

Textilüzem zajvizsgálata

II. rész^{*)}

Szabó Lóránt

Óbudai Egyetem RKK KMI
szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

Kulcsszavak/Keywords: Légsugaras szövőgép, egyenértékű hangnyomásszint, zajszennyezés, zajmérő, textilipari zajszintek
Air jet weaving machine, „A”-weighted sound pressure level (SPL), noise pollution, sound level meter, noise level in textile mills

Summary

High noise pollution level in textile industry causes auditory (acoustic trauma, tinnitus) and non-auditory effects on human health. Non-auditory effects refer to annoyance, sleep disturbance, stress, hypertension, cardiovascular disease and effects on performance. A one minute exposure to a sound level over 105 dBA may cause permanent hearing loss. Reduction of noise is important and above all a demanding task.

Bevezetés

Az akusztika (a szó a görög akuein=hallani szóból ered) a hanggal, mint fizikai jelenséggel, alkalmazásai-val és hatásaival foglalkozó tudományok összessége. A zaj (hang) keletkezéséhez és terjedéséhez hangforrás és hangvivő rugalmas közeg szükséges. A zajforrás működése során folyamatosan mechanikai energiát ad át a körülötte lévő térnek, amelyben a közeg részecskéinek tömegtehetetlensége és a közöttük lévő rugalmas kapcsolatok révén – az energia hullám formájában terjed. A háromdimenziós térben lejátszódó hangterjedés a befolyásoló tényezők sokasága (pl. hangforrások méretei és fajtái, a rugalmas közegek fizikai tulajdonságai, a rezgés frekvenciája) miatt – bonyolult fizikai jelenség, amelyet matematikailag általában csak komplikált differenciálegyenletekkel, hullámegyenletekkel írható le. Kivételt képez a levegőben terjedő síkhullám, amelynek kialakulását és terjedési mechanizmusát hullámegyenletek nélkül is megérthetjük [1].

A hanghullám is haladó hullám, amely tehát csak olyan közegben terjed, amelynek tömege és rugalmassága van, tehát vákuumban nem terjed. A hang terjedésekor a mozgásállapot terjed, nem pedig maga az anyag. A dinamikus hangnyomás az atmoszferikus nyomásra szuperponálódik és így terjed tova (1. ábra).

Az egyes részecskék a térben nem vándorolnak, kizárólag nyugalmi helyzetük körül végeznek kitérést, viszont energiájuk hullámmozgással terjed. A hanghullámok terjedési sebessége levegőben az alábbi egyenlet alapján határozható meg:

$$c = \lambda \cdot f, \quad (1)$$

ahol:

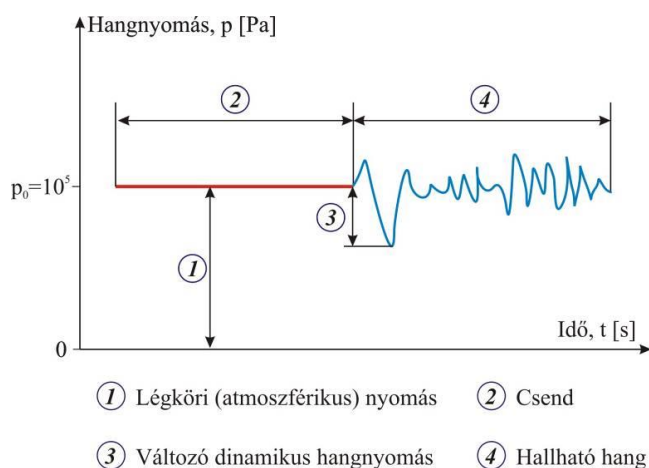
c hanghullám terjedési sebessége [m/s],

λ hullámhossz [m],

f a hullám frekvenciája [1/s].

Megjegyezzük, hogy a hangterjedési sebesség független a frekvenciától, de származtatható belőle.

