor adott időpontban  $n$  számú elkülönített (azaz külön-külön kezelhető) zajforrás szerepel, akkor feladat lehet ezek eredőjének meghatározása is. Amint az 1.1. alfejezetben láttuk, a hangnyomásszintre felírt összefüggésben mindig a négyzetes középérték (r.m.s.-érték) szerepel, ami azt jelenti, hogy az eredő hangnyomáshoz az egyes hangforrások négyzetes középértékeit kell összegezni, vagyis:

$$p_R^2 = \sum_{i=1}^n p_i^2, \text{ illetve } L_{pR} = 10 \cdot \lg \frac{p_R^2}{p_0^2} = 10 \cdot \lg \frac{\sum_{i=1}^n p_i^2}{p_0^2} \text{ (dB).}$$

$$\text{Két azonos hangforrás esetén: } L_{pR} = 10 \cdot \lg \frac{2 \cdot p^2}{p_0^2} = 10 \cdot \lg \frac{p^2}{p_0^2} + 10 \cdot \lg 2 = L + 3 \text{ (dB).}$$

Vagyis a hangenergia kétszerezése az eredeti  $L$  szintértéket 3 dB-lel növeli. És értelemszerűen: a hangenergia felezése az eredeti  $L$  szintértéket 3 dB-lel csökkenti.

Az összefüggés  $n$  számú, azonos  $L_{A0}$  A-hangnyomásszintű forrásra általánosítva az

$$L_{A,R} = L_{A0} + 10 \cdot \lg n \text{ (dB)}$$

alakot veszi fel.

Végül – a levezetést az olvasóra bízva –  $n$  számú,  $L_{Ai}$  A-hangnyomásszintű egyedi forrás esetén:

$$L_{A,R} = 10 \cdot \lg \left[ \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{Ai}} \right] \text{ (dB).}$$

### 2.1.2. táblázat. A zaj jellemzésére használt gyakoribb mennyiségek

OBJEKTÍV					SZUBJEKTÍV	
frekvenciától függő				frekvenciától független		
időtől függő		időtől független				
A-súlyozású a) zajhatás (zajdózis) b) zajhatásszint	egyenértékű A-hangnyomás- szint	sávszint		súlyozott hang- nyomás- szint	súlyozatlan hang- nyomás- szint	hangosság- szint
		oktávsáv- szint	tercsáv- szint			
a) $E_{A,T}$ b) $L_{EA,T}$	$L_{Aeq}$	L (O- $f_k$ )	L (T- $f_k$ )	$L_A, L_C$	$L_Z (L_{lin})$	$L_H$
a) $Pa^2s, Pa^2h$ b) dB	dB	dB	dB	dB	dB	phon

2.2.2. táblázat. A hallható hangok különböző A-hangnyomásszint tartományai

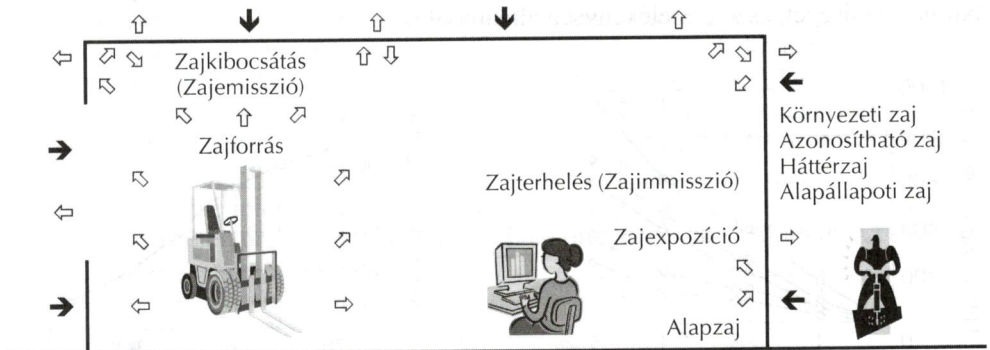
A-hangnyomásszint (dB)	Jelenség	Hatása
130 (fájdalomküszöb)	Vadászgép, harckocsi belseje	Hangérzet helyett fájdalom
105–125 (süketítő zaj)	Gyorsvágó, körfűrészgép	Jelentős hallásküszöb-eltolódás
85–105 (nagyon hangos zaj)	Városi főút, motoros fűnyíró	Romlik a beszédérthetőség
65–85 (hangos zaj)	Városi mellékút, hangos rádió	Teljesítménycsökkenés, hibázás
45–65 (mérsékelt zaj)	Iroda, átlagos lakás, beszélgetés	Élettani és pszichés hatások
25–45 (halk zaj)	Csendes lakás, beszélgetés	Alvászavarok

Az **infrahangok** émelygést, hányingert, egyensúlyzavarokat, szív-, tüdő-, gyomor-, májregzéseket, kóros középfül-elváltozásokat okozhatnak.

