

HANGSZEREK A TERMÉSZETBEN

INSTRUMENTS IN NATURE

Dömötör Csaba, egyetemi adjunktus, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Tanszék

ABSTRACT

The researcher-engineer knock up against the basic fact in design methods that the development process with its result and a known natural principle or structure accord well together in many instances at every turn. This paper presents this idea in the topic of natural voice, music and instruments.

1. BEVEZETÉS

A tervezési módszerek elméletében vizsgálódva a kutató minduntalan szembetalálja magát azzal megkerülhetetlen ténnyel, hogy maga a fejlesztési folyamat és annak eredménye is sok esetben összhangban áll egy ismert (vagy ismeretlen) természeti elvvel vagy összetett struktúrával. Nem kérdőjelezhető meg tehát, hogy olyan kiaknázható tudás (ingyenes know-how) áll rendelkezésünkre a természetben, ami mellett nagyvonalúság lenne alaposabb vizsgálódás nélkül elmenni. Mérnökként rendszerben szemlélve ezt az ismerethalmazt, elkülöníthetünk tisztán műszaki, vegyes és nem műszaki (esztétikai, formai, stb.) hatáseleket és hatáshordozókat.

Jelen cikk nem pusztán felsorolja a természetben fellelhető hangszerszámokat, hanem azok zenei gyakorlatban előforduló megfelelőit is melléjük rendeli; elemezve azok alapvető működését és funkcióit, feltárva az esetleges műszaki alkalmazás lehetőségét is. Ez utóbbi nem mindig egyértelmű, hiszen míg maguk a természetes hangképző eszközök sok esetben rendelkeznek ugyan valós műszaki tartalommal, addig a kommunikáción túli funkcióikat inkább sorolhatjuk a különböző zenei művészetekhez.

2. ALAPFOGALMAK

A természeti analógiák feltárása előtt érdemes tisztázni néhány alapfogalmat. Fizikai értelemben a **hang** szilárd, cseppfolyós és légnemű anyagokban keltett, hullám formájában tovaterjedő mechanikai rezgés. Fiziológiai szempontból leszűkítve a hang egy meghallható rezgés, amit a zenei skála egy egységeként tekintünk. Ennek megfelelően a **zene** – a ritmus, a dallam és a harmónia által – tudatosan elrendezett hangok folyamata, ahol a hangok és a csend időbeli változásáról beszélhetünk. Ezek alapján a **hangszereket** egyszerűen zenei hangok keltésére, zenélésre szolgáló eszközökként definiálhatjuk.

3. KOMMUNIKÁCIÓ A TERMÉSZETBEN

Az élőlények a külvilág részére több módon is képesek üzeneteket küldeni. Jellemzőek a szaghatások és a feltűnő optikai ingerek, de az állatvilágban a jellegzetes pózok (*behúzott farkok*) és magatartásformák (*méhek tánca*) is információkat hordoznak a fajtársak számára. Mégis a „mondanivaló” leggyorsabban és leghatékonyabban hangadás útján továbbítható. Az állati hangok spektruma igen szerteágazó. Beszélhetünk madárdalról, bögésről vagy üvöltésről. Ide sorolható a macskák dorombolása vagy a delfinek kattogása is, de az emberi fül számára hallhatatlan alacsony frekvenciájú (infra) és magas frekvenciájú (ultra) hangok is. Az állatok közleményei többnyire igen egyszerűek. A hangadás célja legtöbbször a partner odacsalogatása, vagy a terület illetve táplálék védelme, de jelenthet párbajra történő kihívást vagy egyszerűen csak üdvözlést is.

A hanghatásokkal történő tudatos kommunikáció az állatvilágra jellemző, de jelen esetben bármely élőlény vagy éppen élettelen természeti képződmény által kibocsájtható hangokat is vizsgáljuk.

4. HANGSZEREK RENDSZEREZÉSE

A hangszerek csoportosítása több módon is lehetséges, így elkülöníthetjük egymástól a dallam- és ritmushangszereket vagy éppen a homofon és polifon hangszereket is. Alapvetően ezen eszközöket mégis a hangképzés mikéntje vagy kezelés módja szerint szokás osztályozni. Ez utóbbi alapján megkülönböztethetünk fúvós, ütős, billentyűs, vonós, pengetős és egyéb (rázó, pörgető, kaparó stb.) eszközöket.

Mivel jelen esetben a rezgéskeltésben aktív szerepet játszó funkció, vagyis konkrétan a hang létrejöttének hatáshordozója lényeges, célszerűen az ezen alapuló osztályzásból (*1. táblázat*) indulunk ki.

