

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby

Rezonanční dřevo – jeho možnosti a využití

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Gross, CSc.

Autor: Denisa Spilková

2009

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Rezonanční dřevo – jeho možnosti a využití“ jsem vypracovala samostatně a veškerou použitou literaturu a další prameny jsem řádně označila a uvedla v příloženém seznamu.

V Praze dne 24.4.2009

Denisa Spilková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu této práce prof. Ing. Josefu Grossovi, CSc. za cenné rady a metodickou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

Anotace:

Práce se zabývá místy výskytu rezonančních porostů, výrobou rezonančních výřezů, akustickými vlastnostmi rezonančního dřeva a jeho využitím nejen při výrobě hudebních nástrojů.

Annotation:

The work deals with the location of resonant crops, the production of resonance cuts, resonance acoustic properties of wood and its use not only in the manufacturing of musical instruments.

Obsah

1.	Úvod.....	6
2.	Metodika zpracování práce	7
3.	Fyzikální jev – rezonance.....	8
3.1.	Stavba dřeva a makroskopické znaky dřeva.....	8
3.1.1.	Letokruhy.....	10
3.1.2.	Běl, jádro a vyzrálé dřevo	11
3.1.3.	Dřeň, dřeňové paprsky	11
3.1.4.	Dřeňové skvrny	12
3.1.5.	Pryskyřičné kanálky.....	12
3.1.6.	Suky	12
3.1.7.	Svalovitost	12
3.2.	Akustické vlastnosti dřeva.....	13
3.2.1.	Šíření zvuku ve dřevě.....	14
3.2.2.	Rezonanční vlastnosti dřeva.....	16
3.3.	Vliv tekutých a plyných látek na fyzikálně-akustické vlastnosti rezonančního smrkového dřeva.....	18
3.3.1.	Vliv melaminformaldehydové živice	19
3.3.2.	Vliv imisí	19
3.3.3.	Vliv lepidel	19
4.	Popis místa realizace a lokality výskytu.....	20
4.1.	Výrobci rezonančního řeziva – historie a současnost.....	21
4.1.1.	Historie - Bienertova pila.....	22
4.1.2.	Současnost - Resonanční pila Chlumec nad Cidlinou.....	22
4.1.3.	Pila PODHORA	23
4.1.4.	Palety Vlk	24
4.2.	Výroba rezonančního řeziva ze smrku	25
4.2.1.	Rezonanční řezivo.....	25
4.2.2.	Rezonanční řezivo radiální.....	26
4.2.3.	Radiální rezonanční přířezy	26
4.2.4.	Klapkové přířezy.....	27
4.2.5.	Klávesový plát	28
4.3.	Možné vady dřeva	28
4.4.	Lokality výskytu.....	28
4.4.1.	Smrkové dřevo.....	29
4.4.2.	Šumava.....	29
4.4.3.	Ostatní české lokality	31
5.	Možnosti využití.....	32
5.1.	Akustika koncertních sál.....	32
5.2.	Druhy dřev a jejich využití	33
5.2.1.	Exotické dřeviny (Výčet v obchodních názvech).....	33
5.2.2.	Domácí dřeviny.....	39
6.	Výroba hudebních nástrojů	41
6.1.	Kytary.....	41
6.2.	Housle	43
6.3.	Violy.....	46
6.4.	Klavíry a pianina	48
6.5.	Cembala.....	52
7.	Doporučení.....	55
8.	Závěr	56
	Seznam literatury:.....	57

1. Úvod

Rezonanční dřevo je nepostradatelným materiálem při výrobě hudebních nástrojů. Mnoho materiálů se dá nahradit obdobnými přírodními, v dnešní době dokonce i umělými materiály, ale každý houslař, výrobce pian, kytar, i člověk mimo obor výroby hudebních nástrojů jen s vynikajícím sluchem a láskou k hudbě pozná, že rezonanční dřevo je ničím nenahraditelné.

Už naši předci dokázali jen poklepem na živý strom poznat, kde se skrývá kvalitní zdroj dřeva pro budoucí mandolínu či housle. Někteří houslaři stále rozeznávají kvalitu dřeva poklepem, kdy palcem a prostředníčkem přidrží lehce desku v oblasti uzlu a klepnou bříškem prstu do kmitny. Pokud je odezva déletrvající a má příjemný zvuk, materiál na výrobu rezonanční desky je vhodný, naopak tupý těžký zvuk indikuje kaz ve dřevě. Potězkáváním pak hodnotí jeho hustotu a tvrdost zkouší rýpnutím nehtu do dřeva. Vizually si zkontrolují hustotu letokruhů, pravidelnost, případný výskyt chyb dřeva, jako jsou suky, praskliny, biologická poškození ad.

V dnešní době produkce rezonančního dřeva klesá, a to nejen z důvodu zúžení počtu rezonančních porostů, ale také z důvodu poptávky po tomto kvalitním dřevě. Dochází k zaplavení trhu méně kvalitními hudebními nástroji z asijských zemí. Kvalitní hudební nástroje se i nadále vyrábějí, především mistrovské, které si své odběratele jistě najdou. Z pohledu zpracovatelů rezonančního dřeva jde také o snížení poptávky po tomto jakostním materiálu i z důvodu ceny, proto odběratelé kolikrát dávají přednost nákupu kvalitních výřezů z kulatiny 2. třídy.

2. Metodika zpracování práce

K tématu rezonančního dřeva je možnost vyhledat pouze kusé informace v článcích různých periodik a na internetu, nebo vědecké studie zabírající se významem rezonance, aplikací akustiky k vlastnostem dřeva, či výrobou konkrétních hudebních nástrojů. Každé z výše uvedených témat je popsáno do hloubky, ale většinou neobsahuje již další informace, které by rozšiřovaly studii o údaje popsané opět v jiné práci.

Rozhodla jsem se proto skloubit v této bakalářské práci rezonanci dřeva jako fyzikální jev spolu s výrobou hudebních nástrojů a výskytem lokalit rezonančních porostů. Oslovila jsem proto také výrobce hudebních nástrojů s žádostí o poskytnutí praktických informací, které formou dotazníku uvádím v této práci.

3. Fyzikální jev – rezonance

Každý konstrukční materiál má určité technické a fyzikální charakteristiky, které se rozlišují podle toho, pro který účel má být použit. Pro výrobu hudebních nástrojů jsou nejdůležitější fyzikálně-akustické vlastnosti.

Dřevo jako organický přírodní materiál má různou stavbu i vlastnosti nejen podle jeho druhu, směru vláken, ale i podle toho, v jakém podnebí stromy rostly, jaké bylo zakmenění, jaký tvar les měl. Rezonance, ozvučnost, vodivost a útlum zvuku patří mezi vnitřní fyzikální vlastnosti. Poměr ke zvuku se zjišťuje bez porušení dřeva a jeho chemické změny.

Proto, abychom pochopili, jaké jsou důvody a požadavky na rezonční dřevo, co se s dřevem děje, když dochází k vibracím, které mají za následek rezonanci dřeva, je třeba si velmi stručně připomenout stavbu dřeva a uvést jeho makroskopické znaky.

3.1. Stavba dřeva a makroskopické znaky dřeva

Stavba jehličnatého dřeva je nejjednodušší a nejpravidelnější, jak uvádí (ILLE, Technologie dřeva, 1961). Hlavní hmotou jsou ¹tracheidy, které tvoří 90 % celkového objemu dřeva. Tracheidy probíhají v radiálních řadách od kambia ke dřeni a tato stejnoměrná stavba je někdy přerušována pryskyřičnými kanálky.

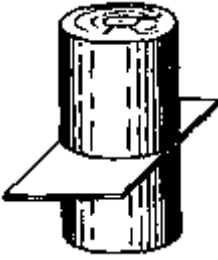

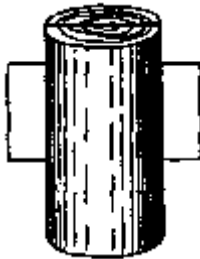

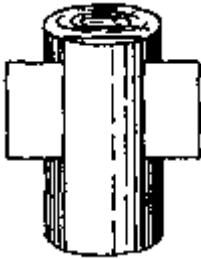

Podstatně složitější stavbu mají listnaté stromy. V příčném řezu některých dřev listnatých dřevin jsou viditelné tracheje pouhým okem, které vypadají jako póry nebo trhlinky na podélných řezech. U některých dřev v řezu jsou tracheje jakoby sestavené v kruzích, toto dřevo se pak značí jako kruhovitě pórovité. Jindy jsou póry stejnoměrně rozděleny na příčném řezu, toto dřevo pak nazýváme roztroušeně pórovité.

Makroskopická struktura dřeva je viditelná pouhým okem. Abychom mohli získat správnou představu o tom, jaká je struktura dřeva, potřebujeme strom rozříznout.

¹ **Cévice (tracheidy)** jsou vývojově původnějším typem vodivých elementů. Dosahují délky jenom několik mm. Mají protáhlý tubicovitý tvar s výrazně zešikmenými konci, na příčném řezu bývají typicky pěti- či šestihranné. V období vlastní činnosti jsou již odumřelé. Tvoří je na sebe navazující buňky, jejichž příčné stěny jsou bez otvorů. (Zdroj: Wikipedie)

Používají se tři základní řezy. Příčný řez je kolmý k ose stromu, jinak ho nazýváme čelní - transversální. Řez, který provedeme podélnou osou a středem kmene, se jmenuje středový - radiální; řez vedený v poloze tečny k letokruhům, kolmo k čelnímu řezu, se nazývá tečnový - tangenciální.

Obrázek 1 Tři základní řezy

<p>Příčný (transversální) řez</p> <ul style="list-style-type: none"> - řez vedený v rovině kolmé k ose kmene - většina anatomických elementů řezána příčně - rozpoznatelný podle koncentricky probíhajících letokruhů 		
<p>Radiální (středový, poloměrový) řez</p> <ul style="list-style-type: none"> - řez vedený v rovině rovnoběžné s osou kmene a procházející středem kmene (dření) - letokruhy mají tvar svislých pásů 		
<p>Tangenciální (tečnový, fládrový) řez</p> <ul style="list-style-type: none"> - řez vedený v rovině rovnoběžné s osou kmene a neprocházející středem kmene (dření) - letokruhy vytvářejí parabolické útvary, tzv. <i>fládr</i> 		

Zdroj www.mendelu.cz

K základním strukturálním makroskopickým znakům patří:

- 1) letokruhy
- 2) cévy
- 3) dřevné paprsky
- 4) dřevné skvrny
- 5) pryskyřičné kanálky
- 6) suky
- 7) povrchové a vzhledové vlastnosti (barva – jádro a běl, lesk, zvláštnosti textury dřeva, očka, svalovitost, kořenice, reakční dřevo, lískovcové dřevo, vůně)
- 8) fyzikální a mechanické vlastnosti (hustota, tvrdost)

3.1.1. Letokruhy

Letokruhy jsou tloušťkové přírůsty dřeva za vegetační období vzniklé činností dělivých buněk ²kambia. Jsou výsledkem přerušení radiálního růstu stromu v důsledku vegetačního klidu dřevin mírného a chladného pásma. Podle stavby letokruhů na příčném řezu lze rozlišovat skupiny dřev – jehličnaté a listnaté s třemi typy pórovité stavby. V letokruzích lze u některých dřev rozlišit jarní (časnou) světlejší část dřeva a letní (pozdní) tmavší část dřeva. Dřevo se ne vždy skládá ze soustředných letokruhů, někdy jsou na jedné straně vyvinuté více než na druhé. Toto je obvykle způsobeno excentrickým růstem, který způsobuje nejčastěji vítr. Lze se setkat i s letokruhy, které jsou zvládnuté. Někdy jsou, jako u habru, znakem druhu, dále mohou být způsobeny vnějšími vlivy, nebo jsou podmíněny geneticky, např. u lískovcového dřeva smrku, jedle, javoru ad.

Obrázek 2 Letokruhy



Zdroj <http://www.ldf.mendelu.cz/>

² Pomocí **kambia** vzniká sekundární dřevo a sekundární lýko. Ve stonku rostliny se vytváří válec, který tloustne do šířky (kmen stromu). U dřevin vytváří letokruhy - u nichž je patrná pouze vrstva dřeva, liší se od sebe buňky jarní a letní. Kambium obnovuje činnost každé vegetační období. (Zdroj: Wikipedie)

Kvalitní rezonanční dřevo má hustotu pět až deset rovných letokruhů na jeden cm a musí mít co nejmenší podíl letního dřeva.

