

T 042950

ELJÁRÁSTECHNIKAI BERENDEZÉSEK ZAJA ÉS TECHNOLÓGIAI-MŰSZAKI JELLEMZŐI ÖSSZEFÜGGÉSÉNEK KUTATÁSA

c. tematikus OTKA kutatási munka zárójelentése

A gépek, berendezések zajkibocsátásának vizsgálatát több ok is indokolja. Leginkább ismert ok a munkahelyi zajvédelem. A gép mellett dolgozó embert védeni kell a zajhatásokról, hogy elkerülhessük az egészségkárosodást, mely legközvetlenebbül a hallás területén jelentkezik. Ez természetesen függ az ember zajjal szembeni egyéni érzékenységtől is. Kezdetben a halláscsökkenés csak átmeneti, és önmagától regenerálódik. Ha a dolgozót érő zajhatás az egészségügyi határértékeket a vonatkoztatási időben meghaladja, halláscsökkenés, majd maradandó halláskárosodás állhat elő.

A zajkibocsátás vizsgálatának másik oka lehet, ha a működésből származó zaj már nem csak a munkahelyeken, hanem nagyobb távolságban, a környezetben lévő lakó- és egyéb védendő területeken is jelentkezik, és meghaladja az ott érvényes határértékeket. Ez jelentkezhet lakossági panaszok formájában, de kiderülhet a környezetvédelmi hatóság ellenőrzésekor is. A határérték túllépést – a környezet zajjal való szennyezését – a környezetvédelmi hatóságok szankcionálják zajbírság formájában.

Harmadik ok a gépek zajkibocsátásának vizsgálatára az üzemeltetési körülmények és a zajkibocsátás közötti esetleges összefüggések feltárása. Az üzem közbeni zajkibocsátás nagyságából következtetést lehet levonni a gép üzemállapotára, az elhasználódottság mértékére (kopás). De a pillanatnyi üzemállapothoz kapcsolódó olyan üzemi paraméterekre is, mint pl. a töltési fok, tömegáram, üzemi sebesség. E tekintetben elsők között vizsgálták a golyós malmok üzemét a zajkibocsátás és a töltöttségi fok közötti kapcsolat meghatározására.

1. A szakirodalom összefoglaló értékelése

a) A könyvekben, tankönyvekben a legkevesebb az utalás a gépek működés közbeni zajkibocsátására. A gépek működésének leírása igen részletes, de a gép egyes zajforrásairól, a technológia keltette zajkibocsátásról kevés szó esik. Néhány soros utalás előfordul a munkakörnyezetben megengedhető zajterhelés nagyságára. Ennek oka nyilvánvalóan az, hogy a könyvek tárgya alapvetően a gép működésének bemutatása, az ott fellépő erők vizsgálata.

- b) A különféle gépek, berendezések zajvizsgálata általában a munkahelyi és a környezeti zajvédelem területén jellemző. A munkahelyi vizsgálatoknál jellemzően a dolgozó munkavégzésének helyén mért zajszint adatokat közölnek, melyek annak a megállapítására szolgálnak, hogy a munkavállalót éri-e a megítélési idő (ez általában a műszakidő) alatt olyan zajdózis, mely egészségkárosodást okoz.
- A környezeti zajvizsgálatok az üzem környezetében lévő lakóházak, intézmények védendő homlokzata előtt történnek, és a határértékek betartásának ellenőrzését szolgálják.
- c) R. Pax végzett olyan vizsgálatokat, melyek a gép működése és zajkibocsátása között keres összefüggéseket. Az ő vizsgálatai golyósmalmokra terjednek ki, és számítógépes szoftvervizsgálattal modellezte a valós aprítási folyamatokat.
- d) *Általában kijelenthető, hogy az eddig megjelent és általunk fellelt szakirodalomban jellemzően nem a gép működése és üzemi körülményei ill. a zajkibocsátás közötti összefüggéseket vizsgálata volt a cél.*

2. Az alkalmazott vizsgálatok és értékelési módszerek

A következtetések meghozatalához szükséges információk összegyűjtését két lépésben végeztük.

a) Saját mérések elvégzésével.

Minden alkalommal hangnyomásszintet mértünk. A-szűrőnek megfelelő ill. lineáris, frekvenciamenet mellett, valamint tercsávós felbontásban. Ha a gép elhelyezkedése, üzeme és üzemeltetője lehetővé tette a zajteljesítményszint MSZ 1413-78 szerinti meghatározását, akkor elvégeztük ezt a mérést is. Ezen tematikus OTKA pályázathoz csatlakozva beadott Műszerbeszerzési pályázatunk nem nyert támogatást. Az ott megpályázott intenzitás szonda lehetővé tette volna a gyors és hatékony zajteljesítményszint mérést.

b) Külső mérések eredményeinek szisztematikus feldolgozásával. Ezek a mérések általában nem nyertek publicitást az 1. pontban említett irodalomkutatás bázisában.

Ad a)

1. Vizsgált berendezés: **Prall malom**

Méret: laboratóriumi

A motor névleges teljesítménye: 2,5kW

Megfigyelési cél:

- A tömegáram nagysága hogyan befolyásolja a zajkibocsátást, zajteljesítményszintet?
- Található-e legkisebb zajszintű tömegáram?
- Változik-e a malom üresjáratú zajteljesítményszintje a törés után?

1.1 Prall malom zajteljesítményszint mérésének értékelése

Az üresjáratú zajteljesítményszintek változásának felismeréséhez az aprítások előtt és után is végeztünk vizsgálatot. A mérési cél az volt, az esetleges kopás befolyásolja-e teljesítményszintet? A méréseket a műszer által vizsgálható teljes frekvenciatartományban végeztük.

Az n_1 , n_2 és n_3 majd ismét $n_{1,v}$ fordulatszámokhoz tartozó zajteljesítményszinteket és az A-hangteljesítményszinteket az 1. táblázat és az 1. ábra oszlopdiagramja mutatja.

