

**Vliv stavby a vlastností vybraných druhů dřeva na akustické vlastnosti  
vířivých bubnů**

Diplomová práce

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci *Vliv stavby a vlastností vybraných druhů dřeva na akustické vlastnosti vířivých bubnů* zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s §47b Zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, a že Česká zemědělská univerzita v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Praze dne ..... Bc. Ondřej Beran .....

## PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří především vedoucímu mé diplomové práce prof. Dr. Ing. Petrovi Horáčkovi za cenné rady a připomínky při konzultacích, které mi pomohly rozšířit pohled na téma, že mě vedl v okruzích, ve kterých jsem si nebyl jistý, a pomohl mi utřídit myšlenky. Můj velký dík patří Ing. arch. Vendule Kadlecové za pomoc s grafickým zpracováním této práce. Dále bych chtěl poděkovat Truhlářství Sus za poskytnutí prostorů truhlárny, za odbornou pomoc při výrobě bubnů a také za trpělivost při nepovedených technologických postupech. Děkuji Ing. Janu Tippnerovi, Ph.D. za konzultaci před zkoušením akustických vlastností. Děkuji Bc. Šimonovi Hrábkovi za odborné konzultace akustiky a propůjčení techniky na zkoušku akustických vlastností. Děkuji za odborné konzultace akustiky Jackovi Brannému a Ing. Ondřejovi Kaločovi. Děkuji za překlad odborného německého textu Ing. arch. Báře Kadlecové a děkuji Ing. Vojtěchovi Šalanskému za pomoc s matematickými funkcemi.

## **ABSTRAKT**

**Autor práce:** Bc. Ondřej Beran

**Název diplomové práce:** Vliv stavby a vlastností vybraných druhů dřeva na akustické vlastnosti vířivých bubnů

Diplomová práce je zaměřena na popis výroby série malých vířivých bubnů. Bubny jsou vyrobené z různých dřev a následně jsou testovány jejich akustické vlastnosti. Jsou zde popsány zástupci jehličnanů, listnáčů roztroušeně pórovitých, listnáčů kruhovitě pórovitých a jeden zástupce exotických dřev. Výsledky akustických vlastností jsou následně porovnávány se strukturou dřeva a fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Naměřené hodnoty jsou porovnávány s výsledky teoretických výpočtů. Jednotlivé bubny jsou srovnávány mezi sebou a zařazeny do hudebních žánrů podle charakteristiky zvuku na základě osobních zkušeností.

**Klíčová slova:** Výroba, dřevo, vířivý, buben, střemcha, jasan, borovice, mahagon, akustické, vlastnosti, amplituda, materiály, stavba, struktura

## **ABSTRACT**

**Auhtor's name:** Bc. Ondřej Beran

**The title of the diploma thesis:** The influence of a wood structure and properties of different kinds of wood on a sound of snare drums

The diploma thesis is focused on description of manufacture of snare drums. The drums are made of different kinds of wood and tested for acoustic properties. The description includes two kinds of european deciduous trees, a conifer tree and an exotic tree. The results are consequently compared to wood structures and properties of wood. Teoretical results are compared to experiment values. Properties of each drum are compared and sorted by acoustic properties to music genres.

**Keywords:** development, wood, snare, drum, american cherry, ash, pine, mahogany, acoustics, properties, amplitude, materials, wood structure

## OBSAH

<b>1.</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Literární přehled.....</b>	<b>4</b>
3.1.	Materiály pro výrobu bubnu .....	4
3.1.1.	Střemcha pozdní (Prunus serotina) .....	4
3.1.2.	Jasan ztepilý (Fraxinus excelsior).....	8
3.1.3.	Mahagon sapelli (Entandrophragma cylindricum) .....	10
3.1.4.	Borovice lesní (Pinus sylvestris).....	13
3.1.5.	Polyvinylacetátová lepidla (PVAC).....	15
3.1.6.	Dokončování povrchu.....	16
3.1.6.1.	politurováním.....	16
3.1.6.2.	Olejové nátěrové hmoty .....	16
3.2.	Akustika dřeva.....	17
<b>4.</b>	<b>Metodika práce.....</b>	<b>21</b>
4.1.	Metodika výroby vířivého bubnu .....	21
4.1.1.	Výběr materiálu .....	21
4.1.2.	Příčné dělení.....	21
4.1.3.	Oboustranné frézování.....	21
4.1.4.	Podélné dělení.....	21
4.1.5.	Příčné dělení.....	22
4.1.6.	Zkouška sesazení .....	22
4.1.7.	Tvorba přípravku .....	22
4.1.8.	Nános lepidla .....	22
4.1.9.	Příprava před soustružením .....	23
4.1.10.	Soustružení.....	23
4.1.11.	Strojní broušení vnějšího povrchu.....	24
4.1.12.	Vrtání pro kování .....	24
4.1.13.	Povrchová úprava .....	24
4.1.13.1.	Šelaková politura.....	24
4.1.13.2.	Tvrdý voskový olej.....	25
4.1.14.	Kompletace bubnu .....	25
4.2.	Metodika testování akustiky .....	25
4.2.1.	Přípravky a pomůcky pro akustickou zkoušku .....	25
4.2.2.	Postup měření akustické zkoušky:.....	27
4.2.2.1.	Osazení kování a blan na tělo bubnu .....	27
4.2.2.2.	Naladění bubnu.....	27
4.2.2.3.	Upevnění bubnu do konstrukce rámu .....	27
4.2.2.4.	Nastavení padacího mechanismu .....	28
4.2.2.5.	Nastavení mikrofону.....	28
4.2.2.6.	Příprava software.....	28
4.2.2.7.	Testovací úder.....	29
4.2.2.8.	Snímání úderů .....	29
4.3.	Teoretické výpočty .....	30
4.3.1.	Výpočet dynamického modulu pružnosti.....	30
4.3.2.	Výpočet akustické konstanty.....	31
<b>5.</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>33</b>
5.1.	Výroba bubnu.....	33
5.1.1.	Vývoj.....	33
5.1.2.	Navržení bubnu .....	33
5.1.3.	Výběr materiálu.....	36
5.1.3.1.	Dřevo k výrobě bubnu.....	36
5.1.3.2.	Kování.....	37
5.1.3.3.	Blány.....	37
5.1.4.	Příčné dělení.....	37

5.1.5.	Oboustranné frézování .....	38
5.1.6.	Podélné dělení .....	39
5.1.7.	Příčné dělení .....	39
5.1.8.	Lepení bubnu .....	41
5.1.9.	Příprava upnutí korpusu bubnu do soustruhu .....	41
5.1.10.	Soustružení a broušení vnějšího povrchu .....	42
5.1.11.	Povrchová úprava .....	43
5.1.11.1.	Povrchová úprava šelakovou politurou .....	43
5.1.11.2.	Povrchová úprava tvrdým voskovým olejem .....	44
5.1.12.	Vrtání .....	45
5.1.13.	Zkouška osazení kování a kontrola .....	45
5.1.14.	Kompletace bubnu .....	46
5.2.	Výsledky teoretického výpočtu .....	48
5.3.	Výsledky experimentálního měření .....	49
5.3.1.	Střemcha pozdní .....	49
5.3.2.	Jasan ztepilý .....	52
5.3.3.	Mahagon sapelli .....	55
5.3.4.	Borovice lesní .....	58
5.3.1.	Srovnání akustických vlastností bubnů .....	61
5.3.2.	Vliv anatomické stavby a fyzikálně-mechanických vlastností dřeva na akustické ..... vlastnosti bubnu .....	62
5.4.	Srovnání teoreticky vypočítaných výsledků s experimentálními hodnotami .....	66
5.5.	Souhrn výsledků měření .....	67
<b>6.</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>70</b>
6.1.	Diskuze výroby bubnů z vertikálních bloků .....	70
6.2.	Diskuze akustické zkoušky .....	71
6.3.	Diskuze teoretického výpočtu a srovnání s experimentem .....	74
<b>7.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>76</b>
<b>9.</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>Použité odkazy .....</b>	<b>78</b>
<b>11.</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů .....</b>	<b>79</b>

# 1. Úvod

Dnešní trh zabývající se výrobou bicích souprav je zaměřen na výrobu bubnů z ohýbaných překližovaných desek potažených okrasnou dýhou. Většina malých vířivých bubnů je tvořena právě z různě vrstvených listů dýh. Toto řešení je do velké míry automatizováno, je funkční a ekonomičtější než zvolená cesta v této diplomové práci. Bývá pravidlem, že čím více vrstev překližované desky bylo pro výrobu bubnu použito, tím má buben plnější zvuk a zároveň je buben nákladnější na pořízení. Ovšem výroba hudebního nástroje není pouze o nejefektivnějším způsobu využití materiálu, ale také o pocitu ze „správného“ zvuku. Někdy je hudebník ochotný investovat do nástroje, který mu nabídne zvuk, jaký pro svůj hudební žánr potřebuje, který hledá a které zažité způsoby výroby nenabízí.

Právě konstrukce bubnu, tedy tvar a použitý materiál dřevěného těla (korpusu) je pro finální zvuk bubnu zásadní. Do jisté míry je sériově vyráběný buben z překližované desky a buben z vertikálních bloků srovnáván v bakalářské práci *Návrh malého (vířivého) bubnu z vertikálních bloků a jeho výroba*, na kterou tato diplomová práce navazuje. Tímto tématem se částečně zabýval Thomas D. Rossing v knize *Science of Percussion Instruments*, ve které měřil vývoj tlaku uvnitř kovového vířivého bubnu v průběhu úderu a s tím spojené akustické vlastnosti. Tyto bubny ladil na různé napětí blány a sérii zkoušek opakoval.

Tato práce se nebude zabývat vývojem zvuku vlivem tlaku v bubnu jako tomu bylo v případě D. Rossinga. Bude se zabývat výběrem materiálu a jeho vlivem na zvuk nástroje. Bude měřeno, jaké změna materiálu vyvolá změny ve zvuku. Tyto rozdíly budou porovnávány se stavbou dřeva a s jeho fyzikálně-mechanickými vlastnostmi. Pro získání kvalitních výsledků bude měření probíhat v místnosti se sníženým akustickým dozvukem pro eliminování nežádoucího ruchu a ozvěn.

Pro porovnatelnost vlivu změny dřev na akustické vlastnosti budou bubny stejných rozměrů, osazeny stejným typem kování a spojovacími prvky. Při výrobě bude dodržen pracovní postup u všech bubnů. Budou použity stejné typy blan, které budou laděny na standardní napnutí. Aby byl eliminován lidský faktor při testování bubnů, bude pro úder paličky vyroben spouštěcí mechanismus. Síla úderu paličky na blánu by tak měla být téměř totožná a konečné výsledky by měli být

porovnatelné. Celý buben bude během testování uchycen ve vyrobeném dřevěném rámu a zavěšen na provázky pro eliminaci vlivu běžného kovového třiramenného stojanu na malé bubny.

V práci budou standardní teoretické výpočty pro zjištění akustických vlastností dřeva, bude zjišťováno, zda tento způsob teoretického výpočtu lze aplikovat i na praktické využití při určování akustických vlastností vířivého bubnu. Experimentální analýza akustických vlastností bubnů bude porovnávána s teoretickými výsledky.



## 2. Cíl práce

Cílem této práce je vyrobit sérii vířivých bubnů z různých druhů dřev a zjištění vlivu změny dřeva na jejich akustické vlastnosti. Metodicky je práce zaměřena na experimentální analýzu akustických vlastností bubnů a interpretaci výsledků z pohledu anatomické stavby a fyzikálně-mechanických vlastností vybraných dřev. Porovnávají jsou dřeva z vybraných jehličnatých a listnatých dřevin včetně dřevin exotických. Výstupem této práce je hodnocení vlivu druhu dřevin na akustické vlastnosti bubnů, resp. na změnu intenzity, výšky a barvy zvuku, a to na základě experimentálního posouzení a subjektivního hodnocení. To povede k volbě optimálního druhu dřeva dle požadovaných akustických vlastností bubnu a jeho použití pro daný hudební styl.

### 3. Literární přehled

#### 3.1. Materiály pro výrobu bubnu

##### 3.1.1. Střemcha pozdní (*Prunus serotina*)

Oblastí původního rozšíření střemchy pozdní je Severní Amerika, kde patří mezi poměrně hojné dřeviny. Vyskytuje se ve východní polovině USA, od Velkých jezer až k Mexickému zálivu. Do Evropy byla introdukována již v roce 1629, první zmínky z České republiky však pochází až z počátku 19. století. Jedná se o strom dosahující výšky 25 m, podle některých autorů dokonce až 30 m a průměrů do 1,5 m. (Aleš Zeidler, Vladimír Gryc, Hanuš Vavrčík, 2010)

Z hlediska stavby dřeva se jedná o dřevinu roztroušeně pórovitou. Střemcha pozdní patří mezi dřeviny s výrazně odlišeným jádrem a bělí. Běl je úzká, zřídka širší než 10 letokruhů, nažloutlá až načervenalá, jádro je nahnědlé s nazelenalým nádechem, na vzduchu tmavne na červenohnědou se zlatavým matným leskem. Dřevo má jemnou aromatickou vůni. Mikroskopickou stavbou je střemcha pozdní neodlišitelná od našeho domácího druhu. Jádro je odolné proti hnilobám. Dřevo je pevné a tvrdé, lze jej dobře sušit a po vysušení má výbornou rozměrovou stálost. Dobře se opracovává všemi běžnými postupy. Se střemchou pozdní se na trhu nejčastěji setkáte pod obchodním názvem „americká třešeň“. Používají se i další názvy jako „Black cherry, Cabinet cherry, Rum cherry, Whisky cherry“. V oblastech původního rozšíření se používá zejména na výrobu luxusního nábytku a na další dekorativní účely v interiérech. (Aleš Zeidler, Vladimír Gryc, Hanuš Vavrčík, 2010)

#### **American cherry – latin name – *Prunus serotina***

##### Main uses

This sustainably managed wood from natural forests of North America, with excellent environmental credentials, is revered worldwide for its warmth of colour and fine finish. It is highly suitable for furniture, cabinet making and high class joinery. It is widely used for doors, panelling, architectural interior joinery, mouldings and kitchen cabinets, and some flooring. It is also used in certain specialist applications such as musical instruments and boat interiors.

Cherry lumber is easy to machine, plane and turn. It glues well with good performance in screwing and nailing. It has excellent carving and molding properties. Cherry can easily be sanded, stained and polished to a very smooth and smooth finish. (American Hardwood Export Council)

*Překlad autora:*

#### *Hlavní využití*

*Toho trvale udržitelné dřevo z přírodních lesů Severní Ameriky s vynikajícími ekologickými hodnotami je celosvětově vážené pro svou teplou barvu a kvalitní povrch. Dřevo je velmi vhodné pro výrobu nábytku, skříní a kvalitní truhlářskou práci. Je široce využíváno na dveře, obložení, interiérovou architekturu, ozdobné dřevěné prvky, kuchyňské skřínky a některé druhy podlah. Také má určité uplatnění při výrobě hudebních nástrojů a interiérů lodí.*

*Kulatina ze stěmchy pozdní se snadno opracovává, hobluje a soustruží. Má dobré vlastnosti při lepení, vrtání a sbíjení. Má výborné vlastnosti při opracování. Třešeň lze snadno brousit, mořit a leštit až na velmi hladký povrch.*

#### Mechanical Properties

0.5

Specific Gravity (12% M.C.)

561 kg/m<sup>3</sup>

Average Weight (12% M.C.)

9.20%

Average Volume Shrinkage  
(Green to 6% M.C.)

84.809 MPa

Modulus of Rupture

10,274 MPa

Modulus of Elasticity

49.023 MPa

Compressive strength (parallel  
to grain)

4,226 N

Hardness

*Obr. 1: Mechanické vlastnosti stěmchy (American Hardwood Export Council)*

Cherry has medium density, with good wood bending properties, medium strength and shock resistance, but low stiffness, and can be steam bent with care. Being hard and stable when dry the wood is very easy to stain and finish to an excellent surface. It is highly prized for furniture and interior joinery. As a relatively soft species, American cherry is only suitable for flooring in areas with

low traffic, such as bedrooms, or in cultures where shoes are not worn in homes – as in Asia. (American Hardwood Export Council)

Makroskopisch: Q: Jahrringe infolge Halbringporigkeit deutlich (2...5 mm); Gefäße und Holzstrahlen erst unter. Lupe deutlich; T, R: fein-nadelrissig; Holzstrahlen im R als feine Spiegel, gemeinsam mit Halbringporigkeit Textur beeinflussend (Holzatlas, 2000)

Mikroskopisch: Gefäße: Anordnung: halbringporig, Frühholzgefäße zur Jahrringgrenze angehäuft; einzeln, paarig und in Nestern (Holzatlas, 2000)

Bearbeitung: Mechanisch: mit scharfen Werkzeugen ohne Schwierigkeiten, wie z. B. Sägen, Hobeln, Fräsen, Bohren, Drechseln, Schnitzen, Messern, Schleifen; glatte Oberflächen (Holzatlas, 2000)

Verklebung: gut, ohne Schwierigkeiten (Holzatlas, 2000)

Oberflächenbehandlung: gut, beiz- und lackierbar, Mahagoniimitation ist möglich (Holzatlas, 2000)

Verwendung: Wie europ. Kirschbaum: massiv und als Furnier: Ausstattungsholz für Möbel und Vertäfelungen; Spezialholz für Drechslerarbeiten, Ziergegenstände, Schiffseinrichtungen Klein- und Sitzmöbel, Holzblasinstrumente. Rahmen, Griffe u. a.; je nach Einschnittform besonders als Deckfurnier für Möbelfronten, Wand- und Deckenverkleidungen, Gehäuse (Holzatlas, 2000)

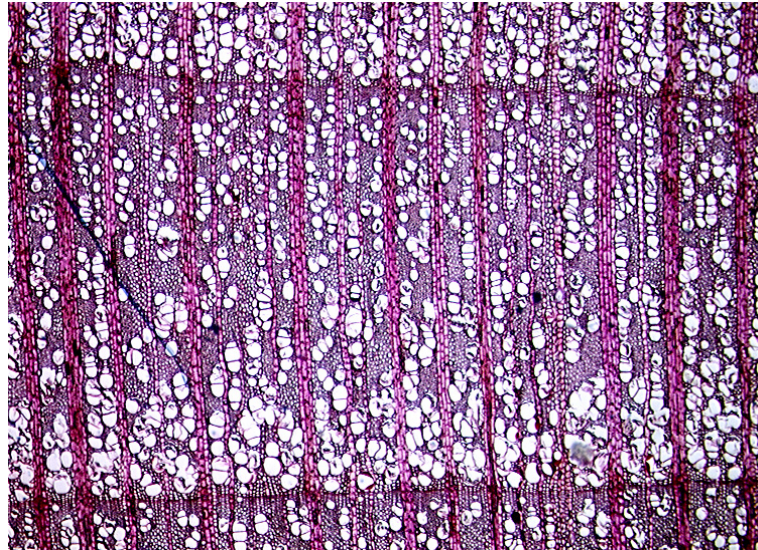
*Překlad autora:*

*Mechanické vlastnosti: Střemcha má střední hustotu s dobrými vlastnostmi při ohybu dřeva, střední pevnost a odolnost proti nárazům, ale nízkou tuhost a musí být opatrně plastifikována. V suchém stavu je dřevo velmi tvrdé a stabilní, snadno se moří a lze dosáhnout velmi kvalitního povrchu. Je vysoce ceněno ve výrobě nábytku a interiérových truhlářských prvků. Jako poměrně měkký druh je americká třešeň vhodná pouze u podlah s malým provozem, jako jsou ložnice, nebo v kulturách, kde se boty uvnitř nenosí - jako v Asii.*

*Makroskopická stavba: P: letokruhy následkem polokruhovitě pórovité stavby čitelné (od 2 do 5 mm), cévy a dřevěné paprsky pod lupou znatelné; T, R:*

*jemné jehličkovité dřevné paprsky, v R-směru jako jemné vlnky, společně s polokruhovou pórovitostí určují texturu dřeva*

*Mikroskopická stavba: Cévy: Přirazení: polokruhovitě pórovité, cévy u čerstvého dřeva nahromaděné u hranice letokruhů, samostatně i v páru nebo ve hnízdech*



*Obr. 2: Mikroskopická stavba třešně ptačí v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)*

*Opracování: Mechanické opracování: ostrým nářadím bez obtíží, jako např. řezání, hoblování, frézování, vrtání, soustružení, vyřezávání, krájení, broušení, rovný povrch*

*Lepení: dobré, bez obtíží; Povrchová úprava: dobrá, moření a lakování vhodná, možná i jako imitace mahagonu; Další: při šroubování nebo přibíjení nejprve předvrtat*

*Použití: stejné jako u evropské třešně: jako masiv, nebo dýha, pro dekorativní dřevo na nábytek a táflování, speciální dřevo pro soustružnické práce, okrasné předměty, zařízení do lodí, malý a velký sedací nábytek, dřevěné foukací hudební nástroje, rámy, kliky a další. Podle tvaru řezu (vrstev) především vhodné jako dýha pro dvířka u nábytku, obložení stěn a stropů a různé kryty*

