

PORSZÍVÓFEJEK AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA **ACOUSTIC INVESTIGATION OF VACUUM CLEANERS**

Matisz Norbert, Dr Bihari Zoltán

energetikai mérnök hallgató, egyetemi docens
Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

BEVEZETÉS

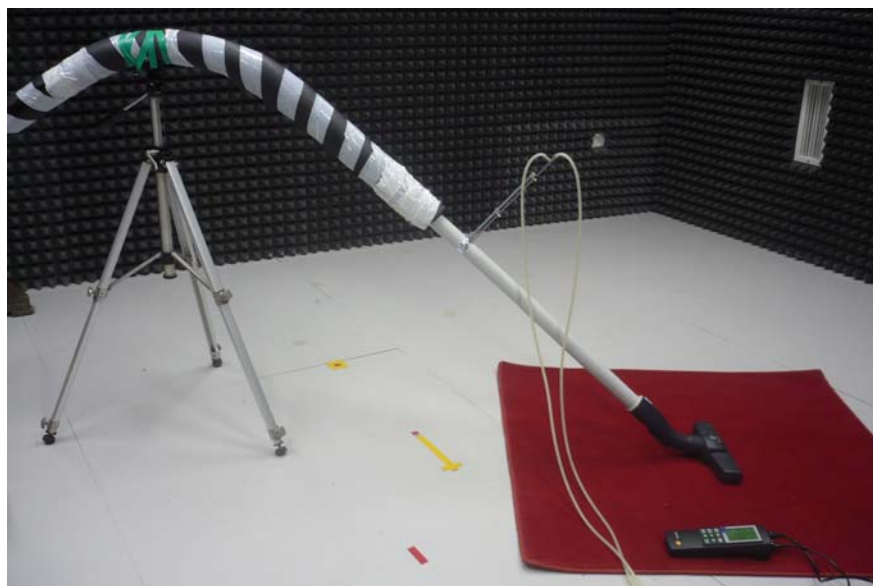
A környezetünkben kialakuló zajok és hatásaik környezetvédelmi szempontból szennyező tényezőnek tekinthetők, akár más környezeti elemek (gondolhatunk itt levegő, talaj, vizek) károsodása. A környezeti zajforrásokon belül megkülönböztethetünk ipari (vagy üzemi) és közlekedési eredetű zajokat. Az áramlási eredetű zajok, illetve gépzajok az üzemi zajforrások közé sorolhatóak, amelyek főként folyadékok és gázok áramlásakor alakulnak ki. Az aerodinamikai zajhatások (pl. biztonsági szelepek, kompresszorok, szellőztető berendezések, pneumatikus gépek, porszívók) a különböző technológiák fejlődésével nagymértékben elterjedtek, és a legnagyobb intenzitású zajforrásoknak tekinthetők [1]. Jelen cikkünk tárgya háztartási gépek zajvizsgálatára fókuszál, azon belül is a porszívókra helyezve a hangsúlyt. A porszívók használatából származó zajok a motor mellett főként a csőben kialakuló közeg áramlásából származnak. Sokaknak a porszívó takarítás közben fejfájást okozhat. Ez visszavezethető akár a készülék által kibocsátott zajra is. A porszívók zajkibocsátásának csökkentésével többek között az *Electrolux Kft.* kezdett el foglalkozni. Az általuk gyártott *Ultra Silencer* típusú készülék rendkívül csendesnek tekinthető, hiszen 68 dB zajszintjével alacsonyabb zajt kelt, mint például amikor televíziót nézünk [3]. Ugyanakkor ez az érték sem elhanyagolható, hiszen valamennyi rendelet 65 dB-nél határozza meg azt a zajterhelési határértéket, amely felett a folyamatos zaj az élő szervezetre káros hatással lehet.

