



Záverečná správa projektu IPA

Doba riešenia	jún 2014 – január 2015
Registračné číslo projektu	IPA 7/2014
Dátum prijatia správy na VVČ (vyplní IPA)	

Názov projektu	Vybrané modifikácie povrchu dreva a ich vplyv na fyzikálno-akustické charakteristiky.
-----------------------	--

Vedúci projektu

Priezvisko, meno, tituly: Halachan Pavol, Ing. Telefónne číslo a e-mail: +421 944 450 602, pavol.halachan@gmail.com	Potvrdzujem správnosť údajov v správe Dátum a podpis vedúceho projektu:
--	---

Spoluriešitelia

Ing. Dominik Spišiak. Dr.h.c. prof. RNDr. Marián Babiak, PhD.
--



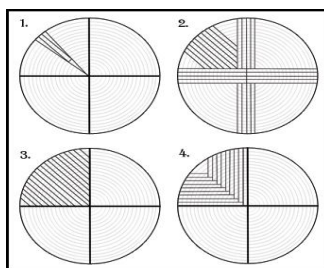
Výsledky riešenia projektu

- spôsob, metódy a priebeh riešenia
- dosiahnuté výsledky a porovnanie s cieľmi projektu
- uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike



a.) spôsob, metódy a priebeh riešenia

Na experimentálne merania boli použité dve hlavné druhy dreva – smrek obyčajný (*Picea abies* L.) a jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), ktoré sú aj predmetom riešenia dizertačnej práce s názvom Vplyv vybraných faktorov na fyzikálno – akustické charakteristiky dreva (FACH). Ovocné dreviny: čerešňa vtáčia (*Cerasus avium* L. Moench), višňa (*Prunus cerasus* L.), hruška obyčajná (*Pyrus communis* L.), jablň planá (*Malus sylvestris* (L.) Mill.), orech kráľovský (*Juglans regia* L.), slivka (*Prunus domestica* L.). Smrek je hlavným druhom používaným na vrchné rezonančné dosky akustických hudobných nástrojov. Ostatné môžu byť používané na výrobu prevažne lubov, zadných dosiek a hmatníkov strunových nástrojov. Všetky vzorky dreva boli upravené za pomoci zrovnávacích fréz. Brúsený povrch sa nepoužíval. Popretrhávané vlákna by mohli výrazne skresliť FACH. Skúšobné telesá na rezonančné metódy sa vyrábajú porezom na štvrtky (obr. 1), aj keď vo výrobe hudobných nástrojov sa používajú dosky s tangenciálnou kresbou. Vzorky jaseňa na modálnu analýzu mali tangenciálnu kresbu.



Obr. 1 Porez na štvrtky a možnosti vymanipulovania radiálneho reziva.

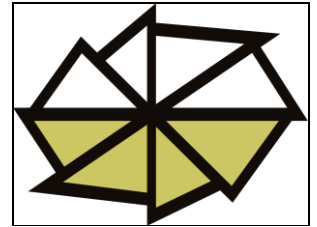
Vzorky - rozmery :

1. séria, (Xenotest/starnutie - 200 hod.) Smrek	2. séria (Xenotest/starnutie - 200 hod.) Jaseň
5 x 100 x 180 [mm]	5 x 100 x 180 [mm]
10 x 10 x 400 [mm]	10 x 10 x 400 [mm]

Na všetkých vzorkách smreka a jaseňa boli merané FACH pred danou úpravou a následne po umelom starnutí v xenónovej testovacej komore. Vzorky ovocných drevín: pre každý druh minimálne 30 kusov - 10 x 10 x 400 [mm]. Vzorky ovocných drevín boli naklimatizované na vlhkosť 8% a na aparátúre "MEARFA" odmerané FACH dvoma metódami.

Modálna analýza pri harmonickom budení s využitím Chladniho obrazcov

Modálna analýza znamená testovanie štruktúry alebo časti konštrukcie (vzorky) s cieľom získať matematicko-fyzikálny popis dynamického alebo vibračného správania materiálu. Táto metóda s využitím Chladniho obrazcov je vhodná pre dreviny, ktoré sa využijú na výrobu brnkacích nástrojov, sláčikových nástrojov atď. Najrozšírenejšou formou aplikácie modálnej analýzy je meranie vibračných módov a ich porovnávanie s korešpondujúcimi údajmi, získanými metódou konečných prvkov alebo pomocou iného teoretického modelu. Od testu sa vyžaduje presný odhad vlastných frekvencií a dostatočne podrobné popisy tvarov módov umožňujúce ich identifikáciu a koreláciu s módmi získanými teoretickou cestou (EWINS, 1995). Pri experimentálnej modálnej analýze sa skúšobná doštička dreva excituje v jednom alebo viacerých bodoch (v kmitniach) a zisťuje sa vlastná frekvencia kmitania skúšobnej doštičky pri jednotlivých módov. Z množín takto získaných dát sa určujú rezonančné frekvencie (vlastné frekvencie), tvary módov (vlastné funkcie) a parametre útlmu. Modálne testovanie sa môže robiť pomocou excitácie so sínusovým, náhodným, pseudonáhodným, alebo impulzným signálom. Odozva sa sníma mechanicky, opticky či nepriamo pozorovaním vyžarovaného zvukového poľa (URGELA, 1996).