Dřevo se širokými letokruhy zní dutě a tupě, zatímco dřevo s úzkými letokruhy vydává tvrdý tón. Pro různé hudební nástroje je voleno dřevo s různou šířkou letokruhů, např. pro violoncella a kontrabasy je širší 1-4 mm, pro kytary 2 mm, housle 1-2 mm, pro klavíry a pianina smí být širší v rozsahu 2-2,5 cm.

3.1.2. Běl, jádro a vyztřáé dřevo

Některé stromy mají všechno dřevo v kmenei stejné barvy, lze ale pozorovat, že vnitřní letokruhy mají dřevo mnohem sušší než obvodové letokruhy. Tyto stromy mají sušší jádro, které není od vlastní běli barevně odlišeno. Takové dřevo např. u smrku a jedle je označováno jako vyztřáé, resp. zralé dřevo.

3.1.3. Dřeň, dřeňové paprsky

Dřeň je vždy vyvinuta v centrální části kmene, v mladých osách bývá nápadná, ale u starších kmenů je nepatrná. Dřeň je vždy měkčí konsistence než dřevo, protože je to vlastně světlé řídké pletivo tvořené živými parenchymatickými buňkami. U starších stromů je odumřelé.

Dřeň negativně ovlivňuje vlastnosti dřeva, zvláště při vysýchání vznikají dřeňové trhliny, což vede k porušení celistvosti dřeva. Trhliny jsou u kvalitního řeziva nepřípustné, proto pro zpracování rezonančního řeziva (ILLE, Technologie dřeva, 1961) je třeba vždy dřeň vyřezat.

Dřeňové paprsky (ŠLEZINGEROVÁ, 2005) jsou tvořeny různě mohutnými seskupeními parenchymatických buněk, které jsou orientovány kolmo na podélnou osu kmene a v živém stromě zabezpečují horizontální pohyb organických látek. Dřeňové paprsky mají dřeva všech dřevin, rozdílem je však jejich zřetelnost. Dřeňové paprsky ovlivňují fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva v radiálním a tangenciálním směru. Především výrazným způsobem ovlivňují štípatelnost dřeva.

3.1.4. Dřeňové skvrny

Dřeňové skvrny jsou hnědavé protáhlé skvrny, které se nacházejí ve dřevě např. olše a břízy, pocházející z oddénkové části kmene. Ke skvrnám dochází poškozením kambia hmyzem, jejich larvami. Pokud dřevo obsahuje velké množství dřeňových skvrn, snižuje to jeho mechanické vlastnosti.

3.1.5. Pryskyřičné kanálky

Pryskyřičné kanálky charakteristické pro dřevo některých jehličnatých dřevin jsou tvořeny buňkami, které shromažďují a vylučují pryskyřici. Podíl pryskyřičných kanálků je tak malý, že neovlivňuje vlastnosti dřeva. Pokud použijeme příklad smrkového dřeva, na jeden cm² plochy příčného řezu připadá 30 – 100 vertikálních kanálků, tj. 0,2 % z celkového objemu dřeva. Přitom podíl vertikálních kanálků je šestkrát větší než podíl horizontálních pryskyřičných kanálků.

3.1.6. Suky

Suky jsou základy živých nebo pozůstatky odumřelých větví a jsou považovány za vadu dřeva. Pro určování dřeva jehličnanů slouží jako pomocný znak. Množství a rozměry suků závisí na druhu dřeviny, místu výskytu, poloze v kmeni, a také na pěstební technice.

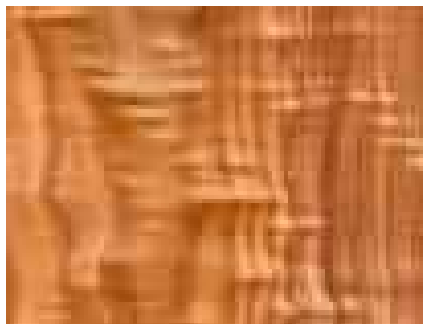
U rezonančních kulatinových výřezů ze smrku se nezdravé suky nepovolují vůbec. U výřezu do 1,8 metru délky nesmí být žádný suk, dále je povolen jeden zdravý suk na jeden bm, maximálně však do průměru tří cm. Započítávají se i suky zarostlé, které jsou pohledově znát jako „pecky“.

3.1.7. Svalovitost

Svalovitost je vlnitost dřevních vláken ve směru osy kmene. Na štěpných plochách se projevuje střídáním matných a lesklých pruhů napříč vláken. Nejčastější výskyt svalovitosti je v oddénkové části kmene, např. u jasanu, ale může se vyskytovat v celém kmeni, příkladně u habru nebo tisu. Svalovitost je zvláštnost textury, je originální

u každého kmenu se zvlněným průběhem dřevních vláken, a proto je vysoce ceněna v nábytkářství a při výrobě hudebních nástrojů.

Obrázek 3 Svalovitost



Zdroj [www. http://www.ldf.mendelu.cz/cz](http://www.ldf.mendelu.cz/cz)

3.2. Akustické vlastnosti dřeva

Akustické vlastnosti dřeva, jak uvádí Ústav nauky o dřevě na svých webových stránkách (Akustické vlastnosti dřeva, 2009) jsou schopností vést, utlumit nebo zesílit zvuk. Zvuk vnímáme sluchem jako zvukový vjem. Zvuk má formu vln, měříme ho v Hertzích, které jsou vyjádřením vlnění v cyklech za jednu vteřinu. Jeho vnější příčinou je uspořádaný kmitavý pohyb molekul hmotného prostředí, který je přenášený působením sil, jimiž na sebe vzájemně molekuly působí. Zvuk se šíří jen v hmotném prostředí, můžeme ho jako mechanické vlnění charakterizovat vlnovou délkou, amplitudou vlnění, rychlostí šíření zvuku a frekvencí.

Rychlost zvuku c závisí na frekvenci f a vlnové délce L podle vztahu

$$c = Lf$$

Lidské ucho je schopno zachytit zvukové vlny s frekvencí 16 – 20.000 Hz. Vysoké noty pulzují mnohem rychleji než noty nízké. Pokud budeme chtít nejnižší notu zahrát na piano, bude vibrace probíhat na frekvenci 27,5 Hz.

3.2.1. Šíření zvuku ve dřevě

Dřevo vykazuje anizotropní vlastnosti související s anatomickou stavbou a chemickým složením, proto je na rozdíl od řady technických materiálů (kovů aj.) studium šíření vln ve dřevě výrazně složitější.

V pevných látkách a tekutinách jsou částice mezi sebou vázány nebo na sebe působí vzájemnými srážkami. Vazby způsobují, že se kmitání částic v kontinuu přenáší a dochází k šíření mechanického vlnění, které doprovází vznik elastických vln. Teorie o šíření elastické vlny v anizotropním neomezeném prostředí jsou spojeny s mechanickými vlastnostmi dřeva, protože se vychází ze všobecného znění ³Hookeova zákona. V tenké tyči je šíření podélného vlnění použitelné pro ortotropní (podélný, radiální a tangenciální) směry šíření zvuku ve dřevě.

Ústav nauky o dřevě na svých webových stránkách (Akustické vlastnosti dřeva, 2009) o výzkumu šíření zvuku ve dřevě uvádí:

„Při podélném kmitání dochází ke změnám relativního prodloužení malých úseků tyče, které se šíří v podélném směru. Toto relativní prodloužení je normálovou deformací tělesa, tak jak je známe z tenzoru malých deformací, například

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\Delta u_i}{\Delta x_i}$$

ε_{ii} - relativní prodloužení,

u - přetvoření tyče (m)

x - původní rozměr úseku tyče (m)

Nárůst relativního prodloužení ve směru šíření elastické vlny můžeme psát v diferenciálním tvaru při zohlednění Einsteinova sumačního pravidla

$$d\varepsilon_1 = \frac{\partial \varepsilon_1}{\partial x_1} dx = \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} dx_1$$

³ **Hookeův zákon** popisuje pružnou deformaci materiálu působením síly, za předpokladu malých sil a malých deformací, které po odlehčení zmizí. Lze jej formulovat např. ve tvaru: Deformace je úměrná napětí materiálu. (zdroj: WIKIPEDIE)

Relativní prodloužení je vyvoláno silou, která je podle Hookeova zákona ($\sigma = C \epsilon$) rovna

$$dF = \Delta S_1 C_{11} d\epsilon_1 = \Delta S_1 C_{11} \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} dx_1 \quad (1)$$

C_{ii} - elastický koeficient (Pa)

Hmotnost tohoto malého úseku tyče je

$$dF = \Delta S_1 C_{11} d\epsilon_1 = \Delta S_1 C_{11} \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} dx_1 \quad (2)$$

takže sílu dF můžeme z Newtonova pohybového zákona vyjádřit jako

$$dF = a dm = \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} \rho \Delta S_1 dx_1 \quad (3)$$

Porovnáme-li obě vyjádření síly dF (1) a (2) dostaneme rovnici rovnováhy, u které jsme zanedbali složky objemové síly

$$C_{11} \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} = \rho \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} \quad (4a)$$

Lze dokázat, že obecná vlnová rovnice má tvar

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} = 0 \quad (4b)$$

c - fázová rychlost šíření rovinné harmonické vlny podél osy x_1 ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

Z rovnice (4) plyne, že podélné mechanické vlnění se bude šířit podél tyče rychlostí

$$c_1 = \sqrt{\frac{C_{11}}{\rho}} \quad (5a)$$

Rychlost šíření zvuku ve dřevě se může při zjednodušení počítat podle vztahu

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (5b)$$

E - Youngův modul pružnosti (Pa)

$$C_{11} = E_{11}/(1 - \mu_{12}\mu_{21})$$

μ_{ij} - Poissonovo číslo (koeficient příčné deformace)

Z rovnice (5b) vyplývá, že rychlost šíření zvuku je tím větší, čím je větší modul pružnosti a menší hustota dřeva. Rychlost šíření zvuku ve dřevě je tedy závislá na dřevině a má také anizotropní charakter. Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě některých dřevin je uvedena v tabulce.

Tabulka 1: Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě některých dřevin (podle Kollmanna a Côté 1968)

Druh dřeva	(kg.m ⁻³)	Modul pružnosti E (MPa)		Rychlost zvuku c (m.s ⁻¹)		$c_{\square} : c_{\square\square}$
		rovnob.s vláknů	kolmo na vlákna	rovnob.s vláknů	kolmo na vlákna	
Smrk	470	11 000	550	4 790	1 072	4,47
Jedle	460	11 000	490	4 890	1 033	4,73
javor	630	9 400	915	3 826	1 194	3,21
buk	730	16 000	1 500	4 638	1 420	3,27
dub	690	13 000	1 000	4 304	1 193	3,61

Zdroj: www.mendelu.cz

Rychlost šíření zvuku ve dřevě je směru vláken je podobná jako u kovů (železo 5000 m.s⁻¹, měď 3600 m.s⁻¹), ale napříč vláken je průměrně 3x menší. Poměr hodnot rychlosti šíření zvuku ve dřevě podél a napříč vláken v radiálním a tangenciálním směru lze vyjádřit přibližně $c_L : c_R : c_T = 15 : 5 : 3$. Velikost uvedených poměrů závisí na dřevině a na poměru modulů pružnosti podél vláken a kolmo na vlákna. Rychlost šíření zvuku se zvyšuje s hustotou dřeva, závislost je však malá a prakticky nevyužitelná. Rychlost šíření zvuku klesá s rostoucí vlhkostí dřeva. Rychlost šíření zvuku ve vodě je 1 485 m.s⁻¹, proto zejména ve směru vláken se s rostoucí vlhkostí zvyšuje odpor prostředí proti šíření zvukové vlny.”

3.2.2. Rezonanční vlastnosti dřeva

Působením periodických vnějších sil na dřevo dojde k jeho kmitání. Vibrace dřeva je tedy takový pohyb hmotného bodu, při kterém tento nepřekročí konečnou vzdálenost od polohy, kterou by zaujal v klidovém režimu, tedy od rovnovážné polohy. Vibrace jsou vyvolány příslušným silovým působením, ze kterého lze zjistit elastické konstanty dřeva, jako je pružnost, rychlost šíření zvuku ve dřevě, nebo zvukový útlum.

Maximální hodnota kmitání závisí na frekvenci působící síly, tz. při určitých frekvencích dřevo reaguje s maximální možnou vibrací. Tyto frekvence se nazývají rezonančními frekvencemi dřeva. Vibrace u dřeva mají tři druhy – podélné, příčné a torzní; a kmitání může být rovinné nebo prostorové.

