

Doktori (PhD) értekezés tézisei

# **AKÁC FAANYAG AKUSZTIKAI TÉRKÉPE**

Horváth Miklós

Sopron  
2010

## **Kivonat**

Korábbi tanulmányok bemutatták, hogy az akác (*Robinia pseudoacacia*) kiváló akusztikai tulajdonságokkal rendelkezik, hasonló a *Dalbergia* fafajhoz. Nem olyan régen kezdtek alkalmazni az akácfa, mint hangszer alapanyagot xilofon és marimba hanglapoknak. A hangszerkészítők abban érdekeltek, hogy kiváló minőségű alapanyagot dolgozzanak fel. A munka során a különböző akusztikai tulajdonságok eloszlása került meghatározásra egy fatörzsön belül a talajszinttől a csúcsig. A rostirányú hangsebesség mellett, a rugalmassági modulusz, a nyíró-rugalmassági modulusz, a sűrűség, a logaritmusos dekrementum és a rostirányú zsugorodás lett mérve kisméretű mintákon. Az említett tulajdonságok kétdimenziós ábrázolásban kerültek bemutatásra. A vizsgálat alapján a fa akusztikailag legértékesebb része lett lokalizálva.

## **Bevezetés és célkitűzés**

Az első xilofon a Nyugat-magyarországi Egyetemen 1996-ban készült egy hangszerkészítő tanfolyam keretében. A résztvevők úgy találták, hogy xilofon készítéshez a rendelkezésre álló fajok közül az akác fa volt az egyik legjobb anyag, mert a „hosszan szól”. Ezután alapos vizsgálat készült az akácról, mint lehetséges xilofon és marimba alapanyagról. Később több hangszer épült az akusztikai tulajdonságaik alapján válogatott alapanyagból, és fény derül többek között arra is, hogy az alapanyag minősége nagyban függ a származási helytől; gyorsan növekvő anyag nem volt alkalmas hangszerfának, és egyes lassan növekvő minták is időként csak közepes vagy alacsony, míg mások a magas akusztikai minőséget hordozták. E dolgozat célja, megtalálni a fának azon részeit, ahol hangszerkészítés szempontjából a legjobb minőségű anyagok növekednek.

Az akác meglehetősen gyakori Magyarországon, a harmadik legfontosabb fafaj a magyar erdőkben és az ország egész területén elérhető. Nagy sűrűségének köszönhetően hagyományosan tűzifaként használják, de nagy szilárdsága miatt rétegelt-ragasztott tartóként is megállja a helyét.

## Anyagok és módszerek

A disszertációhoz a vizsgált fa Magyarország dél-nyugati részéből (Kaszói Erdőgazdaság), lassú növekedési sebességű akác erdőrészből lett kiválasztva. A fa kijelölésekor a rostirányban terjedő nyomáshullám sebessége lett alapul véve. A terjedési sebesség mérése közel 40 fa északi oldalán lett elvégezve. A méréskor használt műszer érzékelőinek távolsága 1 m volt. A hang terjedési sebesség értékek 3700 és 4600 m/s között voltak, ezek közül került egy - a vizsgálat szempontjából optimális formájú és átmérőjű (~40 cm) – kiválasztásra. Tisztítás, majd darabolás (1,5 m) után a fa az egyetemre lett szállítva további vizsgálatok céljából.

Első lépésben a 1,5 m hosszú rönkdarabok végei tangenciális sebességméréshez lettek levágva, majd a nagyobb átmérőknél 20x20, a kisebb átmérőknél 15x15 mm keresztmetszetű ~50 cm hosszú próbatestek kerültek kialakításra. A minták gondos számozásának köszönhetően a fa minden egyes darabjának eredeti helye ismert.

A vizsgálat keretében a faanyag akusztikus jellemzése szempontjából fontos paraméterek kerültek mérésre, úgymint sűrűség, rostirányú nyomáshullám sebessége, nyíróhullám sebessége, logaritmikus dekrementum valamint rostirányú zsugorodás. Ez utóbbi célja reakciófa esetleges jelenlétének tisztázása volt, melynek érdekében a hossz paraméterek nedves és száraz állapotban is mérésre kerültek. Az eredmények alapján nem mutatható ki reakciófa. A minták nedvességtartalma természetes szárítással 9-12% volt.

