

## Zajvédelem az iparban

Nem ok nélkül tartják ma a zajt az emberiség egyik legnagyobb teherfélének. A lárma, amelytől annyit szenvedünk, 99 százalékban a modern technika „vív-mánya“. A zaj elleni küzdelem ma a kultúremler egyik legfontosabb önvédelmi feladata, s e téren a műszaki értelmiségieké a vezető szerep.

A zaj tulajdonképpen olyan hangjelenség, amely az emberben kellemetlen érzeteket kelt. Ez a meghatározás egyben azt is jelenti, hogy a zaj elsősorban pszichológiai, másodsorban fiziológiai és csak harmadsorban fizikai fogalom. Így sok ember egész halk zörejeket is zajnak érzel. Számosan már attól a gépi zajtól is szenvednek, amely szobájukba behatol, noha ennek hangereje 30—40 phon között van, tehát jóval kisebb, mint azok a zörejek, amelyek a mindennapi életben otthon, a háztartási munka folyamán előfordulnak, sőt még a mindennapi társalgás zajszintjénél is alacsonyabbak (a *phon* mértékegysége annak a nyomásnak, amelyet bármilyen hang okoz).

A zaj vagy nem zaj kérdésében lényeges továbbá a hanghatással szembeni beállítottság. Közismert példa, hogy a molnárt nem zavarja, ha a malom dolgozik. Az ifjú motorkerékpározó valósággal élvezi, hogy gépével zajt tud kelteni, pedig az emberek zöme a legelviselhetetlenebb hanghatások közé sorolja a motor „túrázta-tását“. A munkás, aki szövőgépen, csiszológépen vagy akár légkalapács mellett dolgozik, s így állandóan olyan nagy hangerőnek van kitéve, amely foglalkozási nagyothallást vagy akár süketiséget is okozhat, egyáltalában nem biztos, hogy a munkaeszköze keltette zajt szubjektíven is kellemetlennek érzi. Annyira hozzászokhat — s ez nagyon is gyakori jelenség — a munkája okozta zajhoz, hogy az már szinte hiányzik neki, ha valamilyen oknál fogva megszűnik. Az előbb említett példa folytatása: a molnár felébred, ha megáll a malom.

Az elmondottak alapján könnyen arra a megállapításra lehet jutni, hogy nincs is szükség a zaj elleni küzdelemre, elég, ha arról gondoskodunk, hogy „jó kapcsolat“ alakuljon ki a zajban dolgozó ember és a hangforrás között. Hogy ez a felfogás mennyire helytelen, azt nemcsak korunk divatos betegsége, az idegesség mutatja, hanem azok az orvosi vizsgálatok is, amelyeket e tekintetben világszerte végeztek az utóbbi években.

Már elég régóta ismeretes, hogy a zaj az emberben akarától független reakciókat válthat ki. Így például egy 90 phonos zaj hatására a vérkeringésben léphetnek fel változások. Körülbelül 70 phonnál érkezőnk ahhoz a szinthez, amelyen a vegetatív reakciók általában már bizonytalaná válnak. Az ennél kisebb hangerősség már csak „relatív zaj“-nak tekinthető, mivel vegetatív reakciókat csak akkor idéz elő, ha az emberben negatív érzetek is keletkeznek, vagyis hogyha a hanghatás következtében kellemetlen tudatos vagy tudattalan asszociációk lépnek fel, amelyek aztán negatív hatások kiindulópontjává válnak. Élettani szempontból ugyanis ezek a hang hatására bekövetkező reakciók kezdetben csak védekezési reakciók, állandó

jelenlétük azonban az emberi szervezet túlterhelését okozzák. A vegetatív idegrendszer ilyenformán való nagyfokú igénybevétele azonban még mindig nem jelent alapjában véve betegséget, de az emberek nagy részénél rendkívül könnyen válhat betegségek kiindulópontjává, hasonlóan ahhoz az esethez, amikor a szívet terheljük túl. Éppen ezért rendkívül fontos olyan normák megállapítása, amelyeknek bevezetése esetén a zajok hatására a szervezetben tartós változások nem léphetnek fel. Ezt felismerve világszerte széles körű kutatás folyik a legmegfelelőbb *zajnormák* kialakításáért.

A zajnormáknak a többi egészségügyi — például a világítás-, a szellőzéstechnikai — normával szemben az a különlegessége, hogy sohasem az optimális, hanem csak az elviselhető feltételek megteremtését kívánja meg, mivel a nagyon szigorú követelmények esetén fennáll a veszély, hogy a norma a gyakorlatban használhatatlan lesz, mert vagy a gazdaságosságot veszélyeztető beruházásokat, vagy olyan eljárásokat igényel, amelyeket laboratóriumban ugyan igen, de üzemszerűen nem lehet alkalmazni. Éppen ezért normaképpen olyan szint-értéket kell választani, amely a legtöbb emberre — a munkások 90—95 százalékára — még nincs káros hatással.