MÉRÉSEK KIVITELEZÉSE

Vizsgálatainkat az *Electrolux Kft.* által biztosított három különböző porszívófejen végeztük el, amelyek működtetéséhez egy *Ultra Silencer* porszívót alkalmaztunk. Az alkalmazott porszívó *Electrolux Vol.1 Type*, sorozatszáma: 34200852, maximális teljesítménye 2200W. Az akusztikai mérésre az erre a célra felszerelt laboratóriumban került sor, mégpedig a Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet fél-süket szobájában. Célunk a porszívófejek zajteljesítmény-szintjének meghatározása volt három különböző szívási teljesítmény mellett. Ehhez az ismert „burkolófelületes” eljárásnak megfelelően 9 db mérési pontban 1 méteres távolságban megmértük a porszívófejek hangnyomásszintjeit (1. ábra).

Maga a porszívó a mérési helyiségen kívül helyezkedett el, így motorának zavaró hatását, mint mechanikai jellegű zajt kiküszöböltük. A mérőhelyiségbe már csak a porszívó cső és a vizsgálat tárgyát képező három különböző típusú szívófej került. A csövet az 1. ábra szerint hangszigetelő anyaggal burkoltuk, hogy a csővezeték saját zaját, mint zajforrást kiküszöböljük.

A porszívót a fejekhez egy 40mm-es átmérőjű PVC csővel csatlakoztattuk, amelybe beépítésre került egy *Prandtl-cső*. A *Prandtl-cső*re azért volt szükség, hogy a műanyagcsőben egy nyomásmérő műszer segítségével regisztráljuk a nyomásváltozást, amelyből számítható az áramlási sebesség. Az általunk alkalmazott szívási teljesítmények ennek megfelelően 2,7 m/s; 4,7 m/s; 6,1 m/s áramlási sebességeknek feleltek meg. A hangnyomásszint mérés *Brüel&Kjaer Observer 2260*-as típusú integráló zajmérővel, illetve tercsávós elemzővel történt. A mért értékekből az általunk alkalmazott szabványban (*EN 60704* szerint) szereplő összefüggések alapján térbeli átlagértékeket, majd zaj-teljesítményszinteket számoltunk. A vizsgálat-sorozatot a szabvány által erre a célra előírt mérő szőnyegen végeztük el.



1. ábra

A mérés elrendezése az alkalmazott szabvány szerint

A mérés megkezdése előtt megtörtént a műszerek kalibrálása, valamint a meteorológiai viszonyok rögzítése. A hőmérséklet $23,9^{\circ}\text{C}$; a nyomás 1051,6 MPa; a levegő relatív páratartalma pedig 61% volt. Ezeket a mennyiségeket a laboratóriumban telepített meteorológiai adatokat szolgáltató műszerről olvastuk le. A mérés elrendezését, valamint a kalibrálást követően megmértük az alapzajt, amely 17,7 dB volt. Mivel az alapzajt minden mért értéknél több mint 10 dB-el kisebb volt, ezért hatásától a mérés kiértékelésekor eltekinthetünk. Az alapzajt mérését követően a kiválasztott 9 db mérési pontban a porszívó készülék üzemileg állapotában, 15-15 másodperces időintervallumokban egyenértékű A-hangnyomásszinteket mértünk.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE, KÖVETKEZTETÉSEK

