

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

felsőfokú munkavédelmi szakirányú továbbképzés

Zaj és rezgésvédelem

Zaj- és rezgéscsökkentés alapvető módszerei

Márkus Péter

zaj és rezgésvédelmi szakértő

CSOPORTOS ZAJ ELLENI VÉDELEM

Építészeti-tervezési módszerek

Épületek és létesítmények tervezésénél alkalmazott célszerű akusztikai döntések

Technológiai berendezések, gépek és szerkezetek célszerű elhelyezése

Munkahelyek célszerű elhelyezés

Szállító eszközök és szalagok alkalmazási területeinek és működési körülményeinek akusztikai tervezése

Preventív szervezési-műszaki módszerek

Előzetes és időszakos orvosi vizsgálatok

Zajpihenő helyek kijelölése, expozíció csökkentése munkaközi szünetekkel

Zajszegény technológiai folyamatok alkalmazása

Zajos gépek felszerelése távirányító és önműködő ellenőrző eszközökkel

Zajszegény gépek alkalmazása, gépek és szerkezeti elemek módosítása

Zajos munkahelyeken a munka célszerű rendjének kialakítása

Gépek karbantartási és kiszolgálási technológiájának korszerűsítése

A ZAJ ELLENI VÉDELEM MŰSZAKI AKUSZTIKAI MEGOLDÁSAI

Hanggátló megoldások

Épületeket és
helyiségeket
körülvevő
szerkezetek

Hanggátló
burkolatok és
tokozások

Hangszigetelt
kezelőfülkék, zajvédő
gépfülkék

Hangárnyékoló falak,
térrelválasztások

Hangelnyelő (teremakusztikai) megoldások

Hangelnyelő
falborítás

Hangelnyelő
falborítás

Hangelnyelő
álmennyezet

Térbeli belógatott
hangelnyelő
elemrendszerek

Rezgésszigetelők

Rezgésszigetelő
alapozás

Rezgéscsillapító
gépalátétek

Rezgésszigetelő
réstömítések

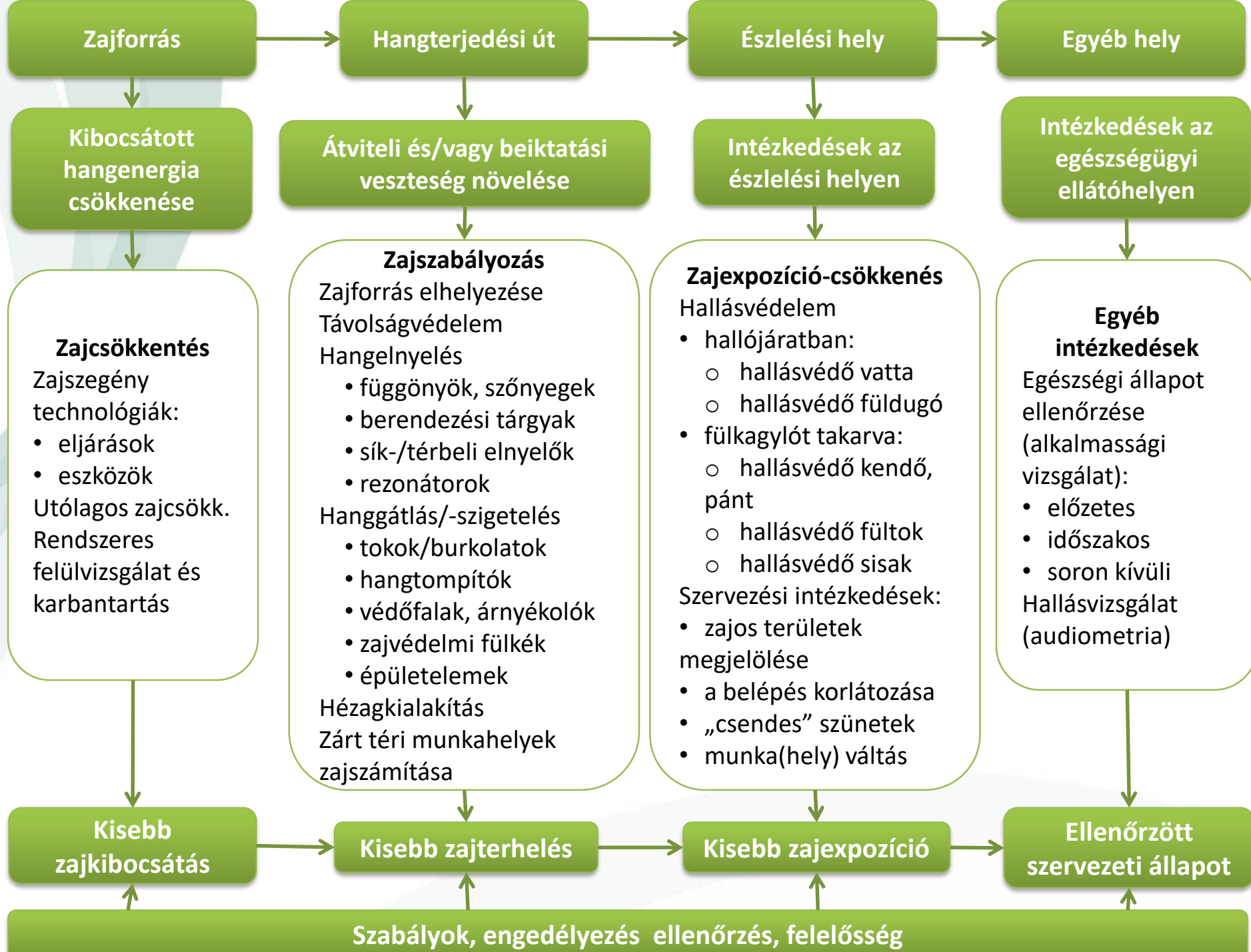
Hangtompítók

Abszorpciós
hangtompítók

Reflexiós
hangtompítók

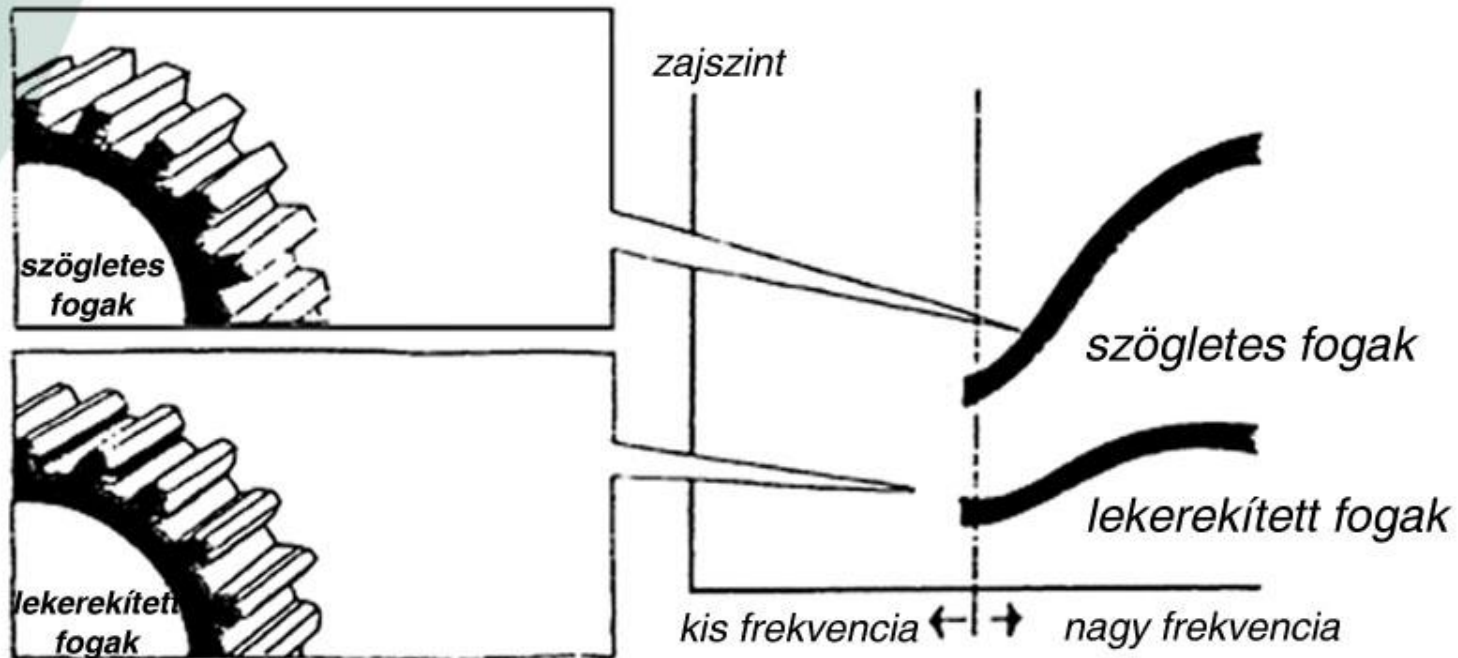
Expanziós
hangtompítók

Kombinált
hangtompítók



Zaj és rezgés elleni védelem

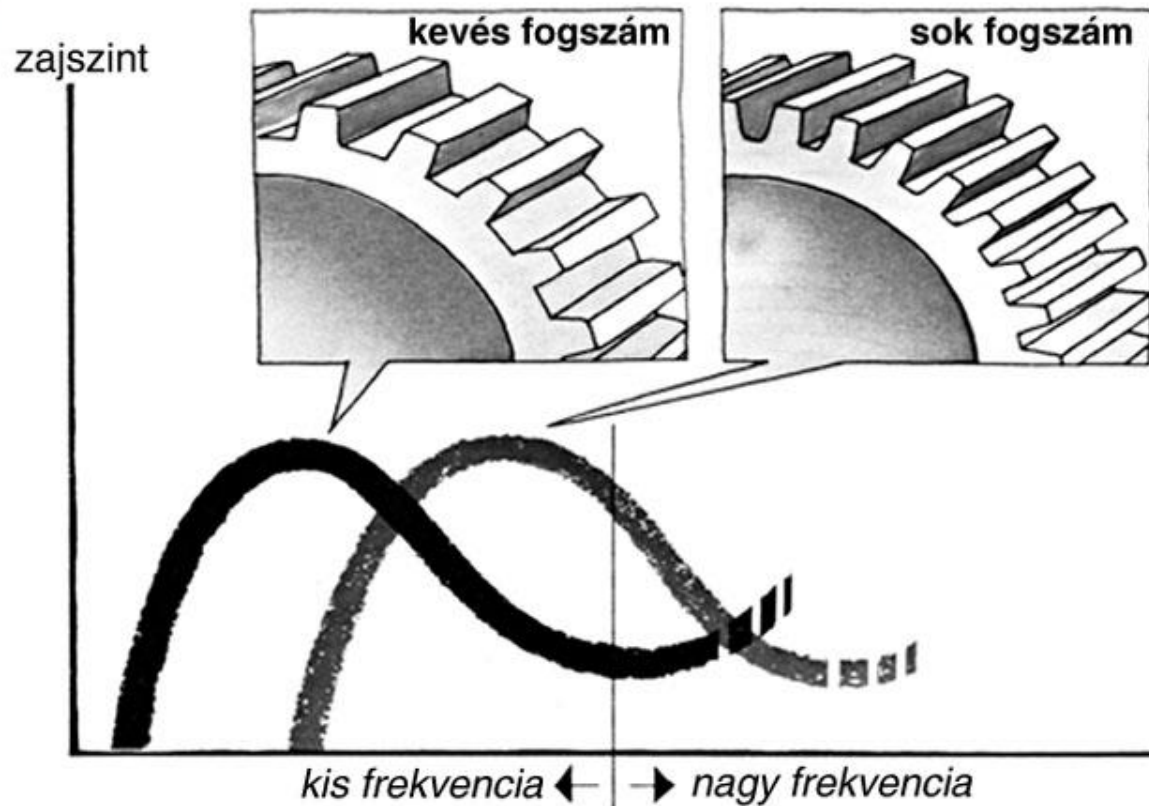
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Fogaskerekes hajtómű zajcsökkentése a fogazás megfelelő kialakításával

Zaj és rezgés elleni védelem

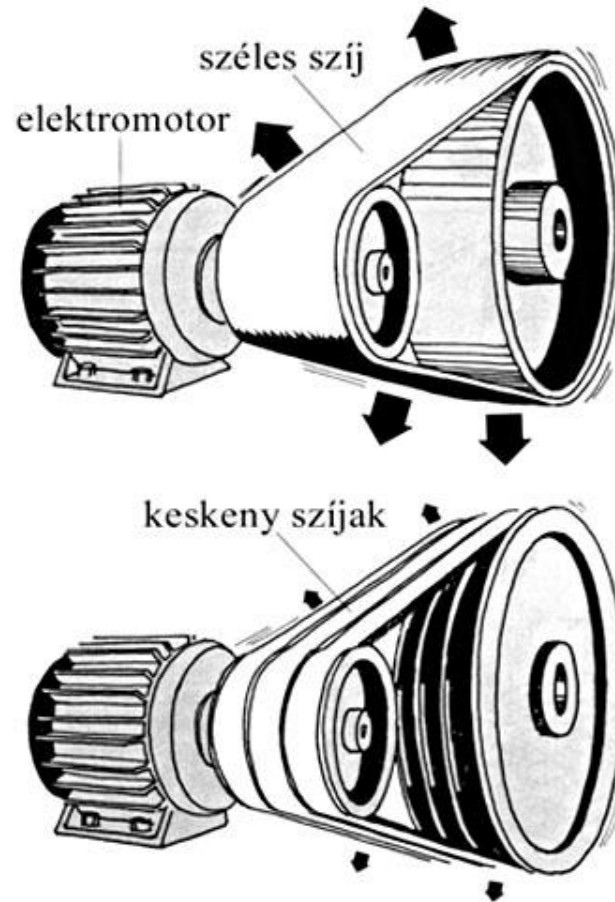
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Zaj színekének változtatása a fogaskerék fogszámának megváltoztatásával