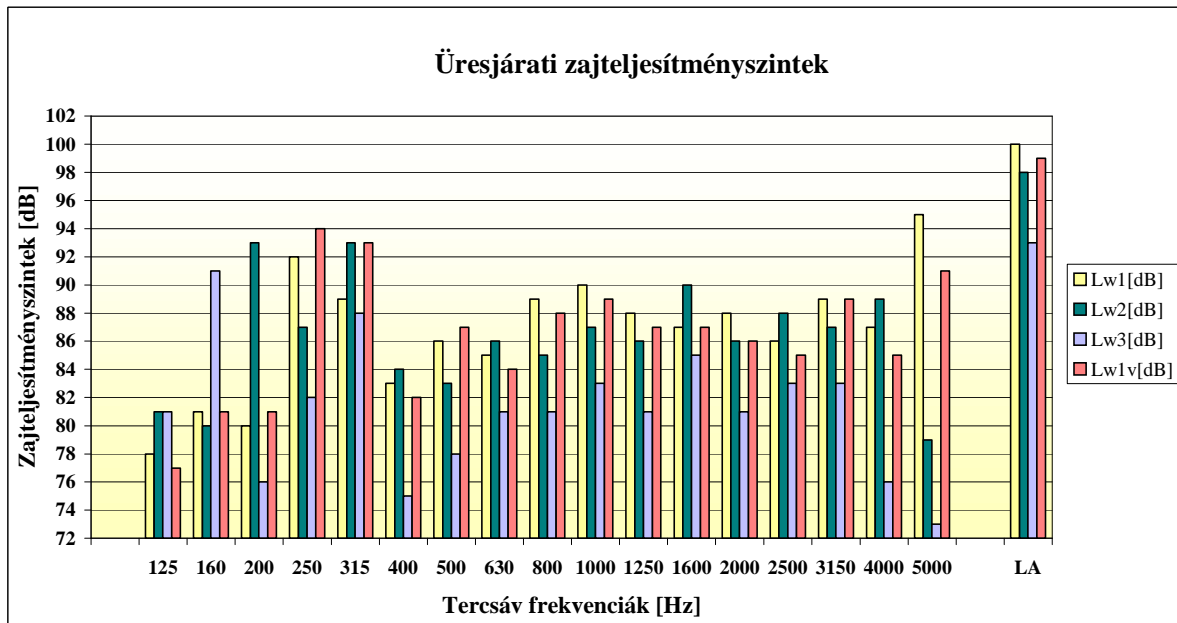
Üresjáratú zajteljesítményszintek

Frekv.[Hz]	Lw1[dB]	Lw2[dB]	Lw3[dB]	Lw1v[dB]
125	78	81	81	77
160	81	80	91	81
200	80	93	76	81
250	92	87	82	94
315	89	93	88	93
400	83	84	75	82
500	86	83	78	87
630	85	86	81	84
800	89	85	81	88
1000	90	87	83	89
1250	88	86	81	87
1600	87	90	85	87
2000	88	86	81	86
2500	86	88	83	85
3150	89	87	83	89
4000	87	89	76	85
5000	95	79	73	91
LA	100	98	93	99

1. táblázat

Az aprítás előtti és utáni üresjáratú zajteljesítményszinteket L_{wn1} ill. L_{wn1v} jelöli.

Nagyon jól látszik, hogy néhány száz kilogramm anyag letörése (kb. tíz óra üzemidő) nem okoz jelentős változást a gép zajteljesítményszintjében. Ilyen kis mértékű eltérés esetén (ez lehet mérési hiba is) azt mondhatjuk, hogy a malom zajteljesítményszintje nem növekedett.



1. ábra

Kopás miatti zajteljesítményszint változás kimutatásához tehát jóval nagyobb üzemóra utáni mérés elvégzése szükséges, ezen malom esetében.

Másrészt az is egyértelmű, hogy a fordulatszám csökkenésével, csökken a gép által kibocsátott akusztikus energia is. A kb. 60%-ra redukált fordulatszám mellett ~7dB-t csökken a szélessávú teljesítményszint. A vizsgált fordulatszám tartományban az energia eloszlása az egyes tercsávok között csak kismértékben változik, mert a tercsávokban is a csökkenés a jellemző. Kivétel a 315Hz alatti alacsonyabb frekvenciák tartománya. Ennek oka egy gépre jellemző frekvencia létezése, amely a 250Hz, 200Hz és a 160Hz-es tercsávokba esik, és a fordulatszám csökkenésével szintje alig változik 92dB, 93dB, 91dB. Csak az eggyel alacsonyabb frekvenciájú sávba csúszik.

A legmagasabb hangteljesítményszintek függenek a fordulatszámától, de tercsávonként nem mindig ugyanaz azon fordulatszám mellett a leghangosabb.

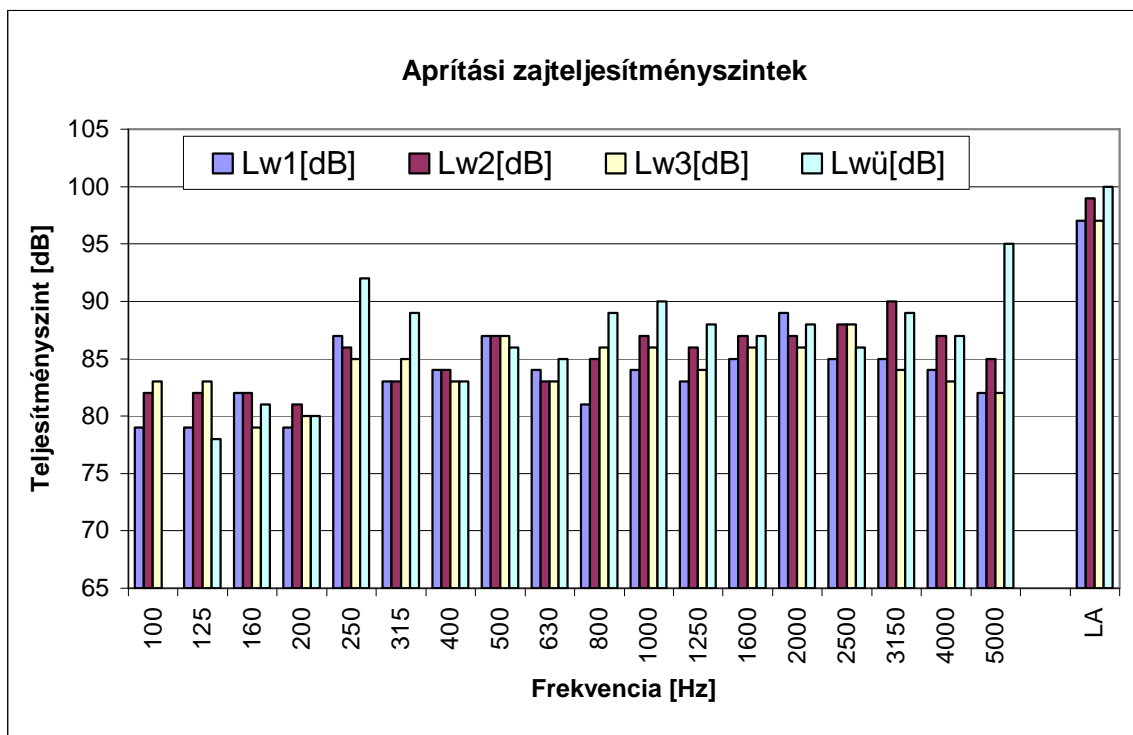
1.2 A Prall malom aprítási hangnyomásszint mérésének értékelése

Az aprítás közbeni zajteljesítményszint méréshez hosszú ideig kell biztosítani az állandó üzemi feltételeket. Az egyenletes feladást, a szükséges ideig csak néhány tömegáram esetén lehetett biztosítani, mert a feladás előtt nem volt puffelés. Három tömegáramhoz tartozó mérési értékeket mutat a 2. táblázat és a hozzá kapcsolódó 2. ábra. A mérések azonos fordulatszám mellett történtek.

Aprítási zajteljesítményszintek

Frekv.[Hz]	Lwü[dB]	Lw1[dB]	Lw2[dB]	Lw3[dB]
100		79	82	83
125	78	79	82	83
160	81	82	82	79
200	80	79	81	80
250	92	87	86	85
315	89	83	83	85
400	83	84	84	83
500	86	87	87	87
630	85	84	83	83
800	89	81	85	86
1000	90	84	87	86
1250	88	83	86	84
1600	87	85	87	86
2000	88	89	87	86
2500	86	85	88	88
3150	89	85	90	84
4000	87	84	87	83
5000	95	82	85	82
LA	100	97	99	97

2. táblázat



Lwü: üresen Lw1:0,256kg/s Lw2:0,571kg/s Lw3:0,619kg/s

2. ábra

Egyértelműen látszik, hogy a malom üresjáratában az elsugárzott akusztikus energia nagyobb, mint bármely terhelt estében. (2. ábra) Ez hangsúlyozottan mutatkozik a tercsávós bontásban, az A-szűrővel mért szélessávú értékhez képest, mivel az A-szűrő elnyomja a magasabb terceknél jelentkező többletet. Az anyagáram jelenléte tompítja a magasabb frekvenciákat, és kevésbé hat az alacsonyabbakra. Ennél a gépnél 200Hz környékén mutatkozik a határ. Ettől alacsonyabb terceknél inkább terheltén mutatkozik többlet.