### 3.1.2. Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*)

Vorkomma: Europa bis Mittelrußland, Vorderasien bevorzugt frische bis feuchte Boden, aber auch auf felsigem Gelände und trockenen Kalkböden noch gut wachsend, trockene Sande werden gemieden, ebenso stagnierende Nasse; spätfrostempfindlich in der Ebene und im Bergland wachsend Mischbaumart einzeln oder horstweise, im Harz bis zu 700 m, Erzgebirge bis zu 630 m; Bayrischen Wald bis zu 890 m, in den Bayerischen Alpen bis zu 1365 m, Südalpen bis zu 1400 m, in der Nordschweiz bis zu 1137 über NN, überwiegend in Niederungen und Auwäldern, oft auch im Freistand an Straßen, in Garten und Parkanlagen (HolzAtlas, 2000)

Baumhöhe: 17...35 m (HolzAtlas, 2000)

Farbe: Splintholz weißlich, breit, Kernholz gelblich bis rötlichweiß, später hellbraun, durch unterschiedliche Farbzonen häufig unregelmäßig gestreift oder wolkig, auch olivenholzähnlich gefärbt; auch mit fakultativer Farbkernbildung; Splint- und Kernholzgrenze nicht immer deutlich (HolzAtlas, 2000)

Textur: gefladert (T), gestreift (R), geriegelt (R), gemasert (T), sehr dekorativ (HolzAtlas, 2000)

*Překlad autora:*

Výskyt: *Evropa, střední Rusko, Blízký východ. Dává přednost čerstvé až vlhké půdě, ale dobře roste také na skalnatém terénu a na suchých vápencových půdách. Vyhýbá se suchým pískům a stálému vlhku, je citlivý na pozdní mráz v nížinách a horských oblastech, kde se sází smíšené druhy stromů jednotlivě nebo ve skupině. Lokalita: Harz do 700 m. n. m., v rudných horách do 630 m, Bavorský les do 890 m, v Bavorských Alpách do 1365 m, jižní Alpy do 1400 m, v severním Švýcarsku do 1137 m. n. m., zejména v nížinných a pobřežních lesích, často také volně stojící podél silnic, v zahradách a parcích.*

Výška stromu: 17 až 35 m

Barva: *běl dřeva světlá a široká, jádro žlutavé až načervenalé, později světle hnědé, díky různým barevným dílům často nerůznorodé pruhované nebo mramorované, podobné zbarvení jako olivové dřevo, nepravidelné zbarvením jádra, hranice mezi třískovinou a jádrem není vždy zřetelná*

Textura: žíhaná (T), proužkovaná (R), příčně řádkovaná (R), žilkovaná (T), velmi dekorativní

Makroskopisch: Q: Jahrringgrenze, Frühholzgefäße und Längsparenchym mit bloßem Auge wahrnehmbar, Spätholzgefäße und Holzstrahlen erst unter der Lupe deutlich; R,T: Holzstrahlen auch ohne Lupe erkennbar (R); nadelrissig im Frühholz (Holzatlas, 2000)

Mikroskopisch: Gefäße: ringporig, Frühholzporen einzeln und paarig, mehrreihig, Spätholzporen einzeln, paarig und in kurzen radialen Gruppen, spärlich verstreut, dickwandig (Holzatlas, 2000)

Bearbeitung: Mechanisch: manuell und maschinell gut bearbeitbar; Hölzer mit höherer Rohdichte neigen beim Hobeln zum Ausreißen; messer- und schälbar; Verklebung: gut, ohne Schwierigkeiten (Holzatlas, 2000)

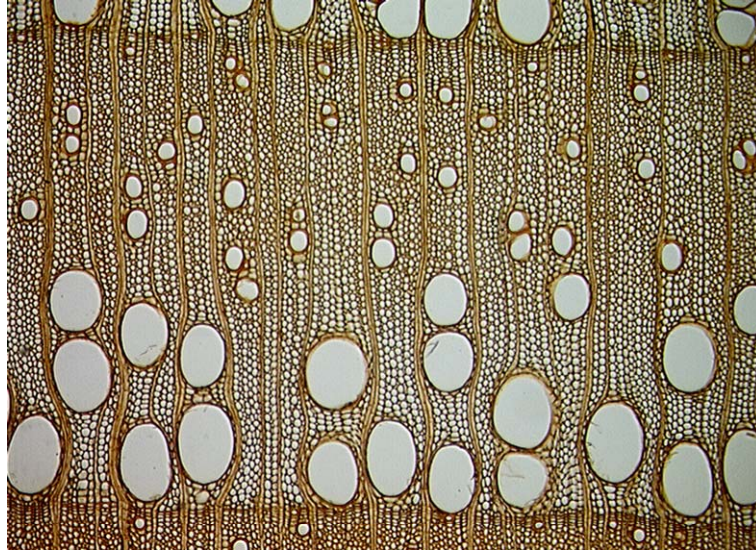
Oberflächenbehandlung: gut; beiz- und lackierbar (Holzatlas, 2000)

Verwendung: Furnierholz, insbesondere Messer- und Schälholz; Ausstattungsholz für Möbel, Vertäfelungen, Parkett; Konstruktionsholz für mittlere Beanspruchungen, vornehmlich im Innenbau: Treppen Spezialholz für Sportgeräte, Turngeräte, Stiele, Griffe. Sprossen, Fässer; im Bootsbau, Apparatebau, Maschinenbau, Fahrzeugbau, Waggonbau und Flugzeugbau; zum Drechseln und Schnitzen; Tür Biegeformteile (Holzatlas, 2000)

*Překlad autora:*

Makroskopická stavba: P: hranice letokruhů, u jarního dřeva tvar "lodky" a u letního podélný dřevní parenchym viditelný pouhým okem, dřevné paprsky rozeznatelné pouze pod lupou; R, T: Dřevné paprsky ve dřevu znatelné také bez lupy (R), o velikosti jehly v jarním dřevu

Mikroskopická stavba: Cévy: Přiřazení: kruhovitě pórovité, póry z mladého dřeva jsou samostatné, v páru nebo víceřadé. Póry v pozdním (starém, vyrostlém) dřevu jsou osamocené, v páru nebo v krátkých radiálních skupinách, nepatrně roztroušené, tlustostěnné



Obr. 3: Mikroskopická stavba jasanu v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)

Zpracování: *Mechanické: manuální nebo strojové, dobře opracovatelné, dřeviny s vyšší syrovou hustotou mají sklon se při hoblování trhat, vhodný pro dýhy řezané a loupané*

Lepení: *dobré, bez obtíží; Povrchové ošetření: dobré, dá se mořit nebo lakovat*

Použití: *jako dýha, pro loupání a řezání, dřevo na nábytek, táflování, parkety, konstrukční dřevo se středními požadavky, především v interiérech - schody; speciální dřevo na sportovní náčiní a stroje, tyče a madla, žebřiny a sudy, použití na konstrukci lodí, ve strojírenství, na vozidla, vagóny, strojovny, letadla, na soustružení, vyřezávání, na ohýbané části dveří*

### 3.1.3. Mahagon sapelli (*Entandrophragma cylindricum*)

Vorkommen: West-, Mittel- und Ostafrika; Liberia, Elfenbeinküste, Ghana, Nigeria, Kamerun, Gabun, Kongo, Angola, Zaire, Zentralafrik. Republik, Uganda; in tropischen unteren Regenwäldern, tropischen feuchten regenrünen Wäldern, überwiegend eingesprengt, meidet sumpfige oder sehr trockene Böden (Holzatlas, 2000)

Farbe: Splintholz cremefarben, grau nachdunkelnd, 3 - 8 cm breit; Kernholz blaßrosa bis hellbraun, rasch rotbraun nachdunkelnd, dabei standortbedingt sehr variabel (Holzatlas, 2000)



Textur: Gefladert (T), durch Wechseldrehwuchs gestreift bis enggestreift (R), moire, gewellt (R), drape, Eisblumenmaser, pommele (T), nadelrissig, glänzend, sehr dekorativ (Holzatlas, 2000)

*Překlad autora:*

Výskyt: *západní, střední a východní Afrika: Libérie, Pobřeží slonoviny, Ghana, Nigérie, Kamerun, Gabun, Kongo, Angola, Zair; Střední Afrika: Republika, Uganda; v tropických nižších deštných pralesech, tropických vlhkých dešťových zelených lesích, vyhýbat se bažinatým, nebo velmi suchým zeminám.*

Barva: *tříslovitá krémová barva, šedá postupně tmavnoucí od 3 až 8 cm šířky, jádrové dřevo bledé, barva růžová až světle hnědá, ale i červeno hnědá postupně tmavnoucí v závislosti na místě - velmi variabilní*

Textura: *žilkovitá (T), skrz různorodý růst pruhy široké až úzké (R), modrý efekt, vlnitá (vlnkovaná) (R), nařasená, žilky, jako od mrazíku na oknech (ledové květiny), pruhovaná až zrnitá (T), velké jehlicovité tvary, lesklá, velmi dekorativní*

Makroskopisch: Q: Zuwachszonen, Gefäße und Längsparenchym mit bloßem Auge noch wahrnehmbar, Holzstrahlen erst unter der Lupe; T: feine Querstreifung durch stockwerkartige Anordnung der Markstrahlen; R: Holzstrahlen als kleine Spiegel sichtbar (Holzatlas, 2000)

Mikroskopisch: Mikroskopisch Anordnung: zerstreut; einzeln, paarig, seltener in Gruppen (Holzatlas, 2000)

Bearbeitung: Mechanisch: gut zu sägen, hobeln, bohren, fräsen, nageln, schrauben; messer- und schälbar: beim Hobeln wechseldrehwüchsiger Flächen Schnittwinkel bis 15° (Holzatlas, 2000)

Verklebung: gut; ohne besondere Schwierigkeiten (Holzatlas, 2000)

Oberflächenbehandlung: gut; beiz-, mattier-, lackierbar; bei Polyesterlackbeschichtung können sich weiße Zellwandauf- und -einlagerungen besonders auf den Tangentialschnittflächen als »weiße Poren« unangenehm bemerkbar machen (Holzatlas, 2000)

Sonstiges: Verblauung bei Berührung mit Eisenmetallen ist möglich (Holzatlas, 2000)

Verwendung: Furnierholz, überwiegend als Messerholz für Deckfurniere: Ausstattungsholz (Furniere, Vollholz) für Möbel, Vertäfelungen, Parkett, Türen; Treppen, Handläufe, Fenster; Konstruktionsholz für Innen- und Außenbau, Fahrzeug-, Waggon-, Boots- und Schiffsbau; Rahmenkonstruktionen: Spezialholz für Musikinstrumente (z.B. Violinenböden), Intarsien, zum Drechseln und Schnitzen, Rahmen (Holzatlas, 2000)

*Překlad autora:*

Makroskopická stavba: *P: zónované dřevo, cévy/žilnatění a podlouhlý parenchym jsou ještě viditelné pouhým okem, dřevěné paprsky ve dřevě až pod lupou; T: jemné průřezové žíhání skrz vrstvené rozdělení (Markstrahlen); R: dřevěné paprsky (Holzstrahlen) viditelné jako tenká vrstva*

Mikroskopická stavba: *Mikroskopické uspořádání: rozptýlené, volné, v páru, méně často ve skupině*



Obr. 4: Mikroskopická stavba mahagonu v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)

Zpracování: *Mechanické: dobré na řezání, hoblování, vrtání, frézování, přibíjení, šroubování, krájení a loupání; při hoblování se povrchy vyznačují střídavě otočným růstem - úhel řezu je do 15°*

Lepení: dobré, bez zvláštních potíží; povrchová úprava: dobrá, moření, matování, lakování, u polyesterových lakovaných nátěrů se mohou ukládat bílé usazeniny, které mohou především na T plochách řezu vystupovat jako „bílé póry“

Další: zmodráání při kontaktu s ocelovými kovy je možné

Použití: Dýha, převážně řezaná (Messerholz), dřevo pro dekorativní dýhování, dekorativní dřevo (dýha, masiv) pro nábytek, táflování, parkety, dveře, schody, zábradlí, okna, konstrukční dřevo pro interiéry a exteriéry, pro konstrukci vozidel, vagónů, lodí, rámové konstrukce, speciální dřevo pro hudební nástroje (např. dno od houslí), intarzie (kazety), k soustružení a vyřezávání, rámy.

#### 3.1.4. Borovice lesní (Pinus sylvestris)

Farbe: Splintholz gelblich- oder rötlichweiß; 5... 10 cm breit (3...6 cm); Kernholz rötlichgelb, bis braunrot nachdunkelnd (Holzatlas, 2000)

Textur: gefladert (T), gestreift (R) dekorativ (Holzatlas, 2000)

Makroskopisch: Q: Jahrringgrenze deutlich; Übergang Frühholz-Spätholz innerhalb des Jahrringes allmählich bis deutlich; mittlere Jahrringbreite etwa 3 mm, T,R: siehe Q (Holzatlas, 2000)

Mikroskopisch: Tracheiden: Anordnung: streng radial; im Spätholz dickwandig und sich tangential verdichtend (Holzatlas, 2000)

Bearbeitung: Mechanisch: gut zu sägen, hobeln, bohren, fräsen, schleifen; optimale Schnittgeschwindigkeit etwa 33 m/s; messer- und schälbar, drechselbar (Holzatlas, 2000)

Verklebung: gut, wenn kein zu hoher Harzgehalt (Holzatlas, 2000)

Oberflächenbehandlung: mit Lasuren, Mattierungen, Lacken, Wachsen; gut; jedoch bei hohem Harzgehalt schwierig beiz- und lackierbar (Holzatlas, 2000)

Verwendung: Furnierholz; Messer- und Schälholz für Deckfumiere und Sperrholz, überwiegend für Einlagen; Ausstattungsholz für Möbel, Vertäfelungen, Verkleidungen, Türen, Fenster, Treppen, Parkett, Fußböden; Konstruktionsholz im Innen- und Außenbau, im Berg-, Schiffs- und Waggonbau, Grubenbau;

Leimholzbinder. Spezialholz für Masten und Schwellen; für die Papier- und Zellstoffindustrie, Span- und Faserplattenindustrie; für Holzwolle, Kisten und Behälter, Holzkohle, Leisten, Stangen u.a. (Holzatlas, 2000)

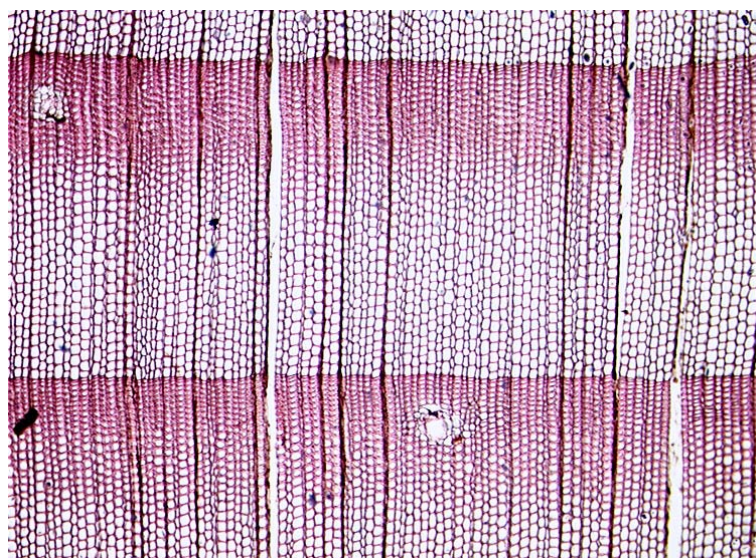
*Překlad autora:*

Barva: běl dřeva nažloutlá nebo červenobílá 5 - 10 cm široká (3 ... 6 cm), jádrové dřevo (dřeň) červeně žlutá, hnědočervená postupně tmavnoucí

Textura: žilkovaná (T), proužkovaná (R), dekorativní

Makroskopická stavba: P: letokruhy jsou jasné, přechod mezi raným dřevem a pozdním dřevem mezi letokruhy pozvolný až jasný, střední šířka letokruhů přibližně 3 cm; T, R: viz Q

Mikroskopická stavba: Tracheidy: Řazení: převážně radiální, v pozdním dřevu tlustostěnné a tangenciálně se zahušťující



Obr. 5: Mikroskopická stavba borovice v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)

Opracování: Mechanické: dobře se řeže, hobluje, vrtá, frézuje, brousí, optimální rychlost řezu asi 33 m/s, krájená nebo loupaná dýha, vhodná k soustružení

Lepení: dobré, pokud je nulový až vysoký obsah pryskyřice

Povrchová úprava: dobré pro úpravu lazurou, matováním, lakováním, voskováním, ale u vyššího obsahu pryskyřice se obtížně moří a lakuje

*Použití: dýha krájená a loupaná, jako okrasná dýha a překližka, převážně jako materiál pro vložky, dekorativní dřevo pro nábytek, táflowání, obklady, dveře, okna, schody, parkety, podlahy, konstrukční dřevo pro vnitřní a vnější stavbu, vhodné pro doly, lodě, vagóny, výkopy, kličový pojič dřeva.*

*Speciální dřevo na sloupy a prahy, pro papírnický a celulókový průmysl, třískovitý a vláknitý deskový průmysl, na dřevěnou vlnu, krabice a nádoby, dřevěné uhlí, lišty, tyče atd.*

### 3.1.5. Polyvinylacetátová lepidla (PVAC)

Jsou to lepidla vhodná pro lepení porézních materiálů na bázi dřeva. Lepené spoje dosahují rychlé pevnosti vyšší než je pevnost dřeva s vysokou pevností ve smyku a používají se tedy zejména pro montážní lepení ve výrobě nábytku, zejména při montáži kolíkových spojů, lepení spárovek, lepení DTD na tupou spáru, výrobu hraček, lepení papíru na dřevo, PUR pěny na dřevo. (Tesařová, 2009)

Velmi důležitá vlastnost u vodou-ředitelných lepidel MFT je 13°C a vyšší. Označení MFT je zkratka pro minimální filmotvornou teplotu, tedy nejnižší teplotu, při které se tvoří pevný a souvislý lepidlový film, lepidlo zasychající pod touto teplotou nevytvoří pevný film. (Tesařová, 2009)

Vodou ředitelná disperzní polyvinylacetátová (PVAC) lepidla se vyznačují vysokou pevností, krátkou dobou lisování nutnou pro vytvoření lepidlového filmu (5 - 20 min), omezenou voděvzdorností lepidlového spoje. Lepidla se vyrábí v různých modifikacích s krátkou i dlouhou otevřenou dobou. (Tesařová, 2009)

Pro montážní lepení pomocí kolíkových spojů se nanáší 120 g/m<sup>2</sup> a při lepení na tupou spáru 300 g/m<sup>2</sup> lepidla s otevřenou dobou 3 minuty. Po nanesení lepidla a vytvoření spoje se stává spoj po 5 minutách samosvorný, manipulační pevnosti nabývá po 5 - 10 minutách. Po 4 - 6 hodinách nabývá spoj 80% své pevnosti a po 24 hodinách dosahuje finální pevnosti. (Tesařová, 2009)

Tabulka 1: Třídy trvanlivosti (Tesařová, 2009)

Třída trvanlivosti	Příklady klimatických podmínek a oblastí použití
D1	Interiér, kde teplota překročí pouze příležitostně a krátkodobě 50°C a vlhkosti dřeva je maximálně 15 %
D2	Interiér s příležitostným krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody a/nebo občasnou vysokou vlhkostí vzduchu, jestliže nárůst vlhkosti dřeva nepřesáhne 18%
D3	Interiér s častým krátkodobým působením tekoucí nebo kondenzované vody a/nebo dlouhodobým působením vysoké vlhkosti vzduchu. Exteriér chráněný před působením povětrnosti
D4	Interiér s častým silným působením tekoucí nebo kondenzované vody. Exteriér vystavený povětrnosti, který je opatřený přiměřenou povrchovou úpravou

### 3.1.6. Dokončování povrchu

#### 3.1.6.1. politurováním

Vznikl v Evropě mezi 17. a 18. stoletím pod názvem francouzský finišů.