Az **ultrahangok** fizikai (mechanikai és hő-), elektro- és biokémiai hatásokat okozhatnak, egyrészt közvetlenül a bőrfelületen, másrészt roncsolhatják a szövetek sejtjeit (pl. a szemben, vagy a középfülben).

### 2.3. A zajvédelmi tevékenységrendszer áttekintése

Bevezetőként néhány fogalmat tárgyalunk (2.3.1. ábra).



2.3.1. ábra. Vázlat néhány fogalom értelmezéséhez

- Amennyiben egy adott helyen a szokásos zaj(szint)  $L_Z$ , akkor
- a **nesz** a szokásosnál kisebb zaj(szint) ( $L < L_Z$ ),
  - a **lárma** a szokásosnál nagyobb zaj(szint) ( $L > L_Z$ ), míg
  - a **zörej** periódusság nélküli, szabálytalan, illetve statisztikailag véletlen hang.

**Zajforrás** minden olyasmi, pl. szerkezet (készülék, gép, berendezés stb.) működése, technológiai folyamat (köszörülés, terménydarálás stb.), kiabálás, ami léghangot bocsát ki a környezetbe.

● **A zajkibocsátás (zajemisszió)** egy adott zajforrásból a környezetbe kibocsátott lég-hang. Tehát egyetlen forráshoz és annak meghatározott működési körülményeihez tartozik, a környezettől független.

● **A zajterhelés (zajimmisszió)** az a zaj, amely egy adott helyen (ponton), annak tényleges körülményei között fennáll, és az adott időtartam alatt ott tartózkodó személyre hathat. Tehát egy adott helyhez és annak tényleges körülményeihez tartozik, az összes zajforrástól, és a terhelési időtartamtól függ. Leggyakrabban az adott helyen, az adott időtartam alatt, a tényleges körülmények között mért vagy meghatározott egyenértékű A-hangnyomásszinttel adjuk meg. Jellegét tekintve objektív, hiszen akkor is fennáll, ha személy nem tartózkodik az adott helyen.

● **A zajexpozíció** az a zaj, amely a tényleges körülmények között, az adott időtartam alatt, az adott személy fülére hat. Tehát egy adott személyhez és annak tényleges körülményeihez tartozik, a személlyel kapcsolatba került összes zajforrástól és a kapcsolatok időtartamától függ. Általában az adott személy fülénél, az adott időtartam alatt, a tényleges körülmények között mért vagy meghatározott egyenértékű A-hangnyomásszinttel adjuk meg. Jellegét tekintve szubjektív, hiszen csak adott személyhez kötve értelmezhető, azaz igénybevétel jellegű.

● **Az alapzaj** a mérés helyén, a mérés időtartama alatt, nem a vizsgált zajforrásból származó, a mérést zavaró zaj, és ha mérés technikailag kiküszöbölhetetlen, akkor adott esetben korrekciót igényelhet. Az alapzaj miatti korrekciós tag általános jelölése  $K_1$ , A-súlyozás esetén  $K_{1A}$ . (Téves megnevezése: háttérzaj – lásd a következő bekezdésben.)

● **A környezeti zaj** adott helyen, adott időtartam alatt, általában sok közeli és távoli zajforrásból származó teljes környező zaj. Ezen belül **azonosítható zaj** az az összetevő, amelyik akusztikai eszközökkel azonosítható, és egy bizonyos zajforráshoz hozzárendelhető. A környezeti zajnak az azonosítható zaj eltávolítása után maradó része a **háttérzaj**. Ha a környezeti zajt egy adott helyen valamilyen változtatás (pl. új beruházás) előtt rögzítik, akkor **alapállapotú zaj** a neve.