Pre výpočet modulov pružnosti uvádza a podrobnejšie ich opisuje McIntyre a Woodhouse (1984, 1988). Pre modul pružnosti v pozdĺžnom smere sme použili nasledovný vzťah (1):

$$\text{Mód [2,0]:} \quad E_x = D_1 \cdot 12\eta \quad \text{kde: } D_1 \approx 0,0789 \frac{f_{e,0}^2 \rho a^4}{h^2} \quad (1)$$

Kde: f je rezonančná frekvencia módu (2,0) v (Hz),

a je dĺžkový rozmer v (m),

h je hrúbka dosky v (m),

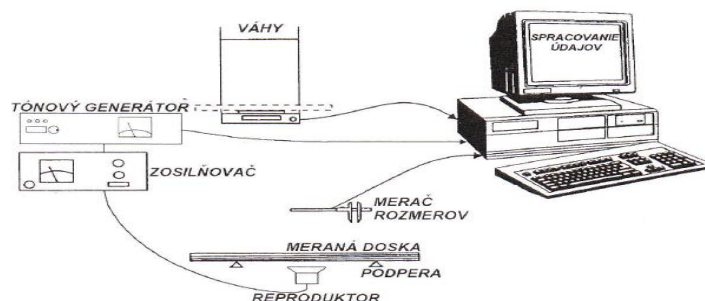
$\eta = 1 - \mu_{xy} \mu_{yx}$, μ_{xy} a μ_{yx} sú Poissonove čísla charakterizujúce pomernú deformáciu.

Okrem pozdĺžneho modulu pružnosti sme sa zamerali aj na zisťovanie priečného modulu pružnosti E_y (2) pri meraní rezonančnej frekvencie módu (0,2) a šmykového modulu pružnosti G_{xy} (3), pri meraní frekvencie módu(1,1).

$$\text{Pre mód [0,2]:} \quad E_y = D_3 \cdot 12\eta \quad \text{kde: } D_3 \approx 0,0789 \frac{f_{e,2}^2 \rho b^4}{h^2} \quad (2)$$

kde b je šírkový rozmer v (m)

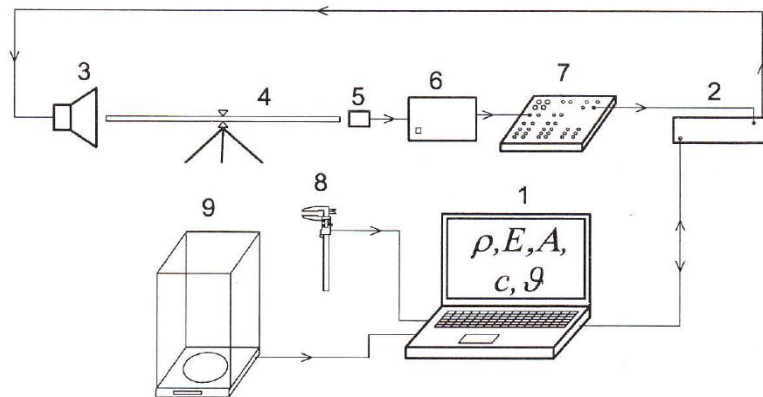
$$\text{a mód [1,1]:} \quad G_{xy} = D_4 \cdot 3 \quad \text{kde: } D_4 \approx 0,274 \frac{f_{e,1}^2 \rho a^2 b^2}{h^2} \quad (3)$$



Obr. 2 Schéma na meranie Chladniho obrazcov.