A hang terjedési sebessége levegőben és gázokban a közeg kompresszió modulusától (K) és sűrűségétől (ρ)



1. ábra. A hang kialakulásának mechanizmusa

függ, a közismert (2) összefüggés szerint:

$$c_{gáz} = \sqrt{\frac{K}{\rho}}. \quad (2)$$

Gázokban a hangterjedési sebessége függ az abszolút hőmérséklettől (T) is, melyet a (3) egyenlet írja le:

$$c_{gáz} = 20,06\sqrt{T}. \quad (3)$$

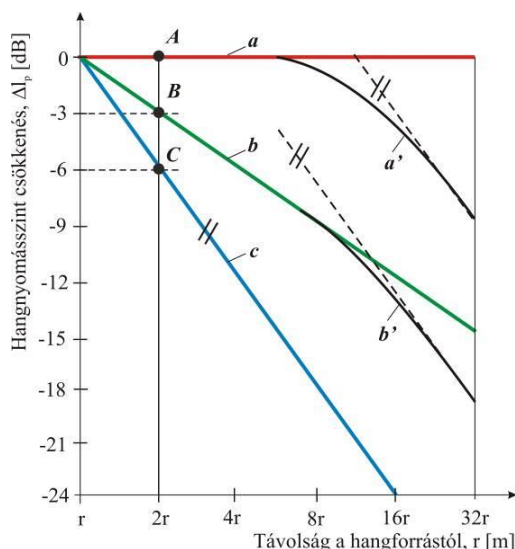
Egy adott hangforrás által a szabad tér valamelyik pontjában mérhető hangnyomásszint az észlelési pont és a hangforrás távolságától, valamint a hangterjedést a vizsgált szakaszon befolyásoló tényezőktől (pl. levegő csillapításától, terepfelszín akusztikai minőségétől, légállapottól, felszín növényzetétől stb.) függ.

Három alaptípusú hangforrás különböztethető meg [2]:

1. **Pontszerű.** Tökéletes gömbsugárzó csak elméleti úton hozható létre, amelynek teljes felülete azonos fázisban rezeg. A gömbsugárzó P hangteljesítménye a gömb középpontjától mért r távolság négyzetével arányosan növekvő gömbfelületen egyenletesen oszlik meg, az I hangintenzitás a távolság négyzetével arányosan csökken.

2. **Vonalszerű.** Szabad hangtérben a vonalszerű hangforrás, a vonalsugárzó hangenergiája a hangforrás tengelyére merőleges irányban, hengeres hullám formájában terjed (az ugyanolyan állapotban lévő levegőrészecskék – hullámfrontok – hengerpalástot alkotnak. A csővezeték, amelyben a folyadék nagy sebességű, örvénylő (turbulens) áramlással folyik, közelítően vonalsugárzónak tekinthető. Ilyenek pl. a légcatornák is. A

^{*)} A cikk I. része a Magyar Textiltechnika 2015/3. számának 11. oldalán jelent meg.



2. ábra. A hangenergia terjedésének geometriai törvényszerűségeit jellemző függvények

gyakorlatban olyan vonalszerű hangforrásokkal találkozhatunk, amelyek a szabad térbe sugároznak. A zajos helyiségeket határoló szerkezetekben lévő, hosszú és keskeny tömítetlen rések vonalszerű hangforrások.

3. *Felületi* hangforrásról akkor beszélhetünk, ha a forrásnak egy nézeti felületen lévő két lineáris mérete jelentős. Két jellegzetes alakot találhatunk, nevezetesen a kör és a derékszögű négyszög alakot [2]. Az ipari épületek hangsugárzó nagy felületei (pl. repülőgéphangár nyitott kapuja, csekély hangszigetelésű ablakok sokasága a homlokzaton) a felület közelében közelítően síkhullámú hangsugárzónak tekinthetjük, mert a felülettől kis mértékben eltávolodva a hangerősség nem csökken. L. Schreiber szerint a felület közelében, ennek geometriai feltétele [1]:

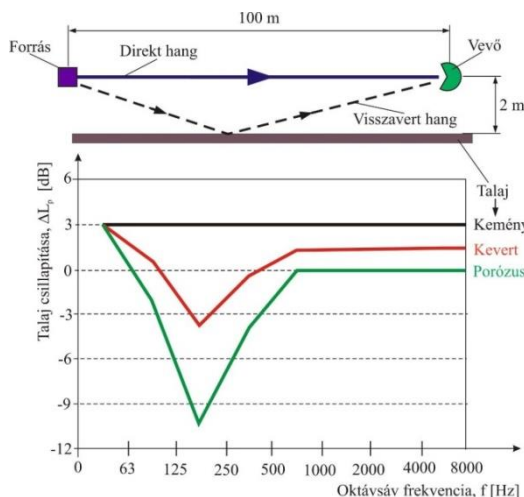
$$r < 0,4\sqrt{S}, \quad (4)$$

ahol:

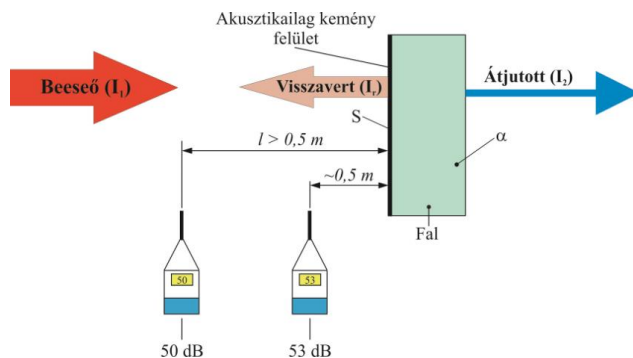
r az észlelési, vagy mérési pont távolsága a felülettől [m],

S a sugárzó felület nagysága [m^2].

Ha nem teljesül a (4) feltétel, a felülettől távolodva a felületszerű hangforrás által keltett hang erősségének csökkenése előbb a vonalszerű hangforrás törvényszerűségeit követi. A sugárzó felülettől viszonylag nagy tá-



3. ábra. Különböző talajtipusok csillapítása



4. ábra. A hangnyomásszint változása akusztikailag kemény felület előtt

volságban pedig pontszerű hangforrásnak tekinthetjük (2. ábra a' jelű függvénye).

A tökéletes síkhullám tulajdonságait jellemző a jelű függvény szerint a hangnyomásszint független a forrástól mért távolságtól. A távolság kétszereséhez tartozó ΔL_p szintcsökkenési mutató az A jelű pontban (2. ábra). A későbbiekben ismertetésre kerülő szövőgépek körüli zajmérések esetén a vizsgált szövőgép felületi sugárzónak tekinthető.

Textilüzemi zajvizsgálatoknál még az alább két befolyásoló tényezőt is figyelembe kell venni. Egyik a padlózat hatása, amely erősen függ a burkolat minőségétől. Beton, ill. a gyárak környékén a döngölt földfelület által okozott „hanggyengülés” -3 dB (azaz erősödés lép fel), míg pl. porózus talaj esetében az erősen frekvenciafüggő, hanggyengülés széles tartományban változhat (3. ábra).

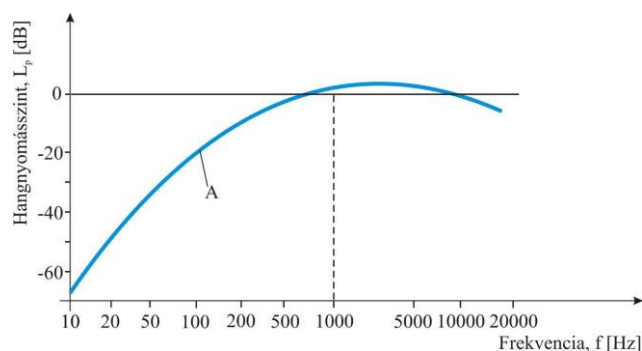
Az épületek fala jó hangvisszaverő felületként viselkedik. Ennek megfelelően a „gyengülés” értéke -3 dB, azaz erősödés lép fel, ezt a 4. ábra illusztrálja.

Mérési eljárások és mérőrendszer kidolgozása

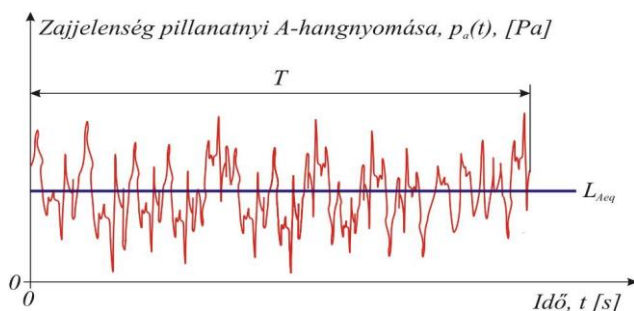
A leggyakrabban használt dB(A) súlyozó görbe, amely legjobban megközelíti az emberi hallás érzékenységet. A frekvencia komponenseket a kis frekvenciák felé közelítve egyre kisebb súllyal veszi figyelembe a mélyfrekvenciás komponensekhez képest (5. ábra).