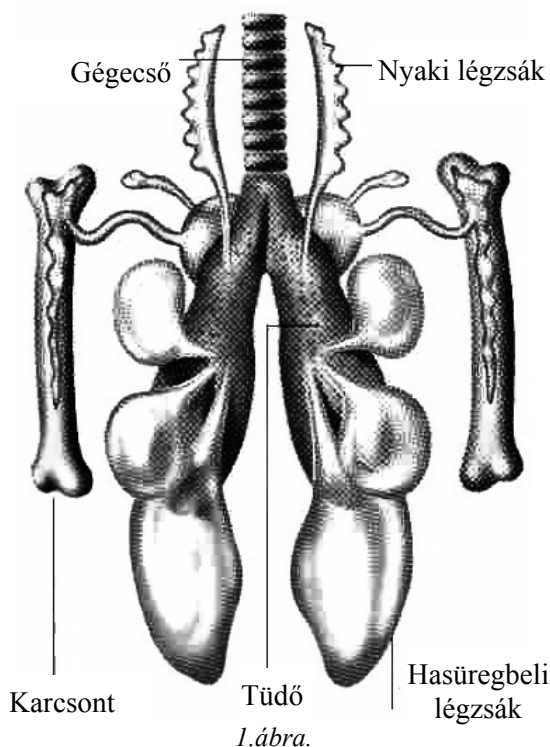
1. táblázat. Hangszerek csoportosítása hangképzés módja szerint

<i>Elnevezés</i>	<i>Hangképző eszköz</i>
aerofon	levegő
kordofon	megfeszített húr
membranofon	kifeszített hártya
idiofon	rugalmas merev test
elektrofon	elektronika

5. AEROFON

Az **aerofon** hangszerek levegő rezgésével működnek. Hangjukat elsődlegesen a levegőben magában végbemenő valamilyen esemény hozza létre. A fa- és rézfűvósok esetében például a hangszerben egy meghatározott hosszúságú légoszlop rezeg. Ilyenek például a *sípok, kürtök, furulyák, klarinét, szájharmonika, wurlitzer, kintorna*.

Ilyen elven dalolnak a **madarak**, hiszen nincsenek hangszálaik, hanem a gége módosult hangképző szervé, ami a főhörgök elágazásánál található, ezért így két helyen is képződhet hang. Kilégzéskor az áramló levegő által rezgésbe hozott redőkön kialakuló hang magasságát és színét a hártlyák helyzete és feszültségének állapota befolyásolja (1. ábra).

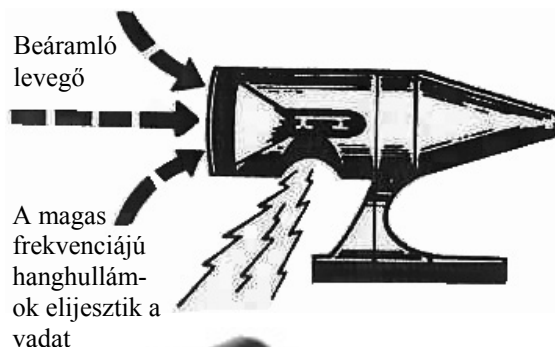


1. ábra. A madarak hangképzésben résztvevő szervei

A felső gége (légzőgége vagy gégefő) többnyire a légzést szolgálja, míg a gégecső alsó végén levő éneklőgége a madár alapvető hangképző szerve. Ily módon képesek a madarak egyszerre énekelni és levegőt venni, vagy egyszerre több különböző hangot kiadni, ami megmagyarázza a folyamatos, összetett és akár többszólamú madárfütty létrejöttét. A fülemülék például egyszerre négy különböző hang kiadására is képesek, míg a pinyek énekében néhol 150 trillaváltás figyelhető meg másodpercenként.

Az aerofon elvének műszaki alkalmazásai közül először talán mindenkinek a gőzhajók és gőzmozdonyok gőzzel megszólaltatott kürtjei jutnak az eszébe, de a kukta vagy teáskanna jelző és lefúvósípjainak is ez az elve. Ennél különlegesebb alkalmazási terület az autóra szerelhető,

menetszéllal működő ultrahangot keltő vadriasztó (2. ábra). Hatékonyságáról ugyan megoszlanak a vélemények, de maga a hangkibocsájtás nem vitatható el tőle.



2. ábra. Akusztikus vadriasztó készülék

6. KORDOFON

A **kordofon** hangszereknek hangkeltő közege egy rezgő húr, amelynek hosszúságától, vastagságától és feszítettségének mértékétől függ a létrejövő rezgés frekvenciája, vagyis a hang magassága. A frekvencia fordítottan arányos mind a húr rezgő hosszával, mind pedig az egysegnyi húrhosszúságra eső tömeggel; és egyenesen arányos a húrt feszítő erő négyzetgyökével.

$$f = \frac{1}{L \cdot D} \sqrt{\frac{T}{\rho \cdot \pi}} \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

ahol:

- f - a húr alaphfrekvenciája
- L - a húr rezgő hosszúsága
- D - a húr átmérője
- T - a húrt feszítő erő
- ρ - a húr anyagának sűrűsége

A húros hangszereket többféleképpen is megszólaltathatjuk: pengetéssel (*gítár, lant, hárfá*), dörzsöléssel (*hegedű, brácsa, gordonka, nagybőgő*) vagy ütéssel (*cimbalom vagy zongora*).

