

---

LAKAT ZOLTÁN  
A FUVOLA AKUSZTIKÁJA ÚJ SZEMMEL

---



- *Miért alacsonyok a mély hangok?*
- *Miért magasak a harmadik oktáv hangjai?*
- *Miért szólnak nehezebben a mélyhangok?*
- *Miért kell sokat intonálni a fuvolával?*
- *Mi az a „hosszkorekció” és hogyan működik?*

Ilyen kérdéseken töprengtem a harkányi termálvízben ücsörögve. Ezeket a problémákat megbeszéltem Horváth Tamás mérnök tanítványommal is. Ettől kezdve közösen gondolkodtunk azon, hogyan lehetne javítani a fuvola hangzásán.

A közös gondolkodásból közös munka lett. Tamás számítógépes programmal készítette az alkatrészek terveit és egy esztergályossal elkészítettük a próba példányokat. Az újítások kipróbálása miatt sokat gyakoroltam és sok-sok órán keresztül használtam a hangoló gépet is. A több éves közös munkából találmány lett, amit a Nemzeti Szellemi Tulajdon Hivatala 2017. április 28.-án hozott nyilvánosságra „Reform fuvolafej” címmel.

Miért kell megreformálni Theobald Böhm 170 évvel ezelőtt létrehozott nagyszerű találmányát?

Az eltelt idő alatt nagyot változott a világ. A modern ipar, a computer technika és azóta kialakult Akusztika tudománya új ismereteket, új anyagokat, új lehetőségeket teremtett.

Az akusztikus mérnökök korunkban vizsgálódásaik alkalmával úgy találták, hogy a csőben kialakuló állóhullámok a fuvolacső végén „kidudorodnak”. Így adják át rezgésüket a hangszertestet körülvevő levegőnek. Két mérnök, Norris és Levine egymástól függetlenül

meg is határozták a hangok túlnyúlását. Azt találták, hogy a magas hangok kisebb, a mélyebb hangok pedig nagyobb mértékben „lógnak ki” a fuvolából.

Azt is tudják az akusztikus mérnökök, hogy a harántfuvola olyan aerofon hangszer, mely mindkét végén nyitott csőként viselkedik.

Én úgy gondolom, hogyha az állóhullámoknak szükségük van a túlnyúlásra a cső alsó végén, akkor ugyanúgy szükségük van erre a fuvola felső végén is!

Igen, de a fuvola felső vége le van zárva korona- és hangoló dugóval!

Ennek ellenére biztosítani kell a hanghullámoknak itt is annyi helyet a túlnyúlásra, mint a cső alsó végén. Ezért a hangoló dugónak a máig használt formáját meg kell változtatni! Az eddig használt egyenes felület nem felel meg minden hanghullámnak, hiszen láttuk, az alsó csővégen, hogy a magasabb hangok kicsit, a mélyebb hangok nagyobb mértékben nyúlnak ki.

Így csak egy süllyesztett felületű, háromdimenziós hangoló dugó tudja ellátni az eddigi feladatát és biztosítani azt a helyet minden hanghullámnak, amire szüksége van! A hanghullámok „túlnyúlásai” között többszörös mértékű különbségek is vannak, de ez csak néhány millimétert jelent a gyakorlatban.

Ezért van lehetőség arra, hogy háromdimenziós hangoló dugó beépítésével dúsabb, szebb hangzást érjünk el!

Természetesen nem mindegy, milyen formájú ez a süllyesztett felület. Az elmúlt 40 évben több szabadalom született háromdimenziós hangoló dugókról. Az angol, francia, amerikai, japán terveket az újdonság kutatás eredményeként ismertük meg. A legfiatalabb a 2001.-ben született japán szabadalom. Lett volna idő, hogy elterjedjen, de a többi szabadalomhoz hasonlóan egyiket se ismerte meg a világ, egyiket sem gyártják.

Miért? Mert rosszabb eredményt adnak, mint az egyenes hangoló felület.