### Néhány zajnorma

Szlavin szovjet kutató vizsgálatai alapján arra a megállapításra jutott, hogy a zaj káros vagy nem káros volta sokkal jobban függ a zaj frekvenciájának összetételétől, mint ahogyan általában hitték. Azok a zajok, amelyeknek a hangenergiája túlnyomórészt a nagyobb frekvenciák tartományába esik — tehát a nagyfrekvenciás zajok —, általában károsabbak, mint a kisfrekvenciásak. Éppen ezért a zajoknak kizárólag a hangerő alapján történő besorolása káros és nem káros csoportokba nem mondható kielégítőnek.

Lássunk most egy pár engedélyezett zajtípust:

— *Kisfrekvenciás zajok*: a spektrum legmagasabb szintje 350 Hz alatt van. Ilyenek például a halkán forgó aggregátorok, hangszigetelt falakon átjövő zajok (90—100 phon).

— *Közepes frekvenciájú zajok*: a spektrum legmagasabb szintje 800 Hz alatt van. Ilyen a legtöbb szerszám gép ütköző alkatrész nélkül (85—90 phon).

— *Nagyfrekvenciás zajok*: a spektrum legmagasabb szintje 800 Hz fölött van. Ilyenek a sűrített levegővel működő berendezések, ütköző alkatrészeket tartalmazó szerszám gépek (75—85 phon).

A megadott határértékek egy átlagos munkanapra vonatkoznak. Az így kialakított normában mint faktor szerepel még a beszédérthetőség is (a normális hangerő = 1 méter távolságból 65—70 phon). A kiejtett szavakat másfél-két méter távolságig jól kell érteni. Kisebb átlagos zajszintű termekben (például irodaépületekben, ahol szellemi munkát végeznek) a megengedett hangosság szint 40—45 phon.

Az elmondottakból következik, hogy a megengedett hangerő annál kisebb, minél nagyobb a frekvencia, s így a frekvencia valóban meghatározza a zaj osztályát is. Olyan zajoknál, amelyeknek a spektruma 7000—8000 Hz fölött van, a megengedett hangszint ismét emelkedhet, mivel a fül ezekre a nagyobb frekvenciákra már jóval kevésbé érzékeny. Meg kell azonban említeni, hogy idevágóan kutatások még nem folytak, és nem lehetetlen, hogy ezeknek a zajoknak is van kellemetlen fiziológiai hatásuk; erre utalnak egyébként az ultrahangos forrasztópákákkal és ultrahangos tisztítóberendezésekkel végzett vizsgálatok is. E berendezéseknél a használatos frekvencia éppen az átlagos hallásküszöb felett van, és e gépek kiszol-

gálói — különösen a nők — fejfájásról, idegességről panaszkodnak. Itt kívánatos kellő hangszigetelésről gondoskodni.

Bár — ha korlátozottabb mértékben is — az utólagos zajelhárításra is van mód, mégis a legjobb és a leggazdaságosabb, ha a zaj elleni küzdelem már a berendezés tervezésekor megkezdődik. Az említett zajnorma számos olyan körülményre hívja fel a gépszerkesztők figyelmét, amelyek figyelembevételével nemcsak zajtalanabb, hanem ezzel együtt gazdaságosabban működő gépeket lehet szerkeszteni. Általános elvként megállapítható, hogy a zajkeltés annál kisebb, minél jobban megközelíti a kés profilja a vágási felületet. A négyélű késekről teljesen le kell mondanunk, a tengellyel párhuzamos késekről a csavaralakúra való áttérés azt eredményezi, hogy az ütősszerű vágás mintegy lefejtéssé alakul át, ami természetesen zajcsökkenéssel jár. Mindezekon kívül magától értetődően nem lehet lemondani a motorok és a motorburkoló borítások rezgéscsillapításáról sem, hiszen a testhangrezgéseket ezek hangszóró módjára sugározzák ki a környezetbe. Éppen ezért minden egyes géphez *zajbizonylatot* kell adni, amelyben egyrészt a berendezés általános zajszintjét adják meg közvetlenül a gépnél és attól 1, illetve 5 méter távolságban, valamint a zaj szinképét ugyancsak közvetlenül a gépnél, illetve attól 5 és 10 méter távolságra. Így válik ez a zajbizonylat egyben a gép egyik fontos minősítési jellemzőjévé.