● **A zajvédelem** azoknak a követelményeknek, eszközöknek és intézkedéseknek, illetve az ezekre alapuló tevékenységeknek a rendszere, amelyeknek célja az emberekre – bizonyos esetekben a haszonállatokra is – ható zaj megakadályozása, vagy legalább a hatásának (a zajexpozíciónak) a mérséklése annak érdekében, hogy védjen a káros testi, illetve lelki elváltozásoktól, a zajok miatt fellépő teljesítmény-, illetve életminőség-csökkenéstől, a közérzetromlástól.

● **A zajvizsgálat** (2.4. alfejezet) a zaj egy vagy több jellemzőjének egyértelműen rögzített módszerrel történő meghatározása és – lehetőleg mennyiségi – megadása. Részei – **a zajmérés**: a zajt jellemző mennyiségek meghatározása objektív méréssel, és – **a zajértékelés**: a zajkibocsátás vagy a zajterhelés mértékének meghatározása a zajmérés és az esetleg szükséges akusztikai számítások alapján, és a vizsgálati eredmény megadása.

● **A zajtérkép** adott zajjellemző – általában valamilyen szintérték – ábrázolása alaprajzon, illetve valamely síkon, vagy térképen, pl. egy műhelycsarnokban, egy településen, esetleg csupán annak egy részén, vagy egy repülőtér esetén annak közelében. Amennyiben az azonos szintértékű pontokat folytonos vonallal összekötik, akkor ezek a vonalak az **izoakusztikus vonalak** (2.3.2. ábra), és a két izoakusztikus vonal közé eső terület a **zajövezet**. A zajtérkép felhasználható, pl. egy adott időponti zajhelyzet be-

**A zajkibocsátás (zajemisszió)** egy adott zajforrásból a környezetbe kibocsátott lég-hang. Tehát egyetlen forráshoz és annak meghatározott működési körülményeihez tartozik, a környezettől független.

**A zajterhelés (zajimmisszió)** az a zaj, amely egy adott helyen (ponton), annak tényleges körülményei között fennáll, és az adott időtartam alatt ott tartózkodó személyre hathat. Tehát egy adott helyhez és annak tényleges körülményeihez tartozik, az összes zajforrástól, és a terhelési időtartamtól függ. Leggyakrabban az adott helyen, az adott időtartam alatt, a tényleges körülmények között mért vagy meghatározott egyenértékű A-hangnyomásszinttel adjuk meg. Jellegét tekintve objektív, hiszen akkor is fennáll, ha személy nem tartózkodik az adott helyen.

**A zajexpoziáció** az a zaj, amely a tényleges körülmények között, az adott időtartam alatt, az adott személy fülére hat. Tehát egy adott személyhez és annak tényleges körülményeihez tartozik, a személlyel kapcsolatba került összes zajforrástól és a kapcsolatok időtartamától függ. Általában az adott személy fülénél, az adott időtartam alatt, a tényleges körülmények között mért vagy meghatározott egyenértékű A-hangnyomásszinttel adjuk meg. Jellegét tekintve szubjektív, hiszen csak adott személyhez kötve értelmezhető, azaz igénybevétel jellegű.

**Az alapzaj** a mérés helyén, a mérés időtartama alatt, nem a vizsgált zajforrásból származó, a mérést zavaró zaj, és ha mérés technikailag kiküszöbölhetetlen, akkor adott esetben korrekciót igényelhet. Az alapzaj miatti korrekciós tag általános jelölése  $K_1$ , A-súlyozás esetén  $K_{1A}$ . (Téves megnevezése: háttérzaj – lásd a következő bekezdésben.)