REZONANČNÁ DYNAMICKÁ ANALÝZA

Meracie zariadenie, ktoré pracuje na princípe rezonančnej dynamickej metódy, bolo vyvinuté v spolupráci širšieho kruhu pracovníkov, vrátane diplomantov na Katedre fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky na DF Technickej univerzity vo Zvolene. Meracie zariadenie, ktoré prešlo od prvej realizácie po súčasnosť niekoľkými úpravami (technickými aj softwarovými), sa po ostatných úpravách nazýva „MEARFA“ (Obr. 3). Zariadenie umožňuje spoľahlivé a rýchle posúdenie vhodnosti dreva ako materiálu na výrobu konkrétnej časti hudobného nástroja. Pri rezonančnej dynamickej metóde sa zisťuje základná vlastná frekvencia kmitania skúšobného telesa tvaru tyče (10 x 10 x 400 mm), (ČULÍK, 2013). K PC je pripojený modul so špeciálnym integrovaným obvodom. Modul generuje sínusový signál s akustickými frekvenciami. Zosilnený signál prichádza na budič (reproduktor), ktorý je umiestnený na jednom konci tyče a vyvoláva kmitanie skúšobného telesa. Na druhej strane je magnetodynamická prevodka s ihlou (Obr. 4) za pomoci ktorej meriame rezonančnú frekvenciu skúšobného telesa. Elektrické impulzy zo snímača (pri dotykovom snímači – magnetodynamický princíp) vyhodnocuje modul, ktorý spracuje závislosť výchylky od frekvencie v požadovanom frekvenčnom rozsahu a vytvorí rezonančnú krivku (ČULÍK, 2013). Zo zaznamenananej krivky softvér určí najvyššiu hodnotu rezonančnej frekvencie skúšanej tyče, t.j. hodnoty f_r ako aj hodnoty f_1 a f_2 , ktoré sa uložia do PC.



Obr. 3 Aparatúra na meranie rezonančnej dynamickej analýzy, kde:

- 1 – PC, 2 - generátor sínusového signálu a snímač odozvy, 3 - reproduktor, 4 - skúšobné teleso,
5 – elektromagnetický (magnetodynamicky) snímač, 6-filter nízkych frekvencií,
7 - predzosilňovač, 8 – posuvné meradlo, 9 - váhy

Obr. 4 Nová magnetodynamická prevodka Monacor, ktorá zvýšila citlivosť zariadenia MEARFA.

Pre použitie rezonančnej dynamickej metódy je charakteristické vytváranie pozdĺžneho stojatého vlnenia a preto pre skúšobné telesá tvaru tyče platí nasledovný vzťah výpočtu modulu pružnosti (4):

$$E = 4 \cdot l^2 \cdot f_r^2 \cdot \rho \quad \text{GPa} \quad (4)$$

Poslednou meranou vlastnosťou je akustická konštanta (nazývaná tiež konštanta vyžarovania) určená nasledujúcim vzťahom:

$$A = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad \text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \quad (5)$$

Následne sa vypočítajú FACH – hustota dreva ρ , rýchlosť šírenia zvuku cez drevo c , modul pružnosti pozdĺž vlákien E , akustická konštanta A , logaritmický dekrement útlmu θ (DANIHELOVÁ, 2004).

Vybrané vzorky smreka a jaseňa boli vystavené umelému starnutiu po dobu 200 hodín. FACH boli zmerané pred a po umelom starnutí. Režim v xenónovej testovacej komore bol nastavený na tzv. suchý – bez vody s použitím interiérových filtrov.

Tabuľka 1 Stanovené podmienky starnutia podľa normy ASTM G155 „režim bez vody“

Krok	funkcia	intenzita žiarenia W/m^2	teplota čierneho panelu $^{\circ}\text{C}$	teplota vzduchu u $^{\circ}\text{C}$	relatívna vlhkosť vzduchu %	čas min.
1	žiarenie	0,35	60	35	35	102
2	bez žiarenia	–	–	35	–	18
3	vrátenie na krok 1					