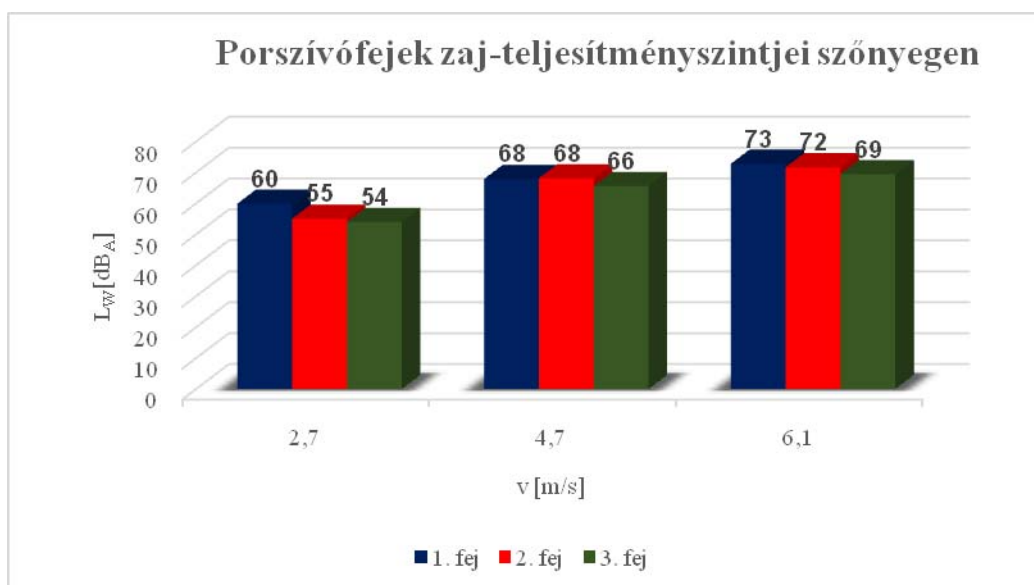
A mérési eredményekből számított zajteljesítmény-szint értékeket az 1. táblázat, valamint a 2. ábra szemlélteti, melyekből az elvárásoknak megfelelően jól látható, hogy mindhárom porszívófej zajteljesítmény-szintje növekedett az áramlási

sebesség növekedésével. Az 1. jelű porszívófej esetében a zajszint 8 dB-el illetve újabb 5 dB-el, a 2. porszívófej zajteljesítmény-szintje 13 dB-el illetve újabb 4 dB-el, a 3. fejé pedig 12 dB-el illetve újabb 3 dB-el növekedett a fordulatszám növelésének hatására.

1. táblázat
Zaj-teljesítményszintek összehasonlítása

Porszívófejek		v [m/s]	L _w [dB]
1. fej		2,7	60
		4,7	68
		6,1	73
2. fej		2,6	55
		4,7	68
		6,1	72
3. fej		2,6	54
		4,7	66
		6,1	69

Megállapítható az ábrából az is, hogy az 1. jelű porszívófej okozta a legnagyobb zajteljesítmény-szintet, valamint a legösszetettebb geometriájú 3. fej terheli legkevésbé a környezetet.



2. ábra
Porszívófejek zaj-teljesítményszintjei szőnyegen

Az 1. táblázatban szereplő értékekből láthatjuk, hogy a legkisebb szívási teljesítményen az 1. fej 60 dB-es zajteljesítmény-szintet eredményezett, amíg a legnagyobb szívási teljesítmény során 73dB zajszintet mértünk. Vagyis mialatt a porszívón a legkisebb fordulatszámot a maximális állásba állítottuk, addig a zajszint $\Delta L = 13 \text{ dB}$ értékkel növekedett az 1. fej esetén. A szintképzés szabályainak megfelelően $P_0=10^{-12} \text{ W}$ referenciaértékre vonatkoztatva számoljuk vissza a zajteljesítményeket:

$$P_{\min} = P_0 \cdot 10^{0,1L_{W\min}} = 10^{-12} \cdot 10^6 = 10^{-6} [\text{W}] \quad (1)$$

$$P_{\max} = P_0 \cdot 10^{0,1L_{W\max}} = 10^{-12} \cdot 10^{7,3} = 10^{-4,7} = 2 \cdot 10^{-5} [\text{W}] \quad (2)$$

A hangteljesítmények viszonya (1) és (2) alapján:

$$\frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{2 \cdot 10^{-5} [\text{W}]}{10^{-6} [\text{W}]} = 20 \quad (3)$$

Megállapíthatjuk, hogy az 1. jelű fej esetében az akusztikai teljesítmény hozzávetőleg **20**-szorosára növekedett, amely már nem elhanyagolható többszöröződésnek felel meg, és e közben az áramlási sebesség (v_3/v_1) „csupán” 2,3-szorosára nőtt. A második fej esetében a zajszint $\Delta L=17 \text{ dB}$ értékkel növekedett, amely jelentős, körülbelül **63,5**-szörös növekedési arányt takar a zajteljesítményeket illetően (3. fej esetén $\Delta L=15 \text{ dB}$ körülbelül **32**-szeres arány).