A kordofon eszközök egy dimenzióban feszített húrja jó analógiát mutat az élővilágban fellelhető leggyakoribb természetes hangképző eszközzel, a hangszalaggal. Hangképzés során a tüdőből kiáramló levegő a közép-vonalban zárt állapotban lévő hangszalagokat az alattuk kialakuló megnövekedett nyomás hatására széttolja és

megrezgetti. Az így létrejövő primer gégehang aztán a toldalékcsőben alakul át a fülünk által észlelt hanggá. A rugalmas hangszalagok a nyomás csökkenésekor újra összehúzódnak. A hangmagasság tartományt befolyásolja a hangszalagok állapota és hossza, ami embernél: újszülött korban: 0,7 cm, nőknél: 1,6-2 cm; férfiaknál: 2-2,4 cm.

Ha a természetben megszólaló zenére gondolunk, a madárfütty mellett a tücsök muzsikája az, ami elsőre eszünkbe jut. *Jean de La Fontaine*, a neves francia író híres fabulái óta talán nincs is olyan ember, aki a tücsköt ne hegedűvel a kezében képzelné el. Talán nem véletlen, hogy hangszere és a hegedű között valóban van hasonlóság.



3. ábra. A tücsök szárnyai dörzsölésével ciripel

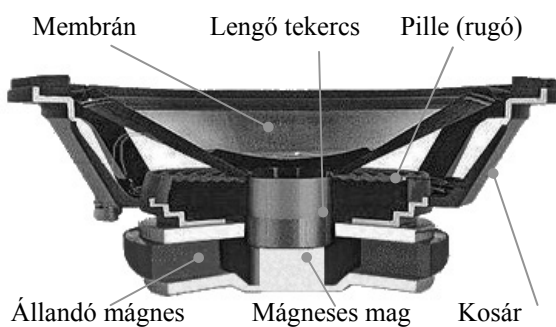
Ahogy a hegedű húrjainak folytonos rezgését a gyantázott vonóval történő gerjesztéssel érjük el, ugyanígy a hím mezei tücsök is a mellső szárnyain kiálló erek egymáshoz dörzsölésével ciripel (3. ábra).

7. MEMBRANOFON

A **membranofon** hangszerek esetében egy kereten kifeszített rugalmas hártya segítségével jön létre a hang, tehát ezeknél az eszközöknél kétdimenziósan kifeszített tárgy rezgeti a levegőt, így hozva létre hallható hangokat. Ide tartoznak a *dobok* és a *köcsögduda*, de a *fésűre szorított selyempapír* is, amely a rádúdolt hangot zöngésebbé teszi.

Az élővilágban többnyire az akusztikus érzékelés is a membranofon elvén valósul meg, azzal az eltéréssel, hogy a folyamat ellenkező irányban zajlik le. A hang hatására megrezgetett dobhártya és azon keresztül a hallócsontocskák mozgása a csigában ingerületté alakul, majd a hallóideg idegi jelek formájában eljuttatja azt az agy hallóközpontjába.

A dinamikus hangszórók működésében is megfigyelhető, ahogyan a rezgő hártya a körülötte lévő levegőt gerjesztve szólal meg. A létrehozható hangfrekvencia-tartomány elsősorban a membrán méretétől függ (4. ábra).



4. ábra. Dinamikus hangszóró felépítése

8. IDIOFON

Az **idiofon** hangszereknél egy önfeszültséggel rendelkező rugalmas szilárd test jön rezgésbe. Ezek közül kerülnek ki a legegyszerűbb eszközök, hiszen már két fadarab összeütögetése is ilyen elven hoz létre hallható hangot. De többek között a *cintányér*, *csengő*, *harang*, *gong*, *xilofon*, *doromb*, *kasztanyetta*, *csörgő*, *kereplő* vagy akár a *hangvilla* is ide sorolhatók.