A zajmérőt lassú (Slow) üzemmódban használva nagy időállandójú (1000 ms) integrálással (átlagolással) állítja elő a mért hangnyomásszintet. A 6. ábra mutatja az egyenértékű A-hangnyomásból származtatott egyenértékű hangnyomásszintet (L_{Aeq}).

Az integrálást az (5) egyenlet mutatja folyamatos jel esetén:



5. ábra. A dB(A) súlyozógörbe [3]



6. ábra. Egyenértékű A-hangnyomás szintszármaztatása

$$L_{Aeq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A(t)^2}{p_0^2} dt = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt, \quad (5)$$

ahol

 L_{Aeq} egyenértékű hangnyomásszint [dB], T integrálási idő [ms], $p_A(t)$ a-súlyozógörbével mért pillanatnyi hangnyomás [Pa], p_0 hallásküszöb referencia nyomása [$2 \cdot 10^{-5}$ Pa].

A zajterhelést Brüel & Kjaer 2250 Light típusú kézi, kifejezetten környezeti zajok mérésére tervezett és kialakított digitális



7. ábra. Brüel & Kjaer 2250 Light típusú kézi, digitális zajmérő kalibrátorral

zajmérővel (gyári szám: 2731905) mértük (7. ábra). A műszer egy 4950-es prepolarizált szabadtéri $1/2''$ széles frekvencia tartományú mikrofonnal felszerelt, amely masszív és megbízható.

Egy ZC 0032-es mikrofon a beérkező jeleket a paraméterek romlása nélkül felerősíti. A műszer 5,6 Hz–20 kHz és 16,4–140 dB méréstartományú. Súlyozásra A-súlyozó szűrő a műszer menüjéből kiválasztható. Mérések többsége fél perces másodpercenkénti adatgyűjtési sebességgel. Ez az intervallum elegendő adatot szolgáltat a későbbi számításokhoz, mivel a szövedői zaj folytonosnak és monotonnak tekinthető. Az eszközön a szabad vagy diffúz térbeni mérés beállítható, így mindig a helyzetnek megfelelő módra kapcsolva pontosabb eredmények kaphatók.

A mért paraméterek és értelmezésük az alábbi:

- L_{Aeq} egyenértékű A-hangnyomásszint (Slow – lassú – idősúlyozással),
- L_{AFmax} pillanatnyi legmagasabb A-hangnyomásszint (Fast – gyors – idősúlyozással),
- L_{AFmin} pillanatnyi legalacsonyabb A-hangnyomásszint (Fast idősúlyozással).

A készülék szoftveresen is támogatott. Az elkészült mérések USB porton keresztül számítógépbe importálhatók, amelyen a BZ 7133 3.3.1 verziójú zajszintmérő szoftver segítségével a mérési eredményeink azonnal grafikusán is látható. A méréshez egy Hama 4163 star 63 típusú 3 lábú állványt használva a műszer stabil helyzete, kellő magassága és iránya megtartható. A magasság 66 cm és 166 cm között állítható, így a mérés különböző magasságban végezhető, de az alap mérési magasság 155 cm (emberi fül átlagos magassága).

Szövedői zajszint mérése és a mérési eredmények kiértékelés

A méréseket 2014. április 25-én 9:55 és 13:20 óra között végeztük. Az időjárási körülmények: hideg, erősen felhős és esős. A hőmérséklet 19 °C, szélcsend volt. Az időjárási körülmények nem befolyásolták a beltéri zajmérést.

Méréseink az aznapi zajterhelést mutatják be (melyet tekinthetünk egy átlagos gyártási napnak), így a kapott adatok csak arra a napra tekinthetők relevánsnak, de megfelelő közelítő értéket adnak a szövedő és a szövegőgépek zajemissziójának bemutatására.

Textilipari tevékenységekre nincs külön megengedett zajszint határérték megállapítva, ezért az általánosan elfogadott textilipari zajszintek mértékadónak tekinthetők (I. táblázat). Más ipari területeken 85 dBA egyenértékű zajszint a megengedett, de a csúcserő nem lépheti túl a 125 dBA értéket.