Az elmondottak általánosíthatók a nagy fordulatszámon járó, magas törési sebességgel működő gépekre. Különbség a határfrekvenciában lehet, amely erősen függhet a gép méretétől és felépítésétől.

Fentiekből látható, hogy egy berendezés által elsugárzott akusztikus energia mennyiségét befolyásolja főként az aprított anyag tulajdonsága, a tömegáram, az anyag mozgási sebessége (fordulatszám), a törőberendezés állapota. A zajjellemzők megadása nem lehet csupán egy számadat, ki kell egészíteni azzal is, hogy milyen anyag törésére ill. új vagy már valahány üzemóra működése utáni állapotra vonatkoznak, továbbá, hogy az adatok meghatározása az üzemelés helyén vagy laborkörülmények között történt és milyen pontosságú volt a vizsgálat (pl. tájékoztató, műszaki).

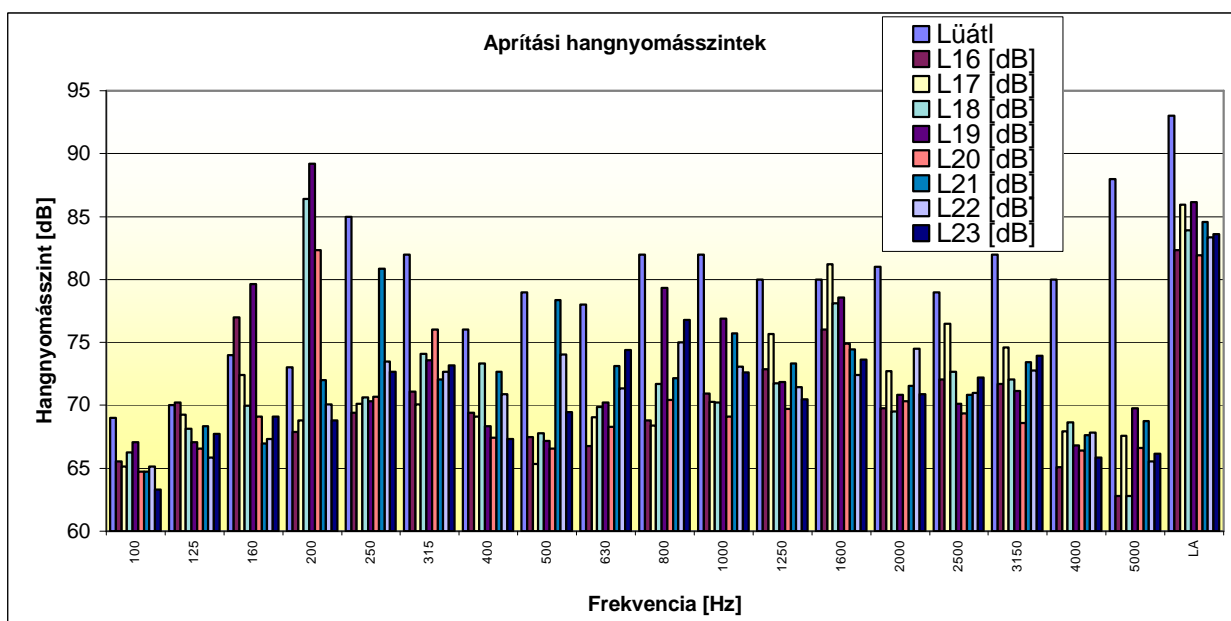
Ahhoz, hogy aprításkor több üzemállapot mellett végezzünk zajteljesítményszint méréseket, nem volt elegendő az őrlendő anyag. Ezért aprítási üzemben mértünk hangnyomásszintet is. Eredményeit a 3. táblázat és a 3. ábra mutatja. Az említett korláton kívül ezzel a vizsgálattal fő célunk annak megismerése volt, hogy az egyszerűbben, rövidebb idő alatt kivitelezhető hangnyomásszint mérésből kapható adatok hordoznak-e hasonló mélységű információt, mint a költségesebb, hosszabb idejű megfigyelést igénylő zajteljesítményszint mérésből származók? Ha igen, mely területen képes helyettesíteni a zajteljesítményszint mérésből nyert eredményeket?

A reprodukálhatóság érdekében a nyolc különböző üzemváltozatban, a mikrofont egyazon pozícióban, a gép homlokfrontjától 1 m-re, a gép tengelymagasságában helyeztük el. A nyolc különböző üzemállapot a tömegáram és a fordulatszám változtatásával állt elő.

Aprítási hangnyomásszintek

f [Hz]	Lü [dB]	L16 [dB]	L17 [dB]	L18 [dB]	L19 [dB]	L20 [dB]	L21 [dB]	L22 [dB]	L23 [dB]
100	69	66	65	66	67	65	65	65	63
125	70	70	69	68	67	67	68	66	68
160	74	77	72	70	80	69	67	67	69
200	73	68	69	86	89	82	72	70	69
250	85	69	70	71	70	71	81	73	73
315	82	71	70	74	74	76	72	73	73
400	76	69	69	73	68	67	73	71	67
500	79	67	65	68	67	67	78	74	69
630	78	67	69	70	70	68	73	71	74
800	82	69	68	72	79	70	72	75	77
1000	82	71	70	70	77	69	76	73	73
1250	80	73	76	72	72	70	73	71	70
1600	80	76	81	78	79	75	74	72	74
2000	81	70	73	70	71	70	72	75	71
2500	79	72	76	73	70	69	71	71	72
3150	82	72	75	72	71	69	73	73	74
4000	80	65	68	69	67	66	68	68	66
5000	88	63	68	63	70	67	69	66	66
LA	93	82	86	84	86	82	85	83	84

3. táblázat



3. ábra

Jelmagyarázat:

Lüátl : frekvencia: 50 Hz, fordulatszám: n1 = 4395 1/min, tömegáram: 0
L16: frekvencia: 30 Hz, fordulatszám n3 = 2637 1/min, tömegáram: 0,28 kg/sec
L17: frekvencia: 30 Hz, fordulatszám n3 = 2637 1/min, tömegáram: 0,2 kg/sec
L18: frekvencia: 40 Hz, fordulatszám n2 = 3516 1/min, tömegáram: 0,467 kg/sec
L19: frekvencia: 40 Hz, fordulatszám n2 = 3516 1/min, tömegáram: 0,389 kg/sec
L20: frekvencia: 40 Hz, fordulatszám: n2 = 3516 1/min, tömegáram: 0,25 kg/sec
L21: frekvencia: 50 Hz, fordulatszám: n1 = 4395 1/min, tömegáram: 0,7 kg/sec
L22: frekvencia: 50 Hz, fordulatszám: n1 = 4395 1/min, tömegáram: 0,467 kg/sec
L23: frekvencia: 50 Hz, fordulatszám: n1 = 4395 1/min, tömegáram: 0,233 kg/sec