Ipari létesítmények építésekor vagy újjáépítésekor az említett norma szerint mindama műveleteket, amelyek nagyobb zajjal járnak, a csendesebb épületektől kellő távolságra kell csoportosítani. Az előbbieket zajelnyelő bokrokkal, túlevelű fákkal vagy sűrűn ültetett lombos fákból álló védősávval kívánatos körülültetni. Az épületek hangszigetelése is úgy oldandó meg, hogy a kiszűrődő zaj a következő határok között maradjon:

— Az igen zajos épületektől 5 méter távolságban a hangosság szint nem lehet 10 phonnal nagyobb a környező épületek hangosság szintjénél, s ezek az épületek legalább 15 méterre legyenek a zajos épületektől.

— A zajos épületektől 5 méter távolságban megengedhető hangosság szint  $L$  értéke a következőképpen határozható meg:  $L = E + 15 \log a/5 + 10$  phon, ahol  $E$  a szomszédos épületek megengedett hangosság szintje phonokban,  $a$  a nagyon zajos épületektől való távolság.

— A hangszigetelő építőelemeket oly módon kell alkalmazni, hogy a szigetelő helyiségekben a behatoló léghang az ottani zajszintet 3 phonnal többel ne növelje.

— Az olyan létesítményeket, amelyeknek hangosság szintje a 130 phont a szabadban eléri, a várostól legalább több kilométerre és a főszéllel ellentétes irányban kell telepíteni.

Úgy véljük, szükséges lenne előírni továbbá, hogy azok a munkások, akik a megengedettnél kétszeres zajosabb munkahelyen dolgoznak, évente egyszer, az ennél még zajosabb helyen dolgozók pedig évente kétszer kötelező orvosi ellenőrzésen jelentkezzenek, ahol audiogramot vennének fel róluk, és beszédérthetőségi vizsgálatnak vetnék alá őket. A megengedettnél nagyobb zajban dolgozóknak minden két munkaóra után 10—15 percet zajmentes környezetben kellene pihenniük, sőt, bizonyos esetekben még munkaidő-kedvezményben is kellene részesíteni őket.

#### *A műanyagok szerepe a zajvédelemben*

A nagy molekulású műanyagok különösen jelentős segítséget nyújtanak az ipari zaj elleni küzdelemben, ha rugalmas-dinamikus tulajdonságaikat ennek a célnak megfelelően alakítják ki. Erre a technika fejlődése következtében egyre inkább szükség is van, mivel a motoroktól és a gépektől mindig nagyobb és na-

gyobb teljesítményeket kívánnak meg, a mind kedvezőbb teljesítmény—súly viszony eléréseért pedig a könnyű szerkezetek használatára térnek át. Jellemző példaként említjük meg, hogy a nagyobb terhelésnek ki nem tett alkatrészeknél, például az autókarosszériák esetében, ma már túlnyomórészt 0,6 milliméter vastag lemezeket használnak. Zaj szempontjából ez a tény súlyos következményekkel jár. Bizonyos körülmények között ugyanis e lemezfelületek erősen zörögnek. Sajnos, a fémeken kívül egyelőre még nem rendelkezünk olyan anyagokkal, amelyek minden tekintetben hasonló módon munkálhatók meg, s mivel a könnyű szerkezeteket sem lehet egykönnyen feladni, lehetőséget kell találnunk arra, hogy a fémlamezeket olyan mértékben „csillapítsuk“, hogy mint zajközvetítők már ne jöhessenek számításba.

A feladat tehát: a bádoglemez veszteségi számát emeljük legalább a parafa veszteségi számának nagyságrendjébe anélkül, hogy a megmunkálás, illetve a szerkezet szempontjából szükséges tulajdonságait károsan megváltoztatnók. A bádoglemezre vitt, nagy veszteségű műanyagoknak nemcsak szilárdan kell rátapadnia a lemezre, hanem a hajlítási igénybevétellel szemben is bizonyos ellenállást kell tanúsítania, hogy a lemezt rezgésre gerjesztő energiákat hővé alakíthassa át. E célra a legmegfelelőbbek a nagy molekulású műanyagok. Legnagyobb veszteségi értékeik a zajvédelmi szempontból legérdekesebb 50—500 Hz tartományban vannak, de ez a hatás sokszor a kívánatosnál csak magasabb hőmérsékleti szférában jelentkezik. Megfelelő mennyiségben hozzáadott lágyító anyaggal azonban ez a tulajdonság alacsonyabb hőmérsékleti tartományba is eltolható. Az eközben elvesztett merevséget részben durva vagy finomszemcsés szervesetlen töltőanyagokkal lehet a veszteségi szám kedvezőtlen megváltoztatása nélkül helyrehozni. A felvitel kenéssel vagy különleges szórópisztolyokkal történik.