Mi is sokféle formát kipróbáltunk. A kísérletek során végig hangoló géppel ellenőriztem a hangmagasságokat, így csak olyan hangoló dugókat adtunk ki tesztelésre, amik a hagyományos dugónál jobb eredményt mutattak.

A fejlesztés során felhasználtuk a modern ipar által előállított szilikon gumit, acélt, titánt, cirkóniumot stb. A hangszerépítésben régóta bevált anyagokat mi sem nélkülözhattük. Így készítettünk hangoló dugót sárgaréz, ezüst, arany, ébenfa, grenadilfa, cocobolo fa és csont anyagból is. A tervezésnél számítógépes program volt segítségünkre, a gyártás során pedig számítógép vezérlésű (CNC) esztergákat is használtunk. A bonyolult alkatrészeknél igénybe vettük a 3D nyomtatást is.

Olyan rendszert alakítottunk ki, amely alkalmas a 170 éves Böhm fuvola gyökeres reformjára.

A találmányunk a hagyományostól nagyon eltérő négy szegmensű fuvolafej.

Az új tulajdonságokat a játékosok érzik, a közönség hallja és a műszerek pedig mérik.

Találmányunk pozitív tulajdonságait nem csak a tesztelőink írták le, hanem a Budapesti Műszaki Egyetem hivatalos hangelemzése is igazolja a mérhető különbségeket.

### **Az újítás egységei:**

1. Hangoló-dugó
2. Korona-dugó
3. Korrekciós-betét, nehezék
4. Extra méretű fuvolafej

#### 1. Hangoló-dugó: Speciális - háromdimenziós - kúpos felületű újítás.

- 1.1 Leglényegesebb része az újításunknak a hangoló-dugónk felülete. Ez a felület a hagyományos sík geometriájú homlok-felülettel szemben, profilos, háromdimenziós kialakítású. Létrehoztunk kis- és nagy-kúpos, speciális felületű hangoló-dugókat.
- 1.2 A hangfrekvencia kialakulásáért a hangoló-felület a felelős. A hangszín kialakulásáért a hangoló-dugó anyaga, míg a hangerőért a hangoló-dugó anyagminősége, mennyisége és a felülete is felelős. Létrehoztunk egy és több anyagkomponensű hangoló-dugót is. A hangoló-dugó anyagválasztéka igen széles körű. A fémötvözeteken kívül felhasználtunk különböző faanyagokat és csontanyagokat is.
- 1.3 Az új hangoló- és korona-dugóval ellátott fuvola, érezhetően tisztább hangminőséggel szól, mint az eredeti! A hangja ugyanannyi levegő befújásával erőteljesebb, dinamikusabb, tisztább, hajlékonyabb. Könnyebb lett a mély hangokat hangosan és a magas hangokat halkán játszani! A hangok intonációs lehetősége ugyanúgy megmaradt, de sokkal kevesebbet kell intonálni a tiszta hangok megszólaltatásához.
- 1.4 A nagy hangkötések és a nagy hangugrások is sokkal könnyebben szólalnak meg. Az általunk létrehozott hangoló-dugó a hagyományoshoz képest, nagyon markáns, jelentős változás a játékosok számára. A profi hangszeres játék felgyorsulhat, virtuózabbá válhat! A létrehozott hangoló-dugó választékkal - a kezdő fuvolásoktól a művészekig - mindenki igénye szerint megtalálja a számára megfelelőt.

#### 2. Korona dugó:

- 2.1 Az általunk tervezett korona-dugónál már nincs szükség a csavartengelyt befogadó menetes hüvelyre. Az új cső jellegű korona-dugóval sokkal jobban hallható a fuvola hang a játékos bal füle számára is. A fuvola így, már nem csak jobbra és előre sugároz hangot, hanem balra is. Nagy előnye, hogy a zenekarban játszó fuvolások számára könnyebb kontrollt ad a hang felett még tuttiban is.