A legfontosabb következtetések a szélessávú (L_A) értékek alapján:

- Az anyag jelenléte erősebb csökkenést okoz a gép hangnyomásszintjében mint zajteljesítményszintjében! Ez már korábban is ismert volt, de főként olyan aprító berendezéseken végzett mérésekből, melyekben az őrlőtestek szabadon elmozdulhatnak. (Pl. golyós vagy pálcás malmok.)
- Noha úgy a tömegáram, mint a fordulatszám jelentős mértékben változott — tömegáram $0,7/0,2=3,5$ -szeres, fordulatszám $50/30=1,66$ -szoros — a hangnyomásszintek közötti különbség csak $\Delta L_A = 4\text{dB}$, azaz kb. 1,58-szoros.
- A tömegáram csökkenése nem okozza egyértelműen a hangnyomásszint csökkenését is.
- Hasonlóan a fenti megállapításhoz, a fordulatszám csökkenése sem jelenti egyben a hangnyomásszint csökkenését is.
- Törési üzemben, a viszonylag kis eltérések mellett tehát, kevésbé a fordulatszám, mint inkább az anyag tömegárama van hatással a hangnyomásszintre.

A legfontosabb következtetések a tercsávós értékek alapján:

- A gépre jellemző kb. 200Hz határfrekvencia egyértelműen beazonosítható itt is.
- Felette minden tercsávban magasabb az üresjáratú érték, mint az anyagáram melletti. Alatta az üresjáratú értékek besimulnak a terhelés melletti mértek közé.

Együttes következtetések:

Egyszerű szélessávú méréssel csak a malom üresjáratának és terhelt futásának megkülönböztetésére van biztos esély.

Nagyobb felbontást alkalmazva (pl. 1/12 oktáv) található olyan tartomány, amely megfigyelésével a malom fordulatszáma beazonosítható. Ennek azonban kisebb a jelentősége, mert fordulatszám adatot egyszerűbb a villamos hajtómotor oldaláról szerezni.

A tömegáram durva meghatározásához is, az adott gép részletesebb megfigyelésére van szükség. Beleértve pl. a mikrofon felállítási pozíciójának hatását. Ezzel esetleg kikereshető az a hely a gép akusztikus környezetében, amely a leginkább érzékenyen viselkedik a gép terhelésének változására.

2. Vizsgált berendezés: **BÉM Pofástörő**

Méret: félipari

A motor névleges teljesítménye: 7,5 kW

Megfigyelési cél: hasonló a Prall malomnál ismertetethez

A berendezés a Borsodi Ércelőkészítő területén üzemel.

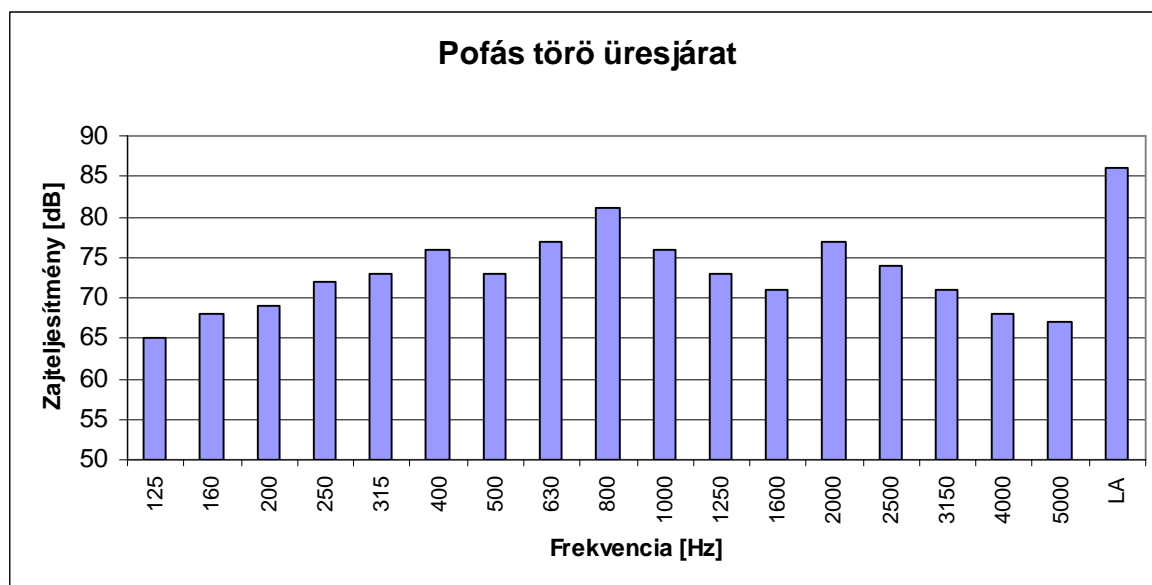
BÉM Pofás törő üresjárat mérése

Az üresjáratban mért zajteljesítményszint értékeket a 4. táblázatban adjuk meg. A hozzá tartozó oszlopdiagram a 4. ábrán látható.

Üresjárat zajteljesítményszintek

Hz	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	LA
dB	65	68	69	72	73	76	72	77	81	76	73	71	77	74	71	68	67	86

4. táblázat



4. ábra

Az üresjárat mérése eredményei önmagukban messzemenő következtetés levonására nem alkalmasak. A tercsávós adatokból annyi látszik azonban, hogy az energia a 800 Hz-es sávba összpontosul. A forrás gépen való beazonosításával ez az energiahányad esetleg csökkenthető lenne.

A Prall malomnál már említett okok miatt az állandó tömegáram melletti teljesítményszint mérés itt nem volt kivitelezhető.

BÉM Pofás törő mérése terheléssel

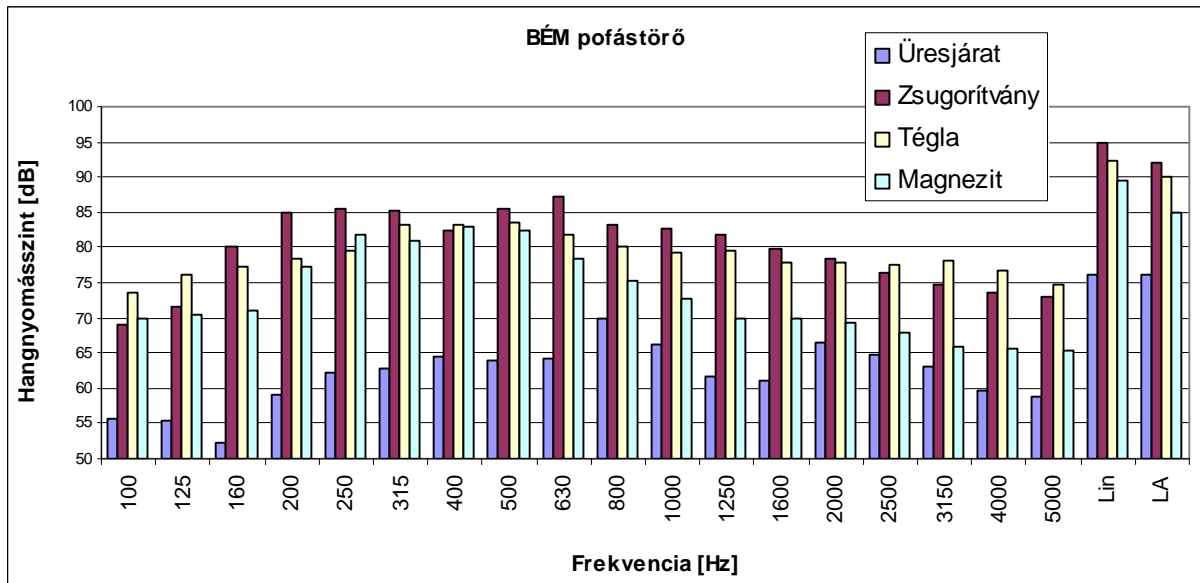
Az aprított anyagok kohászati zsugorítvány, B 30 téglá és magnezit téglá voltak. A mérést megelőzően külön anyagmintákon megvizsgáltuk az aprítandó anyagok keménységi jellemzőit, melyeket az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