Dokončování se tvoří pomocí šelakové politury pozvolným nanášením leštící politury, z níž se po nepatrných částech usazují na povrch tuhé filmotvorné látky a vzniká tuhá a průhledná vrstvička. (Šťastný, 2011)

#### Příprava politury

Šelak pravý je produktem látkové výměny červců (*Tachardia lacca*). Z větví indických, čínských a japonských stromů (smokvoňů) sají z nich šťávy a po přeměně vylučují pryskyřičné produkty. *Laccomyces symbioticus* jsou mikroorganismy, které žijí symbioticky s těmito červci. Vlivem těchto organismů vznikají v šelaku antrachinová barviva. Při rafinaci rozpouštědly můžeme získat různé druhy šelaků, liší se obsahem vosku. Pryskyřice se může měnit obsahem kyseliny alueritinové. Šelak má dobré tepelné i elektrické vlastnosti, které těžko bude konkurovat jiná přírodní látka. (Šťastný, 2011)

#### 3.1.6.2. Olejové nátěrové hmoty

Olejové nátěrové hmoty - jsou vyráběny na bázi přírodních olejů, kombinovaných s různými druhy pryskyřic. Barvy obsahují pigmenty a plnidla. Do této skupiny patří olejové laky, olejové emaily, fermežové barvy a fermeže. Olejové barvy mají dobrou odolnost povětrnostním vlivům, vyznačují se dlouhou životností. Jediná nevýhoda je delší doba zasychání. (n-i-s)

Tvrký voskový olej je ekologicky čistý a zaručuje interiéru nezávadnost. Vsakuje hluboko do dřeva, které impregnuje. Netvoří žádný tvrdý film, kterému by za nepříznivých tepelných podmínek hrozilo popraskání či dokonce odlupování. Voskový olej se nanáší štětcem a přibližně po osmi hodinách zasychá. Při údržbě podlahy ji stačí jednou za půl roku či za rok (podle stupně namáhání) napustit novou vrstvou oleje a přešetřit. Pokud dojde k poškození povrchu, stačí plošku přebrousit a navoskovat. (Technický list, online, 2015)

Fyzikální vlastnosti tvrdého voskového oleje:

Specifická hmotnost.....	0,88 – 0,95 g/cm <sup>3</sup>
Viskozita.....	> 70 s (DIN EN ISO 2431/3 mm, tixotropní)
Zápach.....	slabý, jemný, po vytvrzení bez zápachu
Bod vzplanutí.....	35 – 52 °C (DIN EN ISO 3719)

### 3.2. Akustika dřeva

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. Akustické vlastnosti jsou vyjadřovány schopností materiálu utlumit, vést nebo zesílit zvuk. Zvukem se nazývá mechanické vlnění prostředí, které vnímáme sluchovým orgánem jako zvukový vjem. Jeho vnější příčinou je uspořádaný kmitavý pohyb molekul hmotného prostředí přenášený působením sil, kterými molekuly na sebe vzájemně působí. Zvuk se proto šíří jen v hmotném prostředí. Subjektivně se dají zachytit zvukové vlny s frekvencí 16-20.000 Hz. Zvuk jako mechanické vlnění může být charakterizován vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí a rychlostí šíření zvuku. Zvuk se šíří rychlostí  $c$ , která závisí na frekvenci  $f$  a vlnové délce  $\lambda$  podle vztahu  $c = \lambda f$ . (Horáček, 2001)

#### Šíření zvuku ve dřevě

V pružném prostředí – pevných látkách a tekutinách – jsou částice mezi sebou vázány nebo na sebe působí při vzájemných srážkách. Tyto vazby způsobují, že kmitání částic se v kontinuu přenáší a dochází k šíření mechanického vlnění,

keré je doprovázeno vznikem elastických vln. Znalost šíření elastických vln v materiálu má značný význam jak pro hodnocení dynamické odezvy při zatěžování, tak i pro popis kmitů různých konstrukčních prvků. (Horáček, 2001)

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

$$c_1 = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

(11.7b)

Z rovnice (11.7b) 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 tab.11.1. (Horáček, 2001)

Tabulka 2: Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě

Druh dřeva	$\rho$ (kg.m <sup>-3</sup> )	Modul pružnosti $E$ (MPa)		Rychlost zvuku $c$ (m.s <sup>-1</sup> )		$c_{  } : c_{\perp}$
		s vlákny	$\perp$ na vlákna	s vlákny	$\perp$ 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

Tab.11.1: Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě některých dřevin (podle Kollmanna a Côté 1968).

Rezonancí dřeva nazýváme schopnost dřeva zesilovat zvuk bez zkreslení. Rezonanci můžeme určit některou z nedestruktivních metod, které stanovují pružné a plastické charakteristiky dřeva na základě přímého nebo nepřímého měření rychlosti šíření pružných vln ve dřevě. V tělese tvaru tyče tak můžeme vyvolat podélné, příčné nebo torzní kmitání (vibrace). Pro každou část dřeva pak existují odpovídající frekvence kmitání, při kterých vzniká maximální deformace tělesa. Tyto frekvence jsou funkcí rozměrů tělesa, jeho hustoty, pružných vlastností, vlhkosti a teploty tělesa, a tvaru kmitání. (Horáček, 2001)



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

E – dynamický modul pružnosti

K – akustická konstanta

q – hustota

Za rezonanční dřevo považujeme takové, které vykazuje dobré rezonanční vlastnosti a používá se na výrobu rezonančních desek hudebních nástrojů. Typickými rezonančními dřevy jsou dřeva jehličnanů, a to zejména smrk. Rozhodujícími anatomickými zvláštnostmi rezonančního smrku není ani tak šířka letokruhu (doporučeno 1-4 mm), ale především podíl letního dřeva v letokruhu, který by se měl optimálně pohybovat v rozmezí 5-20%. Produkce rezonančního dříví je tedy podmíněna převážně růstovými podmínkami, méně již pěstebními zásahy. Mezi bělovým a vyvrálým dřevem se z hlediska akustických vlastností neprokázal významný rozdíl. Akustická konstanta se snižuje s rostoucí hustotou, proto se nevhodně projevuje vliv např. reakčního dřeva. (Horáček, 2001)

Za rezonanční se považuje takové dřevo, jehož akustická konstanta  $K > 12$  ( $\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Akustické konstanty některých dřevin jsou uvedeny v tab.11.2. Akustická konstanta  $K$  je závislá na hustotě dřeva a modulu pružnosti, proto je výrazně ovlivňována zejména anatomickou stavbou (točitost vláken) a vnitřními napětími vzniklými během sušení dřeva. Vnitřní výsušné trhliny rezonanční vlastnosti dřeva výrazně snižují. (Horáček, 2001)

Dynamický podélný modul pružnosti  $E_D$  je v příslušném směru určen vztahem:

$$E_D = q \times c^2$$

kde:  $q$  = objemová hmotnost (hustota) materiálu

$c$  = rychlost šíření zvuku dřevem v daném směru

Rychlost  $c$  je určena na základě podélných kmitů prizmatického tělesa:

$$c = 2 * L * f$$

kde: L = délka tělesa

f = frekvence podélného kmitání

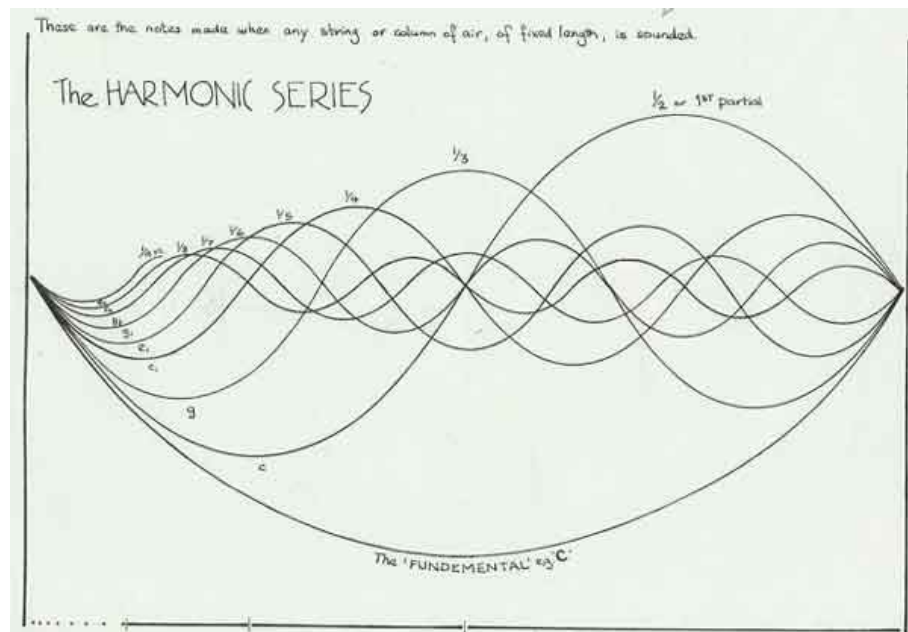
(Ing. Jan Tippner, osobní sdělení, cvičení, Mendelu 2017)

Definice harmonické řady:

The harmonic series is sometimes known as the *chord of nature*, because it's not cultural in origin; it's a phenomenon of nature. Any tone, whether coming from a musical instrument or not (e.g., pinging a wine glass), consists of a fundamental plus a batch of overtones that are always related to the frequency of the fundamental as integer multiples of the fundamental. (oberton.org, online, 2015)

*Překlad autora:*

*Harmonická řada je známá jako „akord přírody“, protože není kulturního původu, je to přírodní jev. Jakýkoli tón, ať už pochází z hudebního nástroje, nebo ne (např. cvrknání na sklenici vína), sestává ze základního tónu plus dávky podtónů, které vždy souvisejí s posloupností násobků základní frekvence.*



Obr. 6: Harmonická řada strunného nástroje při ladění C

## **4. Metodika práce**

### **4.1. Metodika výroby vířivého bubnu**

Tato kapitola se zabývá metodikou výroby bubnu z vertikálních bloků z třešňového dřeva. Všechny následující operace je nutné provést v souladu z BOZP a PO.

#### **4.1.1. Výběr materiálu**

Při výběru materiálu je nezbytné hledět v první řadě na akustické vlastnosti a fyzikální vlastnosti dřeva. Dále na mechanické vlastnosti, ale také na estetické vlastnosti. Přímo ve skladu řeziva hledíme na kvalitu materiálů. Nežádoucí jsou suky, oděrky, jiné zbarvení dřeva než je typické apod. Protože sklady řeziva bývají v zakrytých halách a v kontaktu s vnějším prostředím, je dobré dřevěnou fošnu před zpracováním nechat pár dnů uskladnit v truhlárně v pokojové teplotě, aby se vyrovnala vnitřní vlhkost a nedošlo k defektům způsobeným rozdílem vlhkostí. (Beran, 2017)

#### **4.1.2. Příčné dělení**

Tento krok se u výroby bubnu provádí kvůli lepší manipulaci se dřevem při práci s oboustrannou frézku. Příčné dělení je nutné provést formátovací pilou s předřezovým kotoučem, aby nedošlo k nežádoucímu odštěpení třísky. Je požadováno dostatečné naostření nástroje. U řezání roztroušeně pórovitých dřev je dobré používat ochranu dýchacích orgánů, jako například filtrační polomasku určenou pro jemné částice prachu. (Beran, 2017)

#### **4.1.3. Oboustranné frézování**

U oboustranného frézování se egalizuje povrch. Odstraní se tak znečištěná povrchová vrstva a drobné oděrky po nešetrné manipulaci na skladě řeziva. Frézováním se také dostane na požadované tloušťky. Se zvyšováním otáček stroje, zmenšujeme rádius vlnky úběru a povrch je tak hladší a připravený na další opracování. (Beran, 2017)

#### **4.1.4. Podélné dělení**

Tento krok vyžaduje vysokou přesnost. Přesnost seřízení stroje, aby odchylka rozměrů bloku byla minimální. Přesnost měření při zkušebním vzorku po

zkušební řezu a přesnost šířky lamely. Všechny tyto kroky jsou nutné kvůli sesazení korpusu bubnu. (Beran, 2017)

#### 4.1.5. Příčné dělení

Příčné dělení probíhá na formátovací pile s předřezovým kotoučem. Lamely se krátí na rozměr pro sesazení korpusu bubnu pod úhlem 30 °. (Beran, 2017)

#### 4.1.6. Zkouška sesazení

Při sesazování korpusu bubnu je potřeba jednotlivé bloky očíslovat a roztřídit podle kresby letokruhů. Důležitý je i výběr bloků. Viditelná struktura dřeva vnější části bloků bude následně tvořit vzhled nástroje. Pro výrobu bubnu by mělo být použito 20 nejlepších bloků bez vad a nevzhledných textur dřeva. Před lepením spáry řádně očistíme od mastnot a prachu.

#### 4.1.7. Tvorba přípravku

Přípravek slouží dvojímu účelu, a to pro lepení, aby byl po vložení dvacetihraného přípravku zajištěn symetrický tvar a následně při soustružení, kdy střed přípravku tvoří střed osy otáčení pro opracování.

Pro výrobu přípravku je dobré použít moderní technologii. Lze například využít metody návrhu geometrie bubnu v grafickém programu (např. AutoCAD) a výstup vytisknout pomocí plotru. Návrh takto snadno přeneseme v měřítku do skutečnosti a ušetříme značné množství práce při výpočtech. Přípravek by měl být z pevného materiálu, který vydrží ubírání materiálu při soustružení. Grafika na papíře je nalepena na pevný materiál a nechá se dostatečně zaschnout. Po zaschnutí se materiál ořízne na formátovací pile dle grafiky. Případně je možné zabrousit na čelní kotoučové brusce.

#### 4.1.8. Nános lepidla

Pro výběr lepidla je dobré zjistit, jaká je jeho plošná pevnost a jaké vlastnosti bude vykazovat při aplikaci. U překližovaných materiálů, kde není kladen takový důraz na plošnou pevnost, to bývají lepidla na bázi formaldehydu. Nejčastěji močovino-formaldehydová, fenol-formaldehydová nebo melamin-formaldehydová lepidla. Záleží pak na typu využití a požadovaných vlastnostech. U nábytku z masivního dřeva a tedy i u výroby bubnu z vertikálních bloků jsou to lepidla s požadovanou větší pevností na plochu. Hojně se tak využívají termoplastická

lepidla jako např. polyvinylacetátová lepidla (PVAC). Podle namáhání, vzhledem k vlhkosti prostředí je lze rozdělit do skupin od D1-D4. (Beran, 2017)

Lepidlo o požadovaných vlastnostech je nanášeno na připravené a seřazené bloky. Nanášeno je pouze na jednu ze dvou hran, aby lepidlo zbytečně nevytékalo a aby došlo k pevnému spoji. Celý proces by neměl trvat více než několik minut vzhledem k otevřené době lepidla, a proto je dobré mít veškeré pomůcky připravené předem. Aby byl buben pravidelně kruhový, vsadíme do středu bubnu vyrobený přípravek a poté ho obepneme popruhem a popruh dotáhneme. Je potřeba dosáhnout dostředivé síly. Tuto sílu zajistí dva stahovací popruhy, které se obtočí po vnějším obvodu korpusu bubnu. Délka vytvrzení lepidla se u jednotlivých výrobců lepidel liší, proto je dobré postupovat dle návodu na obalu lepidla. Přípravek necháme uvnitř bubnu v celém průběhu lepení.

#### 4.1.9. Příprava před soustružením

Aby se nepoškodil vnitřní vzhled bubnu, je nutné nejprve narýsovat rozložení otvorů pro kování. Do těchto bodů pak lze uchytit přípravek pro soustružení přes plastové spojovací rohy, aniž by později byl vidět na těle bubnu. Otvor pro uchycení přípravku bude ve stejné poloze jako budoucí kování (mušle bubnu). (Beran, 2017)

Přípravek pro lepení je také určen pro uchycení korpusu do soustruhu. Ve středu přípravku je vyvrtána díra, do které lze uchytit sklíčidlo soustruhu. Je nutné být při vrtání přesný, aby nedošlo k excentrickému obrábění korpusu. Proto je lepší použít nejprve menší vrták a až poté větší vrták s pilovou vrtací korunkou. Takto upravený přípravek lze upnout do sklíčidla a začít soustružit korpus bubnu.

#### 4.1.10. Soustružení

Soustružení chce pečlivou přípravu. Musíme zajistit, aby se korpus po upnutí otáčel rovnoměrně. Aby se nijak neviklal, ani se nijak excentricky netočil. Když je zajištěna symetrie při otáčení, je možné se pustit k prvnímu úběru třísky. Ostrým soustružnickým nožem se ubírá vždy zprava doleva. Ovšem pokud je k dispozici nástroj s oboustrannou čepelí nože, je možné ubírat v obou směrech. Nožem lze ubírat tloušťku nahrubo. Je nutné nechat dostatečnou rezervu tloušťky na broušení povrchu. (Beran, 2017)

#### 4.1.11. **Strojní broušení vnějšího povrchu**

K broušení povrchu je nejprve dobré si k soustruhu připravit dostatečnou škálu hrubosti brusných papírů. U brusných papírů je hrubost dána zrnitostí. To znamená, že čím větší zrnitost brusného papíru, tím menší hrubost. Na začátek broušení se volí menší zrnitosti, hrubější brusné papíry. Např. 150-180. Hladšího povrchu je možné dosáhnout brusnými papíry zrnitosti 240 nebo 320. (Beran, 2017)

#### 4.1.12. **Vrtání pro kování**

Umístění otvorů vrtaných po celém obvodu těla bubnu se situuje tak, aby žádný z otvorů nebyl na lepené spáře dvou vertikálních bloků. Tento krok nám zajistí lepší odolnost proti poškození při pádu nástroje. Rozteč otvorů pro vrtání je dána roztečí závitů na mušlích. Každé dvě protilehlé mušle jsou umístěny na pomyslné přímce, která prochází přes střed bubnu. Další mušle jsou potom umístěny v pravidelném rozložení po obvodu bubnu podle počtu mušlí. (Beran, 2017)

#### 4.1.13. **Povrchová úprava**

##### **4.1.13.1. Šelaková politura**

Šelak je jedna z nejhezčích povrchových úprav dřeva. Zvýrazní texturu dřeva a přidá mu zlatavý barevný tón. Také je to jedna z nejdražších povrchových úprav a je náročná na zručnost. Právě díky těmto vlastnostem se šelak používá v restaurátorství a při výrobě hudebních nástrojů. (Beran, 2017)

Nejprve je potřeba připravit šelakovou polituru. Šupiny šelaku se v poměru 1:2 smíchají s rozpouštědlem. Poté začne proces rozpouštění šupin. Tento proces by se měl odehrávat v uzavřené nádobě, aby se těkavé rozpouštědlo neodpařilo. V praxi se nechává šelak rozpustit přes noc v pokojových podmínkách. Ráno je dobré ještě před nanášením polituru promíchat a procedit přes čistou látku, aby v nanášené polituře nebyly hrudky nerozpuštěného šelaku. (Beran, 2017)

Před samotným nanášením je nutno povrch zbavit prachu a nečistot. Povrch nesmí být před nanášením mokrá. Šelaková politura by se zakalila do šeda. (Beran, 2017)

K nanášení šelakové politury je potřeba vyrobit polnou, kterou se šelaková politura nanáší. První vrstva šelaku je vtírána kruhovými pohyby do dřeva. Šelak na dřevu zasychá velmi rychle, a tak po dokončení plochy lze začít nanášet další

vrstvu šelaku. Krouživými pohyby se nanáší druhá vrstva šelaku a zároveň leštíme a hladíme první vrstvu. Ve chvíli, kdy šelaková politura začíná hrudkovatět, je nutné nechat nanesené vrstvy přibližně hodinu odležet. Tento proces se opakuje až chvíle, kdy má povrch dostatečný film. Proces se zakončí otřením plochy čistým lihovým ředidlem ve směru textury dřeva. (Beran, 2017)

#### **4.1.13.2. Tvrdý voskový olej**

Před povrchovou úpravou voskovým olejem je nutné dát zvláštní pozornost přípravě surového povrchu. Protože voskový olej netvoří film, ale pouze podtrhuje texturu dřeva, jsou při špatné přípravě povrchu vidět nerovnosti, zbytky lepidla, nečistoty anebo při použití hrubších brusných papírů i směr broušení. Povrch nesmí být vlhký. Nanášení se provádí štětcem ve směru vláken. Následně se nechá povrch vyschnout. Dřevo je voskovým olejem impregnováno a chráněno před mechanickým poškozením. Voskový olej časem vysychá a pro udržení ochrany dřeva je potřeba natírat dalšími vrstvami každé 2-3 roky dle namáhání povrchu.

#### **4.1.14. Kompletace bubnu**

Přibližně jeden den od nánosu povrchové úpravy je možné na tělo korpusu opět osadit kování. Nejprve se na tělo bubnu přišroubují mušle a mechanika pro struník. Dále se osadí spodní rezonanční blána, ke které se přiloží spodní ráfek tak, aby otvory ráfku byly v místě struníkové mechaniky, a dotáhne se šrouby. Poté se na spodní blánu osadí struník a plastové pásky struníku se uchyťí do struníkové mechaniky. Při montáži horní blány se postupuje obdobně. Nyní stačí hotový buben jen naladit. (Beran, 2017)

### **4.2. Metodika testování akustiky**

#### **4.2.1. Přípravky a pomůcky pro akustickou zkoušku**

Pro zajištění stejných úderů byl vyroben padací mechanismus. Jeho výška činí 680 mm, šířka základny je 380 mm. Na mechanismus je použita palička určena pro hraní na bicí soupravu. Palička značky Vater, typ A5, materiál hickory (ořech bílý) délky 406 mm, průměr paličky 14,5 mm. Palička byla provrtána 25 mm od širšího konce vrtákem průměru 4 mm a následně byla skrze konstrukci a otvor paličky provlečena ocelová tyčka, která byla na koncích ohnuta. Palička je volně spuštěna z vertikální polohy, špička paličky následně samospádem narazí na střed blány testovaného bubnu.



*Obr. 7: Padací mechanismus (archiv autora)*

Aby nebyly naměřené informace zkresleny stojanem, byl buben upnut pomocí provázku k dřevěnému rámu. Rozměry rámu jsou 680 x 550 x 750 mm. Buben byl do rámu uchycen 30 mm pod horní hranu rámu. Vzdálenost mikrofonu od blány byla 100 mm. Padací mechanismus je nastaven, tak aby konec paličky udeřil na střed bubnu. Palička během pokusu nesmí udeřit do mikrofonu, jinak budou data zkreslena. Aby nedocházelo k opakovanému dopadu paličky na blánu je potřeba po prvním odrazu zastavit paličku rukou.