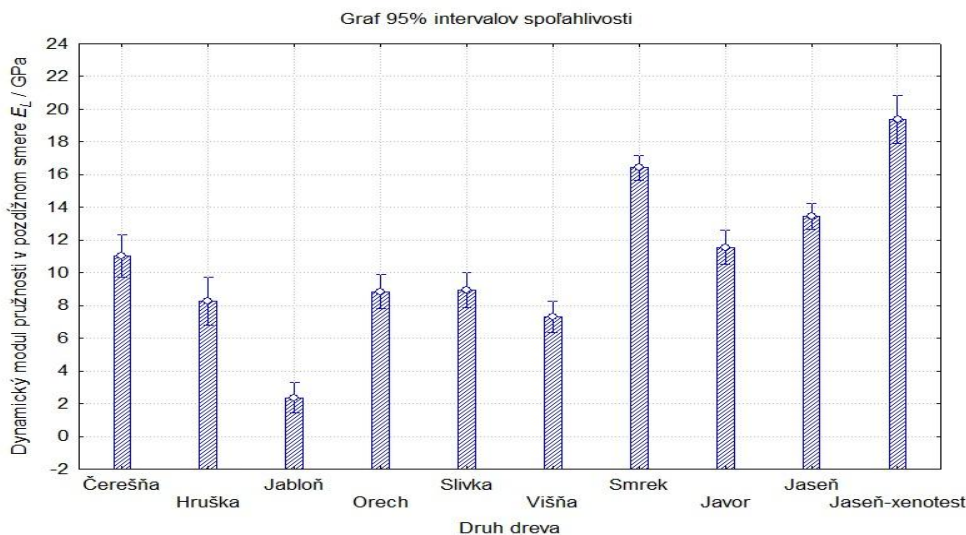


b.) dosiahnuté výsledky

Matematicko – štatistické vyhodnotenie nameraných veličín bolo realizované pomocou modelu jedno metódy ANOVA a Duncanovými testami viacnásobného porovnávania významnosti rozptylov pre hladinu významnosti $\alpha=0,05$.

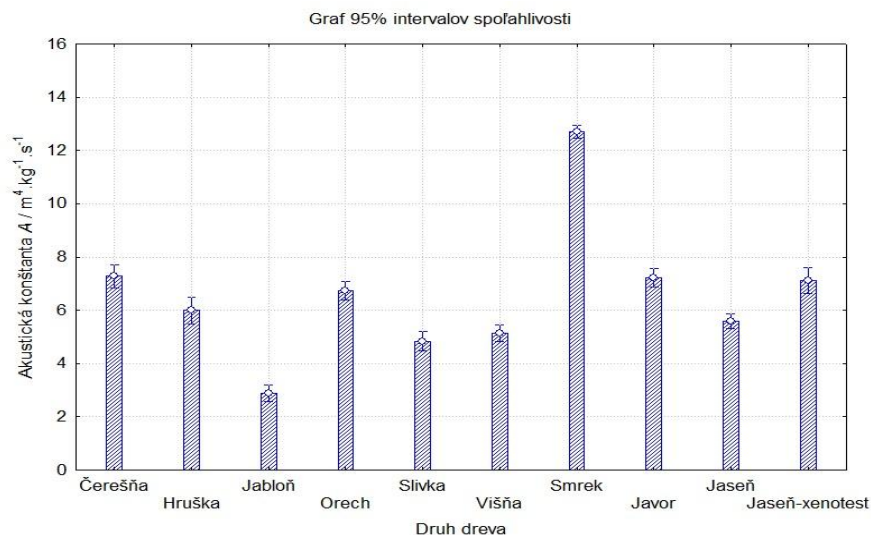
Tabuľka 2 Priemerné hodnoty pre smrek a jaseň pred a po úprave. Hodnoty merané metódou modálnou analýzou s využitím Chladniho obrazcov.

Drevina	$f_r(1,1)$ Hz	$f_r(0,2)$ Hz	$f_r(2,0)$ Hz	G_{xy} GPa	E_x GPa	E_y GPa	A $m^4 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$	C $m \cdot s^{-1}$
SM Pred úpravou	309	813	869	0,53	16,04	1,25	9,99	4012,88
SM Po úprave	419	786	908	0,86	16,11	1,20	10,00	3215,46
JS Pred úpravou	303	607	629	0,80	16,71	1,03	4,73	2309,51
JS Po úprave	291	530	685	0,78	15,75	0,90	5,07	2388,61

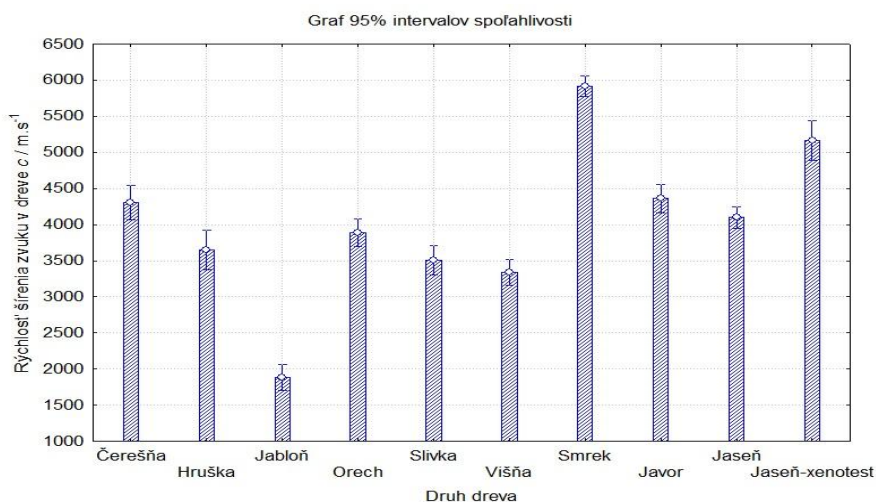


Obr. 5 Dynamický modul pružnosti v pozdĺžnom smere pre ovocné dreviny, jaseň a jaseň upravený v xenoteste, MEARFA.