Aprítandó anyag	Hardgrove index	Számított Bond index [kWh/t]
zsugorítvány	59,5	16,42
tégla	109,95	9,92
magnezit téglá	104,1	10,38

Az aprítandó anyag adagolása minden esetben kézzel történt. Az anyagok közül a zsugorítvány Bond index alapján a nehezen aprítható, a másik kettő a könnyen aprítható anyagok közé tartozik. A mérési értékeket az 5. táblázat tartalmazza, és a hozzá kapcsolódó 5. ábra.

Frekv.[Hz]	Lp [dB]			
	Üresjárat	Zsugorítvány	Tégla	Magnezit
100	56	69	74	70
125	55	72	76	70
160	52	80	77	71
200	59	85	78	77
250	62	86	79	82
315	63	85	83	81
400	65	82	83	83
500	64	86	84	82
630	64	87	82	78
800	70	83	80	75
1000	66	83	79	73
1250	62	82	79	70
1600	61	80	78	70
2000	66	79	78	69
2500	65	76	78	68
3150	63	75	78	66
4000	60	74	77	66
5000	59	73	75	65
L _{lin}	76	95	92	90
L _A	76	92	90	85

5. táblázat



5. ábra

Következtetések:

- **Mint korábban is, ennél a gépnél is egyértelműen szétválasztható az üresjárat és a törési üzemállapot.** Már az A-szűrővel mért 9dB szintkülönbség is elegendő a biztonságos megkülönböztetéshez, és a lineáris átvitel melletti érték ettől nagyobb különbség (14dB) adódik.
- **Úgy a szélessávú, mint a tercsávós mérési értékekből megállapítható, hogy a feladott anyag apríthatósága (a töréshez igényelt energia) egyértelmű kapcsolatban áll a gép zajszintjével.** Valószínűleg ezt a következtetést megerősítők lennének a zajteljesítményszint mérési eredményeiből származó adatok is. Ettől fontosabb azonban, hogy az egyszerű hangnyomásszint mérés is elegendő, az eltérő apríthatóságú anyagok gépen való áthaladásának megkülönböztetésére.
- A lineáris átvitel melletti szélessávú értékek követik az örölhetőség jellemzésére megadott Bond index trendjét. A 2-3dB szintkülönbség nem elegendő a feladott anyagok biztonságos megkülönböztetésére.
- A tercsávós mérésből az is valószínűsíthető, hogy más anyagtulajdonságok is szerepet játszanak a regisztrált hangnyomásszint kialakításában.
- **Az örölhetőség, és többi szerepet játszó anyagtulajdonság eltérő tercsávós eloszlást eredményez.** Ez alapot ad arra, hogy a legalább tercsávós felbontással mérő megfigyelő rendszer „betanítható” legyen a tört anyag felismerésére.

3. Vizsgált berendezés: **Pofástörő**

Méret: félipari

A motor névleges teljesítménye: 7,5 kW

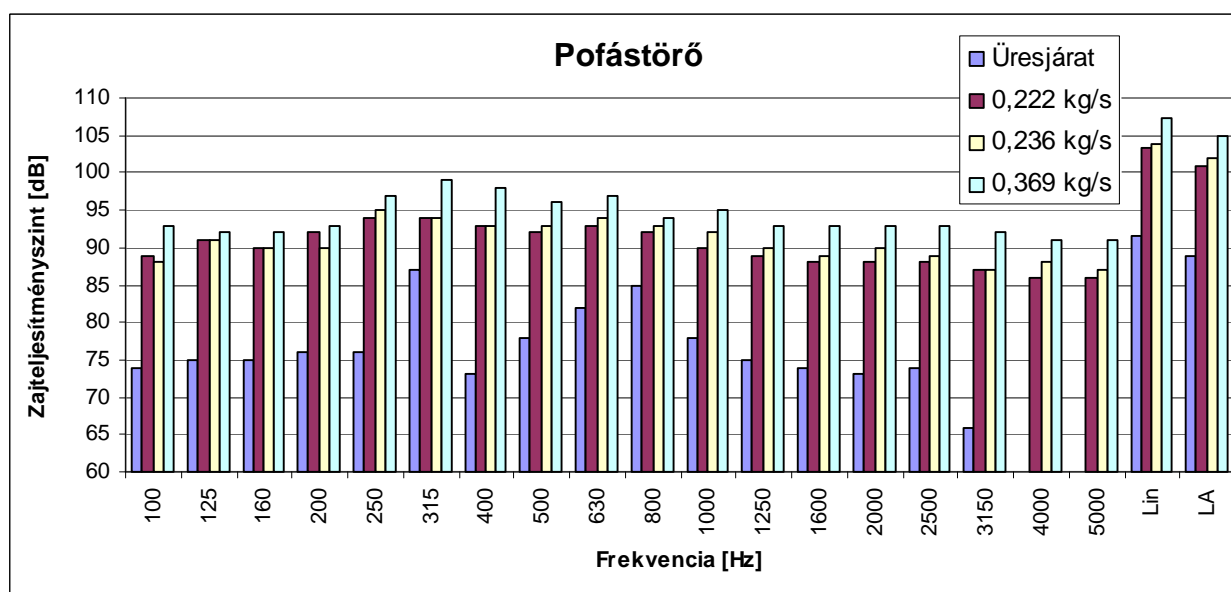
Megfigyelési cél: hasonló a BÉM törőnél ismerttetthez

A berendezés a ME, Eljárástechnikai Tanszékének laboratóriumában üzemel.

A vizsgálat során először az üresjáratához, majd három különböző tömegáramhoz tartozó zajteljesítményszintet határoztunk meg. A tömegáramot a törő résének állításával változtattuk. A mérési értékeket az 6. táblázat tartalmazza, és a hozzá kapcsolódó 6. ábra.