A rostirányú hang terjedési sebességének meghatározásához longitudinális rezgés technika került alkalmazásra. A próbatestek lazán kézben tartva egy kis fa kalapáccsal lettek megkoppintva, míg a keletkezett hangot egy mikrofonon keresztül PC alapú FFT (Fast Fourier Transformation) analízátor rögzítette.

A logaritmikus dekrementum (LD) meghatározása:  $LD = \beta T$ , ahol a „ $\beta$ ” paramétert a rezgést burkoló exponenciális függvény határozza meg, "T" a frekvencia inverze. Az LD dimenzió nélküli szám. Az LD az anyag csillapító képességét jellemző adat. Ha az LD értéke magas, a csillapítás gyors: a hang rövid ideig szól. Ha az LD értéke kicsi, a csillapítás lassú, a hang hosszan szól. Az LD függ a következő

paramétereiktől: az anyag belső súrlódása, a hang kisugárzása, és a peremfeltételektől, mint például az alátámasztás megválasztása.

Az alátámasztási hely (csomóponti vonal), és az alátámasztásként használt segédanyag (hab vagy gumi) megfelelő megválasztásával csökkenthetjük az alátámasztásban elnyelődő hangenergiát. Az LD száraz mintákon került mérésre. Az alátámasztási hely a próbatestek hosszának 22 és 78%-ánál volt. A rezgés a mintatest középpontjának megütésével lett gerjesztve, ahol a mikrofon is elhelyezésre került. A hangot a mikrofonon keresztül PC alapú FFT (Fast Fourier Transformation) analízátor rögzítette. Az LD méréséhez két egymás utáni Fourier transzformáció elvégzésére van szükség, időben egymástól eltolva. Először ki kell választani a vizsgált módozót, illetve a hozzá tartozó frekvenciát. A csúcs amplitúdók aránya, valamint az időeltolódás ismeretében határozható meg a csillapítási tényező.

A nyíróhullám terjedési idejének mérése egy új fejlesztésű csipdetős érzékelővel történt. A mérés megbízhatóságának ellenőrzésére több különálló mérési sorozat készült. A mért eredményekből közvetlenül sebesség és nyíró rugalmassági modulusz is számítható.

## **Eredmények**

A 25,5 m-es akácfaiból több mint 1000 db próbatest készült a rostirányú hangsebesség, sűrűség, nyíró hullám, rostirányú zsigorodás, illetve a logaritmikus dekrementum méréséhez. Ezen kívül minden 1,5 m-es darabból levágott 10 cm-es – összesen 17 darab korongon – tangenciális irányú hangsebesség mérés történt. Két magassági szinten készült dinamikai keménységmérés, tő illetve mellmagasságban pedig juvenilis-érettfa határ meghatározás.

A rostirányú hangsebesség értékek alapvetően meghatározzák a kinyerhető legjobb minőségű faanyag területét. A vizsgált fa laboratóriumi légszárak körülmények között mért hangsebesség értékei 4000-5600 m/s között változtak. A legmagasabb átlagértékek a fa 3-5. magassági pontjain, azaz 3-7 m-es magasságban találhatóak. Az egyes szinteken a hangsebesség értékek eloszlása jól tükrözi a juvenilis és érettfa paramétereinek különbségeit. A magasabb hangsebesség értékek

egyértelműen az érettfarészben találhatóak. A tőközeli anyag a várakozásokkal ellentétben nem a legnagyobb értékeket hordozza, feltehetőleg a töben ébredő nagy mechanikai feszültségek, és a terpesztés miatt kevésbé párhuzamosan elhelyezkedő rostok lefutása miatt.