Najvyšší modul pružnosti v pozdĺžnom smere môžeme vidieť pre vzorky smreka a jaseň upravený a neupravený (Obr. 5). Akustická konštanta je najvýznamnejšie kvalitatívne číslo FACH. Najvyššiu hodnotu dosiahli vzorky Smreka. Výborné hodnoty, ktoré predurčujú použitie ovocných drev na zadné dosky, luby a hmatníky dosiahli, čerešňa, jaseň a samozrejme vzorky javora ktoré zobrazené pre porovnanie FACH. Najnižšiu hodnotu dynamického modulu pružnosti a akustickej konštanty môžeme vidieť pre drevo jablone (Obr. 5, 6).

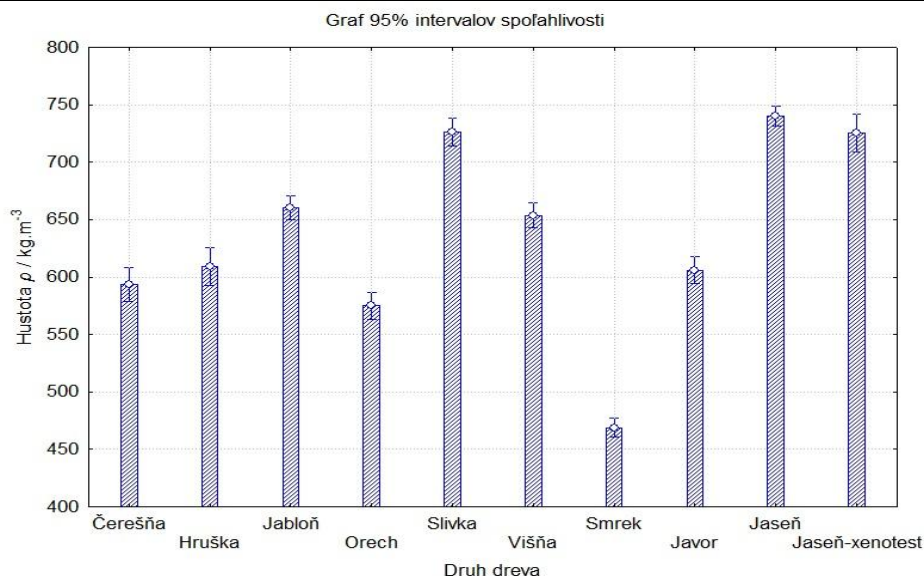


Obr. 6 Akustická konštanta, MEARFA.



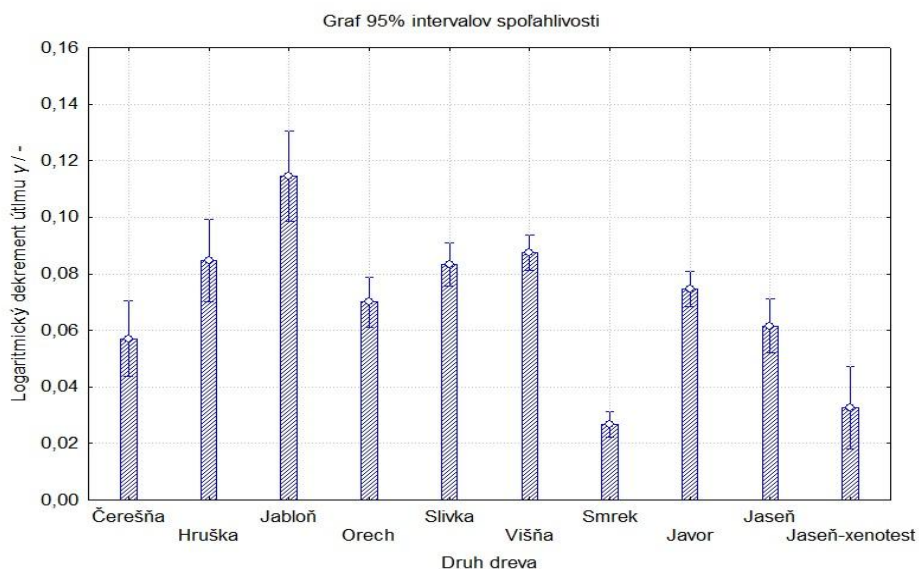
Obr. 7 Rýchlosť šírenia zvuku v dreve, MEARFA.