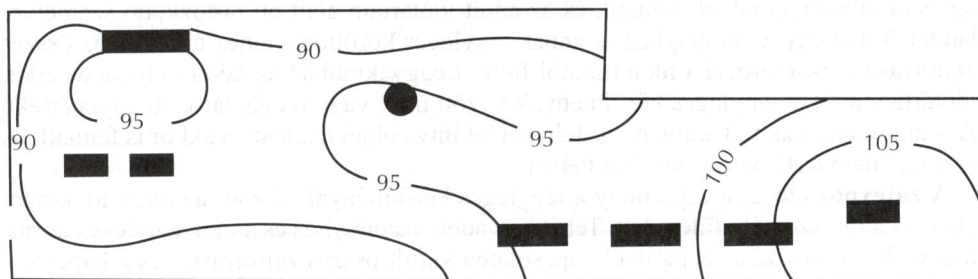
**A környezeti zaj** adott helyen, adott időtartam alatt, általában sok közeli és távoli zajforrásból származó teljes környező zaj. Ezen belül **azonosítható zaj** az az összetevő, amelyik akusztikai eszközökkel azonosítható, és egy bizonyos zajforráshoz hozzárendelhető. A környezeti zajnak az azonosítható zaj eltávolítása után maradó része a **háttérzaj**. Ha a környezeti zajt egy adott helyen valamilyen változtatás (pl. új beruházás) előtt rögzítik, akkor **alapállapotú zaj** a neve.

**A zajvédelem** azoknak a követelményeknek, eszközöknek és intézkedéseknek, illetve az ezekre alapuló tevékenységeknek a rendszere, amelyeknek célja az emberekre – bizonyos esetekben a haszonállatokra is – ható zaj megakadályozása, vagy legalább a hatásának (a zajexpoziciónak) a mérséklése annak érdekében, hogy védjen a káros testi, illetve lelki elváltozásoktól, a zajok miatt fellépő teljesítmény-, illetve életminőség-csökkenéstől, a közérzetromlástól.

**A zajvizsgálat** (2.4. alfejezet) a zaj egy vagy több jellemzőjének egyértelműen rögzített módszerrel történő meghatározása és – lehetőleg mennyiségi – megadása. Részei – **a zajmérés**: a zajt jellemző mennyiségek meghatározása objektív méréssel, és – **a zajértékelés**: a zajkibocsátás vagy a zajterhelés mértékének meghatározása a zajmérés és az esetleg szükséges akusztikai számítások alapján, és a vizsgálati eredmény megadása.

**A zajtérkép** adott zajjellemző – általában valamilyen szintérték – ábrázolása alaprajzon, illetve valamely síkon, vagy térképen, pl. egy műhelycsarnokban, egy településen, esetleg csupán annak egy részén, vagy egy repülőtér esetén annak közelében. Amennyiben az azonos szintértékű pontokat folytonos vonallal összekötik, akkor ezek a vonalak az **izoakusztikus vonalak** (2.3.2. ábra), és a két izoakusztikus vonal közé eső terület a **zajövezet**. A zajtérkép felhasználható, pl. egy adott időponti zajhelyzet be-

mutatására, a nagy zajterhelésű terület(rész)ek azonosítására, a várható zajexpozíciók becslésére, az érintett személyek (munkavállalók, lakosok) tájékoztatásához, vagy egy hosszú távú zajvédelmi program kidolgozásának elősegítésére.



2.3.2. ábra. Példa zajterképre: egy műhelycsarnok izoakusztikus vonalai

A **zajmegítélés (zajminősítés)** (2.5. alfejezet) a zajkibocsátás vagy a zajterhelés mértékének és a követelménynek (mint határértéknek) az összevetése alapján kimondott minősítő döntés a „megfelelő” vagy a „nem megfelelő” szavak egyikével, illetve kijelentés arra vonatkozóan, hogy szükséges-e védőintézkedés.

## 2.4. Zajvizsgálat

### 2.4.1. A zajvizsgálat általános kérdései

A zajvizsgálat tárgyalásához a méréssel kapcsolatos néhány általános kérdéssel az M.4. melléklet foglalkozik. A zajvizsgálat személyi feltételeit a 2.4.8. szakasz, a zajvizsgálati jegyzőkönyvet a 2.4.9. szakasz tárgyalja.

### 2.4.2. A zajmérés eszközei és időtartama

A különböző célú zajmérések során használt leggyakoribb eszközök a következők.

A **hangszintmérő** bizonyos frekvencia- és időszűrésű hangnyomásszintek ( $L_{p,XY}$ , amint a 2.1. alfejezetben tárgyaltuk) mérésére szolgáló mérőműszer. A műszer értékmutatása alapján megkülönböztethető analóg vagy digitális kijelzés. Fajtája szerint van:

– **egyszerű hangszintmérő**, amely az exponenciális idő-súlyozású hangszintet méri, és a teljesítőképessége alapján lehet

- **2-es osztályú**, amely csak A-súlyozással készül, vagy
- **1-es osztályú**, amely A- és C-súlyozással készül.