*Obr. 8: Upnutí bubnu k dřevěnému rámu, instalovaný padací mechanismus (archiv autora)*



#### 4.2.2. Postup měření akustické zkoušky:

##### 4.2.2.1. Osazení kování a blan na tělo bubnu

O tomto více v části 4.1.14 Kompletace bubnu.

##### 4.2.2.2. Naladění bubnu

Buben má být naladěn tak, aby tlak napětí blány byl stejný po celém obvodu bubnu, nejen v blízkosti ladících šroubů. Pro zjištění tlaku blány se používají analogové či digitální ladičky na napnutí blan bubnů. Tato ladička je určena pro praktické použití zjištění tlaku napětí a má škálu od 0 - 100. Protože zvuk bubnů není dogma a každý hráč ho vnímá trochu odlišně, ani ladění není dané. Doporučené ladění pro vířivé bubny je na hodnotu 85 úderová blána a 82 rezonanční blána na spodu bubnu.



Obr. 9: Proces ladění bubnu (archiv autora)

##### 4.2.2.3. Upevnění bubnu do konstrukce rámu

Buben je upevněn provázky za vyrobený rám (viz. 4.2.1), takto upevněný buben při akustické zkoušce nepřijímá zkreslující vibrace, které by při běžném hraní mohly být zanedbatelné. Při experimentu je potřeba dosáhnout co největší

přesnosti měření. Jen takto lze určit, jaký vliv na akustické vlastnosti má přímo materiál, ze kterého je buben vyroben.

#### **4.2.2.4. Nastavení padacího mechanismu**

Padací mechanismus (viz.4.2.1) je nastaven tak, aby při spuštění nenarazil do snímajícího mikrofonu, aby se nezachytil o provázky, které drží buben, aby při spuštění nepřenesl vibrace do rámu a tím nerozkmital buben a hlavně aby hlavička paličky mířila do středu blány - tedy asi 177 mm od kovového ráfku.

#### **4.2.2.5. Nastavení mikrofonu**

Mikrofon je uchycen do samostatného stojanu na mikrofon. Umístění mikrofonu je mírně excentrické, aby padací mechanismus nezasáhl hlavu mikrofonu. Hlava mikrofonu je ve výšce 100 mm nad úderovou blánou.



*Obr. 10: Instalace snímacího zařízení - mikrofonu (archiv autora)*

#### **4.2.2.6. Příprava software**

Nejdříve byl do PC nainstalován driver pro zvukovou kartu. Následně byl nainstalován freeware program Audacity, který zvuk ze zvukové karty přepíše na data. Pro lepší čitelnosti dat můžou být data upravena efektem programu „normalizovat“. Tento efekt poměrově zvýší všechny naměřené hodnoty k 1;-1 a frekvence je tak čitelnější. Pozor, data jsou srovnatelná, pokud tento efekt použijeme u všech testovaných bubnů. Měření proběhlo v kmitočtu projektu 44100 Hz.

Při kreslení spektra pomocí rychlé Fourierovi transformace (FFT) se nastaví funkce na kreslení „Hann window“ a velikost měřítka na 8192. Takto připravená data lze vyexportovat do dokumentu TXT a následně převést do programu Microsoft Excel. Tento krok provádíme až při práci s daty, která jsou nasnímána z úderu při dodržení postupu testování.

#### **4.2.2.7. Testovací úder**

Při testovacím úderu uvidíme, zda mikrofon, zvuková karta a software spolu komunikují a jestli test ukazuje data, které odpovídají teorii. Pokud spolu komunikují, můžeme se pustit do ostrého snímání. Pokud ne, je možné ještě nastavit citlivost mikrofonu potenciometrem na zvukové kartě.

#### **4.2.2.8. Snímání úderů**

Celkem byly zaznamenány tři údery do každého bubnu a uloženy do archivu pro další zpracování.

Akustická zkouška byla provedena v místnosti se sníženým dozvukem. Stěny a strop místnosti jsou obloženy akustickými panely z minerální vaty. Takto upravená místnost slouží ke snížení rušivých ozvěn a přeslechů. Podlahu místnosti tvoří keramická dlažba. Dveře místnosti jsou pobity palubkami. Data naměřena v takovém prostoru jsou čitelnější. Dozvuk místnosti byl teoreticky vypočítán na 170 ms pomocí kalkulátoru dozvuku založeného na výpočtu dozvuku dle Sabineho vzorce. Kalkulátor byl pro studijní účely poskytnut společností LIKO-S a.s..

Hardware: K měření akustické zkoušky byl použit notebook HP Pavilion 6. Ke snímání zvuku posloužil mikrofon Shure SM57, který byl propojen kabelem s konektorem xlr f+ JACK 6,3 mm skrze zvukovou kartu Focusrite Scarlett 18i20 – 2 generace a stabilizátor napětí ART PB 4x4 do notebooku. Zvuková karta s notebookem byla propojena pomocí USB.

Software: Pro zachycení zvukové stopy jednotlivých úderů byl použit open-source program Audacity. Driver pro komunikaci PC se zvukovou kartou. Pro zpracování dat byl použit textový dokument a pro převod do podoby grafu posloužil program Microsoft office. Další grafické úpravy probíhaly ve studentské verzi programu AutoCAD.

### 4.3. Teoretické výpočty

#### 4.3.1. Výpočet dynamického modulu pružnosti

Vzorečky pro výpočet:

$$E_D = \rho \times c^2$$

kde:

$E_D$  – dynamický modul pružnosti (MPa)

$\rho$  - objemová hmotnost (hustota) materiálu (kg/m<sup>3</sup>; w=12-15%)

$c$  - rychlost šíření zvuku dřevem v daném směru (m/s)

$$c = 2 \times L \times f$$

kde:

$c$  - rychlost šíření zvuku dřevem v daném směru (m/s)

$L$  – délka tělesa (m)

$f$  – frekvence podélného kmitání (ms)

Vzhledem ke stejným rozměrům všech testovaných bubnů je rychlost šíření zvuku u všech vzorků stejná.

#### Výpočet rychlosti šíření zvuku

$$c = 2 \times 0,354 \times 6$$

$$c = 4,248 \text{ m/s}$$

### Výpočet dynamického modulu pružnosti:

Střemcha pozdní	Jasan ztepilý
$E_D = \rho \times c^2$ $E_D = 580 \times 4,248^2$ $E_D = \underline{10\ 466}$	$E_D = \rho \times c^2$ $E_D = 690 \times 4,248^2$ $E_D = \underline{12451}$
Mahagon sapelli	Borovice lesní
$E_D = \rho \times c^2$ $E_D = 650 \times 4,248^2$ $E_D = \underline{11729}$	$E_D = \rho \times c^2$ $E_D = 510 \times 4,248^2$ $E_D = \underline{9203}$

#### 4.3.2. Výpočet akustické konstanty

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

kde:

K = akustická konstanta

$E_D$  – dynamický modul pružnosti

$\rho$  - objemová hmotnost (hustota) materiálu

### Výpočet akustické konstanty

Střemcha pozdní	Jasan ztepilý
$K = \sqrt{\frac{E_D}{\rho^3}}$ $K = \sqrt{\frac{10460}{195112000}}$ $K = 0,0073 \cdot 1000$ $\underline{K = 7,3}$	$K = \sqrt{\frac{E_D}{\rho^3}}$ $K = \sqrt{\frac{12451}{328509000}}$ $K = 0,0062 \cdot 1000$ $\underline{K = 6,2}$
Mahagon sapelli	Borovice lesní
$K = \sqrt{\frac{E_D}{\rho^3}}$ $K = \sqrt{\frac{11729}{274623000}}$ $K = 0,0065 \cdot 1000$ $\underline{K = 6,5}$	$K = \sqrt{\frac{E_D}{\rho^3}}$ $K = \sqrt{\frac{11466}{132651000}}$ $K = 0,0093 \cdot 1000$ $\underline{K = 9,3}$

## 5. Výsledky

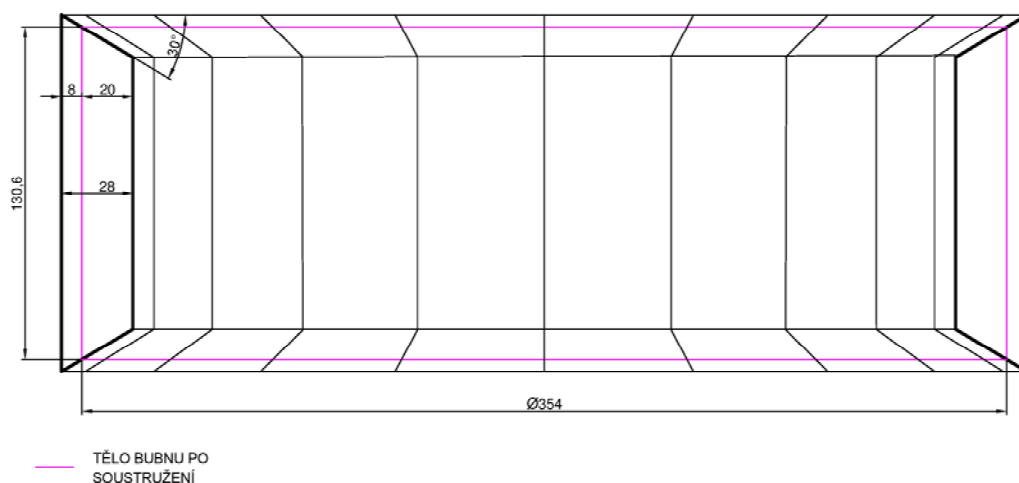
### 5.1. Výroba bubnu

#### 5.1.1. Vývoj

Výroba bubnů stejně jako u nábytku ustupuje trendu „dělat věci sériově a levně“. U nábytku tím trpí materiály, konstrukce a v neposlední řadě estetika výrobku. Neblahý vliv má do jisté míry i funkčnost nábytku. U výroby malých vířivých bubnů to není jinak. Zásadní rozdíl mezi výrobou nábytku a výrobou bubnů je ten, že tímto trendem trpí funkčnost bubnu. Především zvuk. Výrobou tohoto hudebního nástroje z vertikálních bloků se otevírá nová škála zvuků. A je tedy nasnadě tuto oblast lépe popsat. (Beran, 2017)

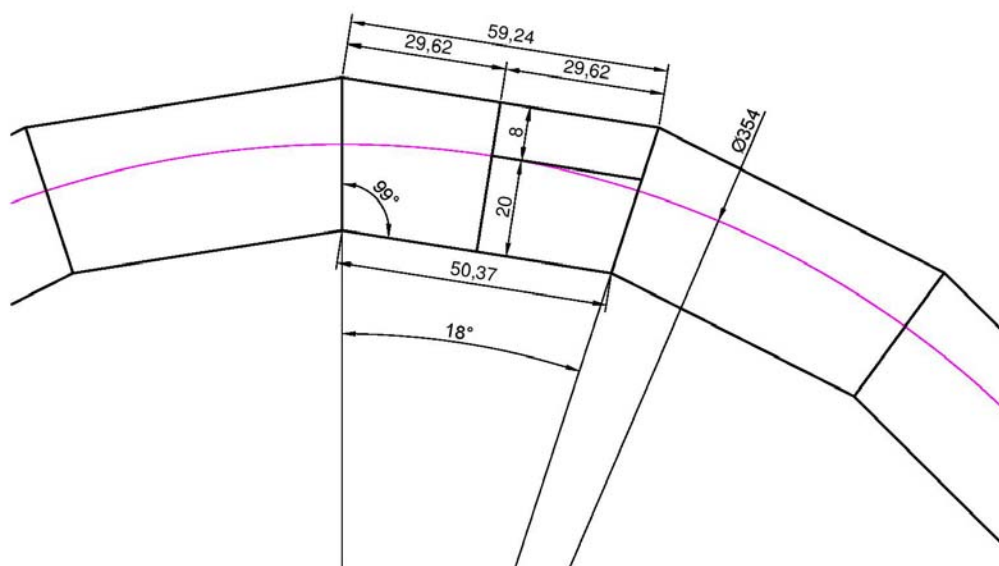
#### 5.1.2. Navržení bubnu

Konstrukce korpusu těla bubnu je kruhová a vychází z dvaceti symetrických vertikálních bloků. Průměr bubnu je daný průměrem skruží blan, které se na něj později osazují. Protože blány jsou normalizovaný sériový výrobek, je důležité se tohoto průměru držet. V tomto případě je to blána na 14-ti palcový buben, tedy asi 354 mm. (Beran, 2017)



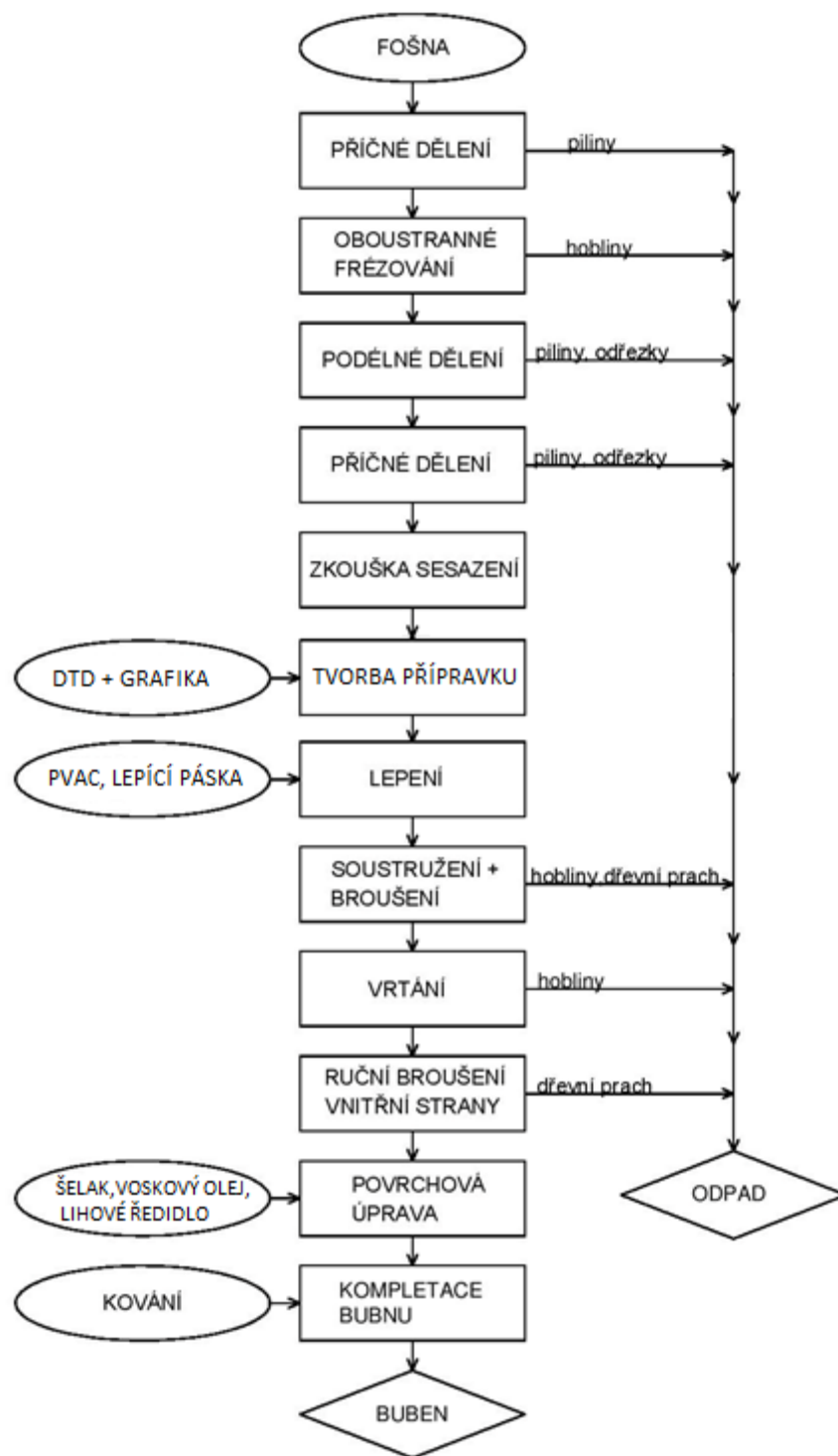
Obr. 11: Návrh bubnu z vertikálních bloků - řez (archiv autora)

Tvar vertikálního bloku nám udává budoucí vlastnosti bubnu. Je třeba věnovat této části návrhu dostatečnou pozornost. Výška vertikálního bloku bude udávat nejen výšku samotného bubnu, ale také délku zvuku. Šířka je dána konstrukcí bubnu, tedy průměrem 354 mm. Tloušťka vertikálního bloku ovlivňuje relativní tónovou výšku. U tloušťky bloku je nutné počítat s větším průměrem, aby zde byl materiál pro úběr soustruhu. (Beran, 2017)



Obr. 12: Návrh bubnu z vertikálních bloků – detail vertikálního bloku (archiv autora)





Obr. 13: Blokové schéma výroby bubnu z vertikálních bloků (archiv autora)

### 5.1.3. Výběr materiálu

#### 5.1.3.1. Dřevo k výrobě bubny

Jako zástupce kruhovitě pórovitých listnáčů byl vybrán jasan ztepilý, který má vysoký modul pružnosti v poměru s hustotou dřeva. Vzorek mezi kruhovitě pórovitými a roztroušeně pórovitými listnáči je střemcha pozdní (vyrobena v průběhu bakalářské práce), která je doporučena pro výrobu hudebních nástrojů v nejedné literatuře. Jako roztroušeně pórovitý a zároveň exotický zástupce byl vybrán mahagon sapelli a pro větší variabilitu výsledků byl do testovaných vzorků zařazen i zástupce jehličnanů - borovice lesní. Borovice lesní má oproti ostatním testovaným vzorkům odlišnou stavbu dřeva a má ze všech vzorků nejmenší hustotou dřeva.

Všechny fošny byly nakoupeny v sortimentu kolem 2500 mm a tloušťky od 33 až 38 mm. Střemcha pozdní se skrývá pod obchodním názvem american cherry a sapelli se skrývá pod názvem mahagon, nebo mahagon sapelli, i když to není přímý zástupce mahagonů, ale patří mezi druhy rodu Entandrophragma.



Obr. 14: Fošny – jasan ztepilý (na obr. umístěný nahoře), mahagon sapelli (archiv autora)

### 5.1.3.2. Kování

Bylo zvoleno kování od belgického výrobce Stagg. ráfek Stagg KT314-8, spodní ráfek Stagg KS314-8, napínák strunění Stagg SM-30, struník - dvacetistrunný Stagg SW420A, držák struníku SB-51, 16 x šroub 50,8 mm Stagg 4B-HP a 8 x mušle pro snare Stagg 1C-SR-HP. (Beran 2017)



Obr. 15: Kování bubnu (archiv autora)

### 5.1.3.3. Blány

Jako spodní, rezonanční blána byla vybrána čirá blána REMO Ambassador 14“ SA-0114-00. Horní úderová strana byla osazena pískovanou blánou REMO Ambassador 14“ BA-0114-00.

### 5.1.4. Příčné dělení

Příčné dělení bylo provedeno formátovací pilou Maršalský, typ MFP NP 2950. Fošna byla rozdělena na 4 stejné části tak, aby se z každého dílu daly vymanipulovat 4 vertikální bloky a redukoval se tak odpad. Fošna 2500 mm se rozdělila na 4 díly o délce 620 mm s prořezem pily. (Beran, 2017)



*Obr. 16: Příčné dělení č. 1 (archiv autora)*

#### **5.1.5. Oboustranné frézování**

Na oboustranné frézce proběhla egalizace povrchu. Z fošny původní tloušťky 33mm se postupným frézováním vymanipulovala opracovaná fošna o požadované tloušťce 28mm. Tato síla materiálu umožní nejen dostatečný prostor pro úběr soustruhu, ale také je u takto tlustého bloku snadné zafrézování drážky pro lamely. (Beran, 2017)



*Obr. 17: Oboustranné frézování (archiv autora)*

### 5.1.6. Podélné dělení

Podélné dělení bylo opět provedeno na formátovací pile Maršalský, kterou bylo potřeba přenastavit z polohy pilového kotouče  $0^\circ$  na  $9^\circ$ . Podélným řezem zrcadlově po obou stranách dostaneme úhel  $18^\circ$ . Nastavení pily musí být přesné a šířku lamely je třeba kontrolovat posuvným měřidlem. Kdyby rozměr nebyl 59,24 mm, nebylo by možné sesadit korpus bubnu. (Beran, 2017)



Obr. 18: Podélné dělení (archiv autora)

### 5.1.7. Příčné dělení

Lamely o délce 620 mm je potřeba pod úhlem  $30^\circ$  zkrátit na délku 140 mm. Opět je tedy nutné přenastavit formátovací pily z  $9^\circ$  na  $30^\circ$ . Tento úhel vertikálního bloku se řeže pro malou stykovou plochu dřeva s blánou. Tím dosáhneme rovnoměrného rozeznění blány při úderu. (Beran, 2017)



*Obr. 19: Příčné dělení č. 2 (archiv autora)*

Jednotlivé bloky jsou roztříděny podle směru letokruhů v příčném řezu. Bloky jsou skládány podobně jako u spárovky. Takto seřazené bloky jsou očíslovány od 1 do 20, aby nedošlo při sesazení bloků k záměně. Je vhodné bloky očíslovat na vnější straně korpusu. Tato strana bude později soustružena. Očíslované a očištěné bloky jsou dle pořadí vyrovnány na lepicí pásku připravenou ve dvou řadách na pracovním stole. Bloky jsou kladeny pečlivě, protože případné nerovnosti jsou vidět na finálním tvaru. Takto je korpus bubny připraven na lepení.