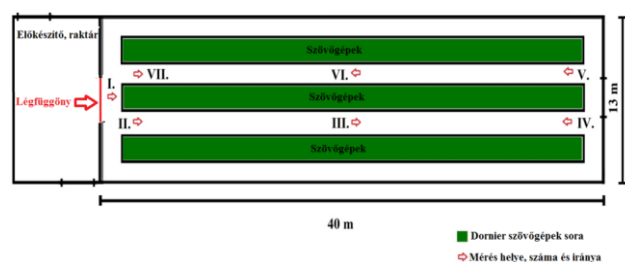
I. táblázat. Általánosan elfogadott textilipari zajszintek

Általánosan elfogadott zajszintek a textiliparban	
Technológiai folyamat	Zajszint-hangnyomásszint, L_p [dBA]
Kompresszorház	99,50
Gyűrűsfonoda	80
Schlaflhorst Autocoro rotor fonógép (OE) (egyedi)	85
Rieter M2/1 rotor fonógép (OE) (egyedi)	86
Rotor (OE) fonoda	100
Kettős sodratadó	100–110
Szövedő	100–120

A szövedő üzemcsarnokában 6 mérési sorozatot végeztünk, a következőkben ismertetjük a kapott mérési eredményeket. A telephelyen Dornier ATVF 4/S és Dornier 23 db AWW 4/S típusú légsugaras szövegőgép



8. ábra. Gépsorok a szövedőben (a) és a beüzemelt mérőműszer a mérési helyen (b)



9. ábra. Mérési pontok és irányuk a szövedőben

üzemelt három sorban (8. ábra).

Az első mérést 155 cm magasságban, a szövedő üzemcsarnokában a gépek között a munkaterület legkritiku-

sabb zajterhelésű pontjaiban mértük. A mérések időtartama 30 s volt. A mérési pontokat és irányukat a 9. ábra szemlélteti, a mérési eredményeket a II.a. táblázat tartalmazza.

Második mérés 115 cm magasságban az előző méréssel megegyező helyeken történt. Ebben a magasságban található a gépek motorjai, így itt várhatók a legmagasabb zajszintek (lásd. a mérési értékeket a II.b. táblázatban).

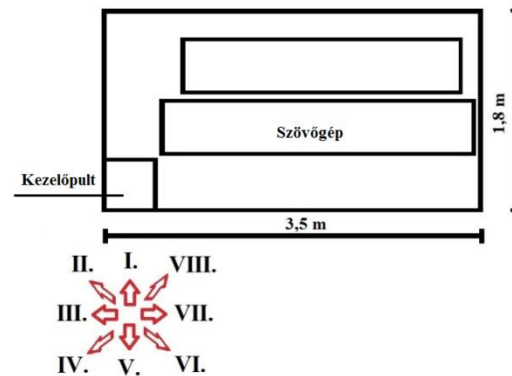
II. táblázat. Az első (a) és a második (b) mérési sorozat mérési eredményei

Mérési hely	Hangnyomásszint, L_p [dB]	Mérési hely	Hangnyomásszint, L_p [dB]
I.	90,55	I.	92,75
II.	93,07	II.	93,81
III.	97,15	III.	96,49
IV.	94,21	IV.	98,24
V.	96,57	V.	96,13
VI.	97,77	VI.	96,57
VII.	95,1	VII.	92,69

a)

b)

A harmadik mérés egy gép zajának feltérképezése volt. A géptől minden esetben egyenlően 50 cm távol-



a)

Mérési hely	Hangnyomásszint, L_p [dB]
I.	100,41
II.	99,9
III.	99,4
IV.	98,96
V.	98,91
VI.	99,1
VII.	99,85
VIII.	100,36

b)

12. ábra. A kezelőre ható zajterhelések mérési pontjai és irányai (a), valamint a mérési eredmények (b)

ságban és 155 cm magasságban helyeztük el a műszert (10. ábra).

A negyedik mérési sorozatban függőleges irányban a gép mögött (hátról pontban) zaj terjedését (10.a. ábra) vizsgáltuk a géptől 50 cm-re képeletben felállított mérőleges egyenes mentén, 12 különböző magasságban, a talajtól számítva 5 cm-től 3 m-ig. Mérési eredményeinket a 11. ábra mutatja. A mérési eredmények igazolják a második mérésnél tett megállapítást, miszerint 115 cm magasságban már sokkal inkább a szövőgép motor zaja dominál.