U deskových materiálů se kmitání rozděluje dle směru, ve kterém vzniká výchylka, tz. na ohybové kmity (strunné hudební nástroje) a kmity v rovině desky. Když přestane působit

vnější síla, která vyvolává vibrace tělesa, hodnoty vibrací se snižují až do doby, než se těleso vrátí do klidového stavu. Nahromaděná energie tělesa je pak rozptýlena částečně do zvuku a částečně vnitřním třením změněna na teplo. Ve vztahu k tlumení a absorpci zvuku ve dřevě je kvalitní rezonanční dřevo takové, ve kterém dochází k nízkému tlumení vnitřním třením a vysoké radiaci zvukové energie. Z toho vyplývají rezonanční vlastnosti dřeva.

Rezonanční vlastnosti dřeva jsou založené na rezonačních frekvencích. Rezonancí dřeva je schopnost zesilovat zvuk bez zkreslení. Pro každou část dřeva existují odpovídající frekvence kmitání, při kterých vzniká maximální deformace tělesa a tyto frekvence jsou funkcí rozměrů tělesa, jeho pružných vlastností, hustoty, teploty a vlhkosti, a také tvaru kmitání.

Pokud budeme mít těleso jednoduchého geometrického tvaru, lze vypočítat rezonanční vlastnosti dřeva, jako např. dynamický modul pružnosti E , akustickou konstantu K , logaritmický dekrement útlumu δ a fázový úhel $tg \varphi$. K výpočtu musíme znát hodnotu rezonanční frekvence f_r a šířku rezonanční křivky df .

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad \delta = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \frac{df}{f_r} \quad tg \varphi = \frac{df}{\sqrt{3} f_r}$$

Zdroj www.mendelu.cz

Pro hudební nástroje využíváme rezonanční dřevo, které vykazuje dobré rezonanční vlastnosti. Typickým zástupcem jehličnanů, který splňuje tuto podmínku, je smrk. Rozhodující vlastností smrku je podíl letního dřeva v letokruhu. Optimální podíl se pohybuje v rozmezí 5-20 %.

Dobré rezonanční vlastnosti jsou vyjádřeny konstantou vyzařování, tzv. akustickou konstantou dle rovnice

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}$$

Zdroj www.mendelu.cz

Akustická konstanta je závislá na hustotě dřeva, modulu pružnosti, je tedy ovlivněna anatomickou stavbou dřeva (točitost aj.), a také vnitřními napětími, které vznikají během

sušení dřeva. Rezonančním dřevem se tedy rozumí takové dřevo, jehož akustická konstanta K je větší než dvanáct $K > 12$ ($\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$).

Tabulka 2: Akustická konstanta

Druh dřeva	Vlhkost w (%)	Hustota ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Modul pružnosti E (MPa)	Akustická konstanta K ($\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
rezon. smrk	10	420	11 000	12
borovice	10	500	15 000	11
jasan	10	700	15 000	6,5
buk	10	750	14 000	6
bříza	10	630	14 000	7,5
javor	12	700	11 000	5,8

Zdroj: www.mendelu.cz

Fyzikální podstatou hudebních nástrojů je dle (Kolektiv, 1968) podmínka možnost rozkmitat vhodně uspořádanou hmotu tak, aby energii získanou tímto kmitáním přeměnila do akustických vln. Je třeba, aby výška tónu byla přesně určená a existovala možnost ji v co největším rozsahu volit. Délka tónu musí mít možnost volby v širokém rozmezí a doba potřebná k tomu, aby došlo k rozkmitání nebo útlumu, byla co nejkratší. Barva tónu v celém výškovém rozsahu hudebního nástroje je přibližně stejná, musí však být možnost ji předem zvolit. Síla tónu by měla být volitelná v co největším rozsahu. Všechny tyto požadavky nemůže samozřejmě splnit jediný hudební nástroj, proto postupně vznikla celá řada hudebních nástrojů, každý má své zvukové a technické omezení.

3.3. Vliv tekutých a plyných látek na fyzikálně-akustické vlastnosti rezonančního smrkového dřeva

Smrkové dřevo na výrobu hudebních nástrojů musí mít specifické vlastnosti. Dřevo podléhá fyzickým a chemickým změnám v souvislosti s vnějšími podmínkami, kterým je vystaveno. Největším změnám je dřevo vystaveno po těžbě. Dřevo přirozeně stárne a zraje

několik let, samotné dřevo a výrobky z něj jsou vystavené podmínkám, které vyhovují dřevokazným houbám. Ty ovlivňují negativně vlastnosti a tím i kvalitu dřeva.

Naši předci již dobře věděli, že nejlepší chemickou úpravou dřeva je jeho ošetření vodou, běžně docházelo k plavení dřeva. Touto úpravou se snížila hygroskopie dřeva, snížila se možnost tvorby prasklin, zvýšila se trvanlivost, ale vedlejším projevem byl mírný pokles pevnosti dřeva. Pro charakter rezonančního dřeva mělo plavení další vliv, neboť také docházelo k vyplavení pryskyřice, která zhoršuje kvalitu zvuku hudebního nástroje.

Z tohoto důvodu dochází k výzkumům, zda chemická úprava nepoškodí vlastnosti dřeva, zda může udržet kvalitu dřeva, nebo ji dokonce zvýšit.

3.3.1. Vliv melaminformaldehydové živice

Smrkové dřevo určené pro výrobu horních desek rezonančních těles by mělo mít nízkou hustotu a vysokou akustickou konstantu. Melaminformaldehyd, jak uvádí (RAJČAN, 1998) způsobuje zhoršení těchto vlastností, dochází k mírnému zvýšení hustoty a zvýšení pružnosti, ale i ke snížení akustiky. Pro ošetření dřeva na výrobu rezonančních desek je živice nevhodná, pro dřevo určené pro běžné mechanické zatížení ho lze využít.

3.3.2. Vliv imisí

Imise neblaze poškozují smrkové dřevo, protože v jejich důsledku dochází k napadání dřevní hmoty houbami, tím dochází k negativním estetickým změnám. Imisní dřevo se sice nadále vyznačuje nízkou hustotou, ale požadavkem na rezonanční smrkové dřevo je i akustická vlastnost, kterou má imisní dřevo taktéž nízkou.

3.3.3. Vliv lepidel

Při lepení dřeva kožním gelem (lepidlem) dochází ke zvýšení hustoty dřeva v důsledku hustoty lepidla. Statisticky toto zvýšení není významné. Lepidlo ale mírně zhoršuje akustické vlastnosti dřeva. Výsledek tohoto zhoršení není také statisticky významným, ba naopak, výběr tohoto lepidla se ukázal jako nejvhodnější a je tedy jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících kvalitu hudebních nástrojů.

4. Popis místa realizace a lokality výskytu

Rezonanční dřevo je specifický materiál, na který jsou vedeny vysoké nároky podle způsobu jeho využití. V případě hudebních nástrojů jsou přesně definovány požadavky na vlastnosti materiálu výrobci těchto nástrojů.

V Evropě, resp. v České republice dosahuje těchto kvalit smrk, který roste přibližně v nadmořské výšce od 400 m, lépe od 700 m výše. Péče o porosty není zvláštní, pokud by ovšem vlastník lesa chtěl obhospodařovat cíleně porost smrkového rezonančního dřeva, jednalo by se v první řadě o kvalitní autochtonní osivo, a dále o odvětvování spodní části kmenu, aby kmen nesukovatěl. Vzhledem ke stáří stromů vhodných pro rezonanční dřevo, není toto záležitostí jedné generace lesníků. Pro kvalitní dřevo jsou proto nejlepší zanedbané přestárlé stromy, kde se příliš nepodepsal zásah člověka a dané odvětvování proběhlo přírodně díky bukové příměsi v porostu.

Kde se budou vyskytovat rezonanční výřezy v porostu lze přibližně zjistit za pomoci přírůstového (Preslerova) nebozezu, který umožňuje měřit šířku tzv. rezonanční vrstvy, nebo dle zkušeností o kvalitě porostů z minulých let. Přesto se o kvalitě lesní hospodář fakticky dozví až po ztěžení porostu. Těžba probíhá stejně pro rezonanční dřevo jako pro dýhárenské a truhlářské výřezy, tj. v době klidu mízy v zimě.

Pokud by se v České republice těžil rovnoměrný podíl mýtních úmyslných těžeb a dřevo se dobře druhovalo, bylo by možno získat 6.000 až 8.000 m³ rezonančních výřezů ročně. Pro srovnání, na Slovensku je tento objem až třikrát větší.

Rezonanční kulatinové výřezy se zpracovávají na rezonanční řezivo a dále pak na rezonanční výřezy po vysušení. Pořez kulatiny je tzv. trojitý, protože je třeba dosáhnout radiálu, aby přířezy měly sklon letokruhů 80-90 stupňů. Z kvalitní rezonanční kulatiny je možno získat přibližně 48 % radiálního rezonančního řeziva, dále pak 7 % hotových kvalitních rezonančních přířezů.

Technologie výroby rezonančního řeziva je velmi odborná a náročná, liší se u jednotlivých zpracovatelů nejen v zahraničí. Po provedené těžbě všichni ale dbají pro zachování kvality o správné druhoování, skladování a zpracování.

Kulatina je obvykle certifikována, např. dle PEFC a tuto certifikaci potvrzuje prodejce kulatiny. Zpětná odezva při nákupu kulatiny určené na rezonanční výřezy existuje

okamžitě, neboť nákup probíhá přebíráním kulatiny kus po kuse, tzv. kvalitativní přejímkou. Na tento druh kulatiny se specializuje pouze několik přejímačů dřeva.

V neposlední řadě je třeba zmínit ceny. Ceny rezonanční smrkové kulatiny se vždy odvíjely od dýhárenských a truhlářských výřezů. Dá se říci, že rezonanční výřez, kde byla rezonanční vrstva po celém obvodu kmene (RI), se prodává za cenu o 15-20 % vyšší než dýhárenský. Výřez s rezonanční vrstvou přes půl obvodu kmene (RII) má cenu o 5-10 % vyšší než dýhárenský výřez. Samozřejmě jako v celé tržní ekonomice se zde promítá nabídka a poptávka, která cenu ovlivňuje. Podstatnou část ceny rezonančního dřeva tvoří také přepravní náklady.

Ceny rezonančního radiálního řeziva v tloušťce 14-16 mm v syrovém stavu se pohybují v rozpětí 12.000 - 18.000 Kč/m³. Hotové rezonanční přířezy pak v rozpětí 36.000 - 48.000 Kč/m³ dle kvality a délky. Vždy se jedná o smluvní ceny na konkrétní dodávku, resp. jde o výrobu na zakázku. Z tohoto důvodu jsou také v cenách značné výkyvy, neboť cena dlouhých fixů radiálního přířezu je cca o 10 % vyšší než cena dlouhých radiálních fixů na lepené hranoly.

4.1. Výrobci rezonančního řeziva – historie a současnost

V České republice je jen několik pilařských provozů, které jsou schopné na zakázku dodávat rezonanční řezivo. Ještě do nedávné doby byla jedním z provozů pila v Čachnově, která je již uzavřena. Nyní jsou zpracovateli rezonančního dřeva Rezonanční pila Chlumeck nad Cidlinou, Pila Podhora a pila Palety Vlček.

Obrázek 4 Kulatina



Zdroj: internet

4.1.1. Historie - Bienertova pila

Modrava ve výšce 1000 m n.m. při hranici s Bavorskem je obklopena četnými slatěmi a mokřinami. V roce 1799 kníže Schwarzenberg koupil od hraběte Kinského území Prášílského panství s rozsáhlými lesy, z nichž využil obrovského bohatství dřeva se zvláštní vlastností, kterou je ozvučnost, rezonance. V roce 1827 podnikatel Franz Bienert zakoupil od majitele panství starší pilu stojící na břehu Roklanského potoka a vytvořil z ní vhodný tovární objekt na zpracování tohoto smrkového dřeva. Dřevo se kácelo v zimě, rozštípalo se a na jaře několik týdnů máčelo a sušilo. Následně se štípalo na strunné nástroje nebo se řezaly desky na klavíry. Poté se opět 4 týdny máčelo, sušilo a běhlo na slunci. Výsledně se vyváželo nejen do Evropy, ale i do Ameriky.

V roce 1832 získal Franz Bienert císařské privilegium na 10 let pro výhradní výrobu rezonančního dřeva. Další privilegium získal pro zlepšený postup a samostatně pro výrobu řešetových lubů. V roce 1855 zřídil Bienert obdobnou pilu ve Stožci.

Privilegia byla prodlužována, po smrti Franze převzala vedení obou závodů jeho manželka. Porosty s tímto kvalitním dřevem se ovšem ztenčovaly, následně klesala ve velké konkurenci výroba. V roce 1870 zničil mnoho porostů polom, o rok později vdova obě pily prodala Schwarzenbergovi, ten si ponechal pilu ve Stožci a modravskou zlikvidoval. V současné době se z továrny na Modravě zachovala pouze část pro ukládání a sušení vyrobeného materiálu. Zbytek areálu slouží jako rekreační zařízení.