Zaj és rezgés elleni védelem

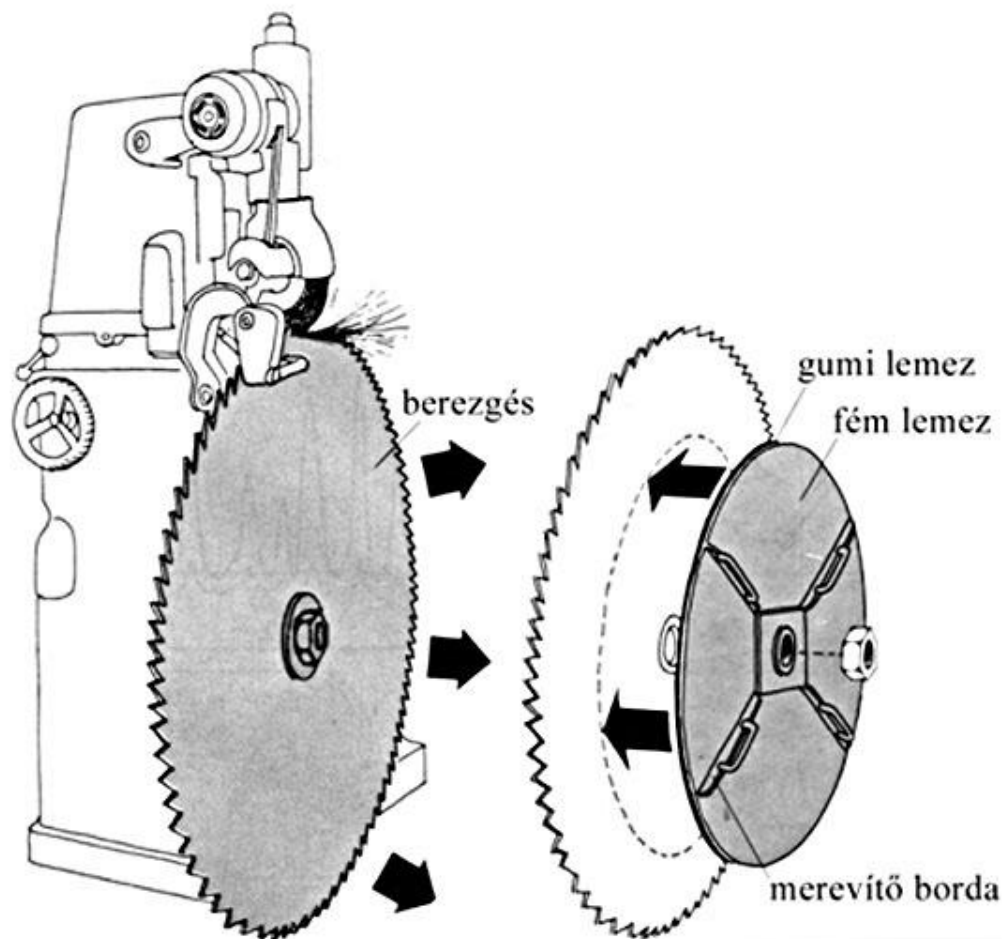
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Szíjtárcsás erőátvitel zajcsillapítása

Zaj és rezgés elleni védelem

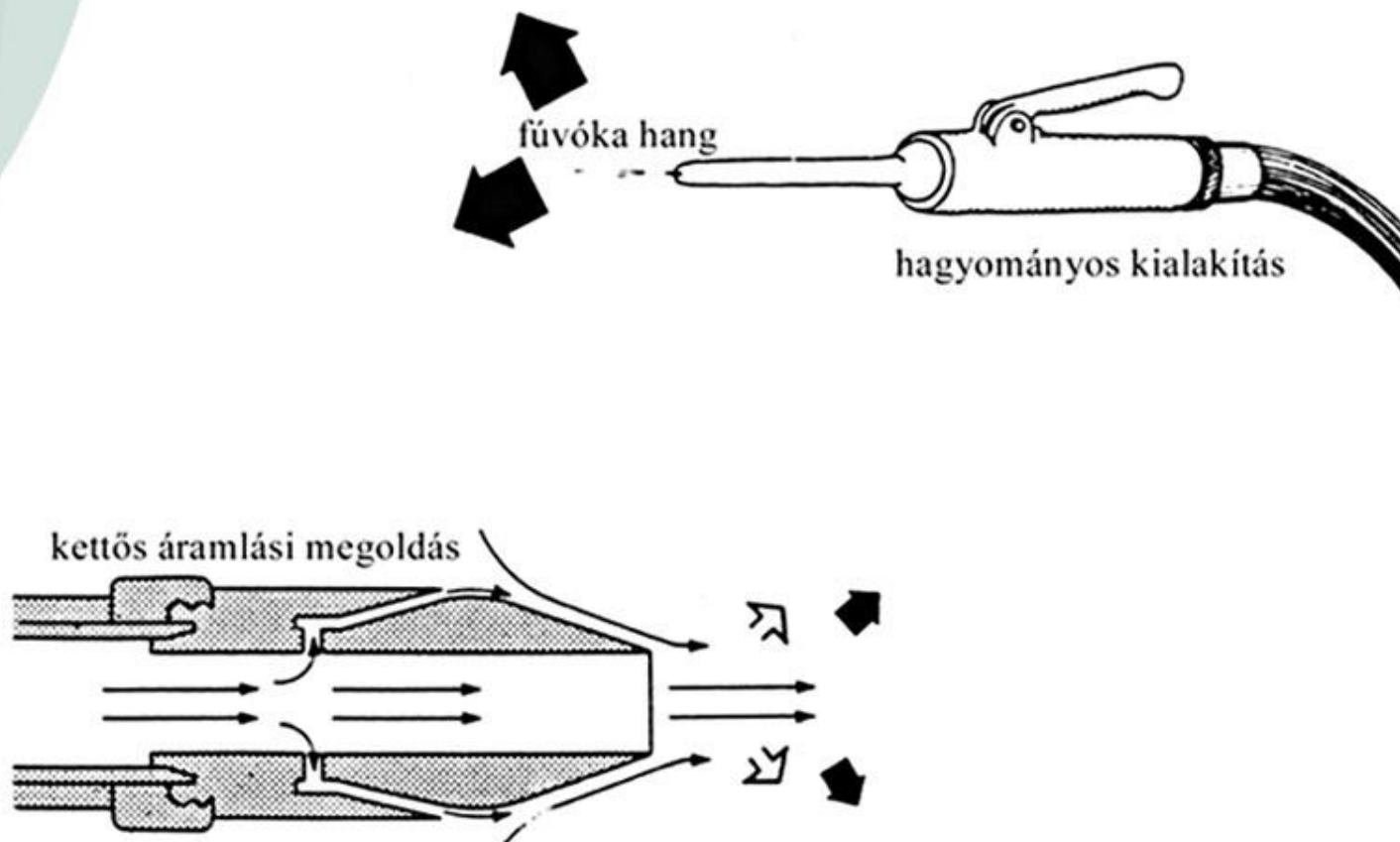
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Körfűrész tárcsa zajcsökkentése testhang szigeteléssel

Zaj és rezgés elleni védelem

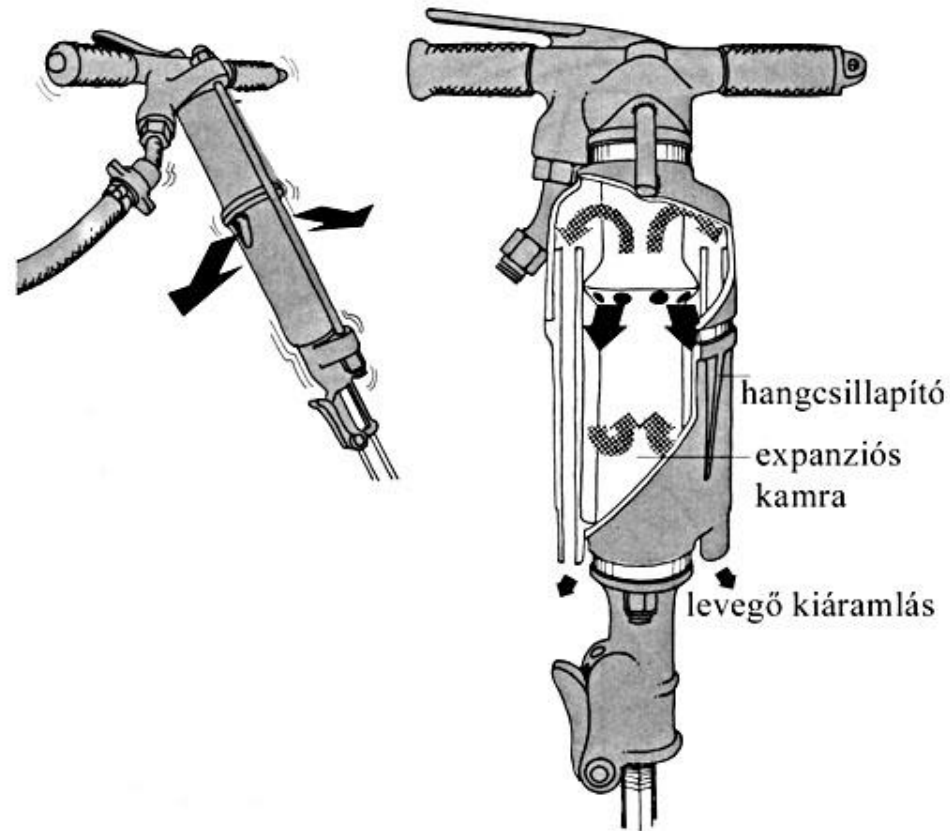
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Öntvénytisztító szerszám zajcsökkentése a fúvóka megfelelő kialakításával

Zaj és rezgés elleni védelem

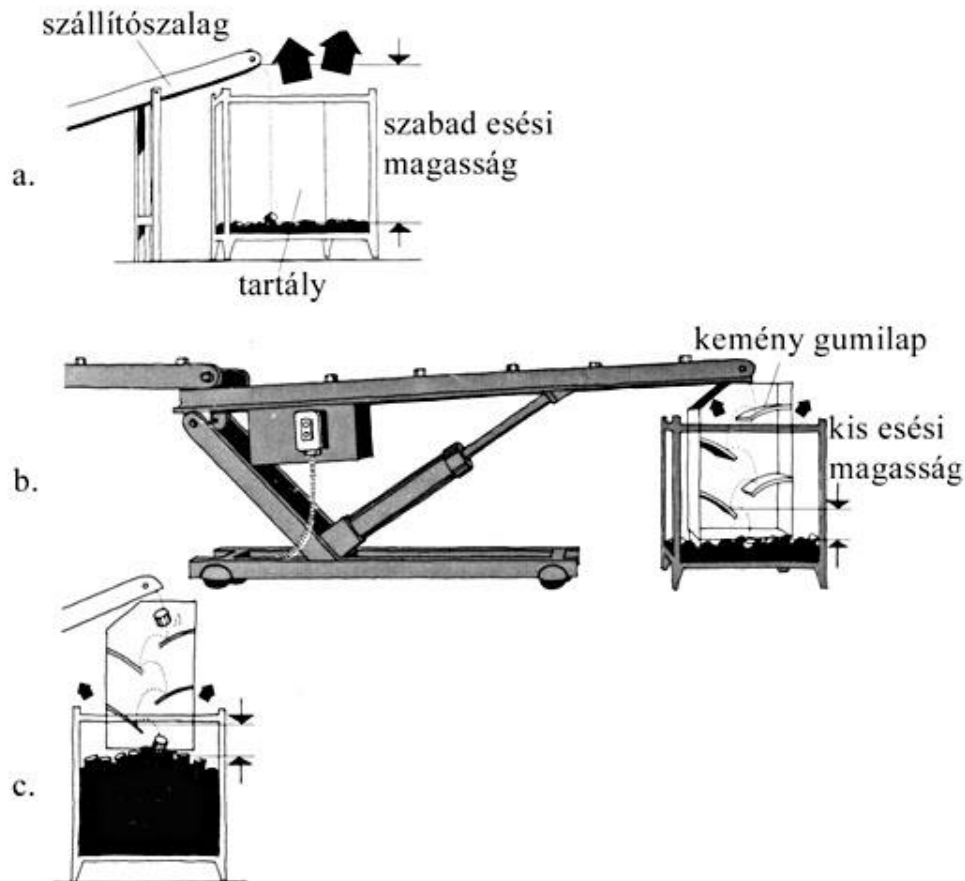
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Légkalapács egy csendesebb változatának kialakítása

Zaj és rezgés elleni védelem

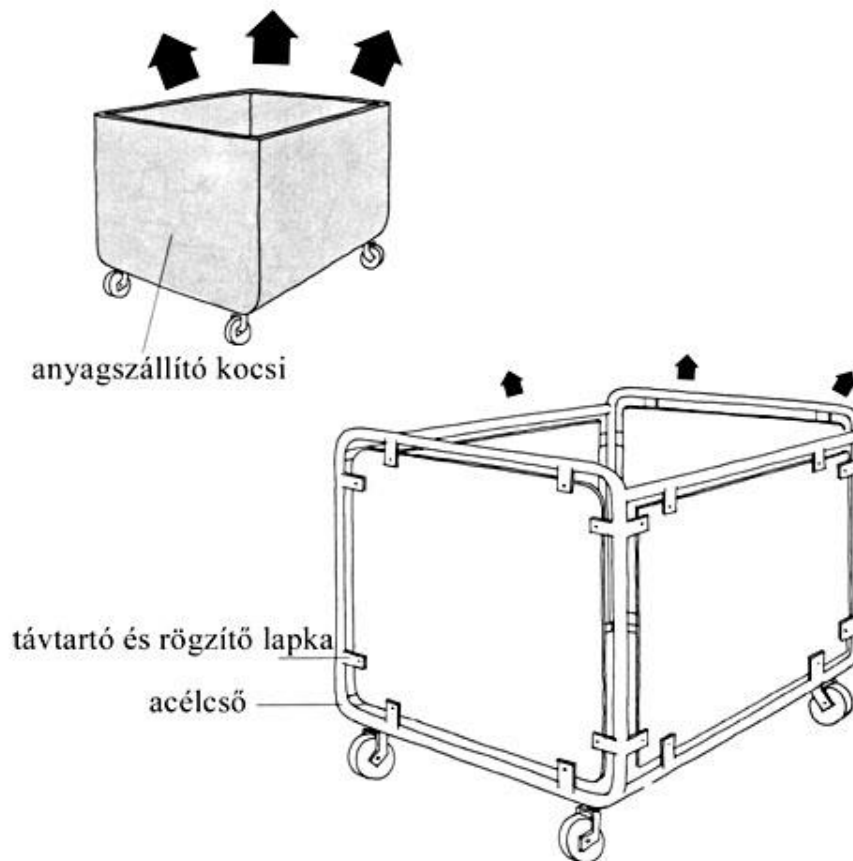
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Tartályok csendesebb anyagtöltésének megoldása