#### *A gumi mint zajcsökkentő*

A még néhány évvel ezelőtt megbízhatatlannak tartott gumi a legkorszerűbb zajcsökkentő anyagok közé tartozik, különösen a közlekedés-technikában. Igaz ugyan, hogy nem önmagában, hanem különböző fémekkel kombinálva, mint úgynevezett *gumi—fém* rugó-egység. Ezt a várható igénybevétel természetétől függően különböző módon képezik ki, de a lényeg mindig az, hogy két fémréteg közé kiváló minőségű gumit vulkanizálnak. A kiváló minőség követelménye — s ez látszólag ellentmond az akusztikai szemléletnek —, hogy minél kisebb belső surló-dással, vagyis csillapító tulajdonsággal rendelkezze az anyag. E csillapításhoz, tehát nagyon rugalmas gumiféleségek éppen számottevő alakváltozásukkal a zajspektrum nagyobb frekvenciáin, tehát a legzavaróbb frekvenciákon nyelik el a hangot. Így érthető egyre szélesebb körben való elterjedésük. A legnagyobb fokú zajelnyelődést e *gumi—fém* elemekkel akkor lehet elérni, ha meglehetősen vastagok, de átmérőjük viszonylag kicsi, valamint ha a konstrukció olyan, hogy a vele összevulkanizált fémrész a gumi formaváltozásainak tág teret hagy.

Autók, motorkerékpárok kipufogó-zajának csökkentésére már eddig is számos megoldást alkalmaztak. Ezek révén elérhető ugyan a zajcsökkentés, de többé-kevésbé a motor teljesítményét is csökkentik. Ilyen például a „frankfurti fazék“ elnevezésű, a motorkerékpár kipufogó csövére szerelhető zajcsökkentő. Ez a berendezés az összes eddigiektől eltérően nem lemezből, hanem könnyűfémű fröccsöntéssel készült, és két aszimmetrikus részből áll, amelyeket egy közbülső lemez választ el egymástól. A motorból jövő gázáram a labirintus révén számos részre bomlik fel, és így végső soron rendkívül kis nyomással, szinte zajtalanul távozik. A

zajcsökkentés mérve 10 phonnál is nagyobb, és a motorkerékpár teljesítményét sem csökkenti túlságosan.

Az ipari zajok közül a legnagyobbakkal ma kétségtelenül a repülőtereken találkozhatunk. A sugárhajtású gépek motorpróba közben 140—160 decibel átlagos zajszintet is okoznak, annak ellenére, hogy a hajtóműveket már eleve különböző zajcsökkentő berendezésekkel szerelik fel. A leghatásosabb védekezési módot, úgy látszik, a svédek találták meg, felépítve Stockholmban a „sükethangárt“. Ez tulajdonképpen acélból és betonból készült hangár, amelybe a repülőgépet majdnem a szárnyakig betolják, és egy olyan, 20 tonnás ajtóval zárják le, amely a repülőgép törzsét teljesen körülveszi, s így belülről hang nem jöhet ki.

#### *A hasznos zaj*

Az ellentétek egysége még a zajok esetében is megnyilvánul. A zaj, amely oly sok kellemetlenséget okoz, olykor az ember szolgálatába is állítható. Mint mondtuk, a zajok a vegetatív idegrendszerben — még olyan esetben is, amikor az illető szubjektíve különösebb hatást nem érez — reakciókat idéznek elő. Ezért egyáltalán nem meglepő az a közlemény, amely szerint Ankerbyi dán fizikoterápiás orvos hanglemezre felvett zajokkal bizonyos idegrendszeri megbetegedéseket, krónikus fejfájásokat, emlékezetgyöngüléseket már évek óta sikerrel kezel. Az egyik nagy hanglemezgyártó cég tervbe is vette, hogy ezeket a hanglemezeket forgalomba hozza.

A nagy intenzitású zajok a repülőgéptervezőknek is sok bosszúságot és kellemetlenséget okoznak, de van eset, amikor éppen ezeket hívják segítségül a jobb és tökéletesebb gépek tervezésekor. Példaként említhető, hogy különleges szirénákat szerkesztenek, amelyekkel 160 vagy még ennél nagyobb általános zajszintű hangteret is létesíthetnek, s ebben vizsgálják a repülőgépek viselkedését váltakozó mechanikai igénybevételekkel szemben. Az eddigi szokásos módszerekhez képest ez az eljárás a vizsgálati időt nagymértékben lerövidíti.

**Kiss István**