4.1.2. Současnost - Resonanční pila Chlumec nad Cidlinou

Obchodní rejstřík: „Akciová společnost byla založena podle paragrafu 172 Obchodního zákoníku. Jediným zakladatelem společnosti je Fond národního majetku České republiky se sídlem v Praze 2, na který přešel majetek státního podniku Resonanční pila, Chlumec nad Cidlinou ve smyslu § 11 odst. 3 zák. č. 92/1991 Sb., o podmínkách převodu majetku státu na jiné osoby.“ Resonanční pila zpracovává jehličnaté a listnaté řezivo, hudební, truhlářský a stavební program, palubky a přířezy, vazby a dřevěné konstrukce, eurohranoly, sušení a impregnace dřeva, doprava, broušení pilových kotoučů, sváření, ostření a válcování pilových listů.

Resonanční pila, a.s. je vlastníkem CERTIFIKÁTU na pilařskou a truhlářskou výrobu včetně součástí hudebních nástrojů.

Obrázek 5 Certifikát



Zdroj: webové stránky společnosti

4.1.3. Pila PODHORA

“Firma Pila PODHORA vznikla v roce 1992. Získáním výrobní haly s katrem v obci Holohlavy byl položen základ dynamickému rozvoji firmy v následujících letech.

V počátečních fázích vývoje byla pila orientována především na pořez smrkové a borové kulatiny s následným prodejem stavebního řeziva hlavně v tuzemsku, později i v zahraničí (Rakousko, Německo).

Dalším významným mezníkem ve vývoji Pily PODHORA byl rok 1994, kdy začala výroba rezonančního řeziva ze smrku. Resonanční přířezy, klapkové přířezy a později klávesové pláty se staly významnou součástí sortimentu firmy a vzhledem ke složité technologii jeho výroby představují "specialitu podniku".

Vlivem zvyšování poptávky po suchém truhlářské řezivu, rozšířila firma v roce 1995 své aktivity o nákup truhlářské kulatiny, její pořez a následné sušení řeziva. V roce 1996 byly proto postaveny první dvě vlastní sušárny dřeva (další 3 pak v roce 2000).

V roce 1999 byla založena obchodní firma Pila PODHORA s.r.o.

Díky průběžným investicím do vlastního areálu, výroby a technologií je dnes Pila PODHORA velmi dobře zavedenou firmou, která nabízí široký sortiment truhlářského a

stavebního řeziva, jakož i řeziva rezonančního, vše v dostatečných objemech pro uspokojení potřeb zákazníků.

Roční pořez činí kolem 9000 m³ kulatiny. Řezivo se vyrábí z kulatiny a výřezů nakupovaných v horských a podhorských oblastech, přičemž v současné době nakupujeme většinu kulatiny od státního podniku Lesy České republiky.

Okruh našich zákazníků sahá od "domácích kutilů" přes truhlářské, nábytkářské a stavební firmy až po některé obchodní řetězce či výrobce hudebních nástrojů."

Obrázek 6 – 8 Pila Podhora



zdroj webové stránky společnosti

4.1.4. Palety Vlk

„Naše společnost je pokračováním tradičních šumavských pil, které vznikaly při vodních tocích již v 17. století a byly poháněny vodním kolem. Postupem času prošla pila výraznými rekonstrukcemi. Podle toho, o jaké zboží byl zájem se pořizovala a upravovala technologie výroby. Vyráběli se zde například šindele na pokrývání střech domů, klapkové přířezy z rezonančního dřeva na výrobu hudebních nástrojů, lešenové podlahy a také dřevěné palety. U všech rekonstrukcí v posledních 50 letech stál dřívější majitel, poté vedoucí provozu a současný jednatel pan Vendelín Vlk.

Novodobá historie pily začíná v roce 1994, kdy vznikla naše společnost Dřevo-palety-Vlk, s.r.o. Celý provoz jsme značně zrekonstruovali a specializujeme se na výrobu atypických dřevěných palet. Každý typ palet je na přání zákazníka a dle přání dopraven na místo určení kamiony. V menší míře se zabýváme výrobou stavebního řeziva. V současné době celou kapacitu výroby palet exportujeme do států EU, převážně Německa.

naší společnosti je zaměstnáno okolo 50 pracovníků. V jednosměnné výrobě máme roční objem pořezu 21 500 m³ a vyrábíme cca 750 000 ks palet za rok. Roční obrat je cca 80

milionů. V roce 2002 byl na naši firmu zpracován rating firmou Dun a Bradstreet a byla ohodnocena stupněm B1.

Naším cílem je pokračovat v obchodu s dřevěnými paletami a nalézt tuzemského odběratele našich výrobků.“ zdroj webové stránky společnosti

4.2. Výroba rezonančního řeziva ze smrku

Smrková kulatina se zpracovává na rezonanční řezivo, radiální rezonanční přířezy, klapkové přířezy a klávesy pláty (Holohlavy, 2009). Podle sortimentace surového dříví se zařazují do I.jakosti rezonanční výřezy, výřezy na krájené dýhy. Minimální rozměry 36 cm/průměr, délka tři metry.

4.2.1. Rezonanční řezivo

„Smrkové rezonanční řezivo se vyrábí z pečlivě vybrané rezonanční smrkové kulatiny z mýtních těžeb, které probíhají v době vegetačního klidu ve vybraných lokalitách horských a podhorských oblastí. Jedná se o dřevo prvotřídní jakosti, které musí splnit velmi přísné parametry kvality, aby bylo vhodné k výrobě především hudebních nástrojů.

Každý výrobce hudebních nástrojů má v závislosti na svých technologických postupech výroby nebo přímo podnikových normách individuální požadavky na parametry rezonančního řeziva a dalších polotovarů z něho vyrobených. Jedná se o parametry jako jsou minimální šířka a délka rezonančních zón tzn. příslušná hustota letokruhů na 1 cm, sklon letokruhů, zbarvení dřeva a jiná přesná určení kvality či rozsahu povolených vad rezonančního řeziva.

Rezonanční řezivo lze kromě výroby hudebních nástrojů použít i v jiných oblastech dřevařské výroby a to všude tam, kde je třeba ta nejvyšší kvalita dřeva, se kterým se snadno a skvěle pracuje. Vzhled a vlastnosti finálního výrobku z tohoto dřeva jsou perfektní. Používá se také například pro výrobu lepených hranolů, luxusního nábytku, kuchyní a ve dřevomodelářství.

4.2.2. Rezonanční řezivo radiální

Z rezonančních pilařských výřezů se vyrábí radiálním řezem rezonanční řezivo. Tloušťka rezonančního řeziva je nejčastěji 15 či 16 mm. Rezonanční řezivo radiální je zpracovateli dřeva dodáváno většinou v čerstvém stavu, vysušené pouze na transportní vlhkost okolo 20%. Tímto ošetřením rezonančního řeziva se předchází jeho dodatečnému zmodránění, popraskání či dalších vad, které by mohly vzniknout během transportu.

Existuje možnost vyrobit i vysušené rezonanční řezivo. Proces sušení rezonančního řeziva pro výrobu hudebních nástrojů je dlouhodobý. Řezivo je nejprve proloženo a na volném prostranství po určitou dobu sušeno přírodně. Vzduchosuché rezonanční řezivo je potom sušeno uměle na vlhkost okolo 8%. Pila Holohlavy využívá pro sušení vlastní teplovzdušné sušárny přímo v areálu pily. Vysušené rezonanční řezivo radiální je polotovarem pro následnou výrobu radiálních rezonančních přířezů.

Obrázek 9 – rezonanční výřezy



Zdroj: Internet

4.2.3. Radiální rezonanční přířezy

Z vysušeného radiálního rezonančního řeziva lze vyrábět radiální rezonanční přířezy. Jejich rozměry a další parametry se různí dle požadavků zákazníka.

Základními vlastnostmi radiálních rezonančních přířezů jsou např. nepřítomnost suků, příslušný počet letokruhů na 1 cm, žádné zbarvení či skvrny aj. Slepěním radiálních

rezonančních přířezů pomocí speciálních lepidel se vyrábí například rezonanční desky pro klavíry.

Obrázek 10 – rezonanční přířezy



Zdroj: Internet

4.2.4. Klapkové přířezy

Klapkové přířezy jsou také vyráběné ze smrkové rezonanční kulatiny. Jedná se o odlišný druh rezonanční kulatiny. Tato kulatina, často nazývaná jako klapkovina, připouští vzhledem k výrobní technologii přítomnost přeslenových suků, které ovšem musí být od sebe vzdálené minimálně 40 cm. Klapkovina je v první fázi nařezána na rámové pile tangenciálně.

Jedná se o velmi náročný proces zpracování, při kterém je nutné přesně dodržovat dané technologické postupy.

V další fázi se řezivo suší, nejdříve přírodně - proložené na volném prostranství a následně v sušárnách na vlhkost kolem 8%.

Z takto vyrobeného vysušeného řeziva se vyrobí jednotlivé klapky. Jejich rozměry a kvalitativní parametry si může určit výrobce hudebních nástrojů, pila se přizpůsobí požadavkům. Stejně tak záleží na vzájemné dohodě o dodání jen řeziva na výrobu klapkových přířezů, ať už čerstvé či vysušené, vyrobené klapky nebo z klapky bude vyroben přímo klávesový plát.

4.2.5. Klávesový plát

Klávesové pláty se vyrábějí klížením klapků v lisech pomocí speciálních lepidel. Takto vyrobené klávesové pláty jsou polotovarem pro výrobu klávesnic pianin a klavírů.”

4.3. Možné vady dřeva

Rezonanční kulatinové výřezy ze smrku jsou prvotřídní jakosti. Bohužel se stává, že dřevo má nějaké vady. Některé se dovolují, ale většina z nich je nepovolena.

- a) Suky zdravé – výřez musí být do 1,8 m délky bezsuký, dále se povoluje jeden suk na 1 bm max. však do průměru 3 cm. Započítávají se i suky zarostlé, které jsou pohledově znát jako „pecky“.
- b) Suky nezdravé se nedovolují vůbec.
- c) Trhliny dřeňové – nejednoduché – dovolují se do jedné čtvrtiny tloušťky čela.
- d) Trhliny odlupčivé se povolují jen do 5 cm od dřeně.
- e) Trhliny mrazové se dovolují, pokud nemají kýlu.
- f) Trhliny výsušné se dovolují do jedné desetiny tloušťky čela.
- Současný výskyt druhů trhlín se nepovoluje vůbec
- g) Točivost a křivost se nedovoluje.
- h) Sbíhavost se povoluje do 1cm/bm.
- i) Excentrická dřeň se nedovoluje.
- j) Zbarvení jádra se nedovoluje.
- k) Hniloba, skvrny, křemenitost se nedovolují.
- l) Napadení hmyzem se nedovoluje.

4.4. Lokality výskytu

Rezonanční dřevo se vyskytuje v mnoha světových lokalitách. Samozřejmě tímto není myšleno pouze smrkové dřevo, ale různé druhy dřev, o kterých se blíže rozepíše v kapitole č. 5 „Možnosti využití“.

4.4.1. Smrkové dřevo

Rezonanční smrkové dřevo se vyskytuje v různých nadmořských výškách, v České republice od 400- 1800 m n. m., v Karpatech od 800 – 1200 m n.m., v evropských Alpách od 800 – 1900 m n.m. Roste na severních svazích, kde jsou přibližně stejné vegetační podmínky po dlouhou dobu, následkem toho má dřevo přibližně stejnou, relativně vysokou, hustotu letokruhů. Smrk se dobře čistí v zápoji, zejména v mládí. Díky tomu je vytáhlý, nejlépe v údolních lokalitách.

Výskyt rezonančních výřezů nelze tedy čekat u porostů mladších 100 let, optimální věk porostu je 130-160 let. Pokud porost splňuje výše uvedené parametry, může být teoreticky výskyt rezonančních výřezů pomístně kdekoli. Zkušenost však ukazuje, že nejlepší lokality jsou v Beskydech, v oblasti Žďáru nad Sázavou, na Novohradsku a samozřejmě na Šumavě, odkud je dřevo odběrateli nejvyhledávanější.

Značný výskyt kvalitních porostů je na Slovensku (Beňuš, Čierny Balog, Čadca, Námestovo), v německých Alpách, v Rumunsku, v Itálii (Trentino, Tarvisio, Val di Fiemme) a v Rakousku (oblast Eppenstein).