K celkovému hodnoteniu kvality materiálu je potrebné zohľadniť aj rýchlosť šírenia zvuku v dreve (Obr. 7). Najvyššie rýchlosti šírenia zvuku sme namerali pre vzorky neupraveného smreka a upraveného jaseňa. Podobne ako pri hlavných fyzikálno – akustických charakteristikách dosialo drevo čerešne medzi ovocnými drevinami najvyššiu hodnotu. Višňové a jabloňové drevo najnižšiu, pričom rozdiel hodnôt vzoriek posudzovaných ovocných drevín bol štatisticky významný.



Obr. 8 Hustota meraných vzoriek.

Najvyššie hodnoty hustoty mali vzorky jaseňa a slivky. Najnižšiu hustoty mali vzorky smreka (Obr. 8)



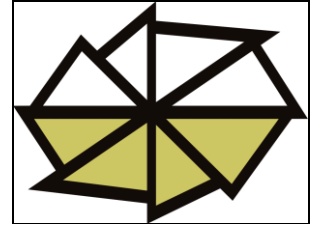
Obr. 9 Logaritmický dekrement útlmu, MEARFA.

Najnižšie hodnoty logaritmického dekrementu sme namerali pre vzorky smreka. Pri kvalitnom smrekovom dreve, ktoré je určené na výrobu vrchnej dosky hudobných nástrojov sa hodnota logaritmického dekrementu útlmu pohybuje okolo hodnoty 0,025.



Tabuľka 2 Prehľad FACH pre ovocné dreviny, jaseň pred a po úprave a javor. AVERAGE – priemer, SD – smerodajná odchýlka, SE – smerodajná chyba, N – počet vzoriek, ρ – hustota, E_L – dynamický modul pružnosti, A – akustická konštanta, ϑ – logaritmickej dekrement útlmu, c – rýchlosť šírenia zvuku v tyčiach, f – vlastná frekvencia kmitania.

DRUH	N	statistica	ρ kg.m ⁻³	E GPa	A m ⁴ .kg ⁻¹ .s ⁻¹	ϑ -	c m.s ⁻¹	f Hz
Čerešňa vtáčia <i>Cerasus avium</i>	41	average	593,43	11,03	7,28	0,05706	4308,99	5426,05
		SD	23,76	1,04	0,67	0,01984	264,66	244,5
		SE	5,18	0,23	0,15	0,0075	57,75	53,35
Višňa <i>Prunus cerasus</i>	39	average	653,22	7,31	5,13	0,08746	3338,26	4167,18
		SD	30,48	1,27	0,53	0,0144	263,19	326,88
		SE	4,82	0,2	0,08	0,00251	42,14	52,34
Orech kráľovský <i>Juglans regia</i>	32	average	575,22	8,84	6,73	0,07002	3887,38	4726,28
		SD	32,11	1,72	0,69	0,02195	348,05	445,75
		SE	5,68	0,3	0,12	0,00549	61,53	78,8
Smrek obyčajný <i>Picea abies</i>	63	average	468,84	16,43	12,71	0,02664	5916,38	7395,48
		SD	37,7	1,96	1,26	0,00483	290,82	363,52
		SE	4,75	0,25	0,16	0,00062	36,64	45,8
Javor horský <i>Acer pseudoplatanus</i>	32	average	605,92	11,56	7,21	0,07453	4362,98	3633,47
		SD	20,69	1,09	0,35	0,02247	174,89	146,17
		SE	3,66	1,09	0,06	0,00397	30,92	25,84
Hruška obyčajná <i>Pyrus communis</i>	16	average	609,46	8,28	6	0,08469	3652,5	4655,25
		SD	40,63	1,92	0,79	0,00797	429,05	330,38
		SE	10,16	0,48	0,2	0,00325	107,26	82,6
Slivka domáca <i>Prunus domestica</i>	31	average	726,16	8,94	4,84	0,08333	3506,6	4394,81
		SD	29,28	0,99	0,21	0,0182	145,58	178,64
		SE	5,26	0,18	0,04	0,00388	26,15	32,09
Jabloň planá <i>Malus sylvestris</i>	41	average	660,23	2,37	2,88	0,1145	1882,69	2327,28
		SD	29,89	0,76	0,58	0,0349	301,23	285,29
		SE	4,67	0,12	0,09	0,01561	48,23	45,68
Jaseň štíhly <i>Fraxinus excelsior</i>	55	average	739,91	13,44	5,59	0,06	4099,87	5124,84
		SD	43,21	6,74	1,79	0,04	1244,60	1555,75
		SE	5,77	0,91	0,24	0,01	167,82	209,78
Jaseň štíhly - xenotest	16	average	725,67	19,37	7,13	0,03	5163,50	6454,38
		SD	26,68	1,51	0,41	0,01	201,02	251,27
		SE	6,67	0,38	0,10	0,00	50,25	62,82