Zaj és rezgés elleni védelem

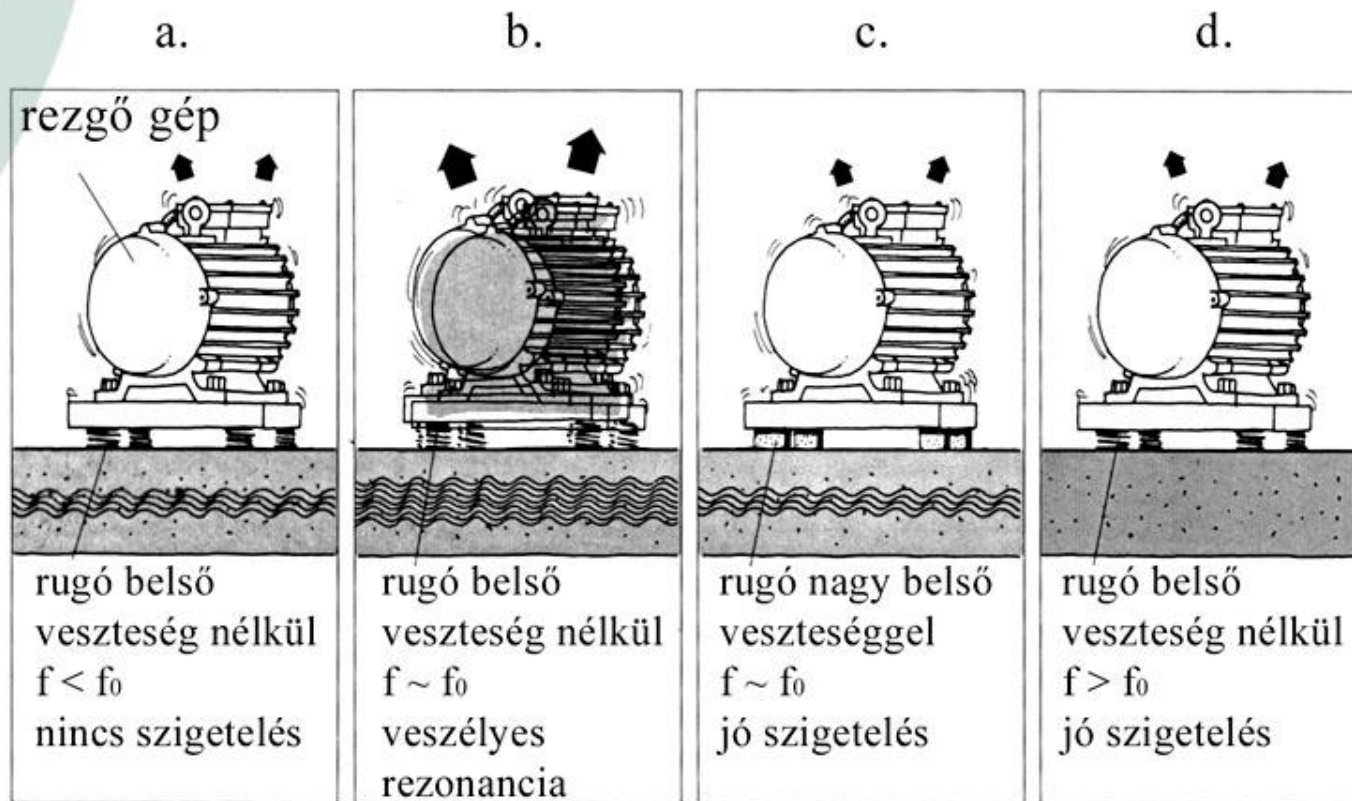
Mechanikai eredetű zajok csökkentése



Tartály vagy anyagszállító kocsi zaj szempontból kedvezőbb kialakítása

Zaj és rezgés elleni védelem

Mechanikai eredetű rezgések csökkentése

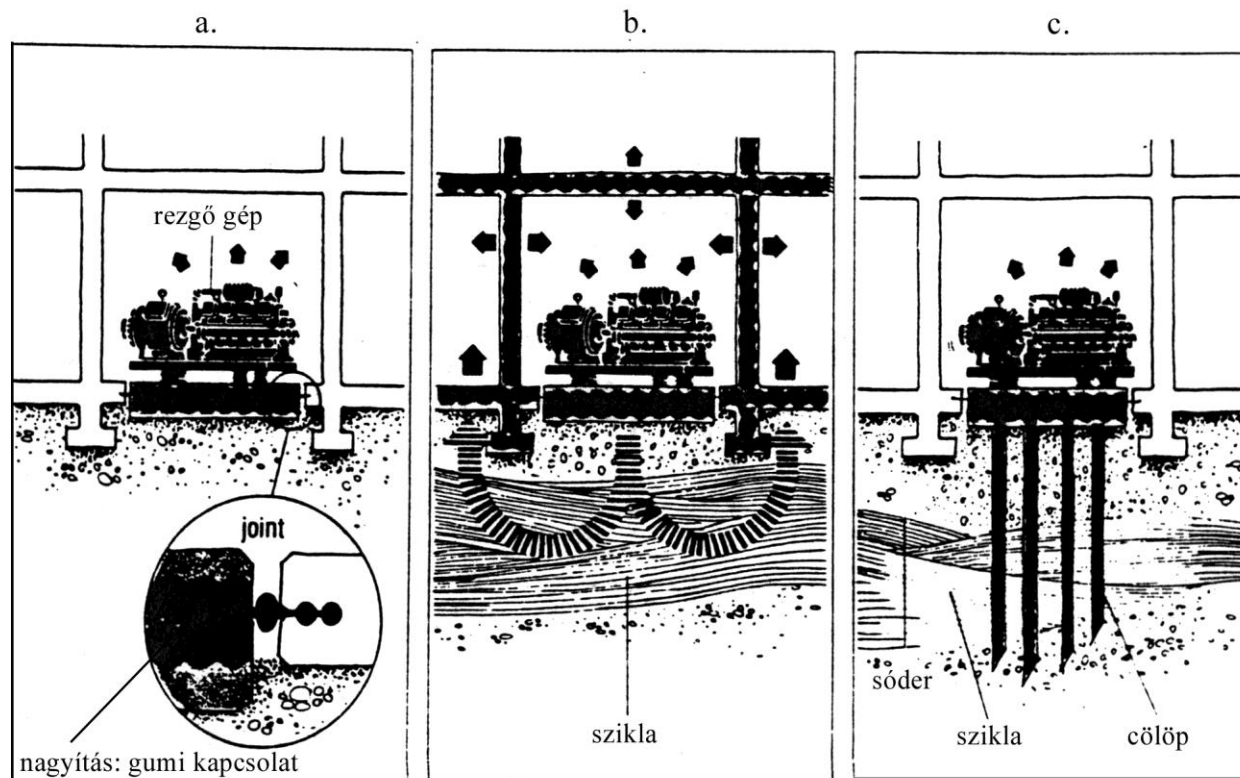


A gerjesztő- és saját frekvencia egymáshoz viszonyított értékei alapján választott tömeg-rugó rendszerek

Zaj és rezgés elleni védelem

Mechanikai eredetű rezgések csökkentése

- a) kavicsos
homokos talaj
- b) sziklás talaj
rossz megoldás
- c) sziklás talaj
jó megoldás
(betoncölöpökkel)



**Földszinten elhelyezett gépek esetében
alkalmazott rezgésszigetelési eljárások**

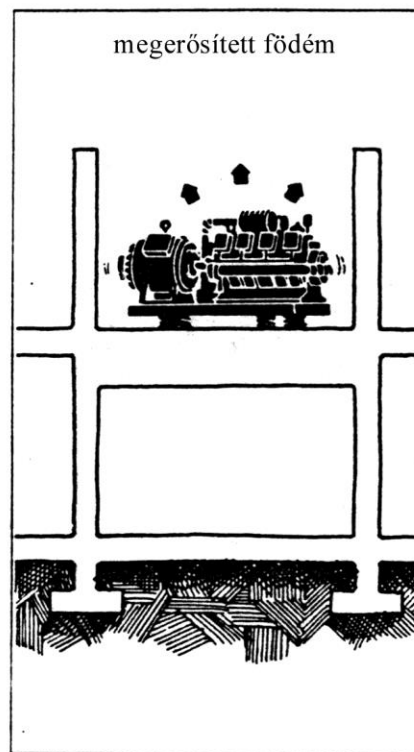
Zaj és rezgés elleni védelem

Mechanikai eredetű rezgések csökkentése

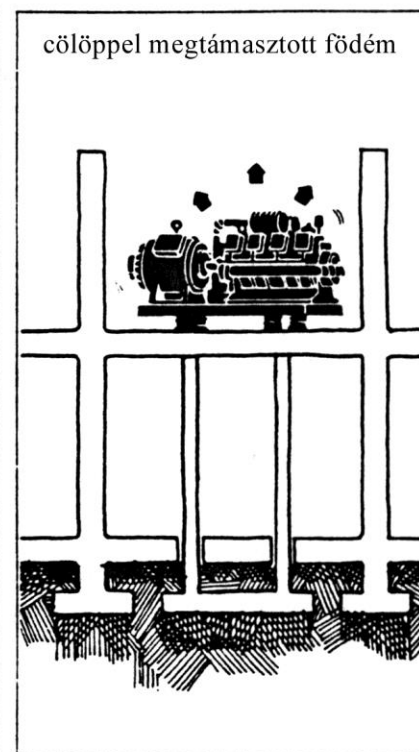
a.



b.



c.

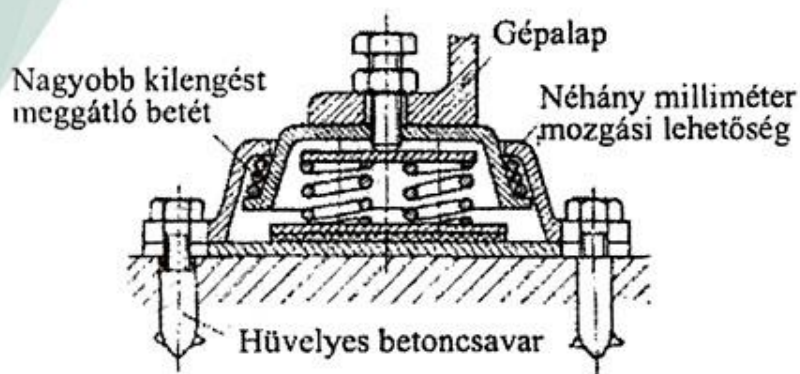


- a) rossz megoldás
b) és c) jó megoldások

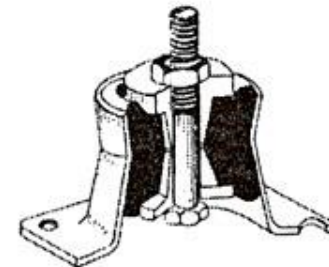
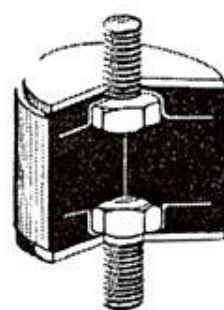
Emeletre helyezett gépek rezgéscsökkentése

Zaj és rezgés elleni védelem

Mechanikai eredetű rezgések csökkentése



a) Acél csavarrugók



b) Gumirugók

Géprezgések csökkentése rezgéscsillapító gépalátétekkel

Zaj és rezgés elleni védelem

Áramlástechnikai zajok csökkentése

Áramlási zajok legfontosabb elemei:

- Ventilátor és meghajtó egység,
- Légcsatorna,
- Kifúvó, illetve beszívó egységek.

A ventilátor várható hangteljesítménye:

$$L_p = 10 \lg Q + 20 \lg \Delta p_{\text{ö}} + 25 [\text{dB}]$$

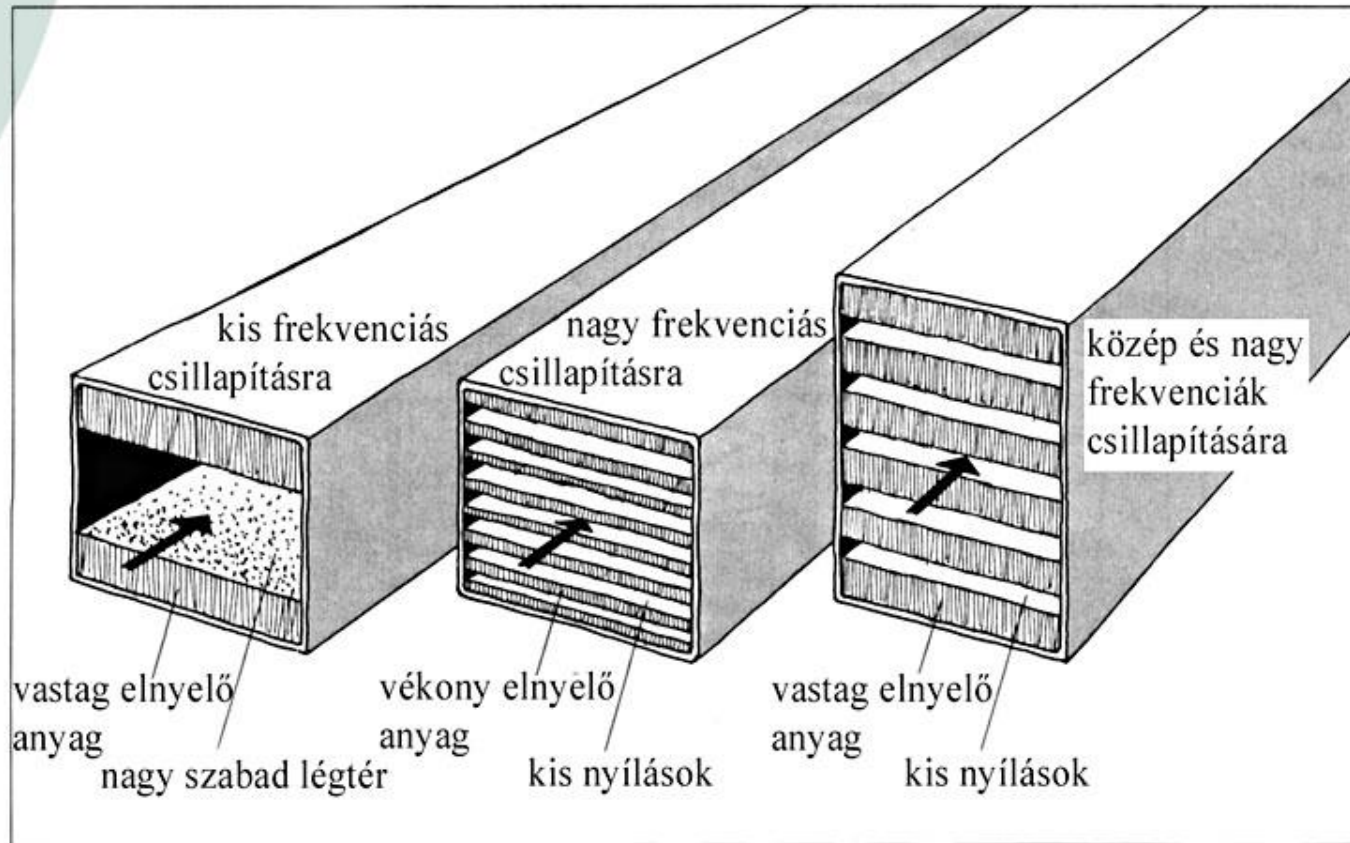
ahol:

Q a szállított levegő mennyiség [m^3/h]

$\Delta p_{\text{ö}}$ az össznyomás-növekedés [mm.vg]

Zaj és rezgés elleni védelem

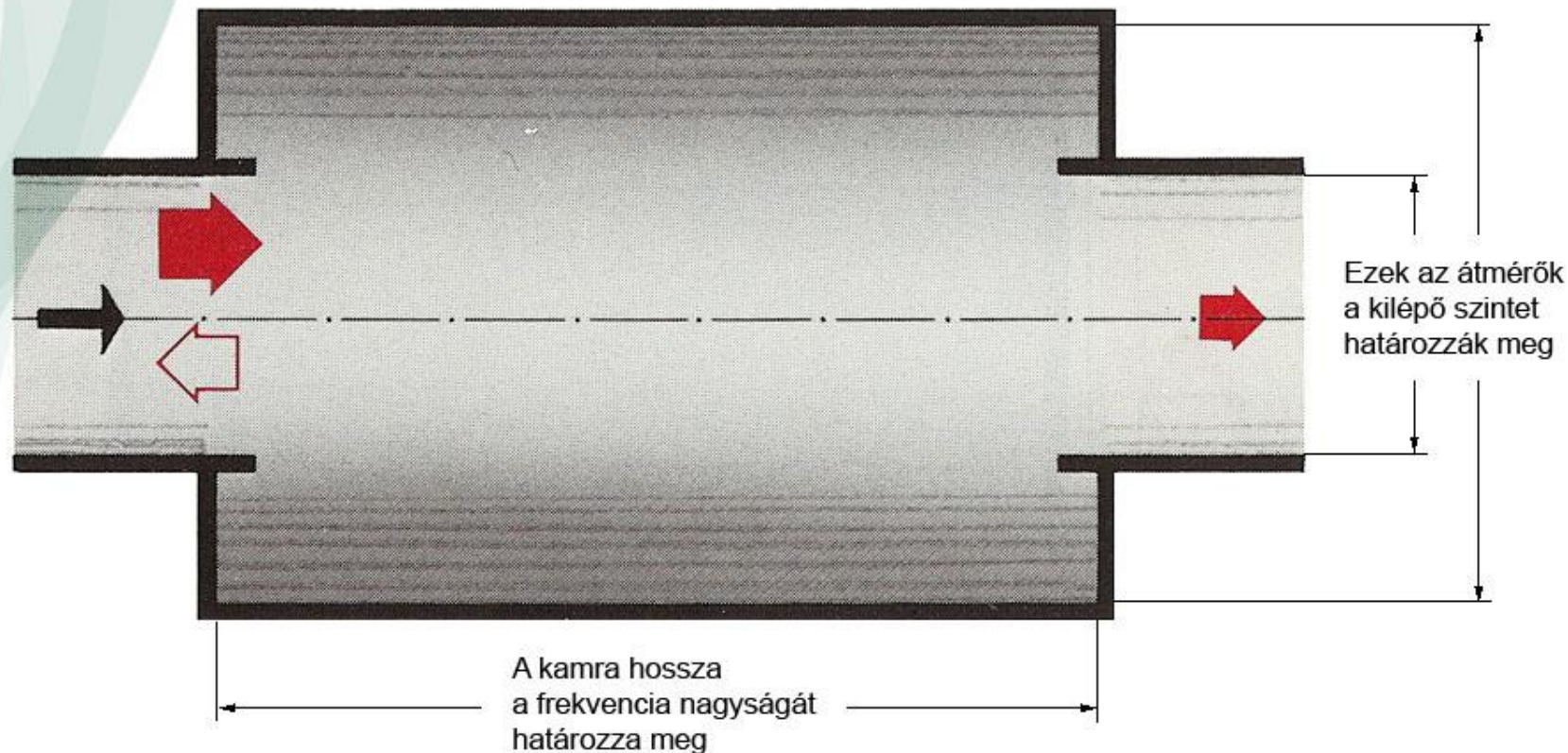
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Abszorpciós hangtompítók

Zaj és rezgés elleni védelem

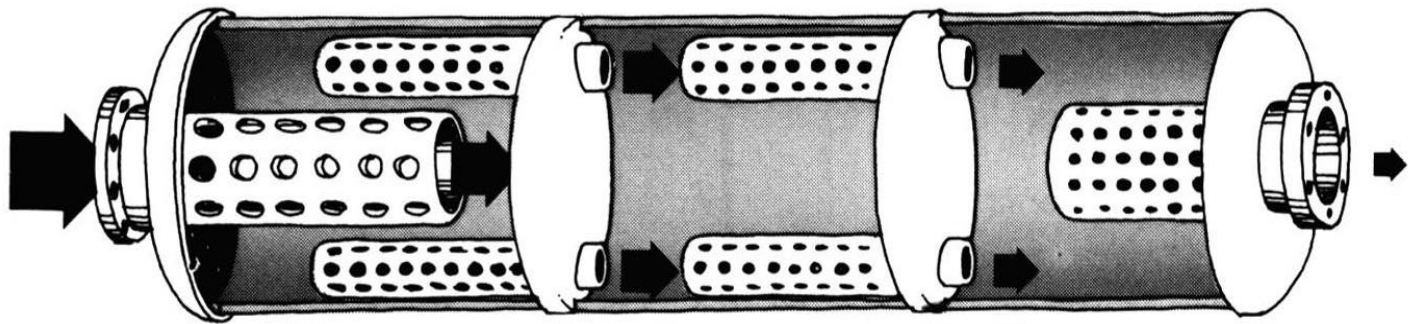
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Expanziós elven működő hangtompító

Zaj és rezgés elleni védelem

Áramlástechnikai zajok csökkentése

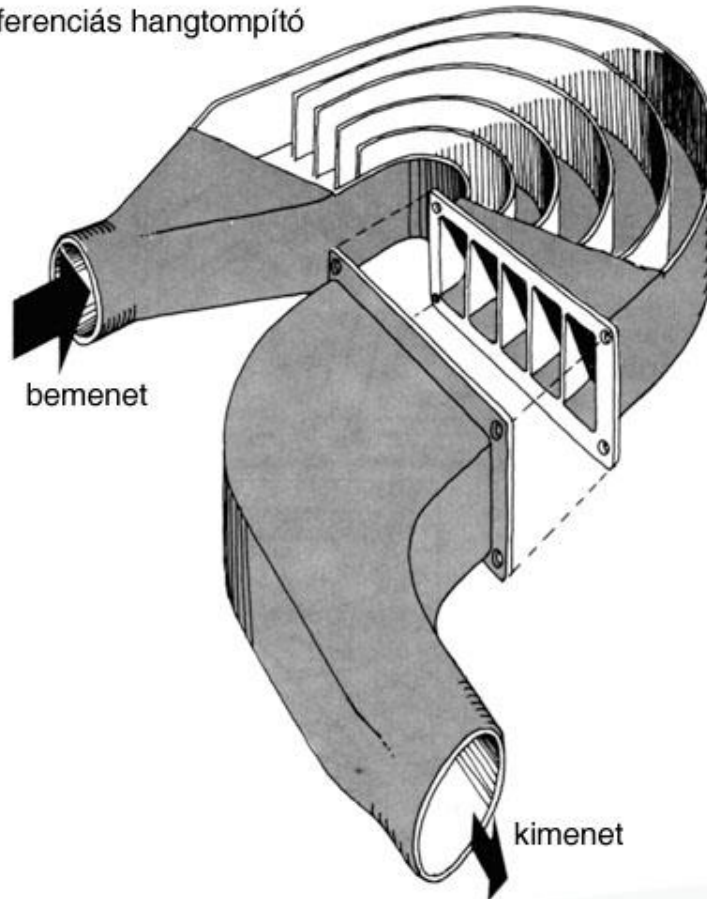


Többszörös visszaverődéses elven működő expanziós hangtompító

Zaj és rezgés elleni védelem

Áramlástechnikai zajok csökkentése

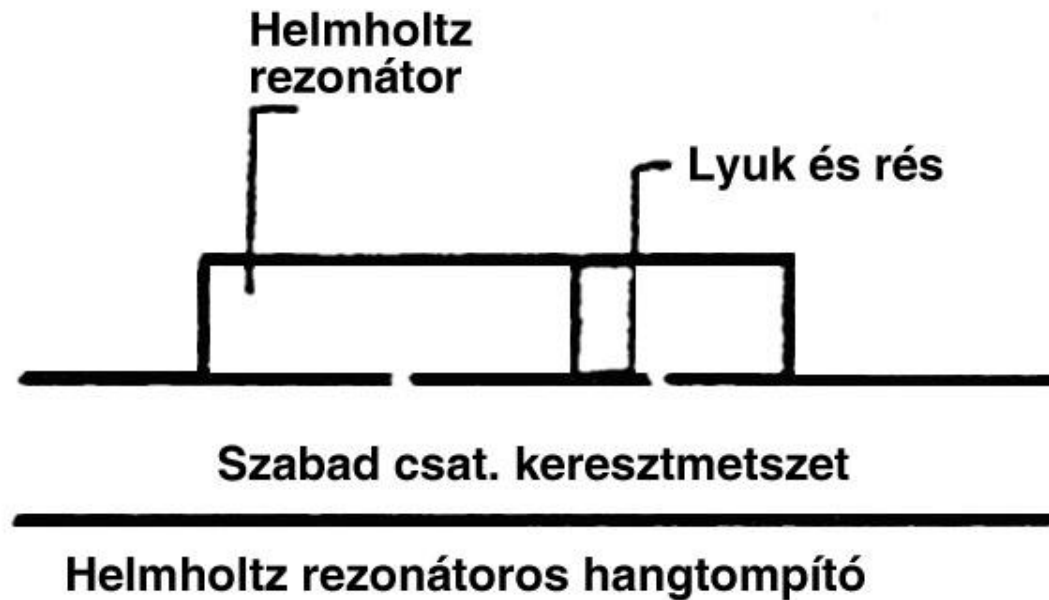
Interferenciás hangtompító



Interferenciás hangtompító

Zaj és rezgés elleni védelem

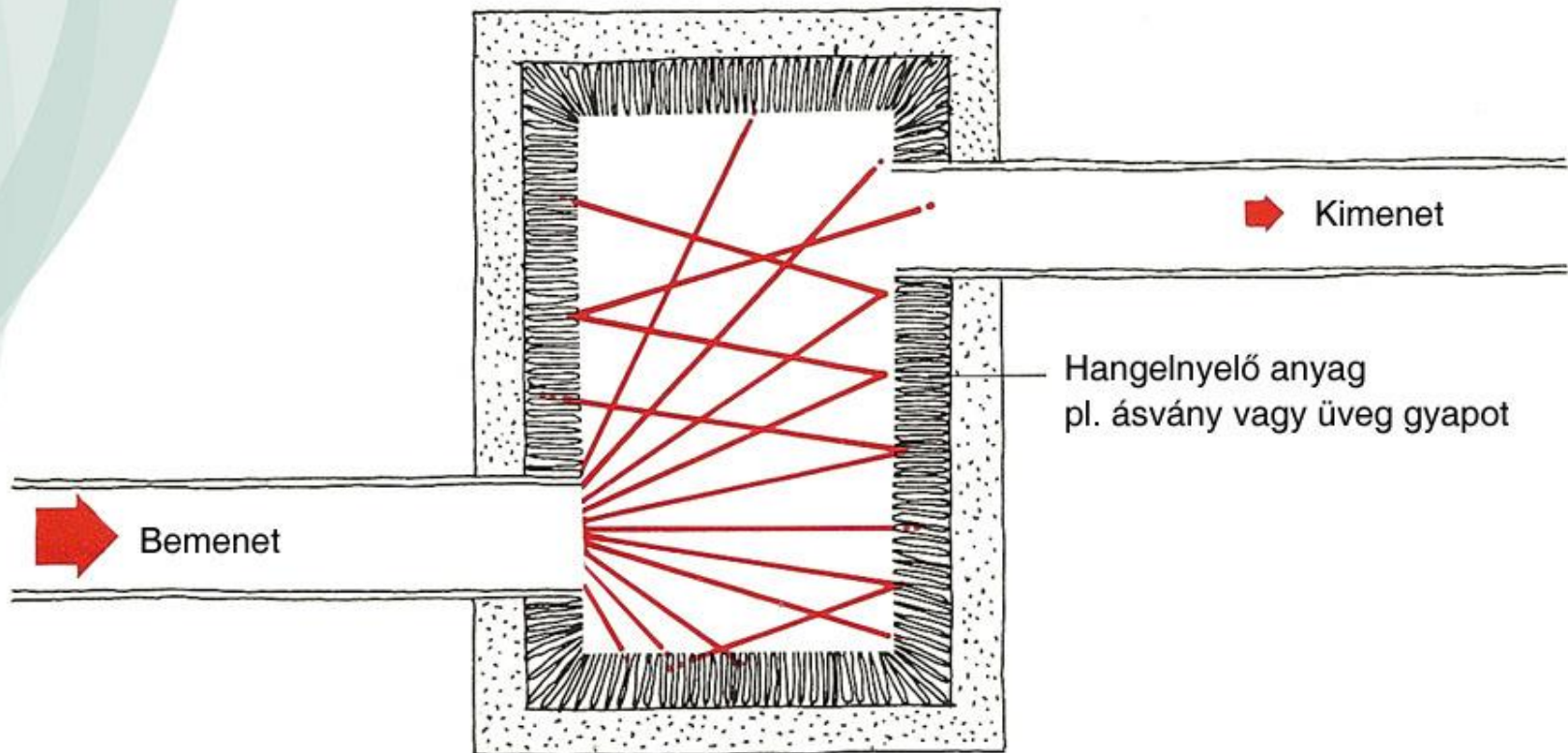
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Helmholtz rezonátoros elven működő hangtompító