Frekv.[Hz]	Lw [dB]			
	Üresjárat	0,222 [kg/s]	0,236 [kg/s]	0,369 [kg/s]
100	74	89	88	93
125	75	91	91	92
160	75	90	90	92
200	76	92	90	93
250	76	94	95	97
315	87	94	94	99
400	73	93	93	98
500	78	92	93	96
630	82	93	94	97
800	85	92	93	94
1000	78	90	92	95
1250	75	89	90	93
1600	74	88	89	93
2000	73	88	90	93
2500	74	88	89	93
3150	66	87	87	92
4000	60	86	88	91
5000	60	86	87	91
Llin	91	103	104	107
LA	89	101	102	105

6. táblázat



6. ábra

Következtetések:

- A BÉM törőhöz hasonló módon ez a törő is sokkal hangosabb bármely tömegáram melletti törési üzemben, mint üresjáratban. $\Delta LA = 12\text{dB}$, $\Delta L_{\text{lin}} = 12\text{dB}$ **E tekintetben lényeges a gép felépítése, amely az adagolás irányában viszonylag szabad elsugárzást enged meg az akusztikus térbe, tehát nem árnyékolja le, nem tartja a gépen belül a törésből származó energiát.**
- Ezzel magyarázható, hogy a tömegáram viszonylag kismértékű változtatása ($0,369/0,222 = 1,66$), már egyértelműen mutatkozik a szélessávú értékekben.
- Kisebb tömegáram változás ($0,236/0,222 = 1,063$) a mérés tanúsága szerint 1dB különbséget eredményez. Ennek mérése bizonytalanságot hordoz. Bár jól látszik, hogy az 1dB különbség a tercsávok többségében is megjelenik.
- **A tömegáram változása a tercsávokban mindenütt megjelenik, ami azt jelenti, hogy a törési zaj impulzus jellegű, ezért spektruma széles sávban helyezkedik el.**
- Üresjáratban felismerhetők – nagyobb felbontásban még inkább – a gépre jellemző frekvenciák. Egy ilyen jellegű gép esetében a törés munkaigénye nagyságrendekkel nagyobb lehet, mint az üresjáratban felhasznált munka. Zajteljesítményben $103-91=12\text{dB}$, ami ~16-szoros aránynak felel meg. Ez elfed, minden a gépre jellemző frekvenciát, pl. itt 315Hz-es tercsávban.

A megismertek szerint, ha a tömegáram változásának érzékelése a cél, illetve állandó tömegáramra történik a szabályozás, akkor nem célszerű az információt a géptesten kívül mérve megszerezni! E helyett olyan mérési pozíciót kell választani, – pl. a gép munkaterében, ha ez lehetséges – ahol a gép akusztikus árnyékoló hatása nem érvényesül!

4. További saját mérések

A fenti három berendezésen kívül bányákban valamint ásványfeldolgozó üzemekben működő gépeken is végeztünk méréseket. Mindig hangnyomásszintet mértünk a műszer különböző paraméterű beállítása mellett. Az MSZ 1413-78 szerinti zajteljesítményszint meghatározásához szükséges feltételek nem teljesültek. Ezt vagy a beépítési vagy az üzemeltetési körülmények (vagy mindkettő) okozták. Ezért zajteljesítményszint meghatározásáról szó sem lehetett.

Méréseink során a műszert a géptől 1 m távolságban, a legnagyobb zajkibocsátású irányban, általában a talaj/padlószinttől 1,5 m magasságban helyeztük el. Egyenértékű hangnyomásszintet és impulzusos maximális hangnyomásszinteket regisztráltunk. Ahol lehetőség volt rá, ott üresjáratú hangnyomásszintet is.

A mérési eredményeket és az üzemeltetők által megadott gépjellemzőket a 7-14. táblázatok tartalmazzák.

A zárójelentés terjedelmi korlátai miatt a táblázatok adatait diagramokba foglalt formában nem szerkesztjük be.

Itt a segítségükkel — beleértve a fentebb ismertetett részletes mérések eredményei is — levonható összefoglaló következtetéseinket adjuk meg:

- A gép üzemállapotának megítéléséhez legalkalmasabb a zajteljesítményszint meghatározása. Egyes esetekben a gépállapotbeli különbségek hangnyomásszint mérésből is megállapíthatók. Ehhez az adott gépen kell részletes méréseket végezni.
- Mivel nem az emberi hallásérzethez való alkalmazkodás a cél, a méréseket célszerű lineáris frekvenciamenet mellett végezni. Így a szűrő nem nyomja el az esetleg sávszéleken megjelenő jellegzetességeket.
- Az üresjárat és a törési üzem viszonylag egyszerűen, egy hangnyomásszint mérés segítségével megkülönböztethető.
- Egyazon aprítási elvet alkalmazó gépcsoporton belül, haladva a nagyobb feldolgozási kapacitású gépek felé, a gépekhez kapcsolódó zajsztrendje is növekvő.
- Egy adott aprítógép esetében a tömegáram növekedése nem jár egyértelműen a zajsztrend növekedésével vagy csökkenésével. Egyes típusoknál mutatkozik korreláció a

tömegáram és a zajszint változása között, másutt nem. E tekintetben rendkívül fontos a gép felépítése.

- A feladott anyag minősége, elsősorban örölhetősége döntően befolyásolja a gép terhelt állapotban, valamint üresjáratban mutatott zajszintjének különbségét. A nehezen örölhető anyag aprítása nagyobb zajszint mellett valósul meg, mint a könnyen örölhetőé. A változás mértékét itt is befolyásolja a gép felépítése.
- A törési sebesség növekedése növeli az aprítás zajszintjét.
- A két felületen történő aprítás nagyobb zajkibocsátással jár, mint az egy felületen történő.
- Az aprítási módokat tekintve az ütközéssel történő aprítás a legcsendesebb.
- A gép állapotának finomabb megítélésére ad lehetőséget, ha ehhez a zajteljesítményszint meghatározása mellett zajspektrumokat is használunk. Tapasztalatunk szerint ehhez nem elég oktávsváos felbontást alkalmazni. Legalább 1/3 oktáv (terc), de inkább 1/12, 1/24 oktáv felbontással mérve kapunk jól használható információt. Ilyen felbontás mellett már a komplett gép (aprítógép-hajtásrendszer-motor) kinematikai felépítésére jellemző frekvenciák környezete is beazonosítható. A spektrumok sokkal érzékenyebb eszközök egy berendezés üzemállapotában bekövetkező változás kimutatására, és az okok beazonosítására, mint a skalár mérőszámokat szolgáltató mérések. A spektrumokból levonható következtetéseket használja a rezgésdiagnosztika is. Ez a gépek meghibásodását előre jelezni szándékozó gépkarbantartási módszer egyik hatékony eszköze, amely ott kiegészül a DFT matematikai algoritmusával készülő spektrumokkal. Véleményünk szerint jelen kutatás témájában is célszerű lenne bevonni a DFT-vel készült spektrumokat, — mint ahogy azt egy-egy külföldön megvalósított egyedi gépfelügyelet esetében már meg is tették —, de az általános zajmérő eszközök nincsenek felkészítve ilyen spektrumok előállítására.

Cég	AES Borsodi Hőerőmű Berente	Mészkö-Várhegy Kft Szalonna	ZAPA BETON Kft Zsujta
Gép megnevezése	RT 100/60 röpítőtörő	Blake X kétingás pofástörő gyártási szám: 16195 gyártási év: 1974	TESAB RK 623 röpítőtörő
Gépteljesítmény [t/h]	100	245	100?
Gép (rotor) fordulat [1/min]	630	260	
	rotor Ø = 1 m	löket = 0,045 m	rotor Ø = 1,07 m ?
Törési sebesség [m/s]	33	0,39	
Motor fordulat [1/min]		960	
Gép villamos tel- jesítmény [kW]			
Motor teljesítmény [kW]	55	78	
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	3,75 x 3,8 x 3,1	3,8 x 2,8 x 1,9	1,6 x 1,75 x 1,6
Aprított anyag	barnaszén	mészkö	kavics
Feladás mérete, végtermék [mm]	250, 0-35	250, 0-100	80, 0-22
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1
L _A Imax [dB] üresjárat		94	85
L _{p,eq} [dB] üresjárat		90	84
L _A Imax [dB] terheléssel	93	100	100
L _{p,eq} [dB] terheléssel	87	98	95
Egyéb gép jellemző		résméret = 0,1-0,12 m törőszög = 30°	