A sűrűség értékek az irodalmi adatokkal teljesen egyezőek, átlagértékei közel azonosak az egész fán belül. A várakozásnak megfelelően a hangsebesség és sűrűség adatok alapján a hangszergyártás szempontjából legmegfelelőbb, azaz magas rugalmassági modulusz értékek a fa 3-5. magassági pontjain, azaz 3-7 m-es magasságban találhatóak.

A G nyíró rugalmassági modulusz adatok átlagértékei csökkenő értéket mutatnak a fa tövétől a csúcraig. Az E/G értékek eloszlása jól mutatja, hogy főként a bélnél találhatóak magas E/G értékek. Ezen területek bár nem tartoznak az optimális hangszer alapanyag kategóriába, mégis a kettőshangzás problémakör megoldását képezik. A magas, illetve a jelentősen alacsony E/G arányú alapanyaggal lehetséges a problémakör elkerülése és a megfelelő hang terjedési sebesség megléte mellett szükségszerűen alkalmazható e területekről származó faanyag is.

A logaritmusos dekrementum értéke minél kisebb, a vizsgált faanyag annál értékesebb hangszerkészítés szempontjából. A legalacsonyabb értékek minden esetben az érettfarészanyagba esnek. Átlag és minimum értékek szempontjából is a vizsgált fa 3-5. magassági pontjain, azaz 3-7 m-es magasságban találhatóak az ideális elemek. Jelentős lehet még a fa magasabb pontjain mért alacsony logaritmusos dekrementum érték is, kivált ha az E/G problémakör megoldását tartalmazó faanyagról van szó.

## **Konklúzió**

A mérések során egy teljes akácfa három dimenziós hangtérképe készült el. A mérésekhez kiválasztott közel 26 méteres, kb. 32 éves akác rönk a valóságnak megfelelő hangszerfa alapanyag. Az eredmények segítenek eligazodni a hangszerfa beszerzés folyamatában: a gyártónak elengedhetetlen a fák döntésénél jelen lenni, és csak a szükséges rönkdarabokat megvásárolni. Így lényeges költségcsökkentés érhető

el az alapanyag beszerzés terén, illetve teljes mértékben végigkövethető a vásárolt faanyag feldolgozás közben zajló tárolási, szárítási körülménye.

A mérések rámutattak, hogy egy fán belül is nagy eltérések mutatkoznak a faanyag rugalmas állandói szempontjából, melyek a hangszerkészítés folyamatában befolyásoló tényezők. Eredményként említhető, hogy az egyik legnagyobb hangszergyártási probléma - a kettőshangzás jelensége, -tervezéssel elkerülhető, mely sok bosszúságot és nem kevés költséget kímél meg a gyártó számára.

A juvenilis-érettfa határ pontos meghatározása, és a két terület eltérő mechanikai adottságai rávilágítottak, hogy törekedni kell a lehetőségekhez mérten idősebb faanyagok - nagyobb érettfa részarány - kiválasztására, ugyanakkor a már említett kettőshangzás problémakörének megoldásában segítség lehet a bélhez közeli juvenilis faanyag is.

### ***Az értekezés témaköréből készült publikációk***

*Tudományos folyóiratokban, konferencia-kiadványokban megjelent cikkek:*

- 1.) Horváth M., Divós F., - Faanyag rugalmas állandóinak dinamikus meghatározása, összehasonlítása - Faipar - LIV. évf. 2006/4, 3-7 o.
- 2.) Horváth M, Divós F - Acoustic Properties of Black Locust Trees – Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood - 129-132 o.
- 3.) Horváth M, Divós F - Acoustic properties of Black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood with regard to percussion instrument manufacturing – The Third Conference on European Hardwood Research and Utilisation in Europe – Conference proceedings - 72-79 o.
- 4.) Ott Á, Horváth M, Divós F, - Dimension stability of beech lumber predicted by variations in stress-wave velocity – The Third Conference on European Hardwood Research and Utilisation in Europe – Conference proceedings - Abstract - 59 o.
- 5.) Csóka L, Varga B, Horváth M - Wavelet transzformációval szétválasztott akácfa juvenilis és érett farészeinek kémiai feltárása – Papíripar LIII. évf. 1. 2009

6.) Horváth M. - A 15. Nemzetközi Roncsolásmentes Faanyagvizsgálati Konferencia - Faipar - LIV. évf. 2007/3, 35 o.