#### 3. Korrekciós-betét, nehezék:

- 3.1 A korrekciós-betétet a hangoló-dugó és korona-dugó közé helyezzük.

3.2 A korrekciós-betéttel a fuvola anyagminőségétől függően, valamint a játékos igénye szerint a különböző anyagok kombinációjával eltérő hatásokat lehet elérni a fuvola hangban. Ehhez akár többféle, fémötvözetet is felhasználhatunk. A korrekciós-betét a fuvolahang gyenge pontjait javíthatja, korrigálhatja. Ezen kívül - igény szerint - kicsit testesebb, vagy könnyedebb, esetenként színesebb hangminőséget (melegebb, vagy hidegebb hangszínt) érhetünk el.

#### 4 Extra méretű fuvolafej:

4.1 A fuvolafejből kikerülő parafa-dugó miatt, már semmi nem köti össze a hangoló- és a korona-dugót. Így már nem kötelező a fuvolafejet a hagyományos méretben gyártani, lehet annál hosszabb is.

4.2 A hosszabb cső nagyobb rezonátor üreget ad, ami tovább segíti a hangkamrában képződött fuvola hangot.

4.3 Az extra méretű fuvolafej több formában készülhet.

4.3.1 Az extra méretű fuvolafejet az eredeti fuvolafejre (gyors megoldásként) toldásként helyezhetjük fel. Vastag vagy vékony falú cső formájában. A toldás bármely fuvolához alkalmazható.

4.3.2 Az extra méretű fuvolafej úgy is készülhet, hogy **a szokásosnál** hosszabb méretben készítjük el a fuvolafejet.

4.4 Újításunkban, a rezonátor-üreg - a nyitott jellegű korona-dugóval - egyfajta erősítőként működik. Mi megnöveltük a fuvolafej hosszát, így a rezonátor-üreg megnövekedésével a rezonáns erősítő hatás is megnőtt.

4.5 Az extra méretű fuvolafej előnyös hatását a fenti újításokkal együtt lehet teljesen kihasználni.

A teszteléshez egy Yamaha-511 típusú, zárt billentyűs, C-lábas, 800 ezrelékes tisztaságú ezüsből készült fuvolát és egy Trevor James Cantabile 925 ezrelékes ezüst fejű fuvolát használtunk fel.

A Budapesti Műszaki Egyetem hivatalos hangelemzése kimutatta, hogy minden új hangoló-dugóval gyorsabban indulnak a hangok, 3–6 dB-lel nagyobb hangerő érhető el és nagyobb a játszott hangok felhangtartalma, ettől dúsabban szól a fuvola.

Találmányunkkal minden Böhm-fuvolát át lehet építeni. A négy megújított szegmens külön-külön is felhasználható, így tanuló fuvolákban elég csak - a legfontosabb alkatrészt - a hangoló-dugót beépíteni. Átméretezés után, az új alkatrészeket le lehet gyártani bármely méretű fuvolához a piccolótól a basszus fuvoláig terjedően.

Az újításunk segítségével, a fuvola dúsabb, szebb, színesebb, sokoldalúbb hangzást kap. A nóvumok beépítése után a fuvolajátékos gyakorlatilag egy jobb minőségű, rezonánsabb hangszert tart a kezében, amivel még a hangszeres játék is könnyebbé válik. Egy tesztelő fuvolaművészt idézve: „Kevesebbet kell a fuvolával dolgozni és még szebb is a hangja!”

## A szerzőről

**Lakat Zoltán** Pécssett élő fuvola tanár, akinek Barth István volt a tanára és játszott a város szimfonikus Zenekarában. Jelenleg a szakmai nyugdíj mellett tanít és 55 éves fuvolás tapasztalataiból egy találmányt alkotott meg Horváth Tamás munkatársával. A találmány születését, a hozzá tartozó akusztika elméleti újdonságokat fogalmazta meg jelen írásában.

(A kép forrása: [123rf.com](http://123rf.com))