7. táblázat

Cég	COLAS ÉSZAKKŐ KFT TÁLLYAI ÜZEMEGYSÉG				
Gép megnevezése	EUROCONE 1572 törő (Bergaud gyártmány)	OMNICONÉ 1560 kúpos törő (Bergaud gy.)	BD-10 vertkális röpítőtörő (Bergaud gyártmány)	PK XII. kétingás pofástörő, A (AGJ),bánya	PK XII. kétingás pofástörő, B (AGJ),bánya
Gépteljesítmény [t/h]	300	250	120	250	
Gép (rotor) fordulat [1/min]	787	720	2880	320	
	löket = 0,045 m	löket = 0,05 m	rotor Ø = 1 m	löket = 0,035 m	
Törési sebesség [m/s]	1,18	1,2	61,05	0,37	
Motor fordulat [1/min]	1440	1440	1440	980	
Gép villamos tel- jesítmény [kW]	280	230	140	90	
Motor teljesítmény [kW]	310	250	160	110	
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	2,3 x 2,3 x 3,6	1,3 x 1,9 x 1,9	Ø2,6 x 1,8	5,36 x 5 x 3,7	
Aprított anyag	piroxén andezit (200 Mp nyomószilárdság)				
Feladás mérete, végtermék [mm]	0-45	0-50	szemcse alak- formáló 0-40	0-250	
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1	1	1
L _A Imax üresjárat [dB]	94		93	98	-
L _{p,eq} üresjárat [dB]	88		90	92	-
L _A Imax terheléssel [dB]	104		101	99	97
L _{p,eq} terheléssel [dB]	98		90	91	86
Egyéb gépjellemző			Los Angeles tényező 14-17 (kopásállóság)	Ékszíjas áttétel, szájnnyílás 800x1200, rés 200 mm. A garat talajszíntén, a törő 5 m-en	

8. táblázat

Cég	GEOPRODUCT KFT Mád		
Gép megnevezése	PE VIII. egyingás pofástörő (szabad téren)	KM 100/60 kalapácsos törő (Dorogi Gépgyár) (épületben)	VKM 80/40 kalapácsos malom (épületben)
Gépteljesítmény [t/h]	24	75	8 (fojtással)
Gép (rotor) fordulat [1/min]	250	550	1440
	löket = 0,025 m	rotorØ = 0,93 m; kalapáccsal 1,2 m	rotorØ = 0,45 m; kalapáccsal 0,8 m
Törési sebesség [m/s]	0,21	34,55	60,31
Motor fordulat [1/min]	960	960	1440
Gép villamos teljesítmény [kW]	25	38	20
Motor teljesítmény [kW]	55	75	30
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	2,6 x 3,6 x 2,3		1,3 x 1,13 x 1,763
Aprított anyag	zeolit		
Feladás mérete, végtermék [mm]	0-25	0,5-50	0-25, 0-3
Mérés helye: A géptől m-re	1	0,8	0,8
L _A Imax üresjárat [dB]	91	77	88
L _{p,eq} üresjárat [dB]	83	75	86
L _A Imax terheléssel [dB]	103	113	98
L _{p,eq} terheléssel [dB]	85	96	93
Egyéb gépjellemző	törőszög = 25°	3x13 + 3x14 kalapács	32 db kalapács

9. táblázat

Cég	ZEOTRADE KFT Mád		
Gép megnevezése	PE VIII. egyigás pofástörő(Ganz)	UKM 84/40 kalapácsostörő	Állítható tengely-távú, HS 60/50 sima hengeres törő
Gépteljesítmény [t/h]	24	10	1,5
Gép (rotor) fordulat [1/min]	250	1152	100
	löket = 0,012 m	rotorØ = 1,07 m kalapáccsal	hengerØ = 0,6 m
Törési sebesség [m/s]	0,1	64,54	3,14
Motor fordulat [1/min]	960	1440	960
Gép villamos teljesítmény [kW]	22-29	75	
Motor teljesítmény [kW]	38	75	30
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	1 x 0,8 x 1,8	0,8 x 0,8 x 2,5	0,9 x 1,3 x 1
Aprított anyag	zeolit		
Feladás mérete, végtermék [mm]	50-250	0-30	2,5-10
Mérés helye A géptől m-re	1	1	1
L _A max üresjárat [dB]	84	103	108
L _{p,eq} üresjárat [dB]	77	98	101
L _A max terheléssel [dB]	107	113	109
L _{p,eq} terheléssel [dB]	95	102	102
Egyéb gépjellemző	törőszög = 30°	utántörő 4x8 db kalapács	utántörő

10. táblázat

Cég	AZIMUT' 90 Kft Miskolc, Mexikóvölgy			Leier Mátratherm Kft Mátraderecske
Gép megnevezése	PK XII pofástörő	Hengertörő	VORTEX röpítőtörő	SAP 4 Prall malom
Gépteljesítmény [t/h]	250	150	100	20
Gép (rotor) fordulatszáma [1/min]	165	1528	1000	390
	lököt = 0,03 m	hengerØ = 1 m	rotorØ = 0,9 m	rotorØ = 1,86 m
Törési sebesség [m/s]	0,165	80	47,12	37,98
Motor fordulatszáma [1/min]	720	420	1480	1440
Gép villamos teljesítmény [kW]	95	44	160	80
Motor teljesítmény [kW]	95	2 x 22	160	45
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	3,3 x 5,1 x 3,1	4 x 1,5 x 2	1,5 x 2,5 x 3	2,32 x 1,95 x 2,2
Aprított anyag	mészke			égetett kerámia (tégla, cserép)
Feladás mérete, végtermék [mm]	600, 0-150	150, 0-20	20-70, 0-10	200, 0-8
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1	1
L _A max üresjárat [dB]	80			
L _{p,eq} üresjárat [dB]	73			77
L _A max terheléssel [dB]	100	108	98	92
L _{p,eq} terheléssel [dB]	92	105	90	88
Egyéb gépjellemző	résméret= 0,13 m törőszög = 25°			

13. táblázat

Cég	Dolomit Kft Szalonna		Kalcit-2000 Kft Szalonna
Gép megnevezése	PG-VI egyingás pofás törő	UKM 60/40 kalapácsos malom	REF12D (dupla) verőtányéros, vízszintes tengelyű Prall malom
Gépteljesítmény [t/h]	5	5	2
Gép (rotor) fordulat [1/min]	240	1440	1034
	löket = 0,03 m	rotorØ = 0,6m kalapáccsal	tányérØ = 1,07 m
Törési sebesség [m/s]	0,24	45,24	57,93
Motor fordulat [1/min]	960	1440	1440
Gép villamos tel- jesítmény [kW]			105
Motor teljesítmény [kW]	22	22	200
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	1,5 x 1,5 x 1,5	1 x 2 x 0,8	1,6 x 3,6 x 2,2
Aprított anyag	nyersdolomit	mészkö	mészkö
Feladás mérete, végtermék [mm]	80, 0-30	80, 0-5	50, 0-2
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1
LAI _{max} üresjárat [dB]			
L _{p,eq} üresjárat [dB]	78		
LAI _{max} terheléssel [dB]	104	113	101
L _{p,eq} terheléssel [dB]	93	98	93
Egyéb gép jellemző			

14. táblázat

Ad b)

Az ÁNTSZ B-A-Z Megyei Intézete valamint néhány bánya és ásványfeldolgozó üzem, rendelkezésünkre bocsátott munkahelyi zajmérési jegyzőkönyveket. A mérések 1969-2004. közötti időszakban történtek. A vizsgált berendezések közül ma már nem mind üzemel.