Zaj és rezgés elleni védelem

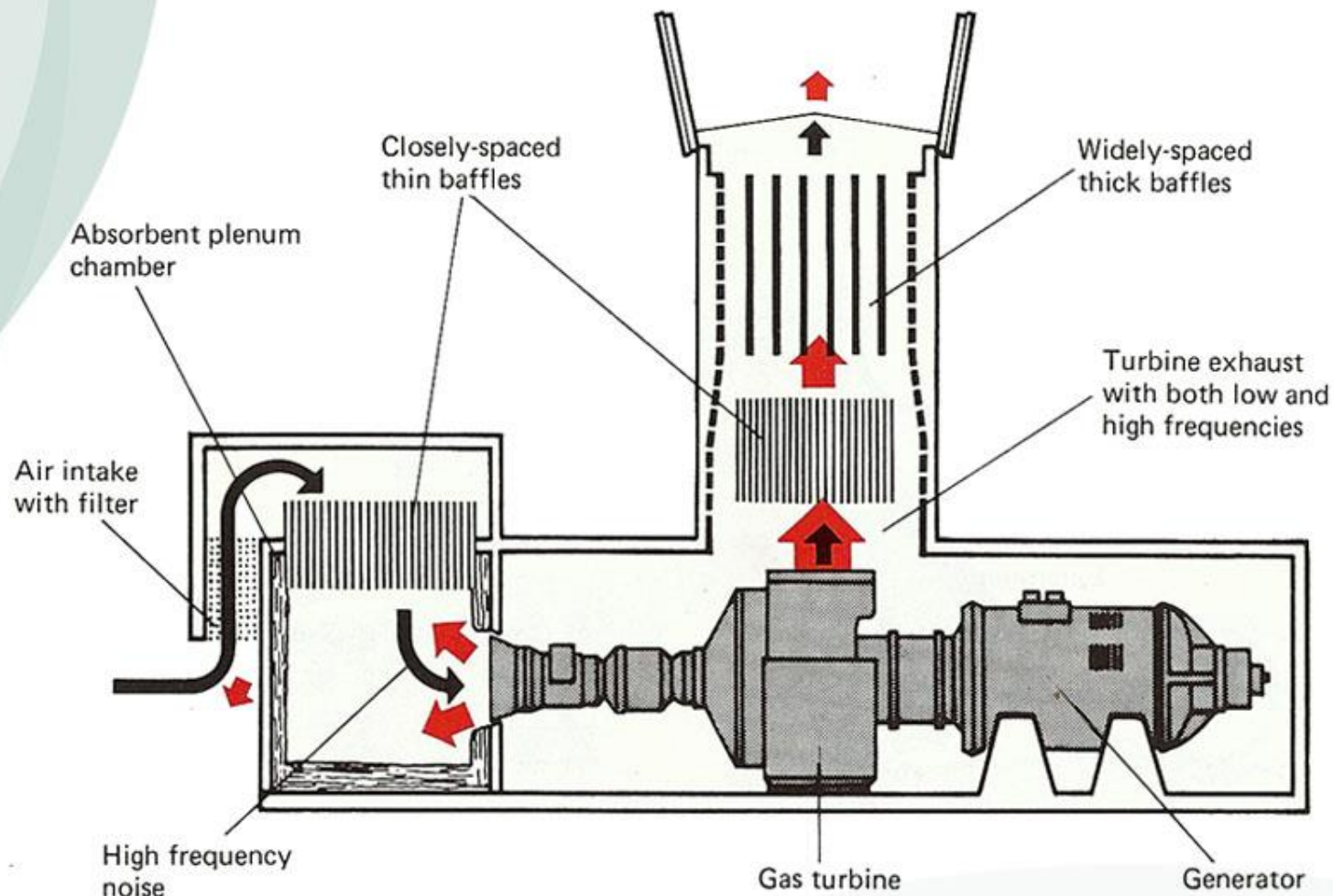
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Kombinált elnyeléses-expanziós hangtompító

Zaj és rezgés elleni védelem

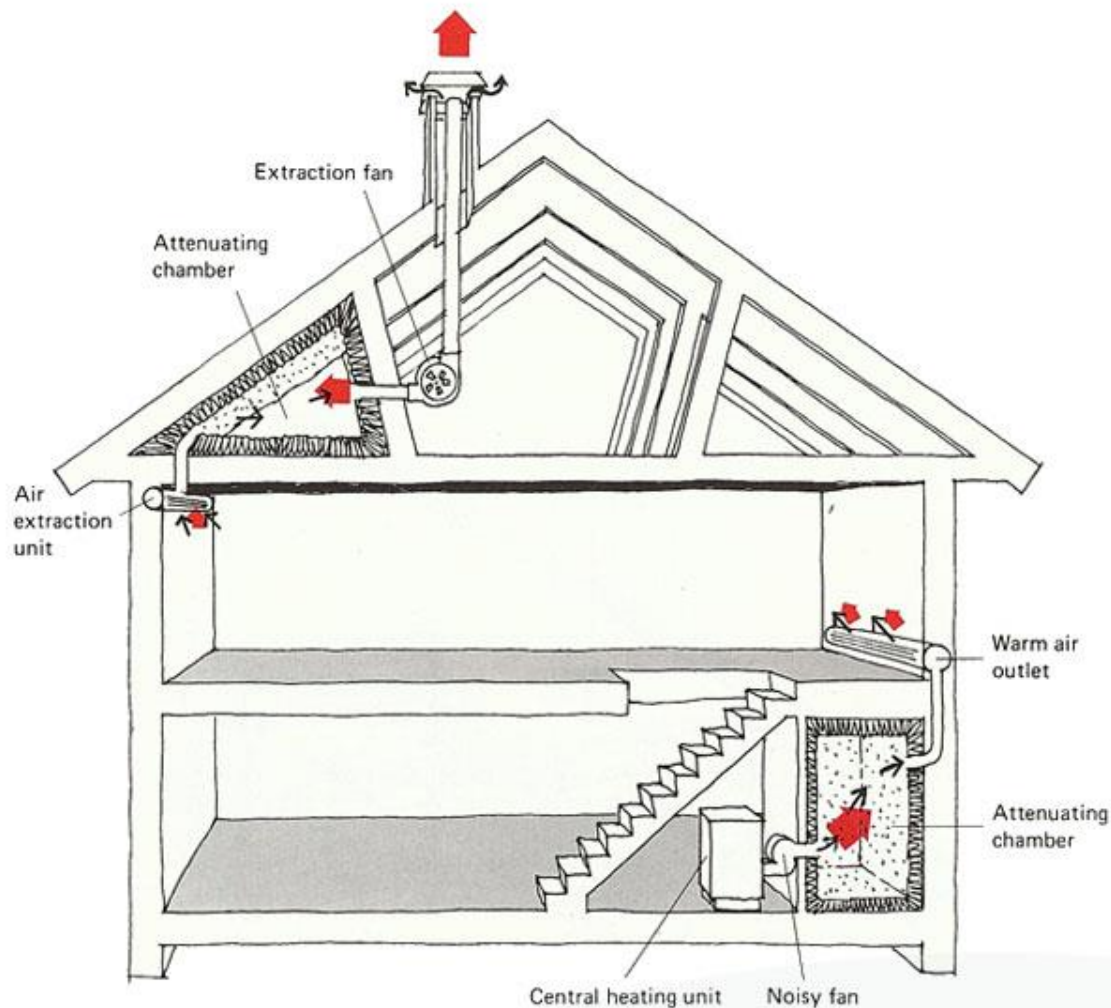
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Példa: hangtompítók alkalmazása gázturbina zajcsökkentés során

Zaj és rezgés elleni védelem

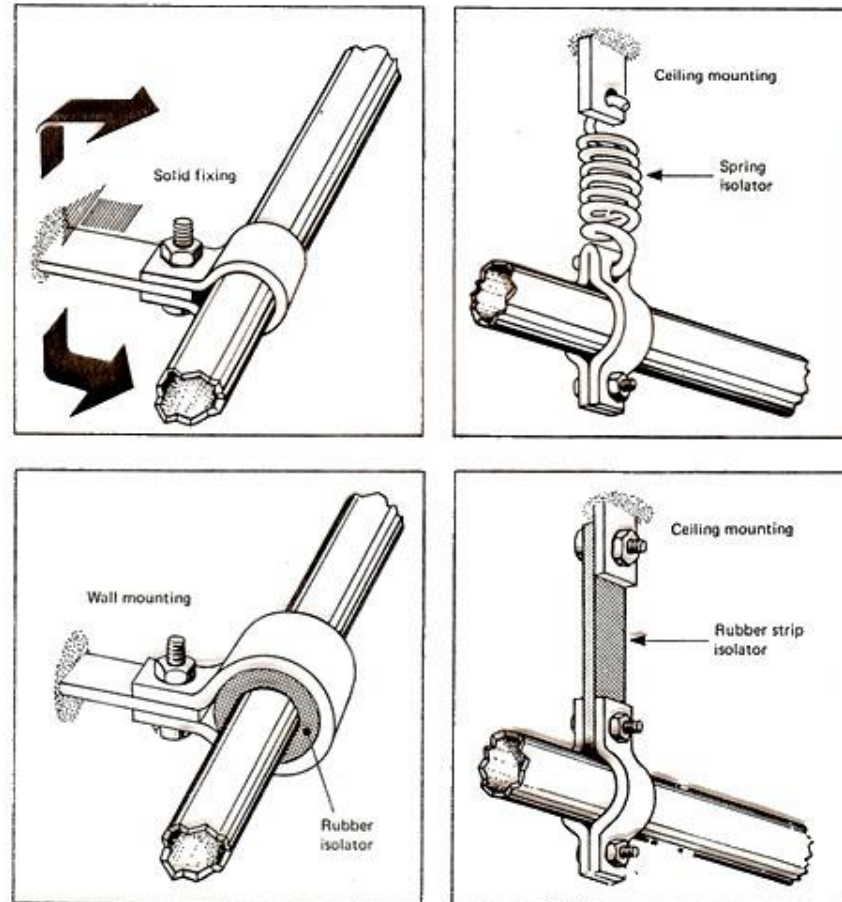
Áramlástechnikai zajok csökkentése



Hangtompítók alkalmazása épületgépészeti berendezések zajcsökkentésére

Zaj és rezgés elleni védelem

Áramlástechnikai zajok csökkentése



Csővezetékek falhoz rögzítése rezgésszigetelt megoldásokkal

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő burkolatok és tokozások

A tokozások zajcsökkentő hatását a frekvencia függvényében az átlagos beiktatási veszteséggel (D_T) jellemzik :

$$D_T = L_{m1} - L_{m2} \text{ [dB]}$$

ahol:

L_{m1} a zajforrás működésekor az előírt mérőponton frekvenciasávonként mért sávhangnyomás-szintek átlaga, ha a tokozás nem burkolja a gépet, [dB]

L_{m2} azonos megítélési ponton frekvenciasávonként mért sávhangnyomás-szintek átlaga, a tokozással burkolt gép működésekor, [dB]

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő burkolatok és tokozások

A tokozás várható csillapítása a tok falszerkezetének léghanggátlása (R^*) ismeretében:

$$\Delta L = R^* - 10 \lg \frac{S}{\bar{\alpha} S_e}$$

ahol:

R^* a tok falazatának léghanggátlása, [dB]

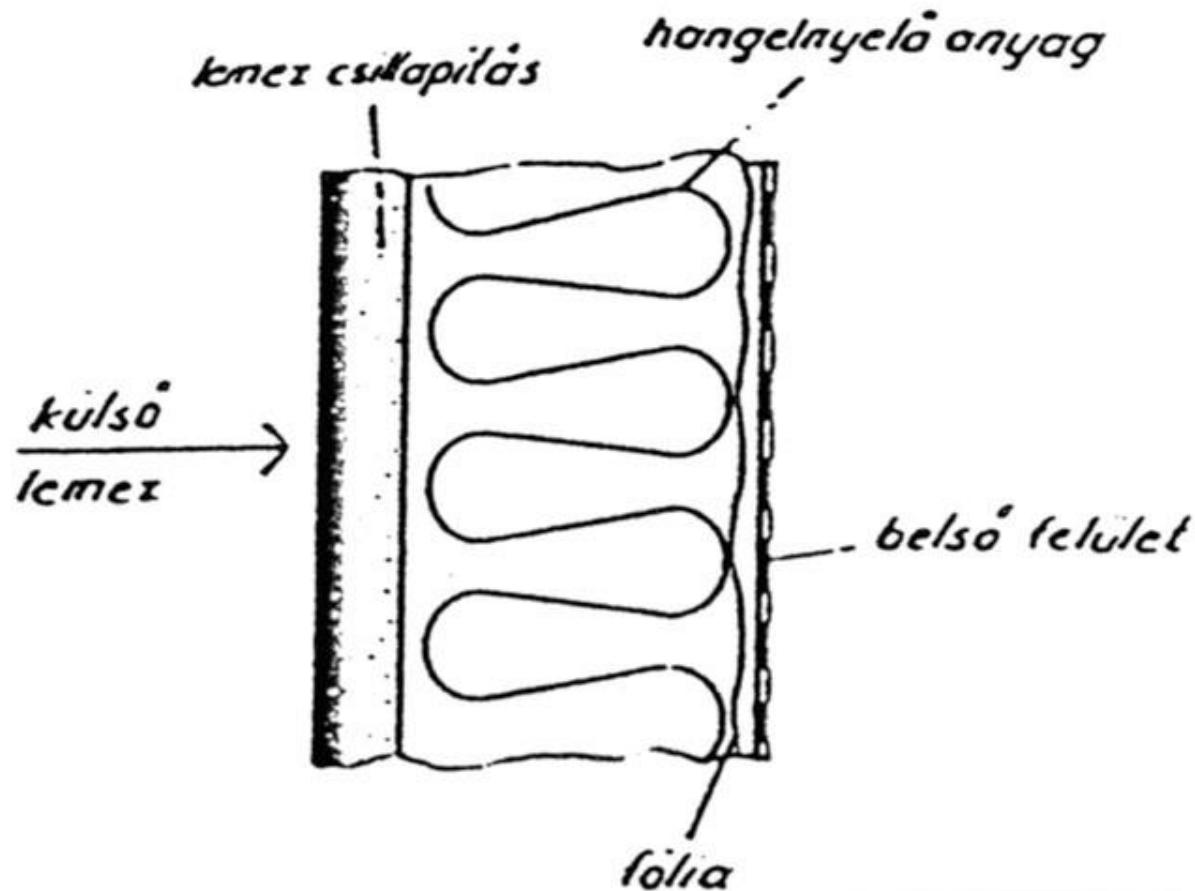
S a tok felülete, [m²]

S_e az elnyelő belső burkolat felülete, [m²]

$\bar{\alpha}$ a tok belső burkolatának átlagos elnyelési tényezője.