4.4.2. Šumava

Rezonanční dřevo na Šumavě se vyskytuje již v 6. lesním vegetačním stupni, tj. nadmořská výška 750-1100 m n. m. Největší podíl rezonančních výřezů se získává v přestárlých pralesovitých zbytcích, nebo v porostech, které vyrostly jako první generace po pralese. Smrkové porosty nejsou bez příměsí, ale vyskytuje se zde i buk a jedle. Buk je pro smrk velmi důležitým stromem, neboť pro kvalitu rezonančního dřeva je důležité, aby se ve spodních partiích kmenů smrků nenacházely suky. Buk bývá v meziúrovni nebo podúrovni smrku a tím dochází k odumírání a opadávání větví ve zmíněných spodních partiích. Jde o „přírodní očištění“ kmenu.

Smrk pocházející z oblasti Šumavy má bělavou barvu, říkalo se mu hedvábné dřevo, protože díky růstu ve stinných polohách je světlé. Toto světlé dřevo je oblíbené hlavně u českých výrobců. Barva dřeva smrku bývá od matně bílé do zlatožluté, odstín je dán podle stanoviště, kde smrk vyrostl. Pokud se jedná o stinné polohy, je tedy světlejší,

v případě více osluněných stromů dochází k červenavému zabarvení pozdního dřeva, čímž vzniká zlatožlutý odstín. Tento typ je oblíbený zejména u zahraničních výrobců.

Před lety lesní dělníci, dřevorubci, poznávali stupeň rezonančnosti podle zvuku při úderu čepu sekery do spodní části kmene ozvou ostrého zvuku, dále pak při pádu stromu. Dnes se již těžba neprovádí jednotlivě, ale mýtní těžbou. Následně se na manipulačních skladech vybírají výřezy kvalitního rezonančního dřeva.

Množství vyrobených kvalitních výřezů na Šumavě i jinde v ČR klesá, hlavním důvodem jsou pokles poptávky, dále pak změny ve způsobech hospodaření. V Národním parku Šumava se těží pouze stromy napadené kůrovcem, jejich dřevo je pro výrobu cenných sortimentů nevhodné. Druhým důvodem je, že rezonanční porosty jsou nejčastěji zastoupeny v 1. zóně, tj. klidové zóně, kde se dřevo netěží a spadlé stromy se nechávají ležet a dřevo zůstává přírodě, tedy zetlít.

Další významný důvod poklesu těžby je i změna vlastnictví z lokalit lesních závodů, kdy už nejsou v porosty v jejich správě, ale jsou v rukou měst a soukromých vlastníků.

Obrázek 11 - Boubín



Zdroj: <http://www.sos-sumava.cz>

4.4.3. Ostatní české lokality

- Českomoravská vrchovina, část Javořická vrchovina - v Roštejnské oboře, která má celkovou výměru 126,90 ha, pokrývají lesní poroty 116,06 ha, v nichž převažují smrkové monokultury z 87 %. Tato oblast je známa jako jedno z nejlepších stanovišť pro rezonanční smrk.
- Jižní Morava – podle lesního závodu Bystřice pod Hostýnem se v minulosti vyskytovalo v několika málo lokalitách rezonanční dřevo, především v oblasti Rajnochovic.
- Novohradské hory – v oblasti pralesovitého charakteru Žofínský prales, který je zařazen jako národní přírodní rezervace podle zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, se nacházejí rezonanční porosty. S výměrou 98,58 ha je po pralese Boubín druhou největší pralesní rezervací u nás. V době vyhlášení rezervace nebyl prales nedotčený, naopak v okolních porostech i přímo na ploše pralesa se intenzivně hospodařilo, probíhala zde výběrová těžba. Tato těžba byla zaměřena na i rezonanční porosty. Všechny skupiny smrku mladší 100 let byly a jsou poškozeny loupáním, v roce 1991 došlo k oplocení pralesa. Smrk ztepilý tu má zastoupení cca 48 %. Důležitým pozitivem je genová základna porostů rezonančního dřeva.
- Lesy města Pelhřimov – na kyselých stanovištích s masivní přirozenou obnovou smrku je tato dřevina nadprůměrného vzrůstu. Střední porostní výška činí 32-35 m, průměrná výčetní tloušťka 40-45 cm. Kvalita dřeva je velmi dobrá a smrk poskytuje i rezonanční výřezy.

5. Možnosti využití

Dřevo je materiálem s velmi dobrými akustickými vlastnostmi, které ho předurčují k výrobě hudebních nástrojů a ke zlepšení akustických vlastností společenských místností - kin, divadel a koncertních sálů. Mimo užití rezonance se dřevo používá v nábytkářském průmyslu, k výrobě kuchyní, dřevoobkladů, při stavbě ultralehkých letadel ad. Z rezonančního smrku se také vyrábí ve starobylém odstínu ratiště historických šípů.

U staveb se rezonanční dřevo využívá ke zvýraznění, nebo naopak k potlačení vibrací a zvukových projevů. Záleží na technologii zpracování stavby. Jak již bylo uvedeno, v kinech či koncertních sálech jde především o zlepšení akustických vlastností, proto se částečně zaměřím i na tuto problematiku.

Při výrobě hudebních nástrojů jsou používána i dřeva, která nemají rezonanční charakter jako takový. V kombinaci s např. vrchními deskami z rezonančního smrku či javoru, musí zachovat kvalitu tónu, případně jej vylepšit. Každé toto dřevo má také svůj zvuk, svým způsobem rezonanci a je na výrobcích, jaké zvolí jeho použití. Nejvíce kombinací je podle získaných informací možno provádět při výrobě kytar, proto v následném výčtu dřevin vhodných pro výrobu hudebních nástrojů uvedu části, na které části kytary se daný druh nejčastěji používá.

5.1. Akustika koncertních sálů

Dřevo podle (ILLE, Ozvučné dřevo smrku - ošetřování, 1966) má velký význam při stavbě a úpravě koncertních sálů, divadel a oper. Podle akustiky daného prostředí je ovlivněn zpěv a mluvené slovo, jakost hudby a slyšitelnost jako taková. Prostředí, ve kterém jsou používány hudební nástroje, má vliv na jejich zvuk, ať už jsou to vlivy pozitivní nebo negativní.

Dřevo použité v hudebních sálech či divadlech nejen působí na náš sluch, ale i na zrak, neboť je také estetickým doplňkem staveb. V těchto případech se nevyužívá rezonančního dřeva, které je velmi drahé, ale dřevo jiné jakosti, které má především dekorační účinek.

Podle provedených zkoušek a letitých zkušeností popsaných v literatuře má dřevo použité při stavebních úpravách akustických sálů vliv na čistotu zvuku. Zvuk, který se šíří vzduchem přímočaře se při dosažení pevné stěny odrazí v novém směru a část zvuku se absorbuje vnitřním třením, další část přejde do vnějšího prostředí za stěnu. Vlivem velkého útlumu chvění, které dřevo způsobuje, se do sálu vrací zpět zvuk velmi oslabený, což je právě daný vliv na čistotu zvuku.

V dnešní době lze nalézt sály s takovouto úpravou hlavně u staveb již historických, od staveb ze dřeva určených k uměleckému a komerčnímu využití se ustoupilo z důvodu bezpečnosti (nebezpečí vzniku požáru). Akustické síně jsou proto dřevem alespoň vybaveny, jedná se především o podia, podlahy, obklady stěn, sedadla, dveře a okna. Dřevoobklady pohlcují zvuk, který by se o jinak hladkou stěnu odrazil a vznikla by nežádoucí ozvěna či doznívání. Zároveň zvuk, který díky dřevěným obkladům vzniká, má teplý tón.

5.2. Druhy dřev a jejich využití

Zdroje: (GIBBS, 2005) (ROČEK, 2005) (Krátký a Hácha - originální kytary, 2009)

5.2.1. Exotické dřeviny (Výčet v obchodních názvech)

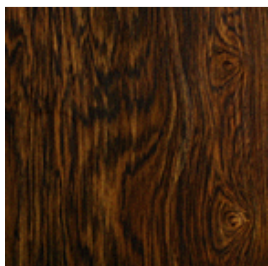
- Akácie koa – hnědo-oranžové dřevo s krásnou kresbou a výraznými léty, je dekorativní tvrdé, pochází z Havajských ostrovů. Předností je jeho stabilita a pevnost, nahrazuje týkové dřevo, nedostatkem je jeho cena a střídavě točité vlákno. Zvukově je toto dřevo vyrovnané, tón vede mírně k teplejšímu charakteru. Využívá se pro výrobu těl, krků a topů kytar. V dalším využití je určeno pro dekorativní nábytek.



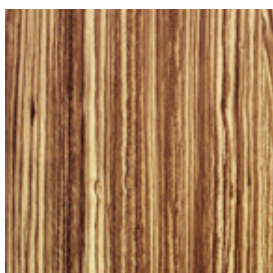
- Ořechovec lysý – pevné dřevo z východní oblasti USA, které se dobře ohýbá, je levné. Ovšem postrádá charakter, během vysychání se bortí a obtížně se

opracovává. Používá se na výrobu paliček na bubny, dále pak na sportovní potřeby, násady nářadí, dýhy na obklady a podlahové krytiny.

- Brazilský palisandr – patří mezi nejvíce ceněné dřeva. Jak už název napovídá, pochází z Brazílie. Jeho přednostmi jsou nádherná kresba, zajímavá škála barev, tvrdost a pevnost. Nevýhodou je cena, nevyhovující zásoby a nejistá udržitelnost zdrojů. Zvuk má teplý a kulatý. Používá se kromě výroby nábytku, podlahové krytin, dýh na skříně i na výrobu hudebních nástrojů, u kytar pro všechny součásti - hmatníky, krky i těla.



- Palisandr cocobolo – nedostatkový dekorativní druh palisandru pocházející ze Střední Ameriky s kontrastní škálou barev, výrazným vzorováním vláknů, vyžadující tvrdostí a hustotou. Zásoby tohoto dřeva jsou nevyhovující, je velmi drahé a problematicky vysychá. Využívá se na vykládání nábytku, násady příborů a u hudebních nástrojů na výrobu hmatníků kytar. Obsahuje mírně dráždivé látky, které při vdechnutí prachu při jeho zpracování mohou způsobit alergické reakce.



- Honduraský palisandr – nejhouževnatější a nejmuzikálnější z palisandrů. Pochází z Belize, jeho předností je hustota a váha, má výrazné rezonanční vlastnosti, krásnou kresbu a jemnou texturu. Nedostatkem je vysoký odpad, olejnaté úseky se špatně tmelí a v neposlední řadě vysoká cena. Vyrábí se z něj jak hudební nástroje, tak i nábytek a dýhy na skříně a vnitřní obklady.
- Eben - Tomel celebeský – exotické a drahé, ozdobné, tvrdé dřevo, vyskytující se na indonéském ostrově Sulawesi. Má výrazně vzorované vlákno, je mimořádně tvrdé a těžké, po vyschnutí vysoce stabilní. Dřevný prach může dráždit pokožku. Dále

pomalu a obtížně vysychá, mohou vznikat trhliny a praskliny. Kromě hudebních nástrojů se používá na výrobu skříní.

- Eben - Tomel hustokvětý – africký nejtmaší eben pocházející ze střední a západní Afriky. Je mimořádně tvrdý, těžký a hustý, má nádhernou, ale proměnlivou barvu. Nedostatkem je jeho náchylnost ke vzniku prasklin, trhlin a dalších vad, je velmi vzácné a drahé. Zásoby tohoto dřeva jsou nevelké certifikované. Zvukově je eben velmi výrazný. Vzhledem k váze se nejčastěji používá na hmatníky kytar, dělají se z něj i kobylky a nulté pražce. Pro další využití je vhodný na násady příborů a drobné vybavení domácnosti, dále pak na výrobu měřících přístrojů. Samozřejmostí jsou sochy a turistické předměty.

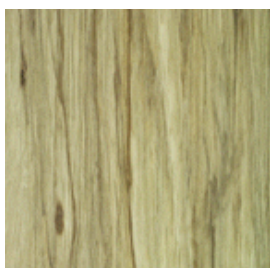


- Zimostráz obecný – keř pocházející ze severu Afriky, ale i s výskytem na západě Evropy, je vhodný nejen k výrobě náradí, ale i do živých plotů, využíváný i na hudební nástroje, především klarinety. Předností je tvrdé a pevné dřevo, hustá jemná textura příjemně žlutá barva.
- Ořešák černý – všestranně upotřebitelné a překvapivě lehké tvrdé dřevo s tmavou barvou běžně dostupné a cenově výhodné, vyskytuje se v USA a Kanadě. Ideálně nahrazuje dražší tmavá dřeva. Má rovné vlákno, dobře se zpracovává, povrch snadno upravuje a jeho textura i barva je zajímavá. Nedostatkem je ovšem silná prašnost během strojového zpracování, a také nepříjemný zápach. Otupuje nástroje, nátěr získává mléčný zákal. Vyrábí se z něj hudební nástroje, pažby pušek, nábytek, lodě. Zvuk je teplý a kulatý, tedy podobný exotickému mahagonu. Používá se na výrobu těl, příp. na krky kytar.
- Oliva - má krásnou kroucenou kresbu hnědé barvy a dřevo olivy má vyrovnaný zvuk. V Evropě je nejtěžší rostoucí dřevinou. Použití hlavně pro výrobu topů, někdy na krky nebo na odýchování hlavy kytary. Vyrábí se z něj i parkety, dále slouží k uměleckému truhlářství.