A méréseket túlnyomórészt Brüel & Kjør gyártmányú, 2231 típusú integráló hangnyomásszint-mérővel végezték, és A-hangnyomásszintet mértek. A műszert a géptől általában 1 m-re, 1,5-1,7 m magasságban helyezték el.

A cél a dolgozót érő zajterhelés meghatározása volt. Ezért a kezelő tartózkodási helyén történtek a mérések. A mérési eredményeket a 15-18. táblázatok tartalmazzák.

A zárójelentés terjedelmi korlátai miatt a táblázatok adatait diagramokba foglalt formában nem szerkesztjük be.

Alább a segítségükkel levonható összefoglaló következtetéseinket adjuk meg:

A tömegáram növekedésével a hangnyomásszint nő:

- pofástörők esetében
- röpítőtörők esetében
- egy felületen történő aprításkor
- ütközéssel történő aprításkor
- 11-110 t/h tömegáramú aprításkor

Az igénybevételi sebesség növekedésével a hangnyomásszint nő:

Az összes törőt együttesen tekintve, de főként

- két felületen történő aprításkor
- nyomással történő aprításkor
- pofástörők esetében

A tömegáram növekedésével a hangnyomásszint csökken:

- 101-1000t/h tömegáramú aprításkor
- durvaaprításkor

ÁNTSZ mérések

Cég	PERLIT-92 KFT Pálháza		ZEOTRADE KFT Mád		GEOPRO- DUCT KFT Mád
	Gép megnevezése	HS 60/50 hengertörő	CM741 pofástörő	PE VIII. pofástörő 2004-ben	II. órló VE-KA ve- rőmalom 1969-ben
Gépteljesítmény [t/h]	12	21	20	15	24
Gép (rotor) fordulát [1/min]	1.henger 222,4 2.henger 257,5	280	250	1440	250
	hengerØ=0,6 m	lököt= 0,06 m	lököt=0,012 m		lököt = 0,025 m
Törési sebesség [m/s]	8,09	0,56	0,1		0,21
Motor fordulát [1/min]	960	960	960	1440	960
Gép villamos-teljesít- mény [kW]	2x22	22	25	75	25
Motor teljesítmény [kW]			38	75	55
A gép befoglaló mé- rete [m x m x m]	2,2 x 1,6 x 1,4	1,6 x 2 x 1,8	1 x 0,8 x ,8	1,2 x 1,2 x 0,5	2,6 x 3,6 x 2,3
Aprított anyag	perlit		zeolit		zeolit
Feladás mérete, végtermék [mm]	2-10 0,63-2	750 5-50	50-250 0-25	0,1-5	50-250 0-25
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1	1	1
L _A Imax üresjárat [dB]					
L _{p,eq} üresjárat [dB]					
L _A Imax terheléssel [dB]			107	91	98
L _{p,eq} terheléssel [dB]	91	98	95	90	83
Egyéb gépjellemző		törőszög 35 ⁰	törőszög 30 ⁰		törőszög 25 ⁰

15. táblázat

Cég	Tarnóca Kőbánya Kiszána			
Gép megnevezése	JM 1208 HD 2002-ben	Superior S- 2000 EC	HydroconeH- 2000-M HC	GP 200 kúpos törő 2004-ben
Gépteljesítmény [t/h]	250	140	70	190
Gép (rotor) fordulát [1/min]	240	1332	1485	1257
Löklet [m]	0,025	0,025	0,025	0,025
Törési sebesség [m/s]	0,2	1,11	1,24	1,05
Motor fordulát [1/min]	985	1480	1485	1480
Gép villamos tel- jesítmény [kW]	110	101	81	116
Motor teljesítmény [kW]	132	110	90	132
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	3,2 x 1,5 x 3	2,1 x 1,55 x 2,45	2,1 x 1,55 x 2,15	2,06 x 1,75 x 2,52
Aprított anyag	andezit			
Feladás mérete, végtermék [mm]	0-180	0-100	0-45	0-110
Mérés helye: A géptől m-re	1	1	1	1
LA _I max üresjárat [dB]				
L _{p,eq} üresjárat [dB]	69			
LA _I max terheléssel [dB]	90	85	91	
L _{p,eq} terheléssel [dB]	86	78	89	
Egyéb gépjellemző	törőszög 11°			

16. táblázat

Cég	HOLCIM RT Kőbánya Miskolc		Kő- és Kavicsbányászati Kft Alsózsolca
Gép megnevezése	KKD1200/GRCS kúpos előtörő	PEF 200/200 KHD röpítő törő 2002-ben	Vortex 8-5-4 röpítőtörő 2002-ben
Gépteljesítmény [t/h]	900	500	50
Gép (rotor) fordulat [1/min]	120	281	846
	löket=0,07-0,15 m	rotorØ = 2 m	rotorØ = 0,91 m
Törési sebesség [m/s]	0,28-0,6	29,4	40,3
Motor fordulat [1/min]	590	285	1480
Gép villamos tel- jesítmény [kW]	320	400	75
Motor teljesít- mény [kW]	320	400	80
A gép befoglaló mérete [m x m x m]	Ø 4,6x10	3,8x3,2x2,3	2,2 x 1,8 x 1,07
Aprított anyag	mészke		kavics
Feladás mérete, végtermék [mm]	0-150	0-50	24-63 2-16
Mérés helye: A géptől m-re	(bedöntő bunker mellett) 1	1	1
L _A max üresjárat [dB]			
L _{p,eq} üresjárat [dB]	71	81	
L _A max terheléssel [dB]			88
L _{p,eq} terheléssel [dB]	88	95	85
Egyéb gépjellemző			

17. táblázat

Cég	COLAS ÉSZAKKŐ (elődje) Tállya			COLAS Gyöngyössolymos		COLAS Recsk	
Gép megnevezése	10-es pofás törő 1982-ben	Simmons törő 1979-ben	PE X. törő 1979-ben	JM 1108 HD előtörő 2001-ben	Wagenedder SBM 10/10/4 röpitőtörő 2001-ben	Hydrocone 3000 M (Svedala) 2000-ben	BS-4-13 Dragon törő 2000-ben
Gépteljesítmény [t/h]	150	150	250	120	80	120	200
Gép (rotor) fordulát [1/min]	85	268 exc. ford.	230 exc. ford.	240 exc. ford.	560	460	388 exc. ford.
Motor fordulát [1/min]	960	960	960	960	1440	960	1440
Gép villamos teljesítmény [kW]	55	100	80	90	100	100	90
Motor teljesítmény [kW]	75	160	110	130	132	132	110
A gép befoglaló mérete [m x m x m]		3,9x2,96x3,8	5x5,36,3,37	2,5x3x3	2,5x2,5x3,5	2x2x3,5	2,5x2,5x3,5
Aprított anyag	andezit						
Feladás mérete, végtermék [mm]	0-150	0-60	0-250	0-120	0-50	0-55	0-80
Mérés helye:kezelő-nél, a géptől m-re	1	1	1	1	1	1	1
LAImax terheléssel [dB]	98	104	98				
Lp,eq terheléssel [dB]	92	103	94	94	98	90	94
Egyéb gépjellemző							

18. táblázat