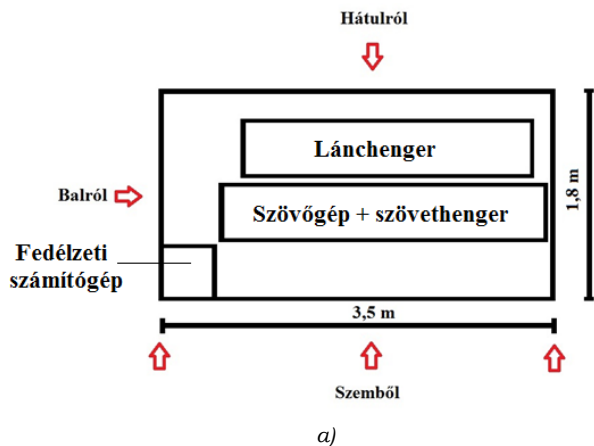
Az ötödik sorozatban a gépkezelő felületénél egy 360°-os irányú mérést vízszintes síkban, 155 cm magasságban végeztünk a gépkezelő zajterhelés meghatározására (12. ábra). Az eredmények (12.b. ábra) egyértelműen mutatják, hogy a legnagyobb zajhatás a vizsgált gép felől érkezik, de a környező gépek zaja is meglehetősen nagy terhelést okoz a gépkezelő számára.

Hatodik mérés. A zajmérő műszert a 9. ábrán látható I. pontban (a csarnok bejáratánál) állítottuk fel, az érzékelő mikrofon 155 magasságban volt. Mérési sorozatot a szövődében a gépek kikapcsolt állapotában kezdtük, ekkor a csarnok alapzaja 81,44 dB egyenértékű hangnyomásszint volt. Ez a nem várt nagy értéket a kompresszor házban üzemelő kompresszorok, valamint a sűrített levegő szivárgása okozta. Ezek után közel azonos időközönként, egyenként bekapcsoltuk a légsugaras szövőgépeket. Első gép beindítása után közel 7 dB zajszint emelkedést mértünk, míg a következő ugrás a második gép elindításánál csak megközelítőleg 1 dB zajszint növekedést okozott. Ez a tendencia folytatódik a következő gépek visszakapcsolásakor.

Ipari zajvédelemi lehetőségek

A hatásokat a hangok fizikai paraméterei, az ember fizikai és pszichikai adottságai együttesen határozzák meg. A hallásérzetet leginkább befolyásoló tényezők:

- az adott helyiség általános zajszintje,
- a hang periódusos (szabályos) vagy rendszertelen (szabálytalan) jellege,
- a hang várható vagy előre nem várt volta, gyakorisága,

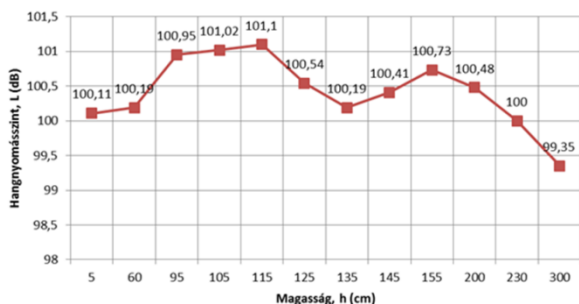


a)

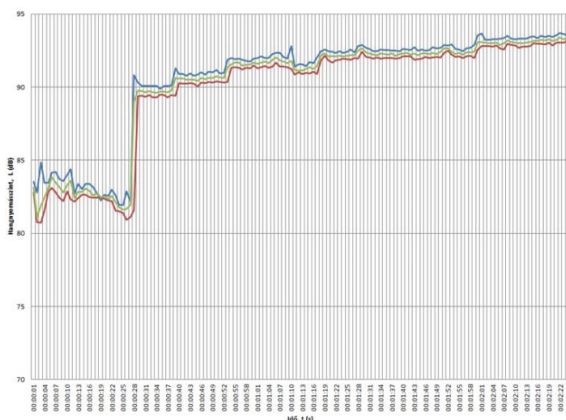
Mérési hely	Hangnyomásszint, L_p [dB]
I.	98,74
II.	100,83
III.	99,25
IV.	97,11
V.	100,73

b)

10. ábra. A gépen a mérési pontok és irányuk felülnézete (a), valamint a mért értékek (b)



11. ábra. Hangnyomásszint változása a magasság függvényében



13. ábra. Légsugaras szövőgépek zajszintjeinek összeadódása

- a hang magassága,
- a hallószerv állapota.