Ezen eszközök alapvetően ritmushangszerek, melyek ütéssel, rázással, pengetéssel vagy dörzsöléssel szólaltathatók meg. Az elv olyannyira egyszerű, hogy mákgubó formájában a természet maga is alkotott olyan hangszert, ami jó alternatívája a hagyományosan kiszárított lopótökből készített, apró magvakkal és kavicsokkal megtöltött **maracas**nak. (5. ábra)

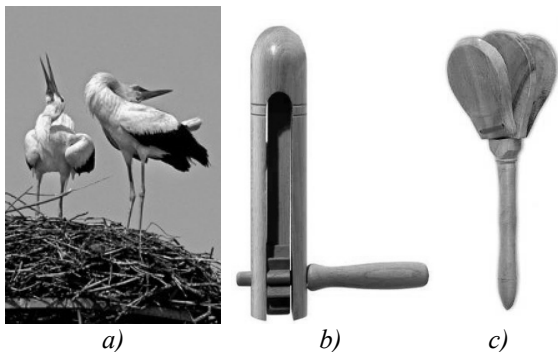


5. ábra. a) Mákgubó b) Maracas (Rumbatök)

Ha az élőlények ilyen elven kívánnak hangot kibocsátani, valójában nagyon egyszerű dolguk van. A patás állatok például vágójuk során létrejövő ütemes, ritmikus szólással önkéntelenül is jelzik közeledtüket.

Velük ellentétben a nyúl-félék viszont hátsó lábakkal tudatosan dobbantanak, amely figyelmeztető jelzés lehet fajtársaiknak, de harag vagy félelem is kiválthatja belőlük ezt a reakciót. Ugyanígy tudatos viselkedés eredménye a harkály kopogása. A madár hegyes csőrét vésőként használva sok esetben egyszerűen csak férgeket keres vagy odút váj a fiókáinak, s ilyenkor a hangkeltés csak „melléktermék”; de a megfigyelések szerint hím egyedek jól kongó odvas fatörzsön dobolva adnak

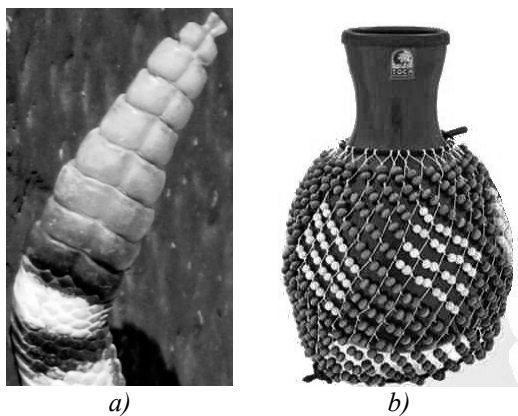
hangjeleket társainak. Szintén kommunikációra használják az ütemes kocogtatást a kopogóbogarak, amik fajtól függően fejükkel vagy kemény potrohukkal ütögetik a fát vagy a szilárd talajt.



a) Kelepelő golyák b) kereplő c) kasztanyetta
6. ábra.

Hasonló a golyák kelepelése is, ami a fajtársakkal való információközlés eszköze. Védett költöző madarunk hosszú csőrének összeütögetésével éri el a jellegzetes csattogó hangot. Ennek végtelenített leütésével a forgatható **kereplő**, ami egy a kelepeléshez hasonló csattogó hangot keltő eszköz. Ha a csőr összeütögetésének mechanizmusát is vizsgáljuk, akkor ugyanerre inkább a **kasztanyetta** mutat jó analógiát (6. ábra).

Vannak azonban valódi hangszerrel rendelkező állatok is, például az Amerikában őshonos csörgőkígyók. Farok végi csörgőjük egy szarugyűrűkből álló szerkezet, amit veszély észlelésekor megráznak. Az egymás mellett mozgó szelvények összeütődéseiből keletkezik a csörgőkígyó jellegzetes hangja. Ezt a hatást hallhatjuk megvalósulni a **shekere** nevű ütő-rázó hangszer megszólaltatásakor (7. ábra).



a) A csörgőkígyó szarugyűrűi b) Shekere
7. ábra.

9. KÖVETKEZTETÉSEK

Mérnökként vagy kutatóként ringathatjuk magunkat abba az illúzióba, hogy egy-egy forradalmi hatást vagy újabb alkalmazási területet sikerült „feltalálnunk”, de ha lehetőségünk nyílna a természet fizikai, kémiai, biológiai, stb. törvényszerűségeinek komplex megismerésére, szembesülnénk a ténnyel, hogy a természet mindig néhány öles lépéssel előttünk jár, vagyis *nem létező dolgok feltalálása sokkal inkább csak rátalálás a létező, de rejtett ismeretlenre*. Természetesen ez semmit nem von le a munka értékéből és sikeréből.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tarnóczy Tamás. *Zenei akusztika*. Zeneműkiadó (1982).
- [2] Kovács Attila: *Gépszerkezettan (Műszaki akusztika)*, Tankönyvkiadó, Bp. 1985.
- [3] <http://www.wikipedia.org/>
- [4] <http://mek.oszk.hu/>