**c) Záver, porovnanie s cieľmi projektu uplatnenie výsledkov a ich prínos v riešenej problematike**

V cieľoch projektu sme si stanovili určiť FACH pre vybrané ovocné dreviny, ako náhrada javora pre luby a zadné dosky s nižšou akustickou konštantou. Výborné výsledky dosiahli čerešňa, višňa a orech. Taktiež dobré výsledky mali vzorky hrušky ktorá sa vôbec nevyužíva na hudobné nástroje, pritom slávny konštruktér akustických gitár Antonio de Torres využíval tento druh dreva na svoje špičkové nástroje. Výrazné nízke a nezaujímavé hodnoty môžeme vidieť pri dreve jablone.

Experimentom sa preukázalo, že najvhodnejšou drevinou pre nahradenie javora horského je z ovocných prechodných drevín čerešňa vtáčia. Štatisticky významný rozdiel hodnôt bol len pri logaritmickom dekremente útlmu (Obrázok 5). Druhou drevinou použitou, ako alternatíva môže byť orech kráľovský, ktorý však vykazoval štatisticky významne rozdielne hodnoty v porovnaní s višňou, čerešňou a javorom. Drevo orecha kráľovského sa vo veľmi malom množstve používa pri výrobe korpusov hudobných nástrojov (gitary, dokonca i husle).

Záverom je možné konštatovať, že ak hodnotíme kvalitu (vhodnosť) dreva na základe fyzikálno – akustických charakteristík, tak drevo čerešne vtácej môže byť alternatívou za drevo javora horského vo výrobe chordofónov. Je však otázne, aký zvuk by mal hotový nástroj, ktorého spodná doska je vyrobená z dreva čerešne. Z tohto dôvodu je potrebné realizovať ďalšie experimenty. Za týmto účelom by bolo vhodné vyrobiť experimentálny nástroj s vymeniteľnou spodnou doskou, analyzovať a porovnať jeho frekvenčné spektrum pri použití dosky z javora a dosky z čerešne. Veľmi zaujímavé výsledky zaznamenávame u jaseňa a u jaseňa „ožiareného“ v xenónovej testovacej komore. Môžeme vidieť mierne vylepšené FACH (už po 200 hod.) a taktiež krásne zušľachtenie farby/ povrchu materiálu. Predbežné výsledky starnutia hovoria o tom že úbytok stavebných polymérov dreva vplyvom starnutia (najmä lignín) má vplyv na FACH materiálu. Veľkou nevýhodou tejto úpravy sú vysoké režijné a prevádzkové náklady xenotestu.

Ak porovnáваме ciele a dosiahnuté výsledky, dosiahli sme zaujímavé výsledky a v starnutí dreva, pričom v tomto experimente sa bude aj naďalej pokračovať. Namiesto plánovaných 600 hodín sme materiál podrobili iba 200 hodinovému starnutiu. Pri smreku sme v xenónovej komore exponovali iba doštičky na modálnu analýzu. Ovocné dreviny boli zamerané v plnom rozsahu.

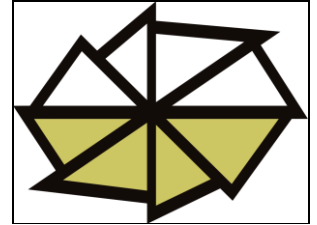
Záver

Fyzikálno-akustické charakteristiky sú dôležitým ukazovateľom kvality materiálu pre výrobu hudobných nástrojov. Zistené FACH budú využité ako referenčné hodnoty pre ďalšie merania a hodnotenia vhodnosti materiálu pre hudobné nástroje. V danom výskume sa bude pokračovať a výsledky napomôžu pri sortimentácii dreva pre použitie na výrobu hudobných nástrojov.