- Mahagon – existuje mnoho druhů mahagonů, převážně s výskytem v Africe. Obecně je mahagon dřevo střední váhy a střední tvrdosti s hnědě červenou barvou a zlatavými odlesky. Jedná se o dekorativní dřevo, sušení je středně rychlé a při schnutí málo pracuje. Zvuk mahagonu má teplý kulatý tón. Používá se na výrobu těla, krku i topu kytar. Další využití je na loupané i krájené dýhy, kanoe, dekorace.



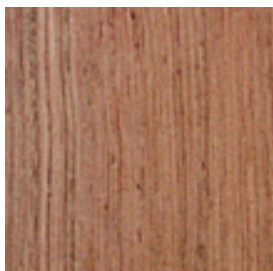
- Limba - Korina – pochází ze Sierry Leone, Ghany ad. afrických států. Existuje bílý a černý druh. Černá korina má po sobě černobílé pruhy a její dřevo má střední tvrdost. Výhodou je snadné opracování, pozor je třeba dát na třísky, neboť vražená tříška má sklon způsobit zánět. Vyrábí se z něj i nábytkové prvky a venkovní truhlářské práce. Při výrobě kytar se používá pro krky a těla. Zvukově má spíše teplejší tón.



- Ovangkol - je těžší tvrdší dřevina žlutohnědé barvy s výrazným pruhováním s výskytem v západní Africe. Má matný lesk. Zvukově je brilantní. Používá se pro výrobu krků, vrchních desek kytar, u baskytar pro celá těla. V dalších možnostech využití je určeno pro mozaikové parkety, nábytek, střenky nožů.



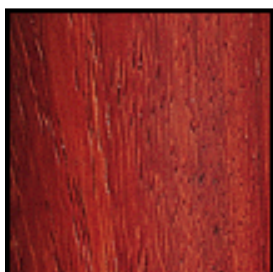
- Bubinga - těžká tvrdá dřevina z afrického Konga, Kamerunu, Nigérie. Je středně porézní, zbarvení přechází od živě červené, narůžovělé, do růžově hnědé až hnědočervené barvy. Při sesychání téměř nepracuje. Vyrábí se z ní krky kytar, hmatníky a vrchní desky. Z hudebních nástrojů se používá i na pianina, mimo nástroje pak na nábytek, pažby, ale i železniční pražce.



- Sekvoj – je jedním z nejkrásnějších dřev. Figurální formy připomínají plamen ohně. Používá se při výrobě hudebních nástrojů na topy kytar. Vzhledem k vysoké ceně jen využit u opravdu luxusních nástrojů.

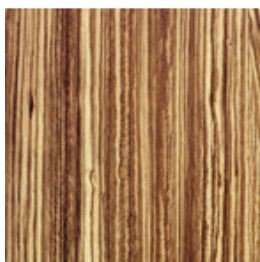


- Padouk d'Afrique - těžší a tvrdší dřevo červené barvy pocházející ze západní Afriky. Velmi málo sesychá, je mechanicky odolný a zvukově vyrovnaný. Kromě hudebních nástrojů např. na klaviatury se používá k výrobě konstrukcí, vodních staveb, luxusních lodí, na pažby, podlahové krytiny. Při výrobě kytar je určen na těla krky a topy.



- Zebrano - šedobílé dřevo s výraznými pruhy nacházející se v Kamerunu, Gabonu, Rovnické Guinei. Má střední tvrdost, je porézní a dobře opracovatelné. Houževnaté a pružné. Používá se k výrobě karoserií, konstrukcí, sportovního

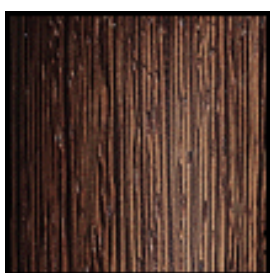
nářadí. Pro výrazné žilkování je také vhodné pro nábytek a obklady. Využití je u kytar především pro topy.



- Pauferro - žlutohnědé dřevo pocházející z Brazílie má vlastnosti podobné palisandru, zvukově je výrazné až brilantní. Nejčastější využití při stavbě kytar je k vidění na hmatnících. Jeho další využití je především na vodní stavby, mosty a lodní konstrukce.



- Wenge – se vyskytuje v Mozambiku a dalších státech Afriky. Jedná se o porézní, těžší a tvrdší dřevo tmavě hnědé barvy s matným leskem. Jeho výhodou je vysoká mechanická pevnost a odolnost proti vlhkosti. Má vyrovnaný zvuk. Kromě výroby hudebních nástrojů se používá na mozaikové parkety, nábytek a umělecké truhlářství a řezbářství.



- Javor červený – tvrdé dřevo z východního pobřeží Severní Ameriky se vyznačuje přitažlivým vzorováním vlákna, levnou cenou a běžnou dostupností, snadným opracováním a příjemnou barvou. Nedostatkem jsou ale menší suky a občasné vady. Také se stává, že během vysychání někdy modrá. Používá se na výrobu hudebních nástrojů, rukojetí, výrobu nábytku a podlahových krytin.

- Cedr manetti - dřevo se strukturou, barvou, vysycháním a zpracováním vyrovná jiným druhům cedrů, především libanonskému cedru, má však větší trvanlivost. Především při zpracování pod vodou dřevo tvrdne a stává se trvanlivějším. Používá se stejně jako ostatní druhy cedrů, díky své odolnosti proti povětrnostním vlivům však speciálně pro využití ve vnějších prostorách a při stavbě lodí. Používá se na obklady, venkovní obložení, rezonanční podlahy, rámy a výplně tabulí; zahradní nábytek, úly, posady, kukaně, branky a vrata; lehké skelety.

5.2.2. Domácí dřeviny

- Lípa - měkké lehké dřevo s nažloutlou barvou. Má rovná nevýrazná léta. Nejlepší použití je pro nástroje, které jsou zušlechtěny řezbou, případně vypalováním. Dobře se obrábí a leští. Zvukově je teplejší s výraznějšími basy. Nejvhodnější využití je pro těla nástrojů. Dřevo je dále hledanou surovinou v řezbářství, při výrobě drobných předmětů, tužek.



- Olše – patří mezi měkká dřeva, je tvrdší než lípa, ovšem nijak výrazně. Má nažloutlou až medovou barvu. Někdy se vyskytuje černé pálení. Zvuk olše je vyrovnaný. Používá se na výrobu těla nástrojů. Další využití je v řezbářství a při výrobě nábytku, podlahy divadelních jeviští.



- Jasan – toto dřevo je vynikající pro řezbáře. Na stavbu kytary se používá nejen evropský druh, který je tvrdší a těžší, tak i americký jasan bahenní, který je lehčí a

má řidší strukturu. Oba druhy mají bělavou barvu s výraznými hnědými lety. Jasan má pevné a pružné dřevo, zvuk výrazně ostrý a brilantní. V některých případech vytváří figurální kresbu.



- Javor – nažloutlé, středně těžké a tvrdší dřevo. Hmotnost se pohybuje cca 620 kg/m³. Výborně se opracovává. Zvuk javoru je brilantní a velmi konkrétní. Při výrobě kytary se používá na těla, krky i hmatníky. Skutečně je to jedno z nejvhodnějších rezonančních dřev pro výrobu hudebních nástrojů. Vyskytují se velmi často i jeho figurální formy. fládrováný, obláčkový a očkový javor..

Pozn.- Z kvalitního očkového javoru pocházejícího ze slovenského OZ Bardejov z roku 2007 si nechal americký herec John Travolta vyrobit obklad interiéru svého Boeingu. Očkový javor jsou velmi drahé kusy dřeva, které nejsou určené pro hudební nástroje, ale jejich použití je na nábytkovou dýhu, obklady interiéru. Jde vlastně o vyjímečný materiál na krásné obklady určený pro bohaté lidi.

- Jilm – toto těžší tvrdé dřevo má jednu z nejkrásnějších kreseb. Tón jilmu je konkrétní, s dobrými výškami.
- Topol - lehké dřevo šedavé barvy, které se používá na výrobu papíru, zápalek a dých, u kytar na výrobu těl. Zvuk je vyrovnaný a podobný olši. Velmi dobře se moří, má rovná a nevýrazná léta. Někdy je možnost zakoupit i topolový kořen, který má velmi hezkou kresbu s černým pálením. Kořen se používá pro vrchní desky nástrojů.



6. Výroba hudebních nástrojů

Rezonanční dřevo se používá na výrobu hudebních nástrojů. Slouží k přenosu zvuku např. ze strun na ozvučnou rezonanční desku takovým způsobem, aby hudební nástroj měl kvalitní zvuk. Je třeba zdůraznit, že každá deska je originál tak, jako jsou originální i jednotlivé hudební nástroje, zejména ty nejkvalitnější. Profesionální hudebníci rozeznávají i zabarvení zvuku, podle kterého si vybírají hudební nástroj.

Rezonanční dřevo se tedy používá na rezonanční desky, zejména pro piana, klavíry, cimbály, ale také pro nástroje strunné, u kterých je zpracování odlišné.

Základní požadavky na rezonanční dřeva mají výrobci ve svých technických a podnikových normách, ve kterých jsou stanoveny pozitivní vlastnosti dřeva, ale také obsahují negativní připouštěné vlastnosti a jejich míru.

Vzhledem k tomu, že v mnoha knihách, časopisech a studiích už bylo o výrobě hudebních nástrojů napsáno skutečně mnoho, rozhodla jsem se přistoupit k této kapitole jiným způsobem. Oslovila jsem několik výrobců hudebních nástrojů se stručným dotazníkem a ten včetně jejich odpovědí z praxe uvádím v této části bakalářské práce.

6.1. Kytary

Kytary FURCH - Na dotazy odpovídala paní Petra Soukalová.



Zdroj: <http://www.furch.cz/cz/furchmillennium/index.php>

- *Jaké druhy dřeva používáte?* Smrk, smrk sitka, javor, mahagon, palisandr, cedr, koa, cocobolo, ovangkol, padouk, eben a některé další exotické dřeviny.
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)?* Nakupujeme řezivo a polotovary od specializovaných firem.
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou?* Pouze vizuální, která se dá zamaskovat mořením, stínováním. Dřevo se pak použije na levnější nástroj.
- *Jaké jsou lokality výskytu rezonančního porostu odkud odebíráte dřevo?* Dřevo odebíráme od španělské společnosti Maderas Barber, což je jeden z našich hlavních dodavatelů.
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro části jako vrchní desky, klapky aj.)?*

Vrchní rezonanční deska - smrk, cedr;

korpus - mahagon, javor, palisandr, koa, cocobolo, ovangkol, padouk;

krk - mahagon, javor;

hmatník a kobylka - palisandr, eben.

- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Skladování, sušení asi 6 měsíců v závislosti na druhu materiálu a jeho rozměrech.
- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje?* V naší výrobě to je 20 až 25 pracovních dnů.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva? – ruční a strojní zpracování?* V podstatě všechny dřevoobráběcí stroje od okružní pily, přes frézky, pásové brusky až po CNC frézky a laserové řezačky.
- *Kdy používáte zpracování za tepla?* Samořejmě luby se ohýbají za tepla.
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a poživ?* Používáme hlavně disperzní lepidla (TITE-BOND).
- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?* Skrytá vada materiálu, nepřesnosti, zkrátka lidský faktor.

- *Jakým způsobem posuzujete rezonanci dřeva u hotového hudebního nástroje, resp. rezonanci hudebního nástroje?* Posuzujeme pouze sluchem.
- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů?* 10.000 až 48.000 Kč.
- *Jaké dodavatele využíváte (poměr českých a zahraničních, příp. konkrétní společnosti)?* Tuzemský dodavatel rezonančního dřeva je Resonanční pila Chlumec nad Cidlinou. Jejich smrkový materiál používáme na žebrování. Hlavním dodavatelem námi používaných materiálů je Maderas Barber ze Španělska.
- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)?* Převážná většina našich nástrojů se vyváží.

6.2. Housle

Housle Petlach-Violin - Na dotazy odpovídal pan Martin Petlach.