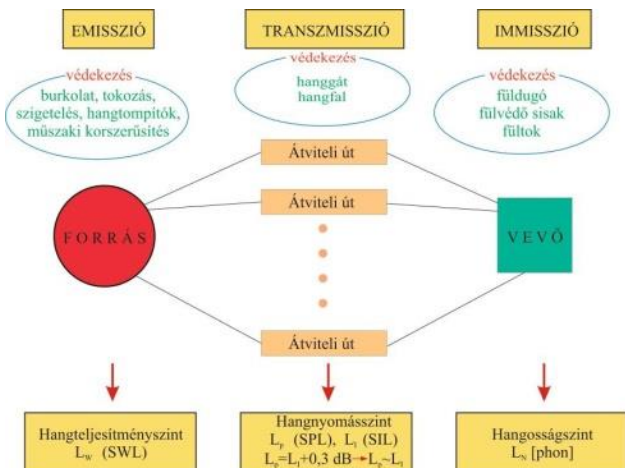
A zaj hatását a munkavállalóra a 14. ábra szemlélteti. Textiliparban eltöltött huzamosabb munkavégzés maradandó hallószervi károsodást okoz(hat).



14. ábra. Az ipari zaj hatása a munkavállalókra

Az ipari zajvédelem feladata a munkavállalók (bizonyos esetekben a haszonállatoknak) és környezetének megóvása a kedvezőtlen zajok miatti káros elváltozásoktól, az ún. hallásromlástól, valamint a zajok miatt fellépő közérzet romlástól, a teljesítmény-, illetve életminőség csökkenéstől. Egy másik megközelítésben: a zajvédelem a zajkibocsátások és a zajterhelés, illetve zajemissziók kiküszöbölése, illetve mérséklése.

A 15. ábra a hangtérben kialakuló zajjellemzőket és a védekezési módokat szemlélteti a teljes zajforrás –



15. ábra. A zajszabályozás rendszere

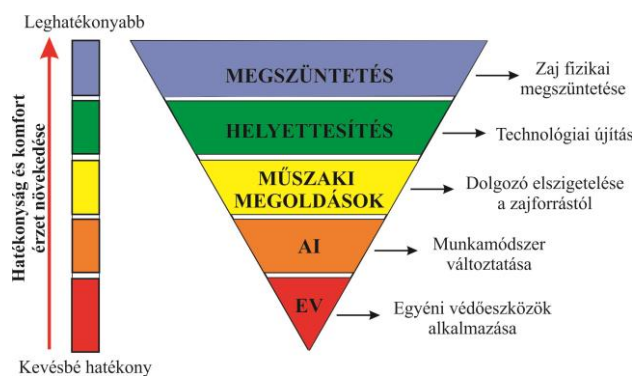


16. ábra. Ipari munkavégzés során használatos egyéni védőeszközök

átviteli út – vevő rendszerben, feltüntetve a rendszer tagjaira jellemző fizikai szinteket.

Beavatkozás a rendszer bármely eleménél lehetséges, gazdaságossági szempontból erre a célra legalkalmasabb a zajforrásnál, az emisszió helyén. Szövődek esetén szinte csak az immisszió helyén védekeznek. A 16. ábra a leggyakrabban alkalmazott egyéni védőeszközökre mutat példát.

A zajvédelmi intézkedések mindazon intézkedések összessége, amelyeket a zajvédelmi célok elérésére, vagyis a kedvezőtlen zajok, illetve következményeik megelőzésére, vagy legalább mérséklésére, valamint ellenőrzésére alkalmaznak. A 17. ábra a védekezési módszerek hatékonyságát mutatja.