A zajcsökkentés műszaki módszerei

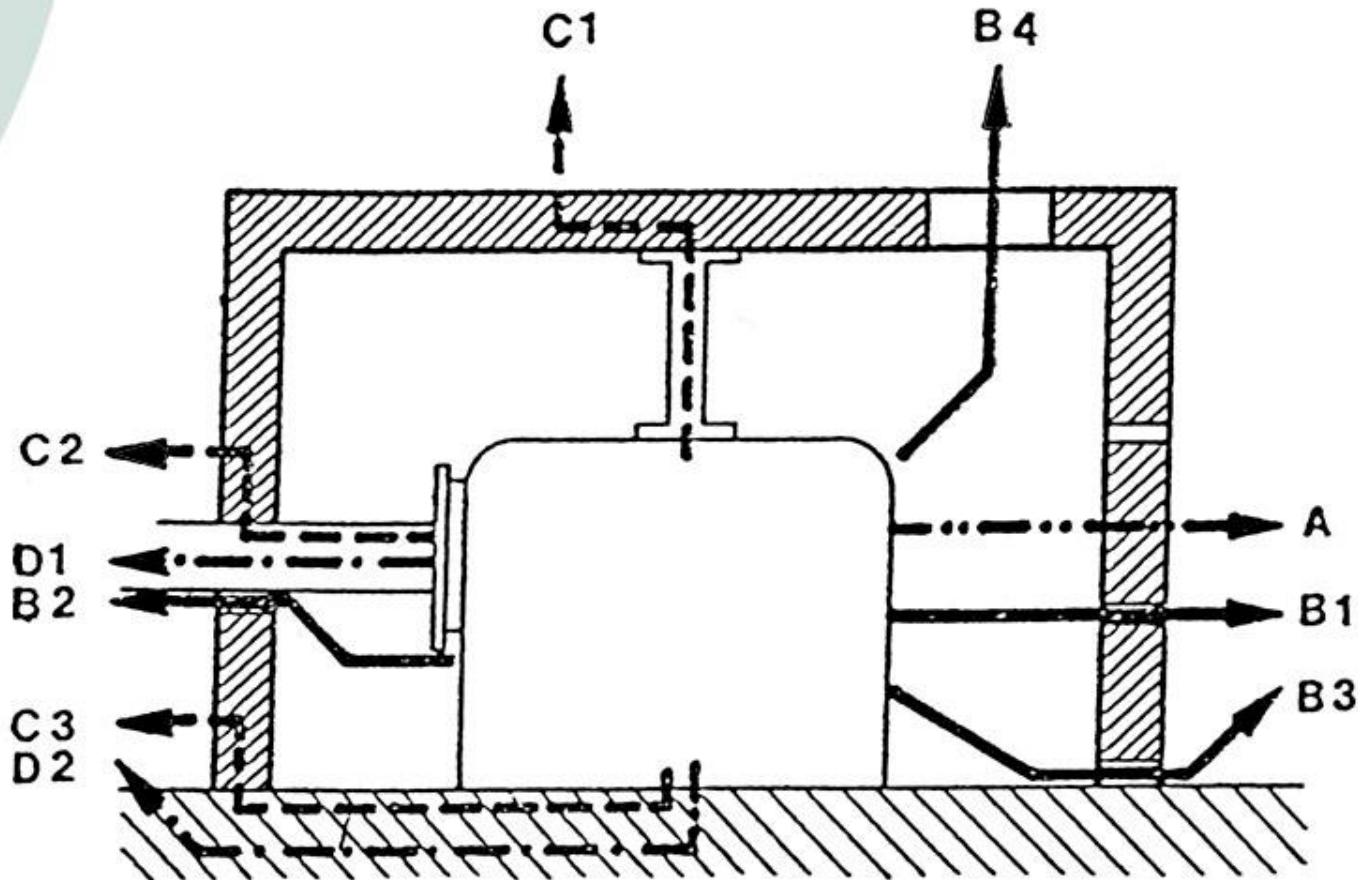
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Tokozások és fülkék tipikus, többrétegű falszerkezete

A zajcsökkentés műszaki módszerei

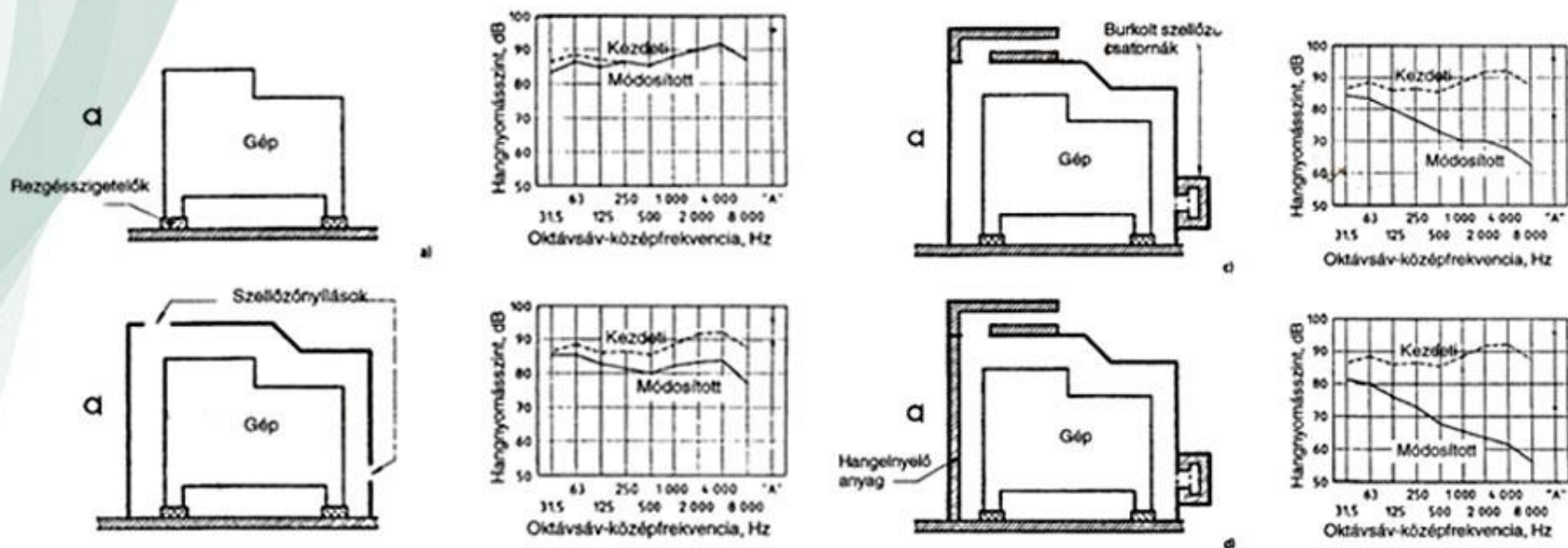
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Géptokozás kialakításának tipikus akusztikai hibái

A zajcsökkentés műszaki módszerei

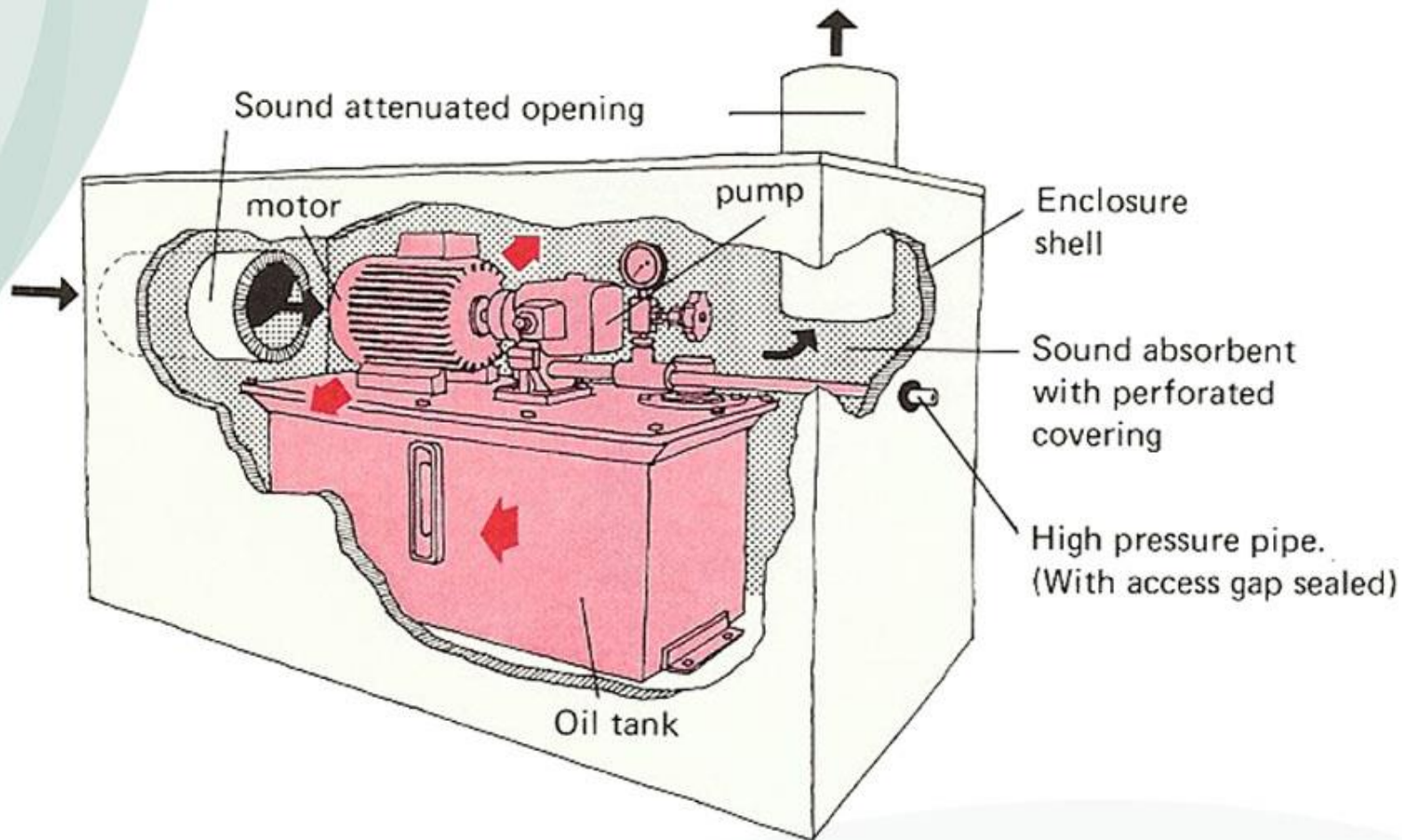
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



A tokozás kialakításának hatása a beiktatási veszteségre

A zajcsökkentés műszaki módszerei

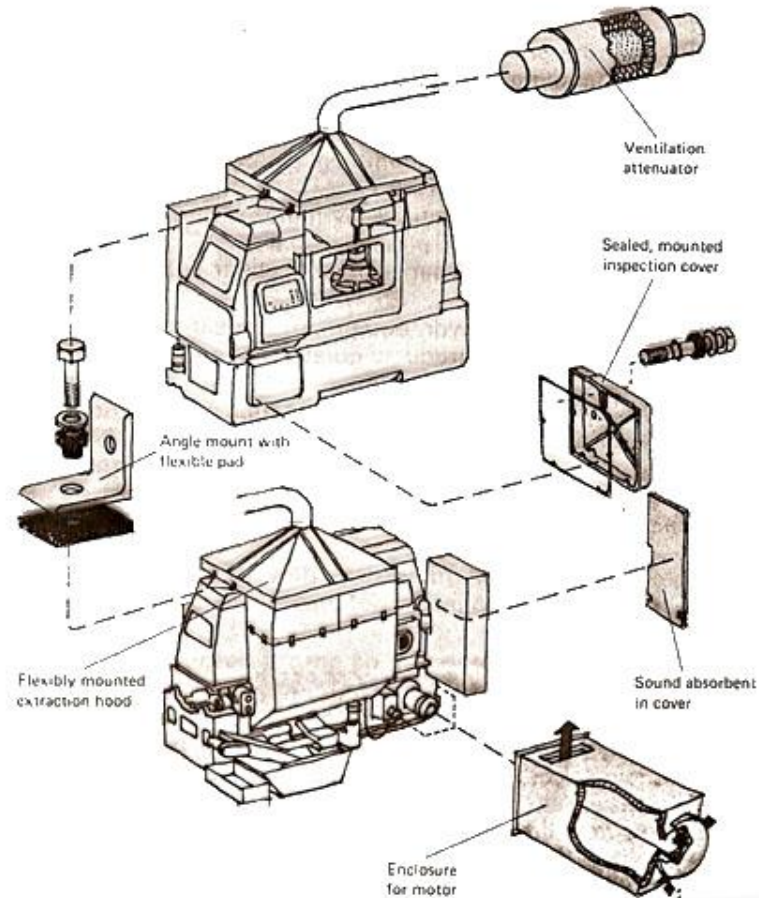
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Példa: hidraulikus tápegység tokozása