*Tudományos előadások, konferencia előadások:*

1.) Csóka L, Varga B, Horváth M - Wavelet transzformációval szétválasztott akácfa juvenilis és érett farészeinek kémiai feltárása – The Third Conference on European Hardwood Research and Utilisation in Europe – Sopron, 2010.05.17

2.) Horváth M, Divós F - Acoustic properties of Black locust tree - 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood - Duluth, MN, USA, 2007.09.11

3.) Horváth M, Divós F - Acoustic properties of Black locust (*Robinia pseudoacacia*) wood with regard to percussion instrument manufacturing - The Third Conference on European Hardwood Research and Utilisation in Europe – Sopron, 2007.09.03

4.) Horváth M - Faanyag rugalmas állandóinak dinamikus meghatározása, összehasonlítása - Tudományos Felolvasó Ülés – Sopron MTESZ Székház, 2006.03.14

5.) Fehér Cs, Horváth M, Taschner R - Koncertminőségű xilofon készítése - XXVI. OTDK Műszaki Tudományi szekció - Debrecen, 2003.04.16

6.) Fehér Cs, Horváth M, Taschner R - Koncertminőségű xilofon készítése - NYME-FMK TDK konferencia - Sopron, 2002

*Poszterek:*

1.) Horváth M, Divós F, Dimitrios T - Comparison between Different Dynamic Shear Modulus Determination Techniques on Robinia Pseudoacacia Specimens - 16th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood - Beijing, 2009

2.) Divós F, Horváth M – Visualization of the stress wave propagation in wood - 14th International Symposium on Nondestructive Testing and Evaluation of Wood - Hannover, 2005

## **Az új tudományos eredmények összefoglalása**

1. Az akác rönk akusztikai tulajdonságának eloszlását térképeztem fel abból a célból, hogy megtaláljam egy rönkön belül az optimális faanyag területeket ütőhangszer készítés céljára, azaz hogy hol „növeszti” a fa a legjobb minőségű faanyagot - e célból.

Követelmény, elvárás e téren a magas hangsebesség, magas sűrűség, alacsony logaritmikus dekrementum érték.

Több mint 1000 próbatest megvizsgálása után kijelenthető, hogy a hangszerkészítésre legalkalmasabb alapanyagok egy 25,5 m magas akácfa esetén a 3-7 m-es magasságban, az érettfá övben találhatóak.

2. Akác próbatesteken bemutattam, hogy a nyíró rugalmassági modulusz mérésre - az eddigi lehetőségekhez képest új, és gyors mérési módszer - a nyíró hullámok terjedési idejének csiptetős érzékelőkkel történő mérése alkalmasabb. A terjedési időből a sebességértékek közvetlenül meghatározhatóak.

3. Feltérképeztem az E/G arány rönkön belüli eloszlását abból a célból, hogy a hangszerkészítés során eddig egy megoldatlan problémára megoldást kínáljak. A xilofonok felső hangtartományában jelentkező kettőshangzás tervezhetően kiküszöbölhető, mely nagy selejtsökkenést eredményez. A megoldáshoz az általánosan alkalmazott hanglapvastagság (~22 mm) mellett - a hosszabb hanglapoknál (220-200 mm) jelentősen alacsony (8-9) E/G arányú, míg a rövidebb (200-130 mm) hanglapoknál a magas (<16) E/G arányú alapanyaggal lehetséges a problémakör elkerülése. Jelentősen magas (<30) E/G arányú faanyag jellemzően a bél körül található.

4. A fából készült ütőhangszerek alapanyagául szolgáló faanyag egyik legfontosabb követelménye a „hosszan csengő hang”. Ehhez alacsony (>20) logaritmikus dekrementumu faanyag szükséges. Alacsony (>20) logaritmikus dekrementummal rendelkező faanyag egy 25,5 m magas akácfa esetén a 3-7 m-es magasságban, az érettfá övben található.