Zdroj: <http://www.petlach-violin.cz/index2.php?lang=cz>

- *Jaké druhy dřeva používáte?* Javor klen, smrk.
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)?* Kulatinu vybíráme na pile. Hotové přířezy od obchodníků s materiálem pro výrobu hudebních nástrojů.
- *Jak má pro Vaše účely vypadat kvalitní rezonanční dřevo?* Letokruhy v celé šířce pravidelně rostlé. Dřevo bez suků. Podstatná je i váha.
- *Jak zjišťujete rezonanci dřeva, kvalitu dřeva?* Podle vzhledu a výše uvedených požadavků. Vlastní rezonanci zjišťujeme poklepem.
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou?* Žádnou.

- *Jaké jsou lokality výskytu rezonančního porostu, odkud odebíráte dřevo?* Javor odebíráme z Bosny, smrk z Alp a Šumavy.
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro části jako vrchní desky, klapky aj.)?*

Vrchní deska – smrk;

spodní deska, luby a krk - javor.

- *Jaké jsou cenové relace dřeva?* Velice se různí, záleží na kvalitě, stáří dřeva. Sada dřeva na housle může stát 5.000 Kč, ale také 20.000 Kč.
- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Sušení přířezů, klínů, v hraních sušení přirozenou cestou trvá 10-15 let.
- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje?* 2-3 měsíce.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování?* Zpracováváme ručně dláty, noži aj.
- *Kdy používáte zpracování za tepla?* Ohýbání lubů v páře.
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a pojiv?* Jako lepidla používáme klič, jako laky přírodní pryskyřici.
- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?* K úplnému znehodnocení materiálu ani nedochází díky letitým zkušenostem výrobců. Při moření nějakou agresivní látkou je možné narušit pevnost, ovšem ty už snad nikdo nepoužívá.
- *Obdrželi jste někdy v dodávce extra povedený kus dřeva, čímž vznikl extra hudební nástroj?* Ano.
- *Jaká je kvalita hudebních nástrojů, resp. spojitost s kvalitou rezonančního dřeva?* Samozřejmě kvalita rezonančního dřeva je základ. Ze špatného materiálu dobrý nástroj postavit nelze.
- *Jaké dodavatele využíváte (poměr českých a zahraničních, příp. konkrétní společnosti)?* Poměr dodavatelů je 50:50.
- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)?* Z 80 % odběr Česká republika, 20 % zahraničí.

Housle, violy, cello, kontrabasy – A. V. Honěk – Violin-makers

Na dotazy odpovídal pan Jakub Honěk.



Cello a kontrabas – Zdroj: <http://violin-maker.dash.cz/cz/nase-nastroje.html>

- *Jaké druhy dřeva používáte?* Používáme smrk ze Šumavy nebo Alp, javor ze Slovenska nebo Bosny.
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)?* V případě těžby celého stromu se vybírá podle stromu samotného, dále podle vzorků dřeva, poté se z kulatiny dělají radiální štěpy, které se pak púlí na desky, určující je šířka a pravidelnost let, málo suků, u javoru kresba.
- *Jak zjišťujete rezonanci dřeva, kvalitu dřeva?* Podle pohledu, dále při zpracování desky poklepem a poslechem dozvuku.
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou?* Ano, malý suk ve správném místě na desce je spíše ozdobou.
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro části jako vrchní desky, klapky aj.)?*

Horní deska - smrk,

spodní deska a luby - javor;

kolíky, hmatník, struník – zpravidla eben, příp. palisandr či buxus.

- *Jaké jsou cenové relace dřeva?* Provádíme vlastní těžbu a máme vlastní zásoby.
- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Zpracování na desky a poté skladování 30 let na půdě.

- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje?* Přibližně 3 - 6 měsíců.
- *Vaše technologie výroby?* Vyrábíme ruční výrobou, pouze vyřezávání sklížených desek se provádí na pásové pile, a také srovnání vnitřní strany desek před sklížením pomocí strojového hoblíku, dále využíváme strojovou frézu k vyfrézování výšky okraje.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování?* Ruční nástroje - dláta, hoblíky, cidliny, nože, pily, stroje – pásová pila, hoblík, fréza.
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a pojiv?* Používáme přírodní klíh, houslařské olejové nebo alkoholové laky.
- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?* Při jakémkoli z několika set kroků při výrobě houslí může dojít k znehodnocení materiálu, některé kroky lze vyspravit. Například chybou je přílišné ztenčení desky.
- *Jaká je kvalita hudebních nástrojů, resp. spojitost s kvalitou rezonančního dřeva?* Kvalita dřeva není jediný faktor zvukové kvality nástroje, ale významně se na ní podílí, dále je určující pro kvalitu estetickou, především kresba spodní javorové desky a lubů, v případě komponentů určuje kvalitu i hmotnost nástroje atd.
- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů právě podle kvality?* Vyrábíme pouze mistrovské nástroje, což je sama o sobě tedy již vyšší cenová třída. Vyrábíme nástroje ve dvou cenových kategoriích, které jsou odlišeny mimo jiné výběrem kvality dřeva.
- *Předáváte s nástrojem i certifikát apod. o původu rezonančního dřeva?* Vydáváme vlastní certifikát původu nástroje, který odkazuje na náš archiv, kde mimo jiné zaznamenáváme původ dřeva.

6.3. Violy

Housle a violy Vávra - Na dotazy odpovídal pan Karel Vávra.





Zdroj: <http://www.housle-vavra.cz/index.php>

- *Jaké druhy dřeva používáte?* Používám smrk ze Šumavy nebo Alp a javorové dřevo z Balkánu.
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)?* Dřevo vybírám ve specializovaných pilách na rezonanční dřevo v Německu. Jedná se o připravené klíny 30 krát 50 cm.
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou?* Pro mistrovské nástroje vybírám pouze kusy bez suků, smolníků, prasklin a skvrn.
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro části jako vrchní desky, klapky aj.)?*

Horní deska - smrk,

spodní deska, hlavice a luby - javor;

- *Jaké jsou cenové relace dřeva?* Cena čerstvého dřeva dle uvedených náležitostí je cca 300 EUR za sadu..
- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Doba schnutí pouze přirozenou cestou trvá 15 – 20 let.
- *Vaše technologie výroby?* Nástroje stavím pouze ruční výrobou.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování?* Používám nože, dláta a hoblíky.
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a poživ?* Používám teplý kostní, kožní klíh.
- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?* Chyb se lze dopustit

nesprávnou silou desek a vybráním nesourodého materiálu. To lze poznat až po dlouholetých zkušenostech.

- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů právě podle kvality? Cenu si stanoví autor s přihlédnutím ke zvuku, materiál musí být vždy prvotřídní.*
- *Předáváte s nástrojem i certifikát apod. o původu rezonančního dřeva? K nástrojům dodávám certifikát, kde je původ i stáří dřeva.*
- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)? Mé hudební nástroje mají vždy osobní odběratele od nás i ze světa v poměru 50:50.*

6.4. Klavíry a pianina

PETROF - Na dotazy odpovídal pan Ing. Martin Kobza.



Zdroj: <http://www.petrof.cz>

- *Jaké druhy dřeva používáte? Používáme buk, javor, břízu, habr, olši, lípu, eben, mahagon, smrk, topol, abachi, meranti, gaboon.*
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)? U běžných dřevin řezivo na skladech, u rezonančního dřeva řezivo i kulatinu na skladech v lokalitách s výskytem rezonančního dřeva.*
- *Jak má pro Vaše účely vypadat kvalitní rezonanční dřevo? Smrk, objemová hmotnost v rozmezí 400 – 500 kg/m³, ideální hustota letokruhů 5/cm, minimálně 3/cm, co nejmenší podíl letního dřeva, světlá barva dřeva s malými rozdíly v barvě, bez suků, bez zásmolků a barevných záběhů.*

- *Jak zjišťujete rezonanci dřeva, kvalitu dřeva? Vizually.*
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou? Ano, připouští se ojediněle zásmolky, malé suky, trhliny. Trhliny, suky a tmavá místa se vymanipulují, zásmolky se vyspraví lodičkami.*
- *Jaké jsou lokality výskytu rezonančního porostu, odkud odebíráte dřevo? Dřevo vybíráme v různých lokalitách v podhorských oblastech Podkrkonoší, Orlických hor, Šumavy, Horehroní (SR), Oravské Beskydy (SR).*
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro části jako vrchní desky, klapky aj.)?*
 - a) BK – kostry pianin, páky pedálů pianin a klavírů, různé špalíky, lamely bvodového výlisku kostry klavírů, vnitřní jádro klavírových noh, kobylky atd.
 - b) JV – kobylky
 - c) BR - lamely obvodového výlisku kostry klavírů
 - d) HB – dusítka, vložky pro ladicí kolíky, nákližky kobylek, (dílký mechaniky – nakupované).
 - e) OL – obkližky noh klavíru, jádro vík některých klavírů, jádro vnější stěny některých klavírů.
 - f) LP – nákližky kláves
 - g) Eben – nákližky kobylek
 - h) MAH, OR – nohy slohových klavírů
 - i) SM – kostry pianin a klavírů, rezonanční desky pian a klavírů, dna pianin, jádra klopen pianin a klavírů, nosný rám klavírů (smrkový sendvič),
 - j) TP - vzpěry pianin
 - k) Abachi, Meranti, Gaboon – jádra sendvičů, lišty
- *Jaké jsou cenové relace dřeva?*

BK	6000 – 7000 Kč	Abachi	17200 – 20600 Kč	OR	24700 – 40000 Kč
LP	5400 – 5700 Kč	BR	4500 – 6500 Kč	Gaboon	18900 Kč
TP	5500 – 6000 Kč	MAH	14400 – 29500 Kč	SM	5500 – 16000 Kč
JV	11900 – 15200 Kč	Meranti	32800 Kč	Eben	625000 Kč
OL	5900 – 7000 Kč	HB	5700 Kč		

- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Přirozené sušení jeden rok až čtyři roky podle druhu dřeviny a tloušťky. Umělé teplovzdušné sušení 3 – 20 dní podle druhu dřeviny a tloušťky. Speciální vlhkostní egalizace rezonančních desek na 5,5% vlhkosti trvá 42 dní.
- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje?* Piano – 2 měsíce, klavír 6 – 7 měsíců
- *Vaše technologie výroby?* Je velmi složitá, stručný popis je tento:
 - a) Třískové dělení dřeva, formátování a tvarování dílců plošných a masivních dílců.
 - b) Tvarové lisování lamelových konstrukcí.
 - c) Výroba spárovek, výroba plošných sendvičů, nekonečný vlys.
 - d) Plošné a tvarové dýchování plošných a masivních dílců.
 - e) Frézování, vrtání a soustružení dílců.
 - f) Broušení strojní a ruční pod povrchovou úpravu.
 - g) Povrchová úprava PES, PUR, akryláty, stříkáním, poléváním, štětcem.
 - h) Montážní lepení PVAC, PUR, MF lepidly.
 - i) Lepení textílií, plstí, kašmírů.
 - j) Broušení, vrtání, frézování litinových rámců.
 - k) PÚ litinových rámců, základování, tmelení opakovaně, metalíza, vrchní akrylát.
 - l) Výroba ovinutých basových strun.
 - m) Montáž klávesnice, mechaniky, jejich regulace.
 - n) Ladění, intonování kladívek.
 - o) Montáž skříňových dílců.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování?* Stacionární i ruční dřevoobráběcí stroje, jak na plošné materiály, tak masivní dřevo, např.: CNC formátovací stroj, 3-osá CNC obráběcí frézka, hydraulické tvarovací lisy, etážový lis, všechny běžné dřevoobráběcí stroje, drobné ruční elektrické dřevoobráběcí strojky.
- *Kdy používáte zpracování za tepla?* Teplovzdušné sušení dřeva, dlouhodobá vlhkostní egalizace rezonančních desek, plošné i tvarové dýchování, tvarové lisování lamelových konstrukcí (vytvrzování lepidla).
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a pojiv?* Lepidla MF, PVAC, PUR, tavná, kožní kliš, kyanoakryláty, kaučuková lepidla. Laky PES, PUR, NC, vodní akryláty. Mořidla vodouředitelná. Leštící pasty a leštící vody.

- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?* U nástroje jako je klavír v hodnotě statisíc až dvou miliónů Kč v podstatě nesmí vzniknout žádná chyba. Nástroj se skládá z cca šesti tisíc. komponent. Žádná část nesmí být vadná. Při výrobě klavíru jakákoliv chyba může výrobek znehodnotit. Jednoduchý příklad znehodnocení materiálu je nedodržení sušicího režimu. Režimy jsou ale řízené PC. Firma funguje v systému ISO 9001 a ISO 14001, všechny procesy jsou popsány a kontrolovány.
- *Jakým způsobem posuzujete rezonanci dřeva u hotového hudebního nástroje resp., rezonanci hudebního nástroj?.* Zvuku piána se účastní jako rezonátor rezonanční deska. Množství energie vyzářené skříní je zanedbatelné. Účelem při stavbě piána je, aby se co nejméně chvění přenášelo do skříně a nosné konstrukce a tam bylo pohlceno, ale aby se co nejvíce vyzářilo z desky do prostoru.
- *Obdrželi jste někdy v dodávce extra povedený kus dřeva, čímž vznikl extra hudební nástroj?* U piána z 6000 součástí to nelze takto říci. Na zvuku nástroje se podílí desítky faktorů, nelze přesně stanovit izolovaný vliv např. rezonanční desky.
- *Jaké jsou kvality hudebních nástrojů, resp. spojitost s kvalitou rezonančního dřeva?* Piána lze rozdělit do mnoha kvalitativních kategorií, více Larry Fine: The Piano Book. V zásadě se hodnocení dělí na posuzování kvality technického provedení a na posuzování akustických vlastností. Klavíry Petrof se v posledních 2 letech posouvají ze „střední „ do „nejvyšší“ kvalitativní třídy. Spojitost s kvalitou rezonanční desky je pouze částečná, faktorů ovlivňujících zvuk je mnoho. Konstrukce nástroje, materiály, kladívka, struny, atd.
- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů právě podle kvality?* Rozdíly v cenách jsou veliké. Pianina: Cena kvalitního drahého pianina může být až 10krát vyšší než levného nástroje (50 000 – 500 000 Kč). Klavíry: Cena kvalitního drahého klavíru může být až 20krát vyšší než levného nástroje (150 000 – 3 000 000 Kč).
- *Předáváte s nástrojem i certifikát apod. o původu rezonančního dřeva?* Všechny nástroje Petrof jsou označeny destruktivní holografickou známkou „European Excellence“, deklarující evropský původ nástroje a materiálů. Do rezonanční desky je vypálený emblém „Soundboard made by Petrof Czech Republic“. S nástrojem jsou předávány uživatelské instrukce, záruční list a certifikát European Excellence (EEX).

- *Jaké dodavatele využíváte (poměr českých a zahraničních, příp. konkrétní společnosti)?* Dodavatelů jsou desítky, jak zahraničních, tak českých.

Řezivo: převážně ČR

Plošné materiály: SRN, Polsko, ČR, ad.

Laky: SRN, Itálie, ČR, ad.

Kování: ČR, Japonsko, ad.

Struny: SRN, USA

Kladívka: SRN

Mechaniky: SRN, ČR

Plsti, textil: Francie, GB, ČR

- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)?* Export činí 96% produkce, dovážíme do 65 zemí všech kontinentů kromě Antarktidy. Nejvýznamnější teritoria: USA, Kanada, SRN, Francie, Rusko, Itálie, Japonsko, Čína, Malajsie, Indonésie, Benelux, Španělsko, Skandinávie, Balkán, Austrálie.

6.5. Cembala

Cembala Bébar - Na dotazy odpovídal pan Vít Bébar.



Zdroj: <http://www.zusct.cz/hudba/cembalo/>

- *Jaké druhy dřeva používáte?* Používám rezonanční smrk výhradně ze Šumavy.
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj.)?* Kupuji je od odborníka na rezonanční dřevo.
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou?* Může se vyskytnout i mírná vada, malý souček, oblasti s pryskyřicí. Taková vada lze vyspravit případně umístiti do prostoru pro rozetu.
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro částí jako vrchní desky, klapky aj.)?*
 - ozvučná deska – smrk
 - mechanické části, kolíčník, kobylka – buk
 - vnější korpus – cedr, ořek, lípa, javor
 - klávesy a zdobení – eben, zimostřáz
- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?* Částečně mírně vyschlé dřevo skladuji deset a více let v různých přířezech, které se mi podaří zakoupit. Často to jsou přířezy o tloušťce 16 mm původně určené pro klavíry.
- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje?* 4 – 7 měsíců.
- *Vaše technologie výroby?* Výše uvedené v protahovačce srovnané přířezy dělím pomocí pásové pily na polovinu. Vzniklé přířezy o tloušťce 5-6 mm lepím kožním kličem na spárovku hrubě o velikosti ozvučné desky. Při výrobě použiji desky poklepem „zvonivější“ a s menším počtem let na centimetr do basové oblasti, do diskantu naopak hustší kusy. Vzniklý polotovár obrousím na širokopásmové brusce, která má výhodu v tom, že přítlačné válce na rozdíl od protahovačky nepoškodí vlákna, ovšem brusný papír je vytrhává, takže pro finální tloušťkování používám hoblík a cidlinu. Na brusce se dostanu na tloušťku 3,8 – 3 mm, hoblíkem pak na 3,5 – 1,8 mm podle typu rezonanční desky, a také podle míst na desce. Obecně je např. v oblasti diskantu a u krajů deska slabší. Následuje lepení kobylky, taktéž kožním kličem, a také rámce (příčnický), které de facto určují výsledný zvuk nástroje víc, než samotná kvalita rezonančního dřeva. Jde o umístění, tvar, výšku, toto se liší markantně např. u různých stavebních škol, např. italská a francouzská cembala.
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování?* Používám formátovací pilu, pásovou pilu, dekupírovací pilu, hoblovku/protah, brusky a

standardní truhlářské vybavení. Dále mnoho jednoúčelových nástrojů vyrobených přímo pro danou aplikaci. Dále používám laserové zpracování.

- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a pojiv? Používám kožní klíč, olej a vosk.*
- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů právě podle kvality? Cena se většinou stanovuje podle celkové kvality nástroje, tj. včetně mechaniky, designu apod. Vlastní rezonanční kvalita je jen jednou z jejich součástí.*
- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)? Má cembala nejčasteji odebírají školy (ZUŠ), ale i jednotlivci toužící po originálním, pokud možno autentickém, zvuku.*

7. Doporučení

Při zpracování mé bakalářské práce na téma „Rezonanční dřevo“ jsem se setkala s nedostatkem informací o lokalitách výskytu rezonančních porostů. V odborných publikacích, člancích ani na internetu nelze přesně najít místa, kde se rezonanční porosty vyskytují, případně cíleně pěstují. Pokud již tato informace o některých lokalitách existuje, je velmi obecná a postrádá upřesnění ve formě objemu a způsobu zacházení s těmito porosty, případně zařazení do lesního hospodářského plánu.

K této části, týkající se právě lokalit výskytu, by bylo vhodné provést studii, která by mapovala rezonanční dřevo v České republice.

.

8. Závěr

Bakalářská práce shrnuje poznatky o rezonančním dřevě dohromady tak, aby tvořily ucelený komplex informací.

V první části se práce zaměřuje na stromy a makroskopickou strukturu dřeva. Uvádí jaké jsou např. požadavky na letokruhy pro rezonanční dřevo, jestli smí dřevo obsahovat suky, či která zvláštnost dřeva je ceněna. V další části se pak zabývá akustickými a rezonančními vlastnostmi dřeva. Co a jak způsobuje, že dřevo přetváří nakumulované vibrace na zvuk, a dále pak způsoby ovlivnění akustických vlastností dřeva.

Dále se práce věnuje zpracovatelům rezonančního dřeva, resp. výrobcům rezonančních výřezů v minulosti a dnes, a také produkci jednotlivých výrobců. Poukazuje také na vady dřeva, které jsou povoleny a zakázány a uvádí lokality výskytu rezonančního smrku v České republice.

Samostatnou kapitolu tvoří několik příkladů využití rezonančního dřeva, mj. akustické úpravy hudebních síní. Popisuje druhy dřev, ze kterých se vyrábějí hudební nástroje, jejich tóny, a také jejich další uplatnění mimo obor výroby hudebních nástrojů.

V poslední kapitole se práce zaměřuje na vlastní výrobu hudebních nástrojů. Výroba jednotlivých hudebních nástrojů z rezonančního dřeva je popsána v celé řadě publikací, proto jsem se rozhodla oslovit jednotlivé výrobce s žádostí o poskytnutí jejich zkušeností přímo z procesu výroby, a to formou dotazníku. Bohužel, celá řada výrobců odmítla na dotazy odpovědět, pravděpodobně z obavy o vyzrazení know-how. Odpovědi těch, kteří byli ochotni na dotazy reagovat, jsou uvedeny v této kapitole.

Seznam literatury:

- 1) *Akustické vlastnosti dřeva.* (12. 2. 2009). (Ústav nauky o dřevě) Načteno z <http://wood.mendelu.cz>
- 2) *Bienertova pila na Modravě.* (10. 2. 2009). (Bienertova pila na Modravě) Načteno z www.revprirody.cz/data/0806/opakovani_modr.htm
- 3) *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví.* (2007). Praha: Lesnická práce, s.r.o.
- 4) GIBBS, N. (2005). *Dřevo : obrazový přehled více než 100 druhů dřev včetně jejich využití.* Praha: Slovart.
- 5) Holohlavy, P. P. (1. 4. 2009). *Rezonanční řezivo ze smrku.* (Pila Podhora s.r.o.) Načteno z www.pilaholohlavy.cz
- 6) ILLE, R. (1966). *Ozvučné dřevo smrku - ošetřování.* Kostelec nad Černými lesy: Vědecký lesnický ústav.
- 7) ILLE, R. (1961). *Technologie dřeva.* Praha: SPN.
- 8) ILLE, R. (1974). *Výzkum rezonančního dřeva smrku.* Praha: SNTL.
- 9) Kolektiv. (1968). *Stavba hudebních nástrojů.* Praha: SPN.
- 10) *Krátký a Hácha - originální kytary.* (3. 3. 2009). (Krátký a Hácha) Načteno z <http://www.originalkytary.estranky.cz/clanky/drevo-pro-kytary/drevo>
- 11) KRÍHA, J. (1998). *Hudební nástroje - Rezonanční dřevo na Šumavě. Roč.35* (s.145).
- 12) *O společnosti DŘEVO - PALETY - VLK s.r.o.* (12. 4. 2009). (DŘEVO - PALETY - VLK s.r.o.) Načteno z <http://www.drevo-palety-vlk.cz/index.htm>
- 13) RAJČAN, E. -D.-U. (1998). *Aplikácia akustiky pri štúdiu vlastností dreva* (1. vyd.). Zvolen, SR: Technická univerzita.
- 14) ROČEK, I. (2005). *Dřevo tropických oblastí.* Praha: FDL ČZU v Praze.
- 15) ŠLEZINGEROVÁ, J. -G. (2005). *Stavba dřeva.* Brno: MZLU.

Příloha:

Dotazník pro výrobce hudebních nástrojů

- *Jaké druhy dřeva používáte*
- *Jakým způsobem vybíráte dřevo (řezivo, kulatinu aj*
- *Jak má pro Vaše účely vypadat kvalitní rezonanční dřevo?*
- *Jak zjišťujete rezonanci dřeva, kvalitu dřeva?.*
- *Smí mít rezonanční dřevo případně nějakou lehkou vadu, ano – jakou*
- *Jaké jsou lokality výskytu rezonančního porostu, odkud odebíráte dřevo?*
- *Jaké je upotřebení dřeva pro určité části hudebních nástrojů (míněno výřezy aj. pro částí jako vrchní desky, klapky aj.)?*
- *Jaké jsou cenové relace dřeva?*
- *Jaká je doba přípravy materiálu pro výrobu a způsob přípravy materiálu?*
- *Jaká je doba výroby hudebního nástroje*
- *Vaše technologie výroby*
- *Jaké používáte nástroje na zpracování dřeva – ruční a strojní zpracování*
- *Kdy používáte zpracování za tepla?*
- *Co používáte z lepidel, laků, mořidel a jiné chemie a pojiv?*
- *Co může vzniknout při výrobě nástroje za chybu, kterou dojde ke znehodnocení materiálu? Čeho je třeba se vyvarovat a na co zvláště dbát?*
- *Jakým způsobem posuzujete rezonanci dřeva u hotového hudebního nástroje resp., rezonanci hudebního nástroj?*
- *Obdrželi jste někdy v dodávce extra povedený kus dřeva, čímž vznikl extra hudební nástroj?*
- *Jaké jsou kvality hudebních nástrojů, resp. spojitost s kvalitou rezonančního dřeva?*
- *Jaké jsou cenové relace hudebních nástrojů právě podle kvality*
- *Předáváte s nástrojem i certifikát apod. o původu rezonančního dřeva*
- *Jaké dodavatele využíváte (poměr českých a zahraničních, příp. konkrétní společnosti)?*
- *Jaké odběratele máte (poměr českých a zahraničních, příp. nejvýznamnější konkrétní odběratelé)?*