Literatúra

1. BUCUR, V., 1995: Acoustics of Wood. Boca Raton – New York – London – Tokyo, CRC Press, 284 s.
2. ČULÍK, M. 2013. Drevo a jeho využitie vo výrobe hudobných nástrojov. Vedecká Štúdia. Technická univerzita vo Zvolene 2013. 93 s. ISBN 978-80-225-2511-5
3. DANIHELOVÁ, A. 2004. Relevant Physical Acoustic Characteristics of Spruce Wood as a Material for Musical Instruments. In WCTE 2004: proceedings of the 8th World conference on timber Engineering : June 14-17, 2004 Lathi Finland, 2004 p 491-494 ISBN 951-758-444-X. ISSN 03056-9403.
4. EWINS, D. J. 1995. Modal testing: theory and practise. Chichester: John Wiley & sons, 1995.
5. KUNŠTÁR, M. 2005. Starnutie dreva ako fenomén pri výrobe strunových hudobných nástrojov: Diplomová práca, Zvolen: DF TU vo Zvolene, 2005. 55s.
6. KÚDELA, J. – KUNŠTÁR, M. 2011. Physical-acoustical characteristics of maple wood with wavy structure. In ann. WULS – SGGW, For. And Wood Technol., 2011, 75: p. 12-18
7. URGELA, S. 1996. Aplikácia akustických a optických metód pri určovaní dreva ako materiálu na výrobu hudobných nástrojov: dizertačná práca, Zvolen TU vo Zvolene, Drevárska fakulta, 1996. 68 s.



Zoznam výstupov, ktoré vznikli na základe výsledkov projektu

- a) publikované výstupy
- b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2014
- c) iné výstupy



a) publikované výstupy

1, AED Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách
Danihelová, Anna - Spišiak, Dominik - Halachan, Pavol. Fyzikálno-akustické charakteristiky
prechodových drevín. Nové trendy akustického spektra: vedecký recenzovaný zborník. Zvolen:
Technická univerzita vo Zvolene, 2014, s. 17--23.
ISBN 978-80-228-2647-1.

2, AFH Abstrakty príspevkov z domácich konferencií
Danihelová, Anna - Halachan, Pavol - Spišiak, Dominik. Physical-acoustical characteristics of
chosen fruit wood. Physical-acoustical characteristics of chosen fruit wood.

b) zoznam výstupov odovzdaných do tlače v roku 2015

Danihelová, Anna – Spišiak, Dominik – Halachan, Pavol – Gergel', Tomáš – Kružlicová, Lucia.
PHYSICO-ACOUSTICAL CHARACTERISTICS OF USUAL AND UNUSUAL WOOD
SPECIES. Odovzdané do tlače recenzovaného časopisu Akustika (VOLUME 23), marcové vydanie
(databáza SCOPUS)

Zároveň tieto výsledky budú použité v dizertačnej práci s názvom „Vplyv vybraných faktorov na fyzikálno – akustické charakteristiky“.



Čerpanie bežných výdavkov spojených s riešením výskumného projektu:

Cestovné náhrady	0€
Konferencie, sympóziá, semináre	0€
Sieťové odvetvia - Komunikácie	0€
Literatúra	0€
Vzorkový materiál	380€
Drobný hmotný majetok	16€
Materiál, pracovné nástroje	256,50€
Rutinná a štandardná údržba	0€
Mzdové náklady (max. 15 %)	0€
Dohody o vykonaní práce (max. 10 %)	0€
Spolu	652,50€

Rozpis čerpania pridelených finančných prostriedkov na riešenie projektu:

Vzorkový materiál (380€) -

- Zakúpenie materiálu na výrobu vzoriek pre rezonančnú dynamickú analýzu a modálnu analýzu s využitím Chladniho obrazcov.

Materiál, pracovné nástroje (256,50€ + 16€) -

- Lampa do xenónovej testovacej komory Q-SUN XE-3-HS (256,50€).
- **Monacor EN-24** - Magnetodynamická gramovložka- náhrada pôvodných českých gramovložiek. Snímač do zariadenia MEARFA pre zvýšenie citlivosti a spresnenie meraní (16€).

IPA TUZVO

Interná projektová agentúra TUZVO

Technická univerzita vo Zvolene
Referát vedeckovýskumnej činnosti
T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko
tel: 045/5206 416, <http://www.tuzvo.sk>



<p>Názov a adresa pracoviska:</p> <p>Technická univerzita vo Zvolene T.G.Masaryka 24, Zvolen 960 53</p>	<p>Vyjadrenie fakulty, resp. org. súčasti TUZVO (prodekan pre VVČ, resp. ním poverený zástupca, riaditeľ org. súčasti)</p> <p>.....</p> <p>Dátum a podpis:</p>
--	--