A zajcsökkentés műszaki módszerei

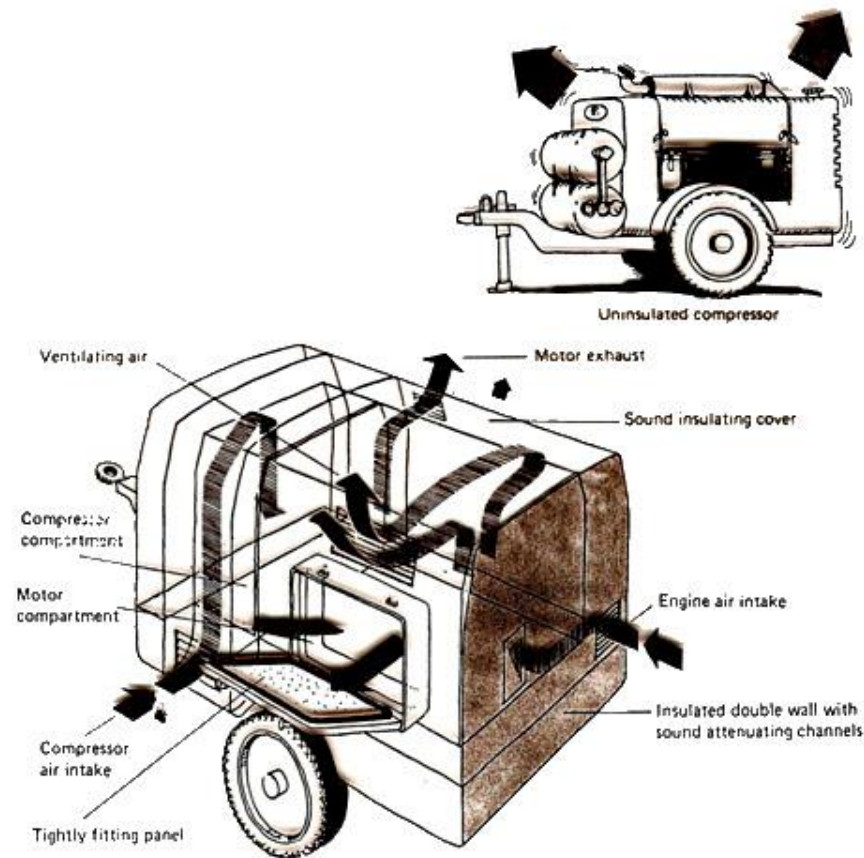
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Példa: bonyolult gép zajcsökkentő tokozása

A zajcsökkentés műszaki módszerei

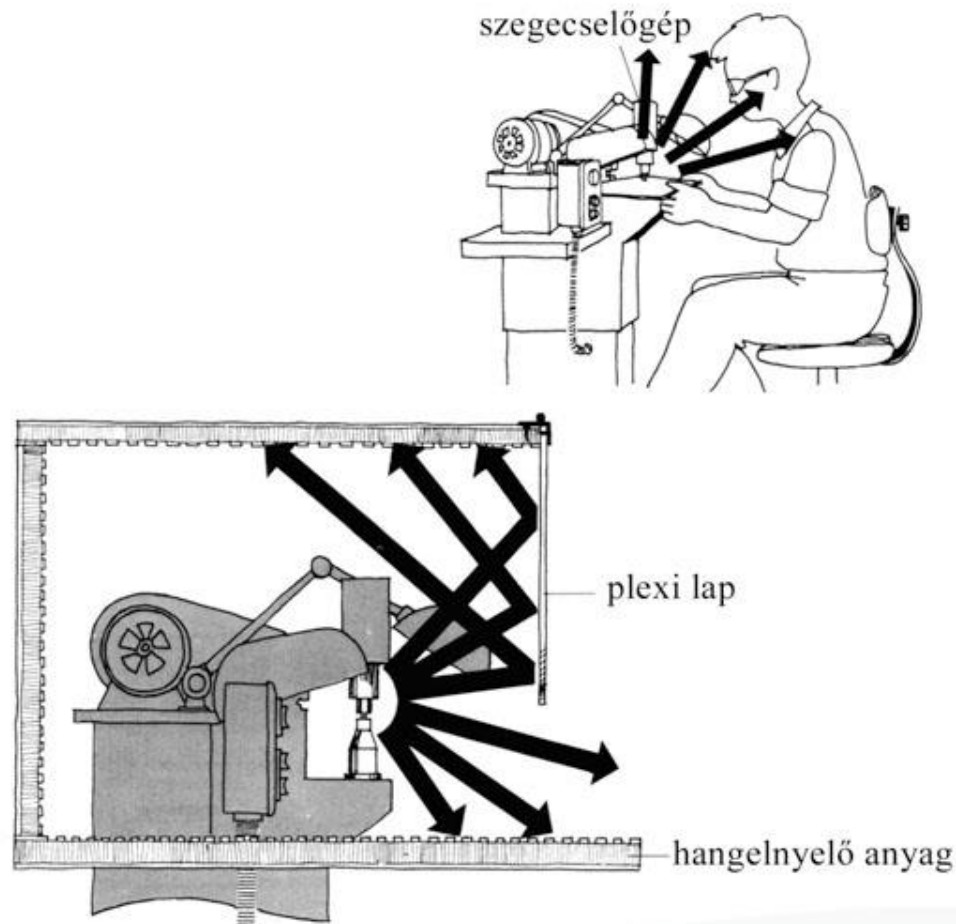
Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Mobil kompresszor zajcsökkentő burkolása

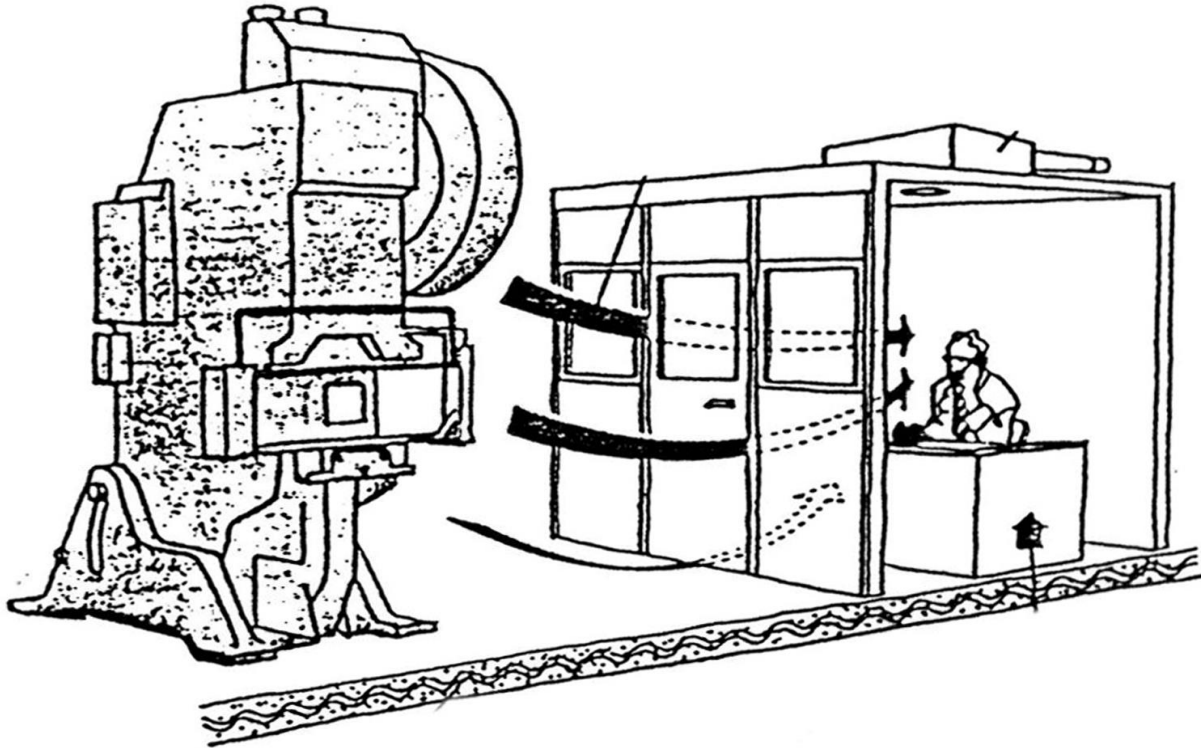
A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő burkolatok és tokozások



Részleges zajcsökkentő tokozás

A zajcsökkentés műszaki módszerei



Zajcsökkentő kezelő fülkék

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő kezelő fülkék

A zajcsökkentő fülke kialakításának szempontjai:

- Méretezett rezgéscsillapítással kell telepíteni;
- Lényeges az ajtók és az ablakok helyes akusztikai méretezése és kivitelezése (két, vagy többretegű ablakok, résszigetelés, megfelelő hanggátlású ajtó, stb.);
- Gondoskodni kell a folyamatos légcseréről, fűtésről, klimatizálásról. Mindezeket akusztikailag is kezelni kell!
- Figyelembe kell venni mindazon előírásokat és követelményeket, amelyek a munkahelyek létesítésére vonatkoznak (légtér, világítás, klímaviszonyok, színdinamika).

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő kezelő fülkék

A zajcsökkentő fülke határoló szerkezeteit úgy kell méretezni, hogy a falak eredő hanggátlása (R_e^*) a következők szerint számított legyen:

$$R_e^* \geq L_K - L_B + 10 \lg \frac{S}{V} + 10 \lg T - 8 \text{ [dB]}$$

ahol:

R_e^* : a választott szerkezet eredő hanggátlása, a tömör falak, ablakok, ajtók, szellőzés és nyílások figyelembe vételével [dB];

L_K : a zajos helyiség fülkén kívüli zajszintje [dB];

L_B : a fülke rendelet szerint előírt belső zajszintje [dB] (kezelő fülke esetében 65 dB, vezénylő fülke esetében 70 dB);

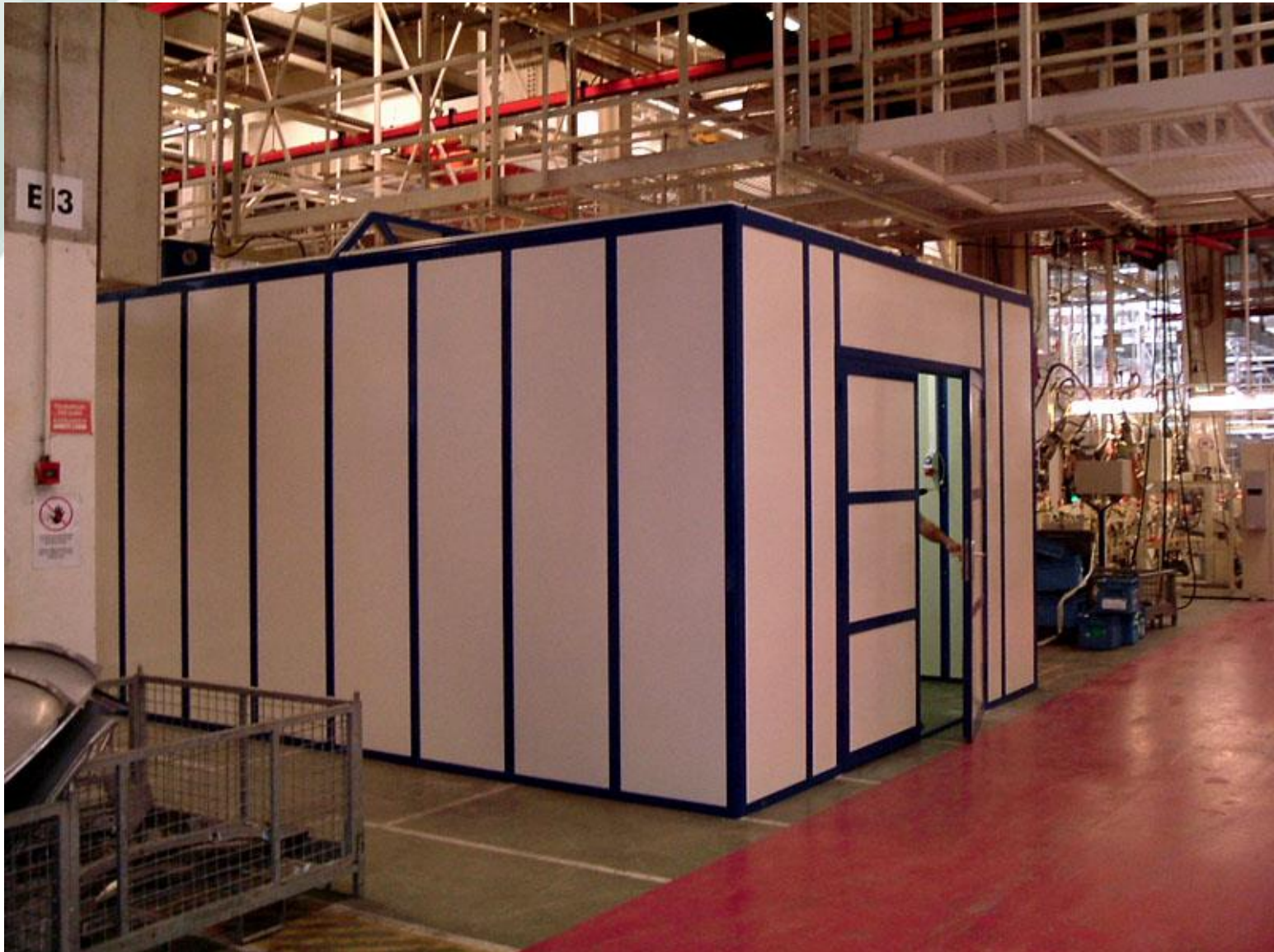
S : a fülke határoló felülete [m^2];

V : a fülke térfogata [m^3];

T : a fülke belső utózengési ideje [s].