TERCSÁVOS ELEMZÉS AZ 1. JELŰ PORSZÍVÓFEJ ESETÉN

A zaj-teljesítményszint meghatározására fókuszáló mérésen kívül egy másik vizsgálatot is végeztünk, amelynek célja a hangnyomás-szintek a tercsávonkénti meghatározása volt. Ebben az esetben az egyszerűség kedvéért csak egyetlen pontban mértünk, mindhárom porszívófejtől 1 méteres távolságban, s leolvastuk a műszerről a tercsáv középfrekvenciákhoz tartozó hangnyomásszinteket. A porszívó készüléket minden esetben a maximális szívási teljesítmény fokozatban, üzemmeleg állapotban működtettük. Ennek érdekében a vizsgálat előtt 15 perc időtartamig üresjáratban üzemelt a készülék.

A mérés elvégzése előtt a laboratóriumban lévő alapzajt is tercsávonként méréssel meghatároztuk. Ennek eredményeképpen megállapítást nyert, hogy az alapzaj minden esetben több mint 10 dB-el kisebb volt a mért értékeknél. Így annak hatásától eltekinthetünk. A 125 Hz alatti tercsávokban a zaj mértéke nem volt számottevő.

A műszert, illetve annak mikrofonját egy erre a célra alkalmas állványon helyeztük el, biztosítva az azonos mérési feltételeket mindhárom fej esetén. A vizsgálat során a humán centrikus mérések esetén előírt A-szűrőt alkalmaztunk mindhárom esetben.