*Obr. 20: Zkouška sesazení (archiv autora)*

### 5.1.8. Lepení bubnu

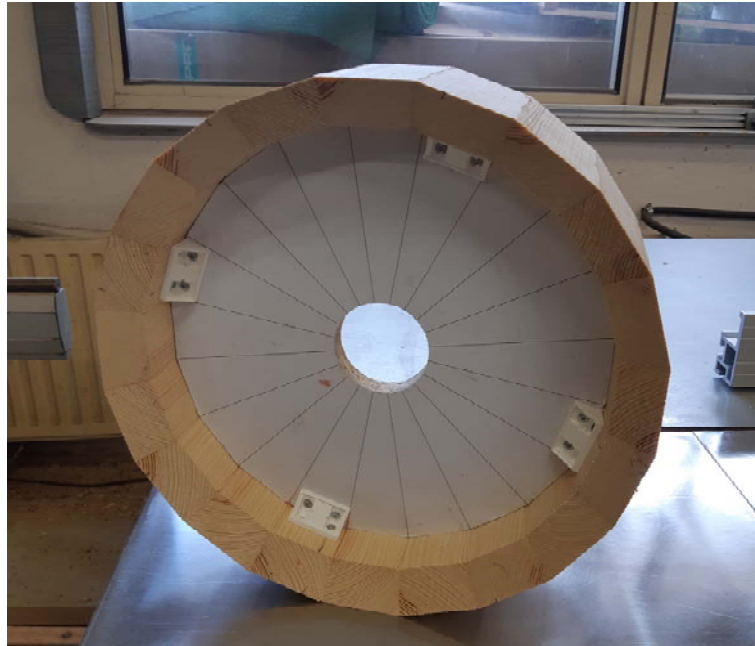
Před tímto krokem je dobré mít předpřipravené všechny díly a pomůcky. Také je dobré ozkoušet, jestli do sebe bloky zapadají a tvoří pravidelný dvacetihřanný tvar bez mezer a nerovností. Tedy vertikální bloky, lamely, PVAC lepidlo a stahovací popruh. Po pečlivém nanesení lepidla a vložení lamel se vše sesadilo do kruhovitěho korpusu a zajistilo stahovacím popruhem. Otřením přebytečného lepidla se usnadní závěrečné ruční broušení vnitřní strany těla bubnu.



*Obr. 21: Sesazení bloků do korpusu (archiv autora)*

### 5.1.9. Příprava upnutí korpusu bubnu do soustruhu

K upnutí do soustruhu byla použita dřevotřísková deska tl. 18 mm s vyvrtanou dírou průměru 50 mm. Tento přípravek se přichytil přes plastové spojovací trojúhelníky pomocí vrtů do dřeva  $\varnothing 2,5 \times 20$  mm. Takto přivrtaný přípravek byl vložen do soustruhu a otáčením imbusové kličky se rozevřelo sklíčidlo. Síla sklíčidla upnula přípravek s korpusem bubnu k soustruhu. (Beran, 2017)



Obr. 22: Příprava upnutí korpusu do soustruhu (archiv autora)

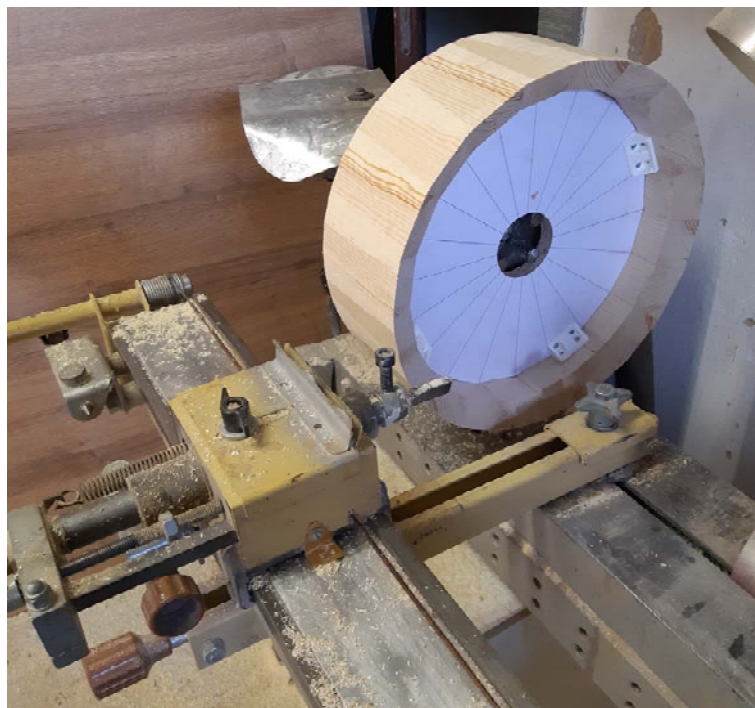
#### 5.1.10. Soustružení a broušení vnějšího povrchu

Pro soustružení byla ponechána rezerva 8 mm. Tento přebytek materiálu nelze ubrat najednou. Lze ubrat s každým přejetím nože zprava doleva přibližně 0,5 mm materiálu. Platí pravidlo, že lepší je ubírat pomaleji, aby se neporušilo upnutí, nebo nedošlo k jeho vyosení. Korpus bubnu se soustruží až do chvíle, kdy je možné nasadit na vnější hrany jak rezonanční, tak úderovou blánu. (Beran, 2017)

V této operaci bylo dosaženo kruhovitěho tvaru vnější strany těla bubnu. Po dosažení potřebného průměru bylo ponecháno přibližně 1 mm tloušťky na broušení a přípravu povrchu na závěrečnou úpravu. (Beran, 2017)

Před začátkem broušení je vhodné použít filtrační polomasku určenou pro jemné částice prachu. Broušení osoustruženého povrchu bylo provedeno brusným papírem a brusnou houbou kolmo na dřevní vlákna. Začínáme brusným papírem zrnitosti 150. Dále navazují brusné papíry zrnitosti 180, 240 a 320 v tomto pořadí. Přičemž houba se používá jako podložka pod brusné papíry. Pro dokončení před povrchovou úpravou je dobré buben přeleštit bavlněným hadrem. Poté lze tělo bubnu vyjmout ze soustruhu. (Beran, 2017)





Obr. 23: Soustružení a broušení (archiv autora)

### 5.1.11. Povrchová úprava

#### 5.1.11.1. Povrchová úprava šelakovou politurou

Množství 102 g šupin bylo naváženo a rozpuštěno ve 200 g 96% lihového ředidla. Povrchová úprava byla nanesena v 25 vrstvách postupným rozleštěním polnou (viz metodika). (Beran, 2017)



Obr. 24: Povrchová úprava - příprava polné (archiv autora)



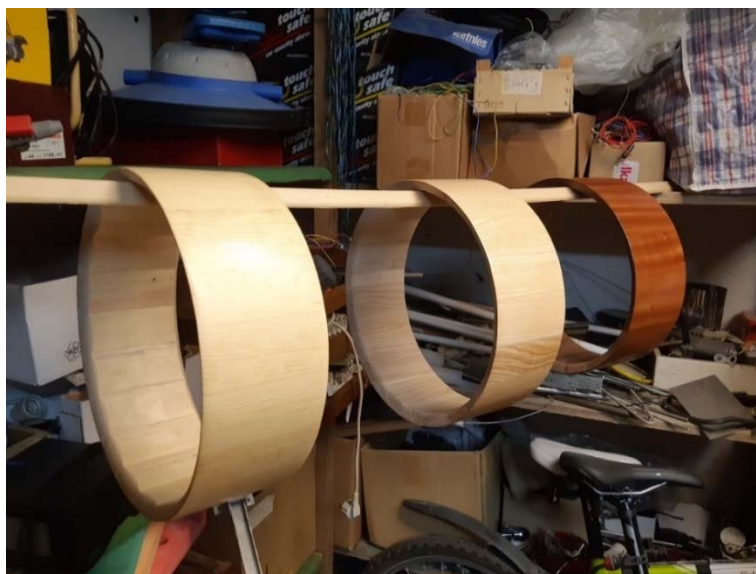
Obr. 25: Povrchová úprava – příprava polné (archiv autora)

#### **5.1.11.2. Povrchová úprava tvrdým voskovým olejem**

Na nátěr vnější strany korpusu bubnů byl použit tvrdý voskový olej OSO RAPID matný. Malá spotřeba povrchové úpravy cca 24g/m<sup>2</sup>, rychlé schnutí (cca 2 hodiny) a snadné nanášení je velkou výhodou oproti povrchové úpravě šelakovou politurou. Nátěr se nanáší štětcem ve dvou až třech vrstvách. Nevýhodou voskového oleje je to, že netvoří film, je tedy tato metoda je náchylná na špatnou přípravu povrchu. Navíc je nutné olej po cca dvou letech natíráním povrchu doplňovat. Voskový lak je přírodní nátěrová hmota a je zdravotně nezávadná.



Obr. 26: Povrchová úprava – korpusy před nátěrem voskovým olejem (archiv autora)



Obr. 27: Povrchová úprava – korpusy po prvním nátěru voskovým olejem (archiv autora)

#### 5.1.12. Vrtání

Vrtání bylo provedeno elektrickou vrtačkou DeWalt XRP XR Li-Ion. Předmětem vrtání bylo 16 otvorů  $\varnothing$  3 mm pro mušle, 4 otvory  $\varnothing$  4 mm pro mechaniku struníku a 1 otvor – ventil  $\varnothing$  10 mm pro výdech bubnu. Mušle jsou tvarovány se dvěma výstupky v osové rozteči 50 mm. Tyto výstupky je nutné zapustit do těla bubnu. Dalším krokem bylo tedy zahloubení otvorů tak, aby mušle přiléhaly k vnější ploše.

#### 5.1.13. Zkouška osazení kování a kontrola

Mušle byly osazeny do zahloubených otvorů a z vnitřní strany přišroubovány šrouby  $\varnothing$  2,5 x 25 mm. Mechanika pro struník šrouby  $\varnothing$  3 x 30 mm. Tento krok byl krokem kontrolním a ukázal, zda-li je buben funkční. Předmětem kontroly bylo dosedání blan rovnoměrně po celém obvodu. Kontrola případných odštěpků po vrtání a soustružení. Pokud není třeba dalšího tmelení, je tělo bubnu připraveno k povrchové úpravě. (Beran, 2017)



Obr. 28: Zkouška osazení kování (archiv autora)

#### 5.1.14. Kompletace bubnu

Po povrchové úpravě je nástroj připraven na přišroubování mušlí a mechaniky struníku k tělu bubnu. Dále je připraven na osazení obou blan a přišroubování ráfků osmi šrouby do mušlí. Posledním krokem je správné natažení struníku bubnu a ladění 8 šroubů křížovým pravidlem. (Beran, 2017)



Obr. 29: Buben z vertikálních bloků ze střemchy, vyrobený 2017 (archiv autora)



*Obr. 30: Buben z vertikálních bloků z mahagonu, vyrobený 2020 (archiv autora)*



*Obr. 31: Buben z vertikálních bloků z mahagonu, vyrobený 2020 – spodní stran (archiv autora)*

## 5.2. Výsledky teoretického výpočtu

### Dynamický modul pružnosti $E_D$

Střemcha pozdní  $E_D = 10466$  (MPa)

Jasan ztepilý  $E_D = 12451$  (MPa)

Mahagon sapelli  $E_D = 11729$  (MPa)

Borovice lesní  $E_D = 9203$  (MPa)

### Akustická konstanta $K$

Střemcha pozdní  $K = 7,3$  ( $\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

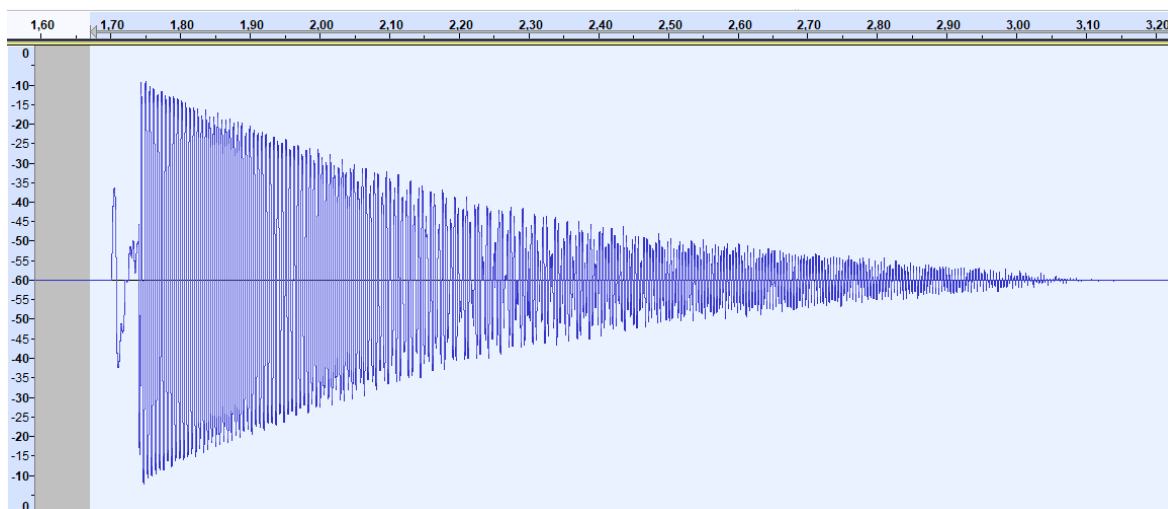
Jasan ztepilý  $K = 6,2$  ( $\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Mahagon sapelli  $K = 6,5$  ( $\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Borovice lesní  $K = 9,3$  ( $\text{m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

### 5.3. Výsledky experimentálního měření

Výsledky měření jsou interpretovány pomocí tzv. plochy akustické energie. Plocha akustické energie je plošný integrál s jednotkou ( $\text{ms}^{-1}\text{dB}$ ). Funkce integrálu kopíruje vrcholy (maximální výšky) amplitud od počátku úderu až po úplné doznění. Na ose  $x$  je čas v milisekundách, kdy  $1 \text{ ms} = 1 \text{ mm}$ . Na ose  $y$  je akustický tlak vyjádřený v dB.

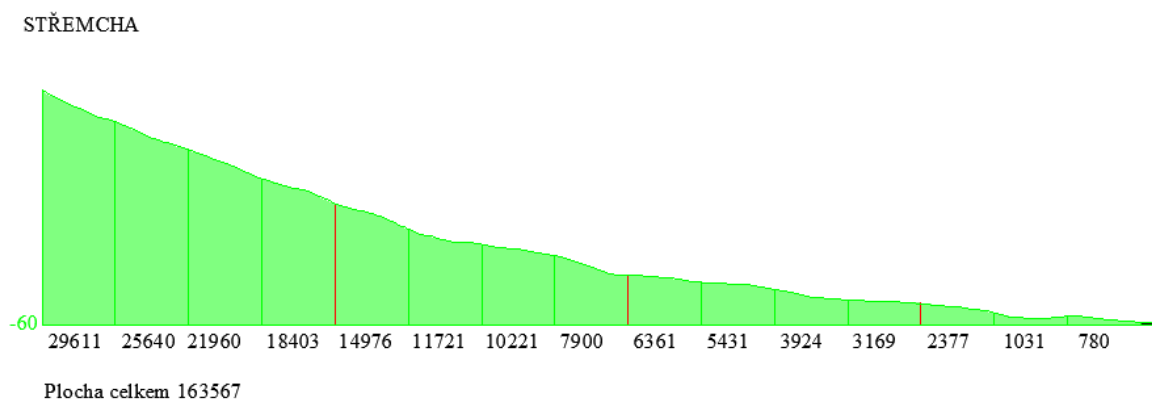


Obr. 32: Střemcha pozdní

#### 5.3.1. Střemcha pozdní

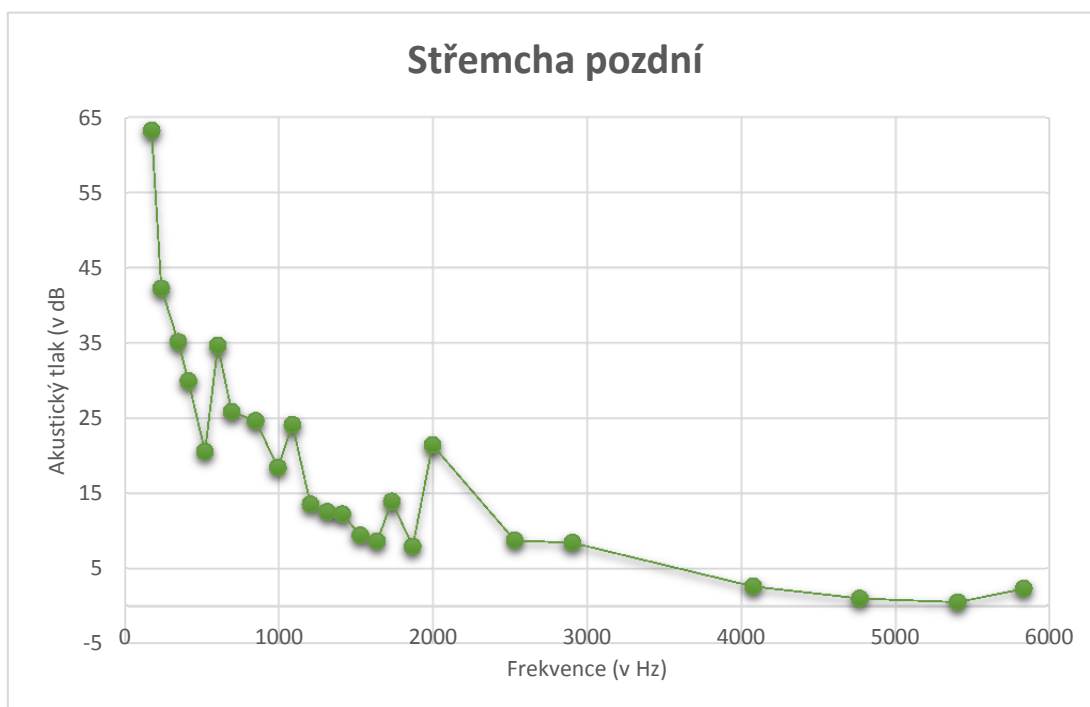
Obrázek číslo 32 ukazuje vývoj akustického tlaku v čase u třešňového bubnu. Tyto výsledky jsou vytaženy z programu Audacity.

*Pozn: Hodnoty na obr. č. 32 byly v celém průběhu úderu normalizovány. Tento efekt pouze zvýrazní naměřené hodnoty v přesném poměru. Nedochozí zde ke zkreslení ani jiné deformaci dat. Vlivem této normalizace může být grafické znázornění dozvuku o něco delší, než je udáváno ve výsledcích.*



Obr. 33: Střemcha pozdní

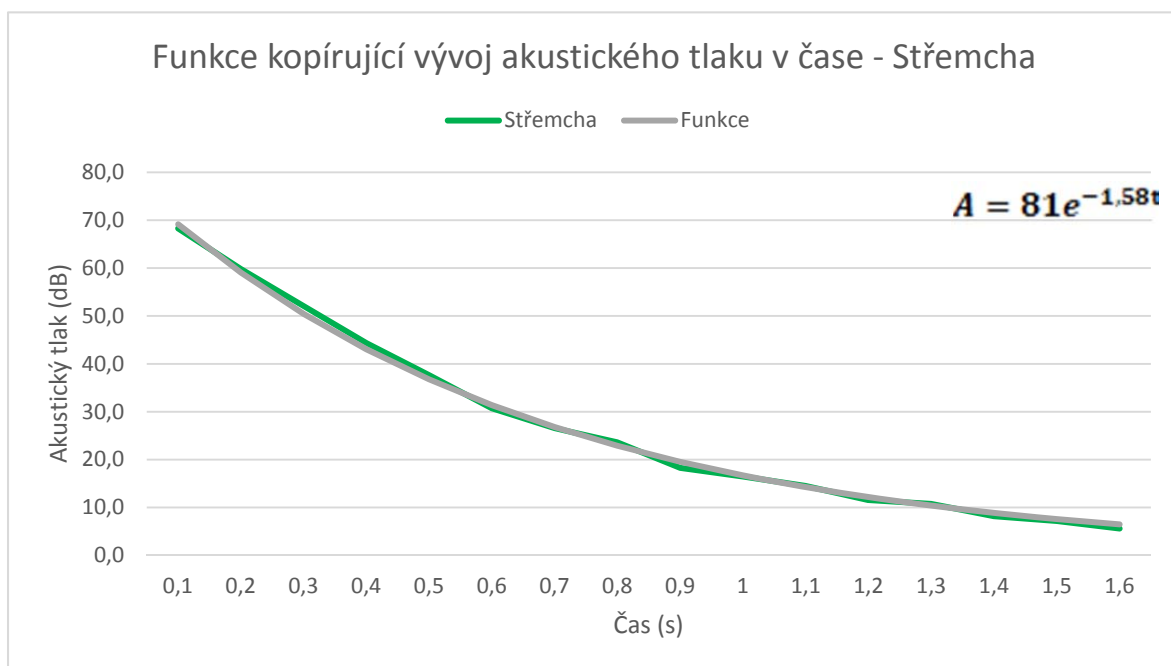
Na obrázku číslo 33 je grafické zpracování dat z programu. Křivka, která kopíruje vrcholy amplitud, ukazuje vývoj akustického tlaku a jeho rozložení v čase. Čísla pod segmenty oddělené po 100 ms jsou plochy pod křivkou daného segmentu. Strmější vývoj této spojnice je v první třetině a v následujících dvou třetinách je vývoj pozvolný a rovnoměrný s menšími výkyvy a postupným snižováním akustického tlaku až do úplného útlumu. Plocha akustické energie je  $163567 \text{ (ms}^{-1}\text{dB)}$ .