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő kezelő fülkék



A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő kezelő fülkék



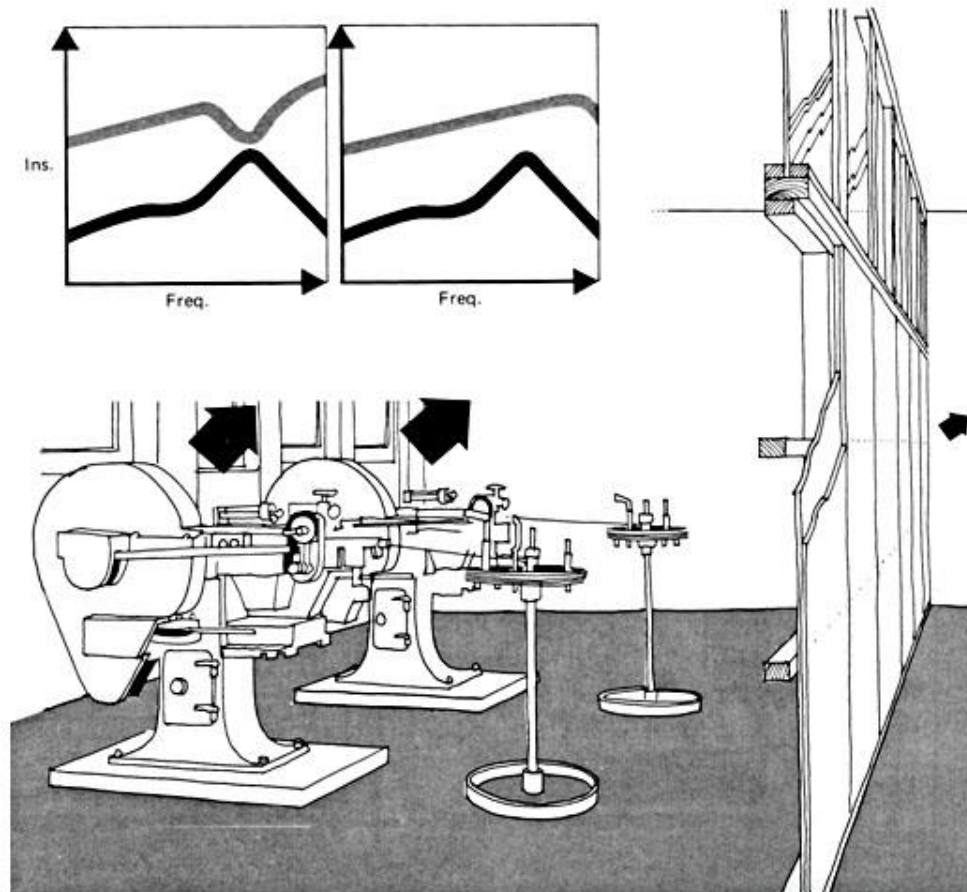
A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentő kezelő fülkék



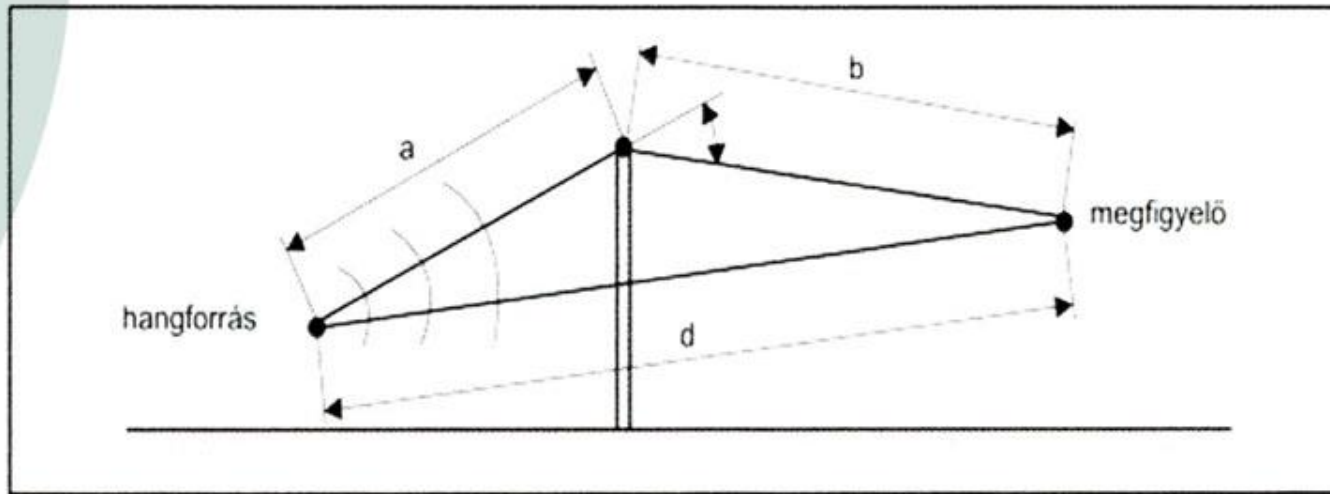
A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentés árnyékolással



Utólagos térelválasztás a zajos és védendő terek elválasztására

Zajcsökkentés árnyékolással



$$\Delta L_b = L_{fa\text{lnélkül}} - L_{fallal}$$

$$\Delta L_b = 20 \lg \frac{\sqrt{2\pi \cdot N}}{\operatorname{tgh} \sqrt{2\pi \cdot N}} + 5 \text{ [dB]}$$

ahol:

ΔL_b : a fal beiktatási vesztesége [dB];

N: a Fresnel-szám, mely az alábbiak szerint határozható:

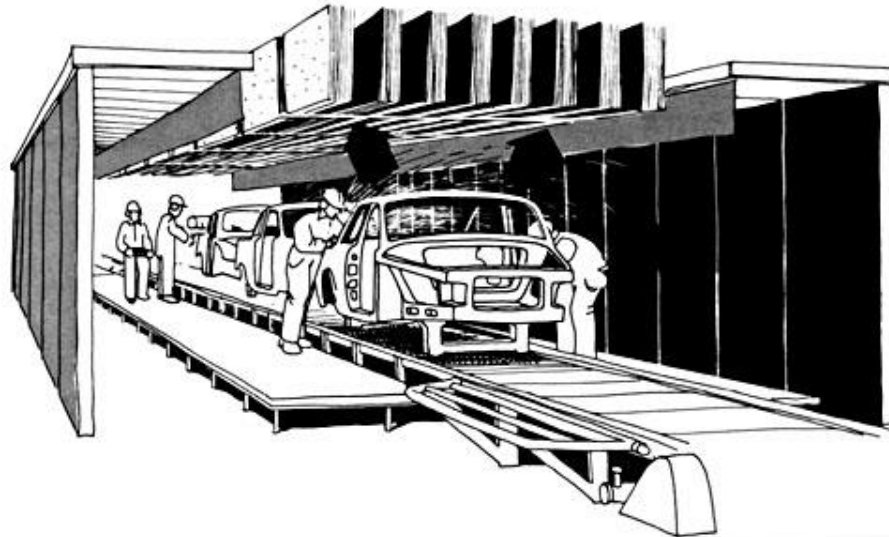
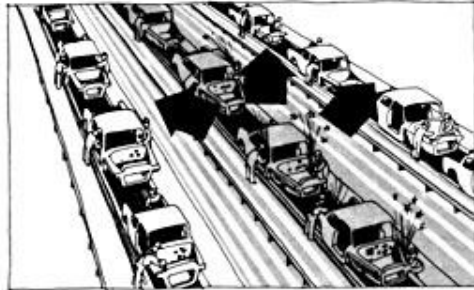
$$N = \frac{2}{\lambda} (a + b - d)$$

ahol:

λ : a hullámhossz [m];

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Zajcsökkentés árnyékolással

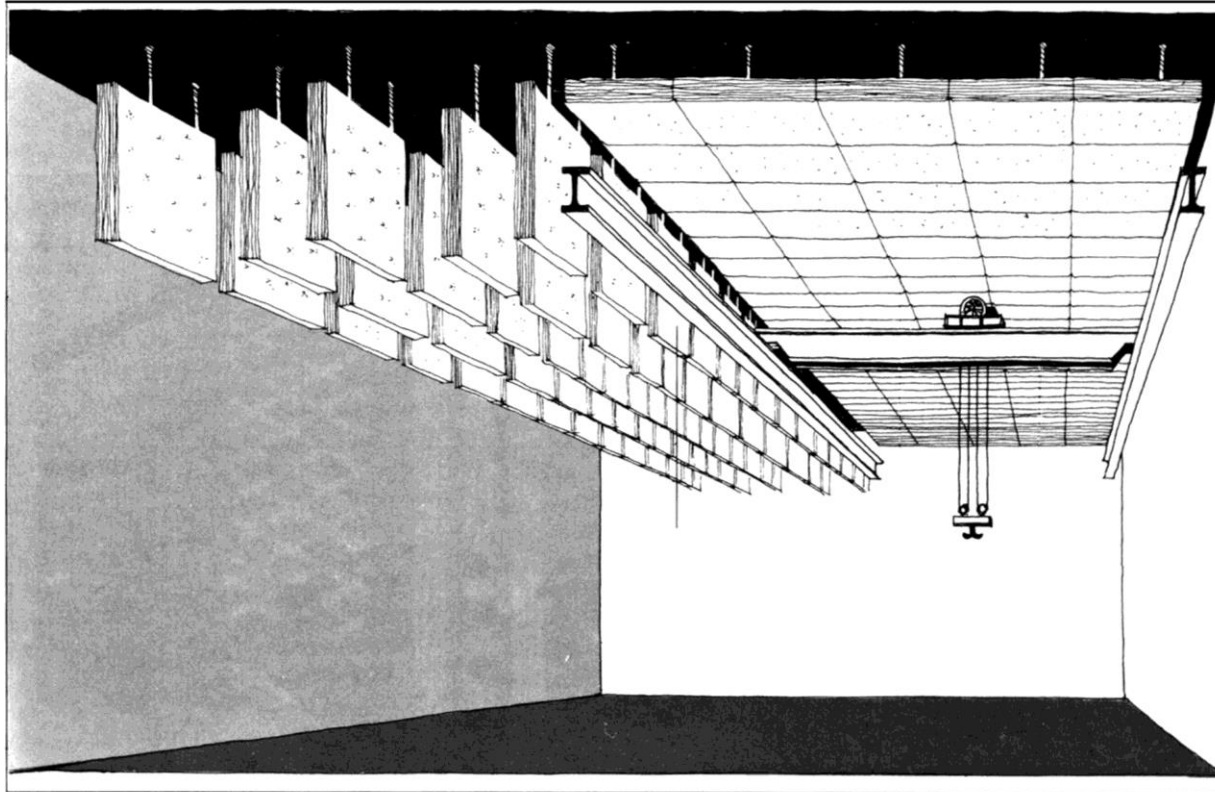


Zajos és nem zajos gyártósorok elválasztása

A zajcsökkentés műszaki módszerei

Teremakusztikai megoldások

A térben észlelhető csillapítás: $\Delta L = 10 \lg \frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1}$



Hangelnyelő falborítások, mennyezetborítás, vagy álmennyezet, belógatott hangelnyelő szerkezetek.

EGYÉNI ZAJVÉDŐ ESZKÖZÖK

Zajvédő fültokok

Zajvédő fültokok

Különálló fültokok,
merev vagy lágy
rögzítéssel

Sisakba vagy más
védőberendezésbe
szerelt fültokok

Hallásvédők

Többször használható
hallásvédők

Egyszer használható
hallásvédők

Zajvédő sisakok

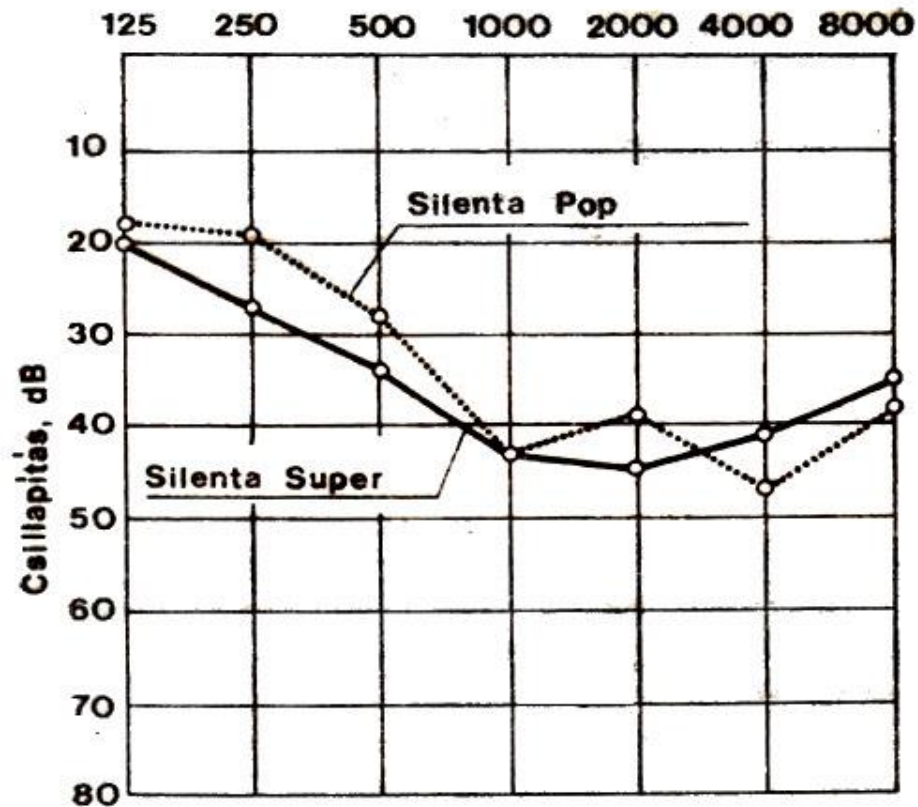
Zajvédő ruhák

Kialakított hallásvédő
füldugók

Alakítható hallásvédő
füldugók

Szálas anyagú
hallásvédő vatták

Zaj ellen védő egyéni védőeszközök



Oktávsáv csillapítási görbe

Zaj ellen védő egyéni védőeszközök

Hallásvédő eszköz kiválasztása a 66/2005.(XII.22.) EüM rendelet alapján az un. SNR módszerrel:

$$L_{AM} = L_{Ceq} - SNR$$

ahol:

L_{Ceq} : az értékelési időre meghatározott egyenértékű C-hangnyomás szint;

SNR: az alkalmazott egyéni hallásvédő legalább eszköz 80%-os szinten számított hangcsillapítása, azaz $x \geq 80 \% (SNR_{80})$

- Zajvédő fültok: MSZ EN 352-1:2003.
- Zajvédő füldugó: MSZ EN 352-2:2003.
- Zajvédő védősisak: MSZ EN 352-3:2003.

A szakemberek feladatai a zaj- és rezgésvédelem területén