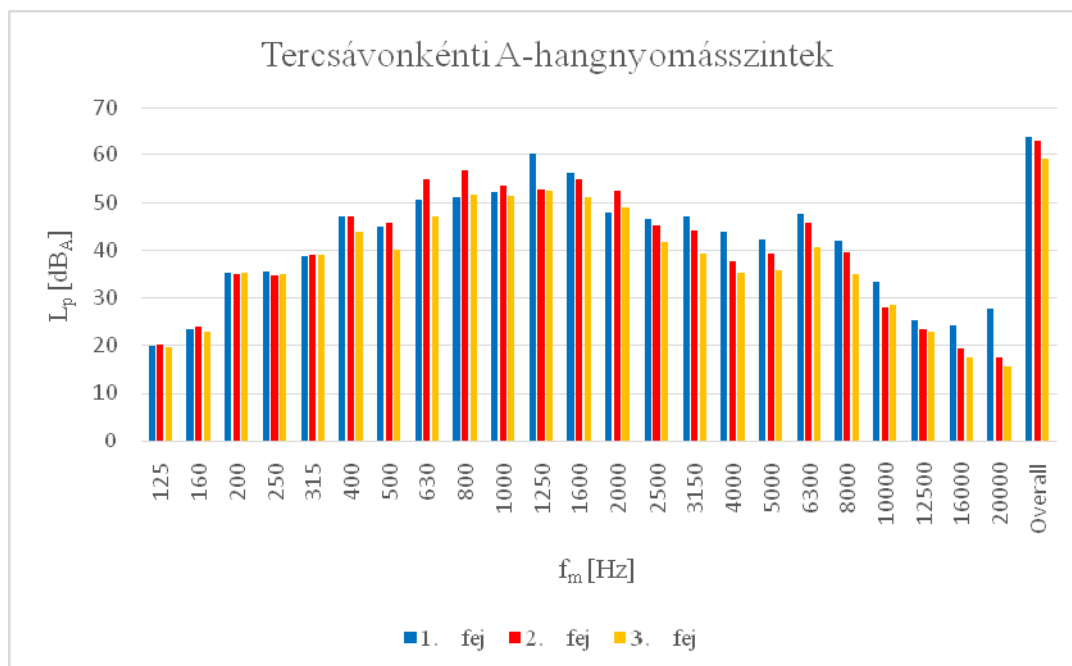
2. táblázat

Porszívófejek hangnyomásszintjei tercsávós mérésnél

f_m [Hz]	L_p [dB _A]		
	1.fej	2.fej	3.fej
125	19,7	20,1	19,4
160	23,3	23,8	22,6
200	35,2	35,0	35,3
250	35,6	34,8	34,9
315	38,8	39,0	38,9
400	47	46,9	43,8
500	44,9	45,7	40,1
630	50,6	54,7	47,1
800	51,0	56,7	51,5
1000	52,0	53,4	51,3
1250	60,2	52,7	52,3
1600	56,2	54,7	51,0
2000	47,9	52,3	49,0
2500	46,5	45,1	41,7
3150	47,1	44,1	39,4
4000	43,8	37,7	35,2
5000	42,3	39,3	35,8
6300	47,6	45,7	40,5
8000	41,9	39,6	35,0
10000	33,2	27,8	28,4
12500	25,2	23,3	22,8
16000	24,1	19,2	17,5
20000	27,5	17,5	15,5
Overall	63,5	62,7	59,0

A mért 1 m-es tercsávonkénti A-hangnyomásszint eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. A 3. ábra ezen értékeket mutatja diagram formájában, amelyből tisztán látható, hogy az 1. porszívófej terheli legnagyobb zajjal a környezetet. A különbség ugyan nem számottevő, különösen a teljes hangfrekvenciás tartományra nézve, a tercsávonkénti összetevők lefutása azonban sokkal egyenletesebb a 3. jelű fej esetén. Ez egyértelműen a gondosabb mérnöki tervezés, a megfelelőbb áramlási viszonyok biztosításának eredménye.

Az $f_m=400$ Hz középfrekvenciájú tercsáv kiemelkedő részét a porszívó készülék forgórészének forgási frekvenciája okozza. A legmagasabb hangnyomásszint értéket az 1. jelű fej esetén tapasztaltuk, az 1250 Hz középfrekvenciájú tercsávban (60,2 dB). Az $f_m=6300$ Hz középfrekvenciájú tercsáv esetén mindhárom fej vizsgálata során jól szembevetően egy kiemelkedő csúcs látható. Ez feltehetően a porszívó készülék meghajtó egységéből származik, nevezetesen a turbina lapátfrekvenciája okozhatja. Ezt a feltételezést FFT vizsgálattal lehetne igazolni.



3. ábra
Porszívófejek A-hangnyomásszintjei tercsávonként (szőnyegen)

A különböző porszívófejek elvégzett vizsgálatokat elemezve egyértelmű rangsor állítható fel a zajkibocsátást illetően, valamint megállapíthatjuk, hogy a legösszetettebb geometriájú 3. jelű porszívófej terheli legkisebb zajjal a környezetet.

TOVÁBBLÉPÉS LEHETŐSÉGEI

A mérésekből egyelőre ennyi következtetést vonhatunk le, azonban a kutatómunkát tervezzük továbbfejleszteni. Az AnsysFluent nevű áramlástechnikai szimulációs szoftvernek létezik egy zajmodulja, amelynek segítségével további célunk, hogy szimulációs vizsgálattal kimutassuk az egyik önkényesen kiválasztott porszívófejben (1. jelű) az áramlás hatására keletkező zajt. Várhatóan a mérési eredményeinkhez hasonló dB értékeket fogunk tapasztalni.

IRODALOM

- [1] Barótfi I.: **Környezettechnika**, Mezőgazda Kiadó; Budapest, 2000.
- [2] Bihari Z.- TóbisZs. – Sarka F.: **Akusztikai és rezgéstani minősítés**, Nemzeti Tankönyvkiadó; Miskolc, 2010.
- [3] <http://www.electrolux.hu/termektamogatas/Hasznos-tippek/Vacuum-cleaners/>
- [4] Brüel&Kjaer: Product Data, <http://vip.tilb.sze.hu/avlab/2260.pdf>; letöltés ideje: 2015.11.08.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.