Graf 1 - Střemcha pozdní

Graf číslo jedna popisuje závislost mezi kmitočtem (Hz) a úrovní (dB) po úderu paličkou do bubnu vyrobeného ze střemchy. Těsně po úderu se blána bubnu rozvlnila na frekvenci 173 Hz a akustický tlak dosahoval maximální úrovně 63,3 dB. Ve druhé harmonické řadě se buben rozezněl na akustický tlak 42,3 dB a to při frekvenci 236 Hz. Třetí harmonická řada nastala při 346 Hz a tlak dosahoval hodnot 35,2 dB. Čtvrtá harmonické řada nastala při rozeznění blány na frekvenci 602 Hz a tlak dosahoval 34,7 dB. Pátá harmonická řada pak nastala při 1086 Hz a tlaku 24,2 dB. Maximální zaznamenaná frekvence dosáhla hodnoty 5829 Hz. Doba trvání úderu (dozvuk) byla změřena na 1561 ms.

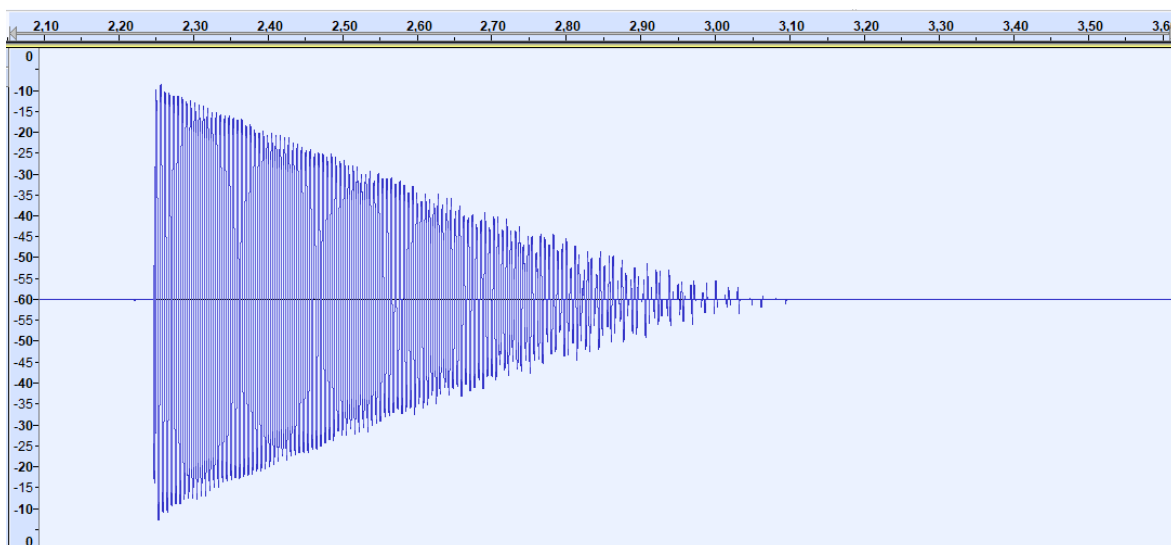




*Graf 2 - Střemcha pozdní*

Graf číslo dva znázorňuje vývoj akustického tlaku v průběhu doby úderu. Je zde znázorněna spojnice, která kopíruje vrcholy amplitud. Šedě je vykreslena proložená matematická funkce, která kopíruje vývoj spojnice. Spojnice představující střemchu má pravidelný průběh, klesá pozvolně a dlouho doznívá, je bez rušivých výkyvů a ruchů. Koeficienty pro funkci byly zvoleny na základě metody nejmenších čtverců. Buben ze střemchy má nejdelší dozvuk ze všech testovaných bubnů.

### 5.3.2. Jasan ztepilý

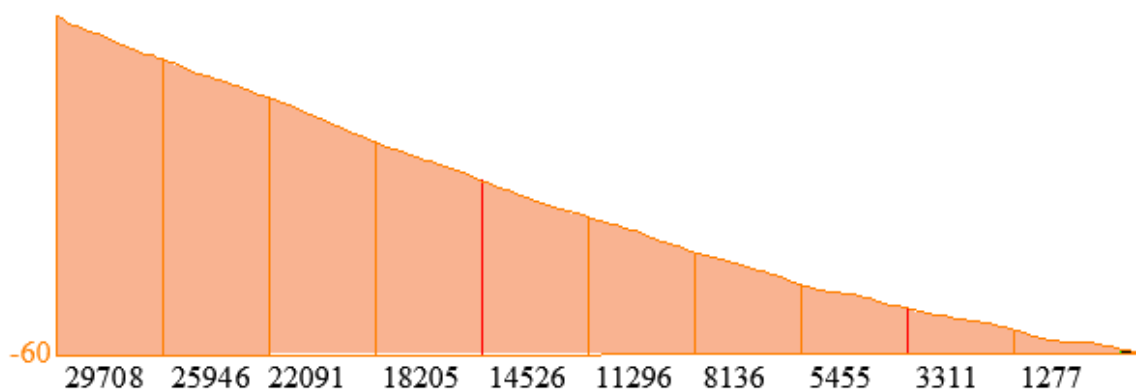


Obr. 34: Jasan ztepilý

Obrázek číslo 34 ukazuje vývoj akustického tlaku v čase u jasanového bubnu. Tyto výsledky jsou vytaženy z programu Audacity.

*Pozn: Hodnoty na obr. č. 34 byly v celém průběhu úderu normalizovány. Tento efekt pouze zvýrazní naměřené hodnoty v přesném poměru. Nedochozí zde ke zkreslení ani jiné deformaci dat. Vlivem této normalizace může být grafické znázornění dozvuku o něco delší, než je udáváno ve výsledcích.*

#### JASAN

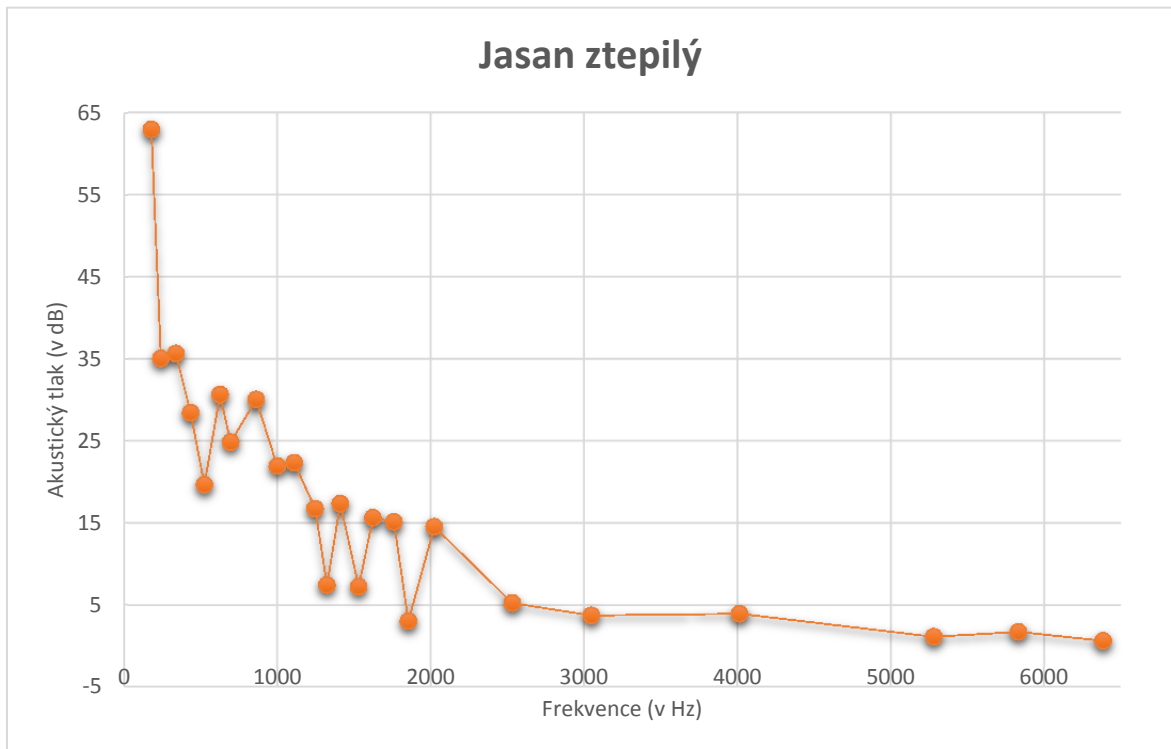


Plocha celkem:139955

Obr. 35: Jasan ztepilý

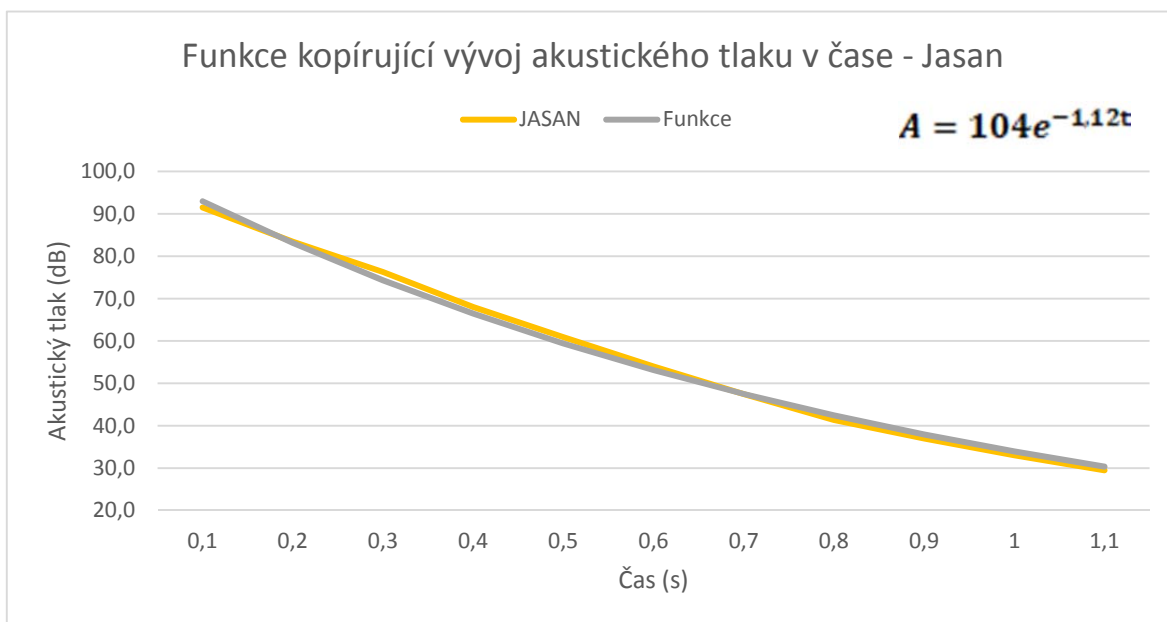
Na obrázku číslo 35 je grafické zpracování dat z programu. Křivka, která kopíruje vrcholy amplitud, ukazuje vývoj akustického tlaku a jeho rozložení v čase. Čísla pod segmenty oddělené po 100 ms jsou plochy pod křivkou daného segmentu. U jasanu je vývoj spojnice pravidelný až téměř lineární. Prvních 92% plochy klesá

akustický tlak v přímce a ve zbylých 8% plochy se jeho vývoj mírně zploští. Plocha akustické energie je  $139955 \text{ (ms}^{-1}\text{dB)}$ .



Graf 3 - Jasan ztepilý

Graf číslo tři popisuje závislost mezi kmitočtem (Hz) a úrovní (dB) po úderu paličkou do bubnu vyrobeného z jasanu. Těsně po úderu se blána bubnu rozvlnila na frekvenci 175 Hz a akustický tlak dosahoval maximální úrovně 63,0 dB. Ve druhé harmonické řadě se buben rozezněl na akustický tlak 35,1 dB a to při frekvenci 237 Hz. Třetí harmonická řada nastala při 335 Hz a tlak dosahoval tlaku 35,7 dB. Čtvrtá harmonické řada nastala při rozeznění blány na frekvenci 623 Hz a tlak dosahoval 30,7 dB. Pátá harmonická řada pak nastala při 1107 Hz a tlaku 22,4 dB. Maximální zaznamenaná frekvence dosáhla hodnoty 6382 Hz. Doba trvání úderu (dozvuk) byla změřena na 973 ms.

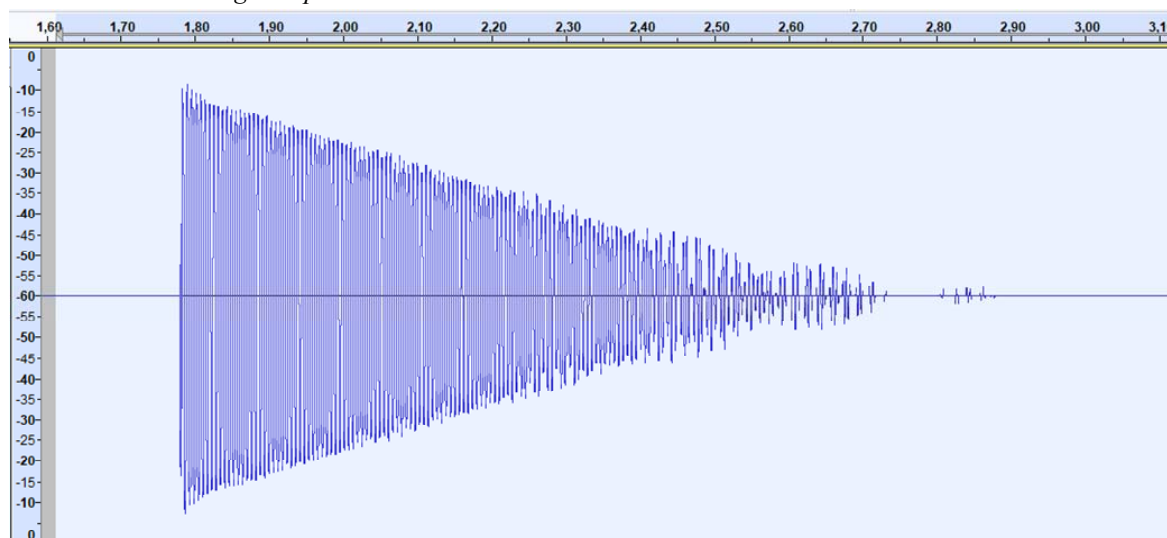


*Graf 4 - Jasan ztepilý*

Graf číslo čtyři znázorňuje vývoj akustického tlaku v průběhu doby úderu. Je zde znázorněna spojnice, která kopíruje vrcholy amplitud. Šedě je vykreslena proložená matematická funkce, která kopíruje vývoj spojnice. Spojnice představující jasan má pravidelný průběh, klesá strmě a krátce doznívá a je bez rušivých výkyvů a ruchů. Koeficienty pro funkci byly zvoleny na základě metody nejmenších čtverců. Průběh funkce je matematicky vyjádřen v pravém horním rohu grafu.

### 5.3.3. Mahagon sapelli

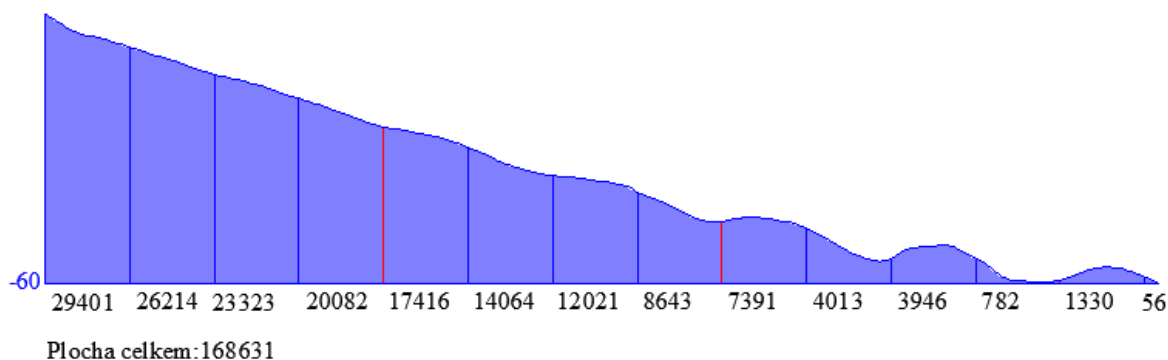
Obr. 36: Mahagon sapelli



Obrázek číslo 36 ukazuje vývoj akustického tlaku v čase u mahagonového bubnu. Tyto výsledky jsou vytaženy z programu Audacity.

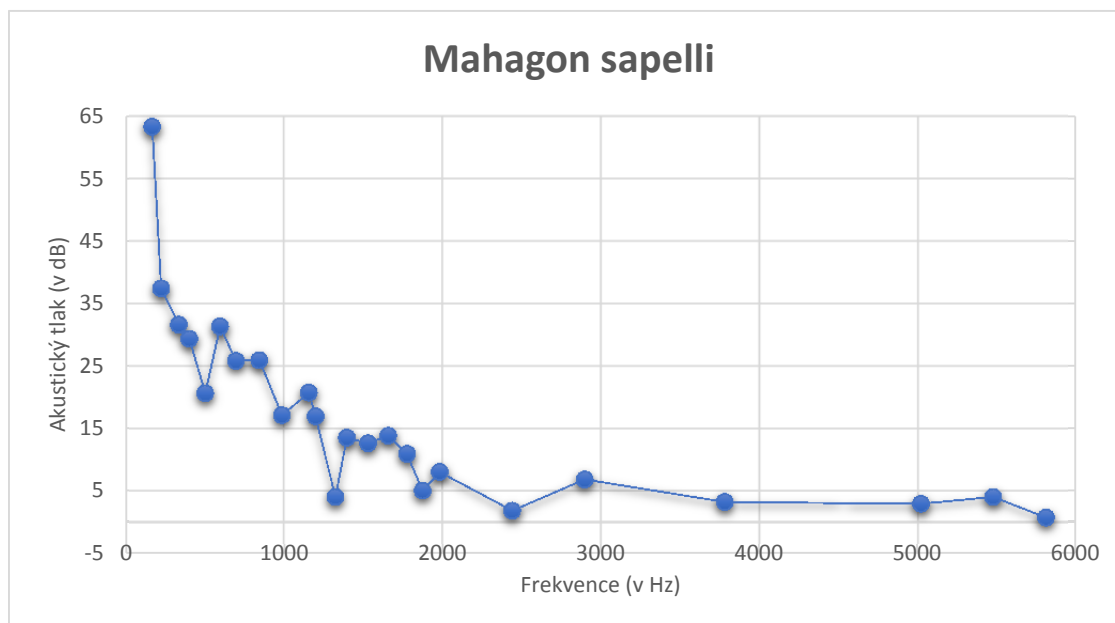
*Pozn: Hodnoty na obr. č. 36 byly v celém průběhu úderu normalizovány. Tento efekt pouze zvýrazní naměřené hodnoty v přesném poměru. Nedochozí zde ke zkreslení ani jiné deformaci dat. Vlivem této normalizace může být grafické znázornění dozvuku o něco delší, než je udáváno ve výsledcích.*

#### MAHAGON



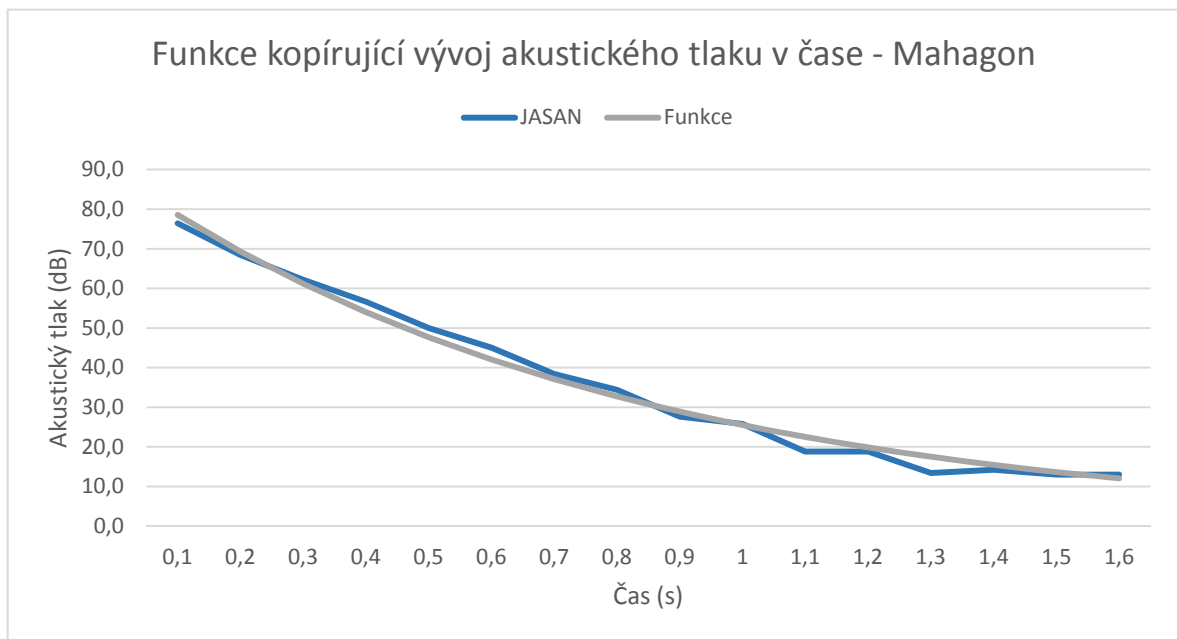
Obr. 37: Mahagon sapelli

Na obrázku číslo 37 je grafické zpracování dat z programu. Křivka, která kopíruje vrcholy amplitud, ukazuje vývoj akustického tlaku a jeho rozložení v čase. Čísla pod segmenty oddělené po 100 ms jsou plochy pod křivkou daného segmentu. U mahagonu je vývoj spojnice zpočátku pravidelný s mírnými výkyvy. V druhé polovině je značně nepravidelný s výkyvy kolem 5dB. Tento nepravidelný průběh byl naměřen u všech úderů. Nejedná se tak o chybu měření, ale o charakteristiku bubnu. Plocha akustické energie je 168631 ( $\text{ms}^{-1}\text{dB}$ ).