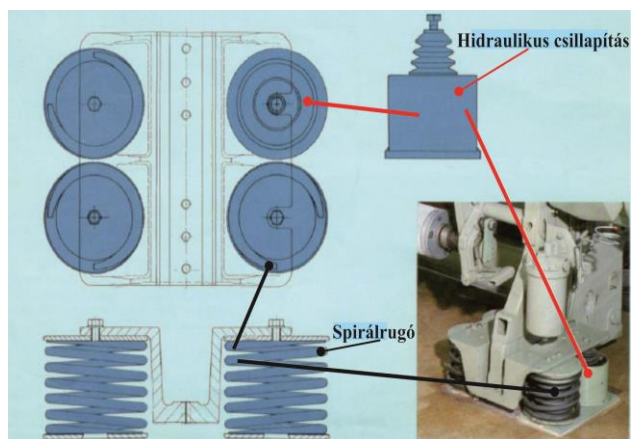


17. ábra. A zajszabályozás alárendeltségi viszonyai

Összefoglalás

Az ipari forradalom óta tartó technikai fejlődés megváltoztatta mindennapjainkat. Gomba módra nőttek ki a gyárak és bennük az egyre nagyobb teljesítményű ipari gépek, amelyek megkönnyítik munkánkat és a hétköznapi életünket is. Az első technikai forradalom vívmánya a szövőgépek. A kezdeti vetülék beviteli megoldásoktól (vetélő) mára egy igen bonyolult, számítógépes rendszerek által vezérelt légsugaras vagy vetülékvivő gépekké fejlődtek. Elvárható lenne, hogy a vetülős vetülékbeviteli zaj- és rezgő hatásánál a mai korszerű légsugaras szövőgépeké alacsonyabb értékűnek kellene lenni, de ne feledjük, hogy a technikai fejlesztések során a vetülék beviteli sebességek megsokszorozódtak a gép sebességének nagymérvű növekedése miatt. Általánosan elmondható, hogy fogyasztói társadalmunk fejlődésével együtt jár a zaj- és rezgés kibocsátásának rohamos növekedése is, melynek igen komoly egészségkárosító hatásáról megfélekedünk.

A vizsgálatokat a Csárda-Text Ipari és Kereskedelmi Kft. csárdaszállási szövőgyárában végeztük. A mérésekkel bemutattuk a munkavállalókat érő zajterhelés mértékét a szövőde csarnokában az üzemelő légsugaras szövőgépek környezetében. Mérési eredményeinkkel



18. ábra. Szövőgép zajcsökkentése rugalmas alapozással

rámítottunk a gépek leginkább zajt keltő technológiai műveleteire.

Általánosan az iparban alkalmazott határérték a maradó halláskárosodás elkerülésére a 8 órás megítélési időre számított A-egyenértékű hangnyomásszint nem haladhatja meg a 85 dBA-t, de a csúcserőértéknek is 125 dBA alatt kell lennie. Méréseinkből kiderült, hogy mért értékeink túllépik a 85 dBA-t, de az I. táblázatban található, a szövődékre nemzetközileg is elfogadott határértékeket messzemenően kielégítik az üzemben mért egyenértékű hangnyomásszintek.

Részletesen foglalkoztunk a zaj káros hatásaival és a lehetséges védekezési módokkal. Méréseink alapján

további zajcsökkentési eljárások tehetők a károsító hatások elkerülésére.

1. A zajforrás csökkentése (kevésbé zajos gépek vásárlása (ez a legköltségesebb), hangtompító rugalmas alapozások alkalmazása). Rugalmas alapozások megvalósítása hidraulikus csillapítás és spirálrugó közbeiktatásával – ez a megoldás közvetlenül a testhangokat tompítja (18. ábra).

2. A mennyezet megfelelő kiépítése, a falak burkolása, a tetőtérbe belógatott hangelnyelő falak elhelyezése.

3. Megfelelő munkaszervezéssel biztosítjuk, hogy a dolgozók ne legyenek hosszabb ideig egyfolytában károsító zajnak kitéve, a dolgozóknak zajmentes pihenőhelyet biztosítása.

4. Egyéni védőeszközök használatának megkövetelése.

A textilipari zajvédelem nemcsak munkavédelmi, hanem környezetvédelmi feladat is.

Felhasznált irodalom

- P. Nagy J.: Hangszigetelés elmélete és gyakorlata. Akadémia Kiadó, Budapest 2014 pp. 13, 35.
- Walz G.: Zaj- és rezgésvédelem. Complex Kiadó Kft, Budapest, 2008.
- Domokos E., Horváth B., Zaj- és rezgésvédelem. Környezetmérnöki Tudástár (13. kötet, ISBN; 978-615-5044-38-0), HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900150/1.0. Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 2011.
- Koppány Balázs: Csárda-Text Kft. Szövődei gépparkjának zaj- és rezgéstani vizsgálata (szakdolgozat). Óbudai Egyetem 2014.