A Z-súlyozás és az AU-súlyozás rendszerint választható (opcionális) lehetőségek.

A két osztály ezen túl lényegében a tűrőhatároknak ( $TH$ , és  $TH_1 \leq TH_2$ ), és a használati feltételekben különbözik. (Pl. a használati környezet hőmérséklete 1-es osztály esetén  $-10\text{ °C}$ -tól  $+50\text{ °C}$ -ig, míg 2-es osztály esetén  $0\text{ °C}$ -tól  $+40\text{ °C}$ -ig).



- **integráló-átlagoló hangszintmérő** (rövid néven integráló hangszintmérő, vagy átlagoló hangszintmérő), amellyel az előbbieken túl az idő szerinti súlyozással átlagolt hangszint is mérhető állandó, ingadozó, szaggatott és impulzusos zaj esetén, és ekkor kijelzőjén a mérés megkezdésétől eltelt  $T$  időtartam alatti egyenértékű hangnyomásszint ( $L_{eq,T}$ ) jelenik meg (adott esetben A-, C- vagy Z- súlyozással, pl.  $L_{Aeq,T}$ ),
- **személyi zajhatásmérő (zaj-doziméter)**, amely elsődleges mennyiségként a mérés megkezdésétől eltelt időtartam ( $T$ ) alatti A-súlyozású zajhatás ( $E_{A,T}$ ), valamint az A-súlyozású zajhatásszint ( $L_{EA,T}$ ) értékét adja meg. Sokoldalú adatfeldolgozása révén azonban az  $L(t)$  időfüggvény alapján több más jellemző (pl. a mérés időtartama, a relatív gyakoriságok és/vagy az összegzett gyakoriság, illetve a statisztikus szintek, az egyenértékű hangnyomásszint) is kiolvasható. Gyakran nyomtató csatlakoztatható hozzá, és a méréssel kapcsolatos lényeges adatok már a mérés helyszínén kinyomtathatók, illetve számítógéphez csatlakoztatva az adatok oda átvihetők, és alkalmazói programmal feldolgozhatók, elemezhetők, és az összes lényeges adat és eredmény kinyomtatható. Működtethető kézi és önműködő üzemmódban. Az előbbit kézi start-stop, az utóbbit az előzetesen beállított adatok alapján teljes önműködés jellemzi. Kis mérete miatt a vizsgált személy könnyen hordozza, a mikrofon a fül mellett helyezhető el, és így mérési eredményként mindig a tényleges zajexpozíciót szolgáltatja.

Szokásos a hangszintmérők ilyen csoportosítása is:

- **X csoportú hangszintmérő**: önálló, saját belső teleppel rendelkező, a szabályos működéshez más külső eszközhöz való kapcsolatot nem igénylő hangszintmérő,
- **Y csoportú hangszintmérő**: önálló, energiaellátó hálózathoz való csatlakoztatást igen, de a szabályos működéshez más külső eszközhöz való kapcsolatot nem igénylő hangszintmérő,
- **Z csoportú hangszintmérő**: telepről vagy energiaellátó hálózatról táplált, és a szabályos működéshez két vagy több, vele valamilyen módon összekapcsolt eszközt igénylő hangszintmérő.

A **mikrofonok** általában kondenzátormikrofonok, de ezeknek hátrányuk, hogy érzékenyek a külső mechanikai hatásokra, és ezért óvatos kezelést igényelnek. Ha eleve feltételezhető a durvább kezelés, illetve a kedvezőtlenebb használati körülmények, akkor célszerűbb a piezoelektromos kristálymikrofonok, vagy a dinamikus mikrofonok használata.

A **jelrögzítők** váltakozó zajok esetén kapnak jelentőséget, és közülük

- **a mérőmagnetofonok** analóg vagy digitális jelek formájában rögzítik a vizsgált hangjelenségeket későbbi jelfeldolgozási (esetleg tárolási) célokra,
- **a szintírók** kijeleznek rajz formájában (esetleg négyzetre emelnek és átlagolnak is).