*Graf 5 - Mahagon sapelli*

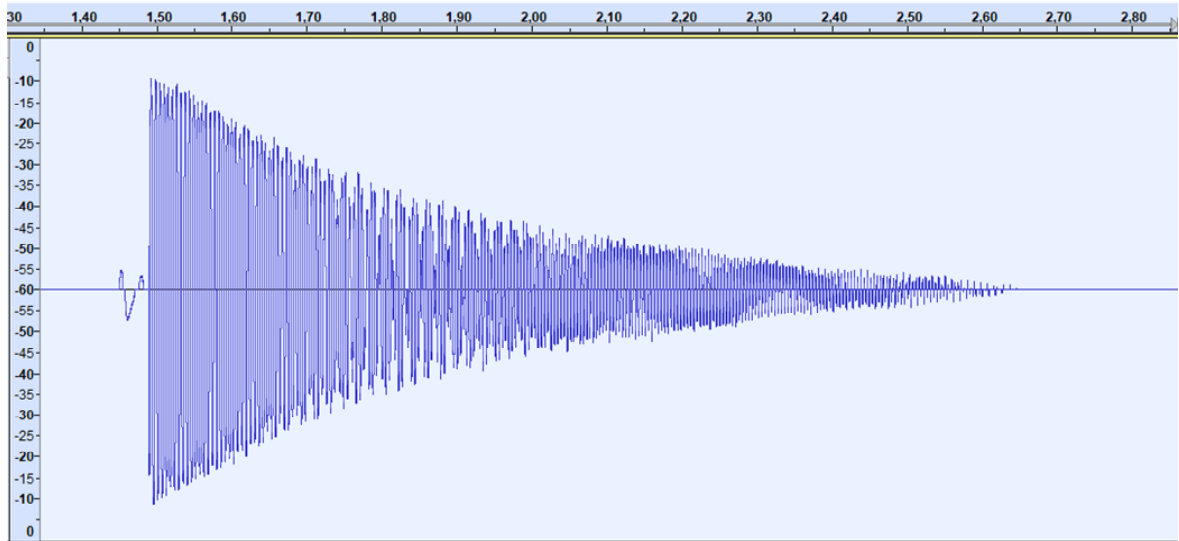
Graf číslo pět popisuje závislost mezi kmitočtem (Hz) a úrovní (dB) po úderu paličkou do bubnu vyrobeného z jasanu. Těsně po úderu se blána bubnu rozvlnila na frekvenci 167 Hz a akustický tlak dosahoval maximální úrovně 63,4 dB. Ve druhé harmonické řadě se buben rozezněl na akustický tlak 37,5 dB a to při frekvenci 224 Hz. Třetí harmonická řada nastala při 335 Hz a tlak dosahoval tlaku 31,7 dB. Čtvrtá harmonická řada nastala při rozeznění blány na frekvenci 596 Hz a tlak dosahoval 31,4 dB. Pátá harmonická řada pak nastala při 1156 Hz a tlaku 20,8 dB. Maximální zaznamenaná frekvence dosáhla hodnoty 5806 Hz. Doba trvání úderu (dozvuk) byla změřena na 1148 ms.



*Graf 6 - Mahagon sapelli*

Graf číslo šest znázorňuje vývoj akustického tlaku v průběhu doby úderu. Je zde znázorněna spojnice, která kopíruje vrcholy amplitud. Šedě je vykreslena proložená matematická funkce, která kopíruje vývoj spojnice. Spojnice představující mahagon má méně pravidelný průběh, při doznívání má buben nepravidelný vývoj akustického tlaku. Pro lidské ucho může konec úderu působit jako ruch či disharmonie.

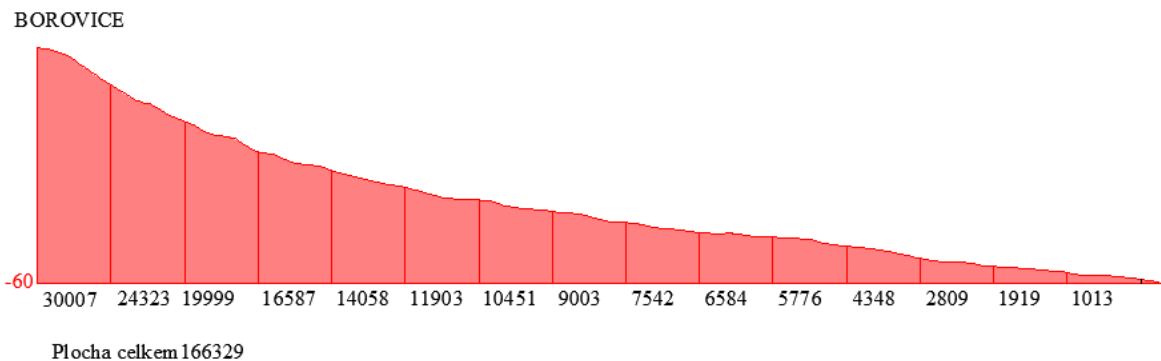
### 5.3.4. Borovice lesní



Obr. 38: Borovice lesní

Obrázek číslo 38 ukazuje vývoj akustického tlaku v čase u mahagonového bubnu. Tyto výsledky jsou vytaženy z programu Audacity.

*Pozn: Hodnoty na obr. č. 38 byly v celém průběhu úderu normalizovány. Tento efekt pouze zvýrazní naměřené hodnoty v přesném poměru. Nedochozí zde ke zkreslení ani jiné deformaci dat. Vlivem této normalizace může být grafické znázornění dozvuku o něco delší, než je udáváno ve výsledcích.*

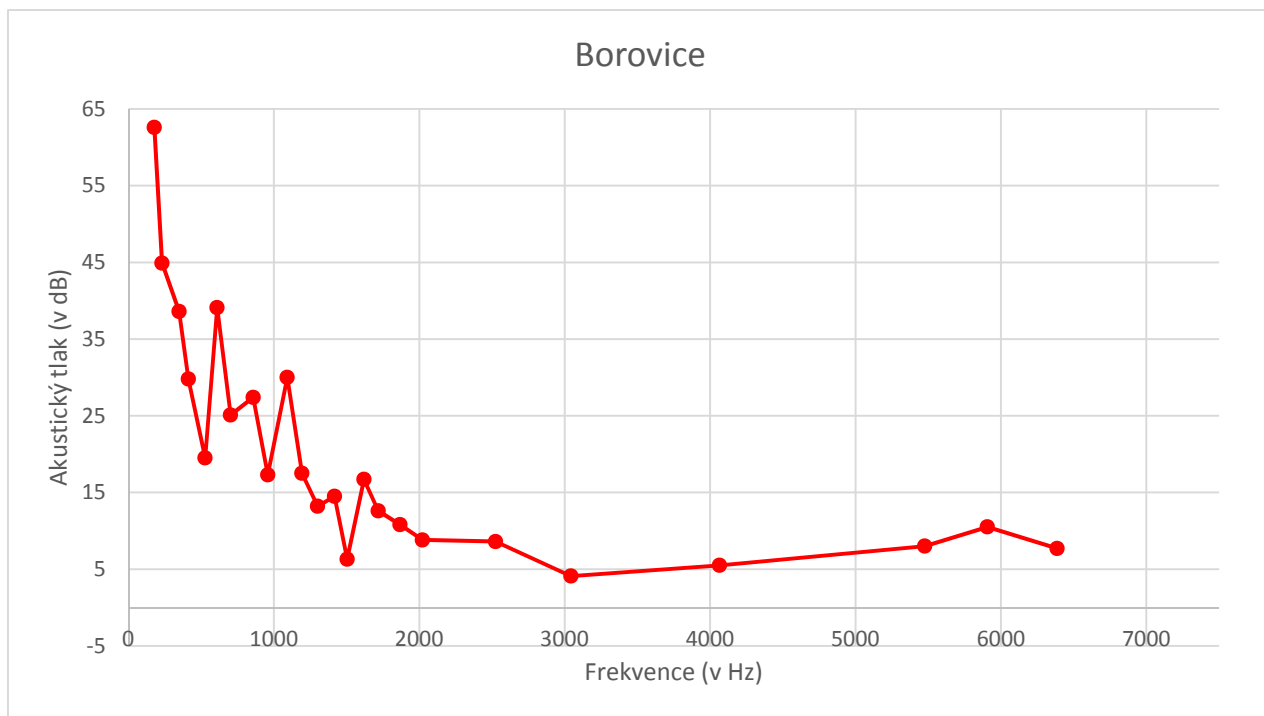


Obr. 39: Borovice lesní

Na obrázku číslo 39 je grafické zpracování dat z programu. Křivka, která kopíruje vrcholy amplitud, ukazuje vývoj akustického tlaku a jeho rozložení v čase. Čísla pod segmenty oddělené po 100 ms jsou plochy pod křivkou daného segmentu. U borovice je vývoj spojnice zpočátku podobný jako u bubnu ze střešiny. Borovice má silnější nástup, který lze usoudit z vysoké plochy akustické energie v prvním segmentu. Následně ale ztrácí energii rychleji než buben z třešně. Toto

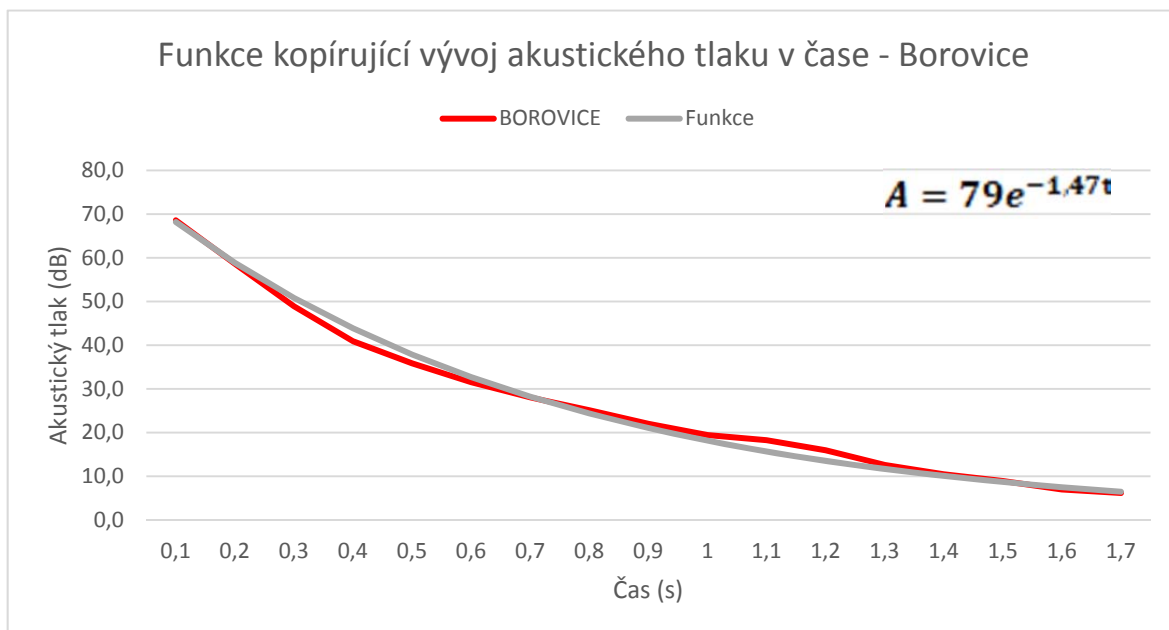


platí v oblasti 1. - 6. segmentu, kdy se začínají spojnice obou vzorků opět narovnávat a jsou podobné až do úplného doznění.



Graf 7 - Borovice lesní

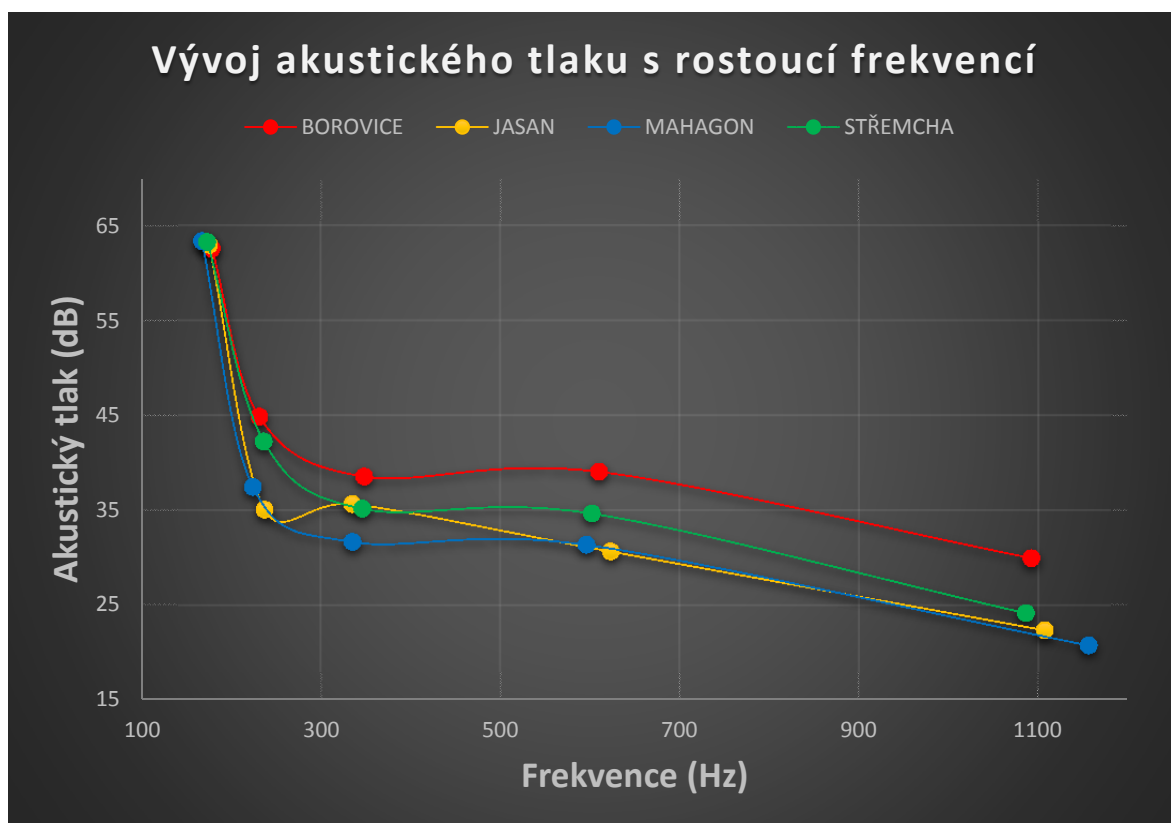
Graf číslo sedm popisuje závislost mezi kmitočtem (Hz) a úrovní (dB) po úderu paličkou do bubnu vyrobeného z borovice. Těsně po úderu se blána bubnu rozvlnila na frekvenci 178 Hz a akustický tlak dosahoval maximální úrovně 62,6 dB. Ve druhé harmonické řadě se buben rozezněl na akustický tlak 44,9 dB a to při frekvenci 231 Hz. Třetí harmonická řada nastala při 348 Hz a tlak dosahoval tlaku 38,6 dB. Čtvrtá harmonická řada nastala při rozeznění blány na frekvenci 610 Hz a tlak dosahoval 39,1 dB. Pátá harmonická řada pak nastala při 1092 Hz a tlaku 30,0 dB. Maximální zaznamenaná frekvence dosáhla hodnoty 6387 Hz. Doba trvání úderu (dozvuk) byla změřena na 1574 ms.



Graf 8 - Borovice lesní

Graf číslo osm znázorňuje vývoj akustického tlaku v průběhu doby úderu. Je zde znázorněna spojnice, která kopíruje vrcholy amplitud. Šedě je vykreslena proložená matematická funkce, která kopíruje vývoj spojnice. Spojnice borovice má pravidelný průběh. Není zde žádný výraznější výkyv, pozvolný průběh akustické energie ukazuje na hladký průběh zvuku skrze dřevní vlákna.

### 5.3.1. Srovnání akustických vlastností bubnů

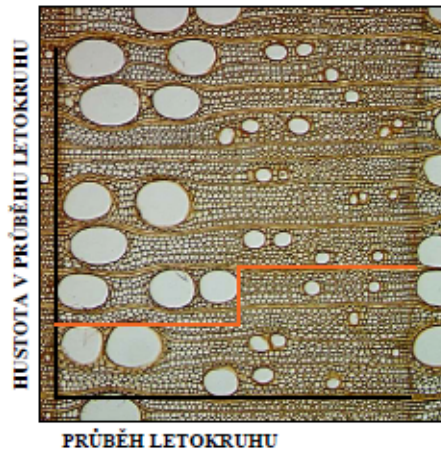


Graf 9 - Vývoj akustického tlaku s rostoucí frekvencí

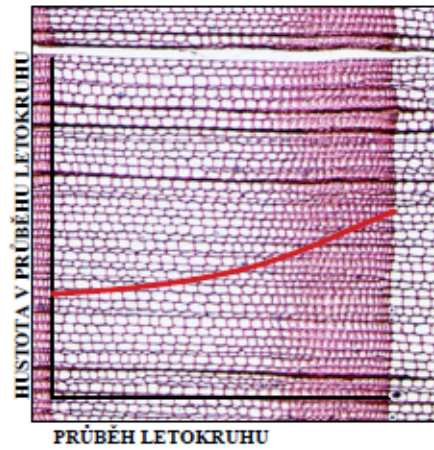
Graf číslo devět popisuje závislost mezi kmitočtem (Hz) a úrovní (dB) u všech testovaných bubnů. Do grafu jsou zanesena pouze srovnatelná data a to v 1. - 5. harmonické řadě. Na grafu lze vidět, že jednotlivé bubny mají v 1. - 5. harmonické řadě podobné hodnoty frekvencí, ale liší se v síle akustického tlaku. Výjimku tvoří první harmonická řada, u které je hodnota frekvencí i hodnota akustického tlaku velmi podobná a blána rozezněna na cca 170 Hz má u všech čtyřech testovaných bubnů akustický tlak cca 63 dB. Následně u řad 2 - 5 se začínají projevovat rozdíly v jednotlivých dřevích. Ve druhé harmonické řadě je výška akustického tlaku nižší, čím je vyšší hustota. To znázorňuje graf číslo 10 - vliv hustoty na akustický tlak při druhé harmonické řadě. U druhé a třetí harmonické řady je akustický tlak bubnů téměř totožný, výjimku tvoří pouze nástroj z jasanu. Frekvence bubnu se mění, ale akustický tlak zůstává kolem hodnoty 27 – 37 dB dle druhu dřeva. Při frekvenci kolem 1100 Hz padá akustický tlak pod hranici 25 dB.