A **statisztikai elemzők** a szintértékek előre meghatározott osztályokba sorolására szolgálnak, és statisztikai összefüggések alapján elvégzett adatfeldolgozás után bizonyos jellemzők (abszolút és relatív, illetve összegzett gyakoriság, statisztikus szintek stb.) lekérdezhetőek, kijelezhetőek, kinyomtathatók.

A **frekvenciaelemzők (színképelemzők)** meghatározott sáv szélességű (leggyakrabban oktáv-, tercáv-) szűrőkkel rendelkeznek, és kijelzőjükön az egyes sáv szintek jelennek meg, általában oszlopdiagramként. Mivel az egyes – párhuzamosan kapcsolt – sávszűrők egyidejűleg (azaz szimultán) működnek, és így a kijelzőn látható összes sáv szint-érték ugyanahhoz az időponthoz tartozik, **valós idejű elemzés** történik. Ebből következően mind állandó, mind változó zajok esetén alkalmazható.

2.4.1. táblázat. Mérési követelmények a jellegzetes zajtípusok esetén

Követelmény	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Állandósult	Periódusosan változó	Nem periódusosan változó	Időszakos	Egyes impulzusok	Ismételt impulzusok	Elkülönült zajcsúcsok
Egyes szintértékek	S	A	A	S	S	S	S
Egyenértékű szint	A	S	S	S	A	S	S
Hangnyomás csúcsértéke	A	S	S	S	S	S	S
Időelemzés	A	A	A	S	S	S	S
Gyakorisági eloszlás	N	A	A	A	A	A	A
Frekvenciaelemzés	A	A	A	A	A	A	A
Mérési időtartam	rövid	X	hosszú	X	X	X	X
Jelmagyarázat: S – szükséges N – nem szükséges				A – ajánlott X – az esettől függően			

Ha a hangszintmérőbe beépítik a(z általában oktávsváv-) szűrőket, vagy lehetővé teszik külső (oktávsváv-, tercsáv-) szűrők csatlakoztatását, akkor az egyes sávszűrők közül mindig csak egy működik, és az egyes frekvenciasávok szintértékei (át)kapcsolási művelet után, egymást időben követve (szukcesszíve) jelennek meg a kijelzőn. Ilyenkor a kijelzőn leolvasott egyes sávszint-értékek nem ugyanahhoz az időponthoz (időke-resztmetszethez) tartoznak, vagyis **nem valós idejű elemzés** történik. Ebből következően az ilyen frekvenciaelemzés csak állandó zajok esetén alkalmazható.

- A használatos **további eszközök** közül
- a **pisztonfon**, mint az akusztikában leggyakoribb használati etalon, a hangszintmérők kalibrálására szolgál,
  - a **mikrofonszélvédő (szélkosár)** a széles időben végzett szabadtéri méréseknél használatos a szél miatti torlónyomás hatásának kiküszöbölésére,
  - a **kábelek** a különböző eszközöket kötik össze,
  - a **mérőállvány** a mikrofon, illetve a műszer adott magasságú mérési pontban való tartására szolgál.

Fontos, hogy a környezetvédelmi, a munkavédelmi, továbbá a hatósági ellenőrzési célokra használt zajszintmérők kötelező hitelesítésű mérőeszközök, és a hitelesítés érvényességének időtartama 2 év. (Lásd az M.4. mellékletet is.)

A **zajmérési időtartam** ( $T_m$ ) az az időtartam, amíg a zaj jellemzéséhez, illetve értékeléséhez szükséges adatok gyűjtése tart, és megválasztásánál figyelembe kell venni

- többek között – a zaj jellegét, időbeni lefutását, de mindenképpen elegendő hosszú legyen az elfogadható statisztikai pontosság biztosítására, és mindig közölni kell a vizsgálati jegyzőkönyvben. Értéke
- **zajkibocsátás esetén** alapvetően a mérés tárgyától (pl. gép, építkezés) függ,
  - **zajterheléshez**
    - **munkahelyi zaj esetén** általában az értékelési idővel (lásd a 2.4.7. szakaszt),
    - **környezeti zaj esetén** általában a teljes nap (24 h), ezen belül bizonyos részidőszakok.
- A 2.4.1. táblázat a mérési követelményekről ad áttekintést a jellegzetes zajtípusok esetén (lásd a 2.1.1. táblázatot is).