### 5.3.2. Vliv anatomické stavby a fyzikálně-mechanických vlastností dřeva na akustické vlastnosti bubnu

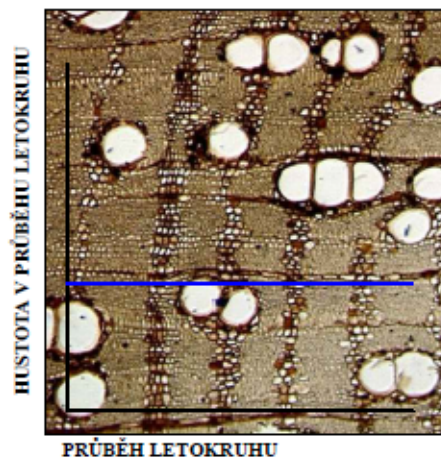
**JASAN**



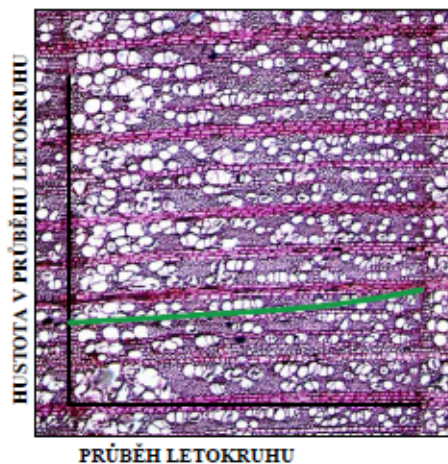
**BOROVICE**



**MAHAGON**

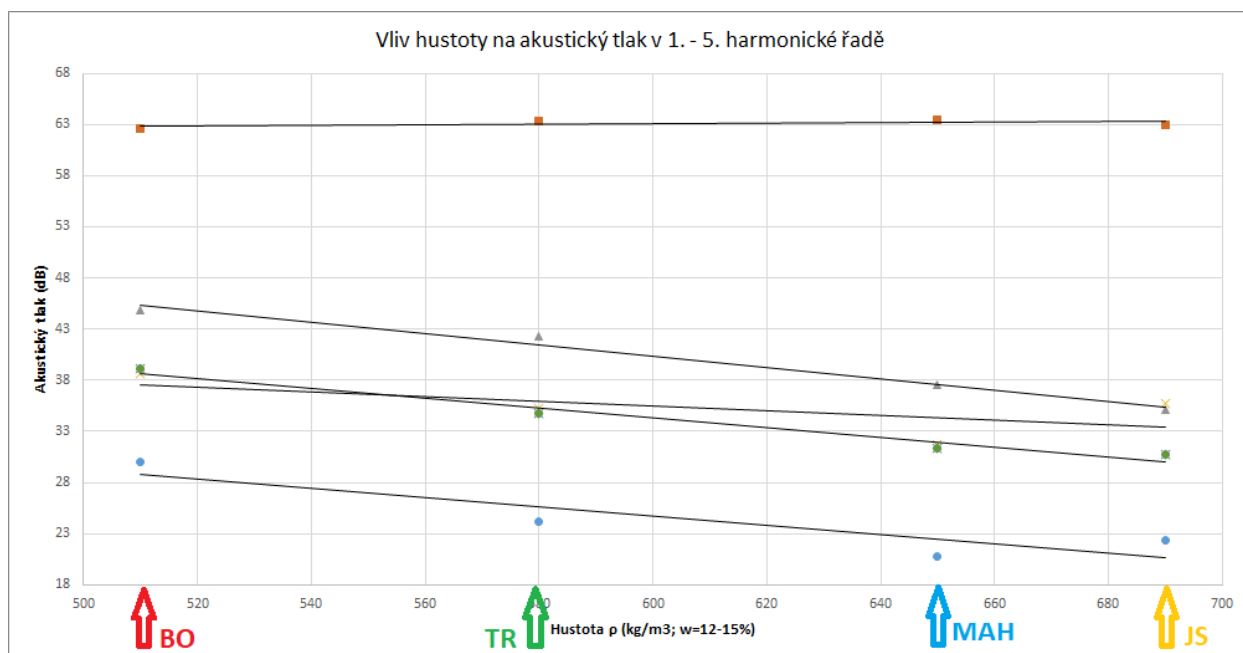


**STŘEMCHA**



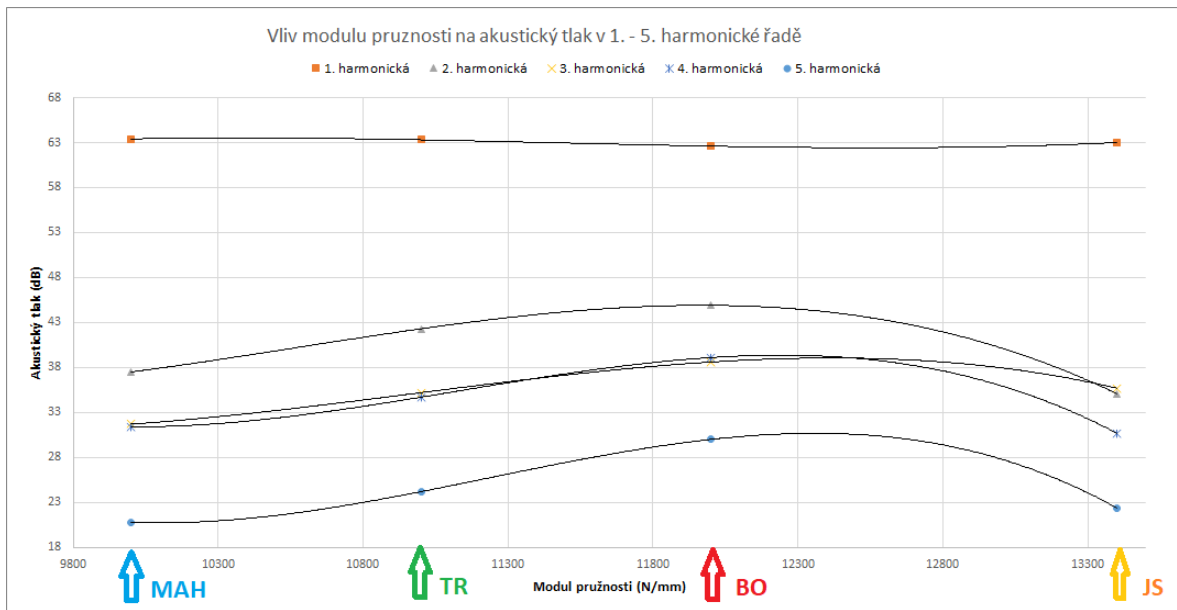
Obr. 40: Mikroskopická stavba dřev testovaných bubnů

Na obrázku číslo 40 vidíme srovnání čtyř druhů dřev z hlediska hustoty v průběhu letokruhu v příčném řezu. V prvním segmentu vidíme zástupce kruhovitě pórovitých listnáčů – jasan. Letokruh jasanu má rozložení hustého a méně hustého dřeva v letokruhu přibližně 1:1. Zároveň zde lze vidět hustotní skok mezi jarním a letním dřevem. U borovice je přechod mezi jarním a letním dřevem pozvolný, rostoucí až do dalšího letokruhu. Mahagon, jako zástupce roztroušeně pórovitých dřevin, má v celém ročním přírůstku přibližně stejnou hustotu. U střemchy je pak sklon křivky pozvolný a přechod hustoty mezi jarním a letním dřevem není tolik znatelný.



Graf 10 - Vliv hustoty na akustický tlak v 1. - 5. harmonické řadě

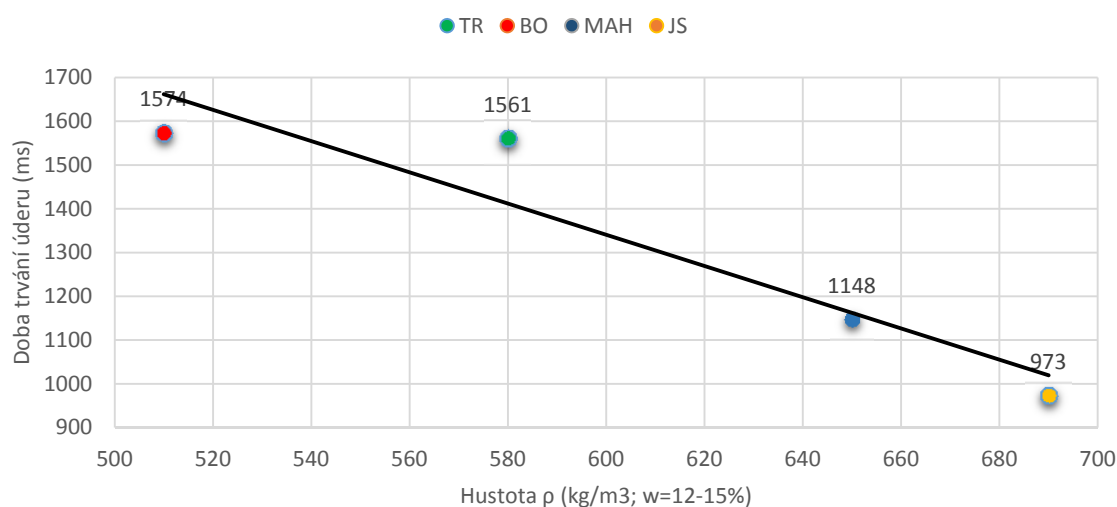
V tomto grafu číslo 10 je vidět vliv hustoty dřeva na akustický tlak při 1. - 5. harmonické řadě. Při 1. harmonické řadě je rozeznána pouze blána bubnu a hustota na sílu akustického tlaku nemá vliv. V 2.-5. harmonické se rozeznává tělo bubnu a vliv hustoty je zde patrný. Můžeme vidět nepřímou úměru mezi hustotou a akustickým tlakem. Čím je hustota dřeva větší, tím obtížněji se tělo bubnu rozezná na vysoký akustický tlak. Nejméně hustá borovice poklesla oproti 1. harmonické řadě pouze o 17,7 dB. Dřevo jasanu ztratilo oproti 1. harmonické řadě téměř polovinu síly akustického tlaku a to 27,9 dB.



Graf 11 - Vliv modulu pružnosti na akustický tlak v 1. - 5. harmonické řadě

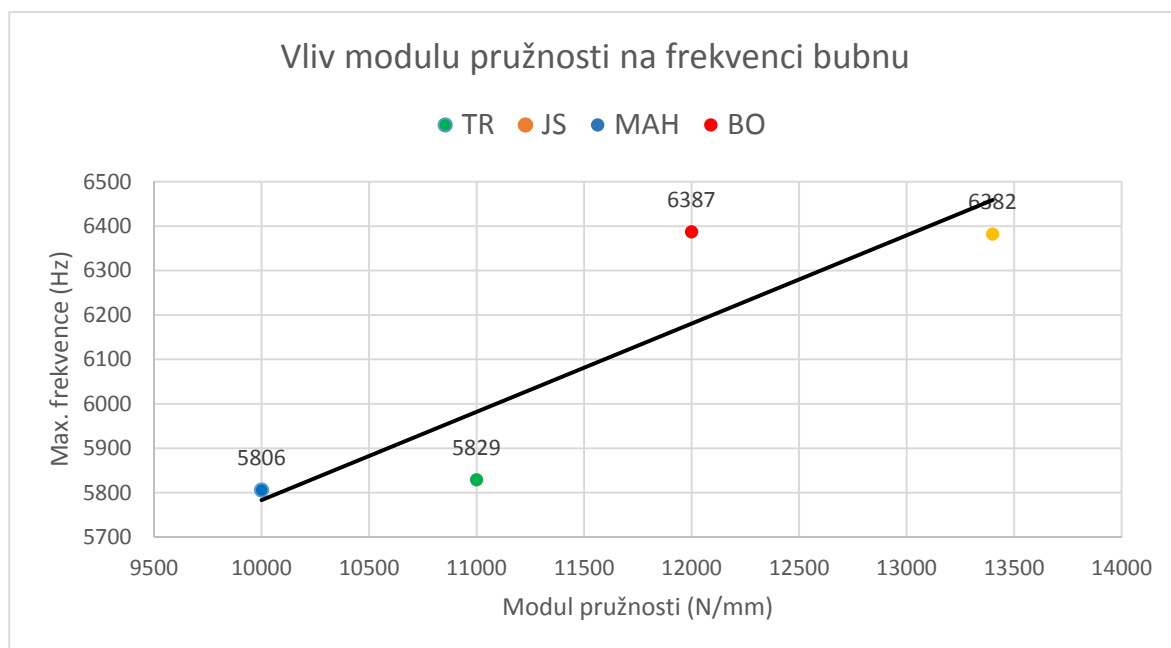
V tomto grafu číslo 11 je vidět vliv modulu pružnosti jednotlivých dřev na akustický tlak v 1. - 5. harmonické řadě. V 1. harmonické řadě je akustický tlak u všech bubnů téměř stejný a modul pružnosti na něj nemá vliv. U 2. - 5. harmonické řady je průběh čitelnější a více se projevují vlastnosti dřeva. Je zde vidět, že s rostoucím modulem pružnosti roste akustický tlak. To neplatí pro buben z jasanového dřeva, který má z testovaných vzorků největší modul pružnosti, ale jeho akustický tlak dosahuje naopak nejmenších hodnot. Už v druhé harmonické řadě ztrácí téměř polovinu své akustické energie a dosahuje hodnoty pouze 35,1 dB. Dřevo borovice s druhým největším modulem pružnosti drží ve 2. harmonické řadě největší akustický tlak na hodnotě 44,9 dB. Rozeznění ve 2. a 3. harmonické řadě mělo velmi podobný akustický tlak. Výjimkou je opět buben z jasanu, který má velmi podobné hodnoty akustického tlaku v 1. a 2. harmonické řadě.

## Vliv hustoty na dozvuk úderu



Graf 12 - Vliv hustoty na dozvuk úderu

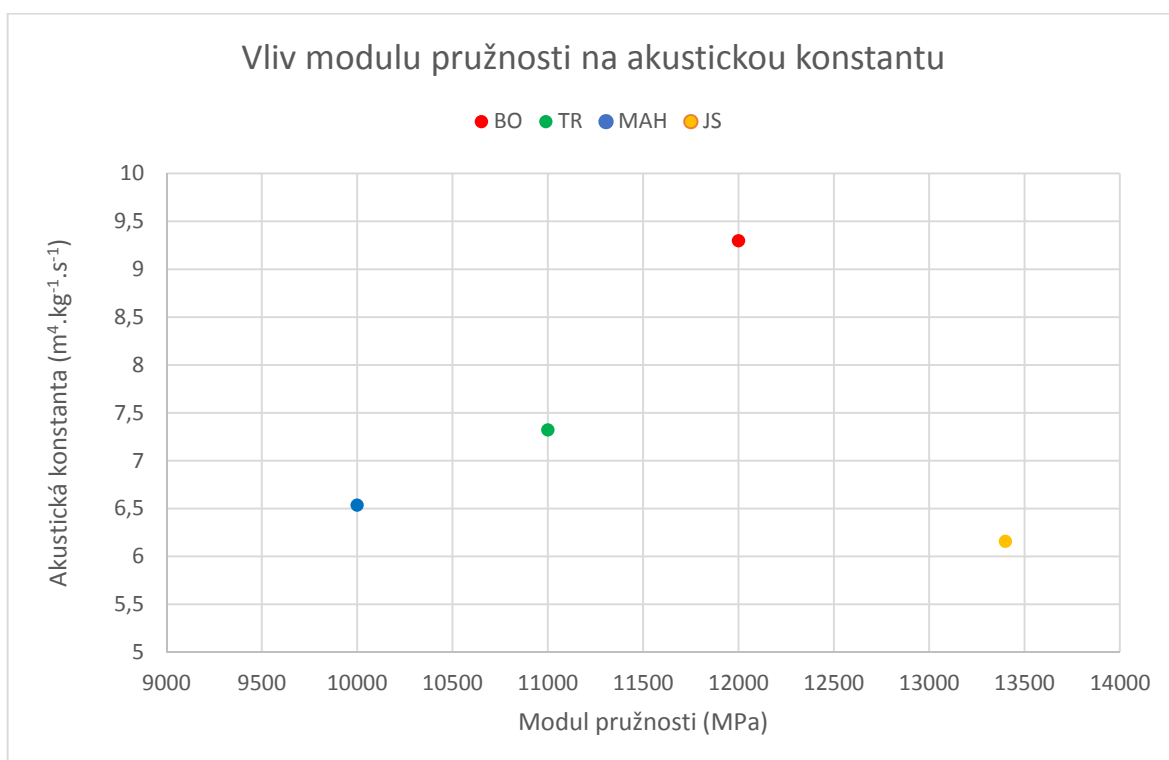
V Grafu číslo 12 je vyjádřen vztah mezi hustotou dřeviny bubnu a dobou trvání úderu. Z grafu je zřejmé, že s rostoucí hustotou klesá doba dozvuku. Nejdéle zněl úder borovice s hustotou 510kg/m<sup>3</sup> (Holzatlas), který zněl 1574 ms. Buben jasanu s hustotou 690kg/m<sup>3</sup> (Holzatlas) dosáhl úplného útlumu za méně než 1 vteřinu – 973 ms.



Graf 13 - Vliv modulu pružnosti na frekvenci bubnu

V grafu číslo 13 vidíme vliv modulu pružnosti dřeva na maximální frekvenci, na kterou se buben rozezní. S rostoucím modulem pružnosti roste i maximální frekvence bubnu. Maximálního rozeznění dosáhly bubny borovice s 6387 Hz a jasanu 6382 Hz.

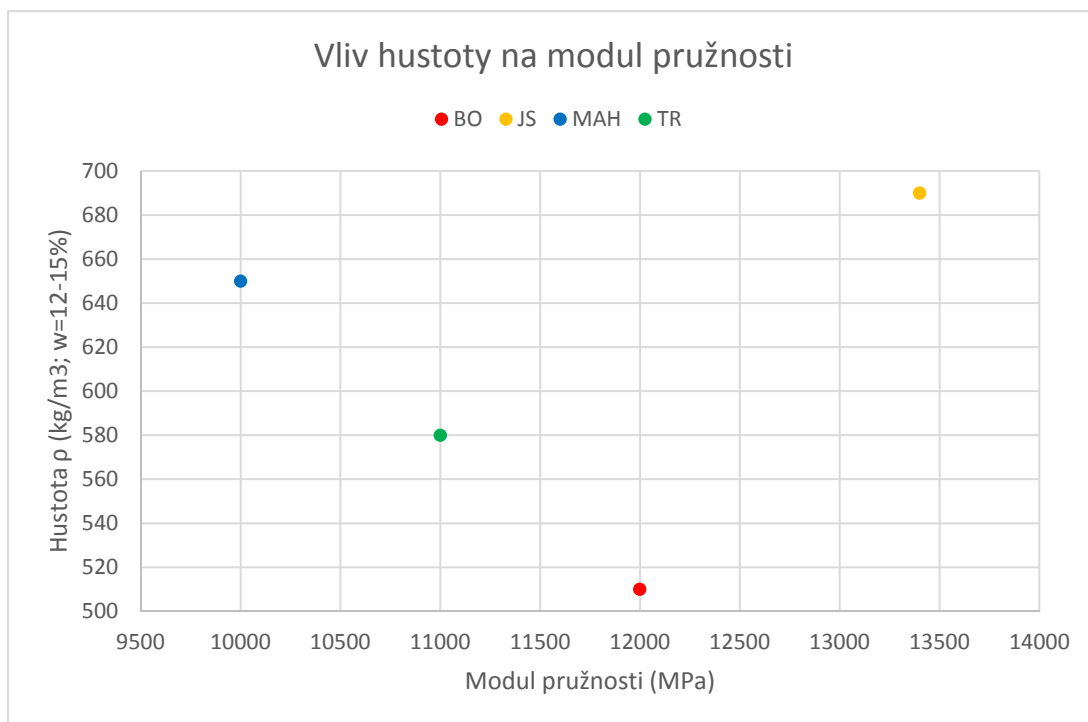
#### 5.4. Srovnání teoreticky vypočítaných výsledků s experimentálními hodnotami



Graf 14 - Vliv modulu pružnosti na akustickou konstantu

V grafu číslo 14 je vidět vliv modulu pružnosti na akustickou konstantu. Dřevo s modulem pružnosti 12000 MPa (Holzatlas) má největší akustickou konstantu  $K=9,3$ . Dřevo jasanu, které má největší modul pružnosti z testovaných vzorků, má akustickou konstantu  $K=6,3$ . Není zde zřejmá zákonitost.





Graf 15 - Vliv hustoty na modul pružnosti

U grafu číslo 15 můžeme vidět vztah mezi modulem pružnosti (hodnoty Holzatlas) a hustotou (hodnoty Holzatlas). Tento graf navazuje na graf číslo 14. Jsou zde vidět reverzní hodnoty ke grafu číslo 14. Toto je dáno výpočtem akustické konstanty a vztahu akustické konstanty k hustotě. Literatura (Horáček 2001) udává, že s rostoucí hustotou klesá akustická konstanta. Zákonitost je dána ve vztahu akustické konstanty a hustoty dřeva. Více je rozvedeno v části 6.3 diskuze této práce.

## 5.5. Souhrn výsledků měření

Tabulka 3: Vývoj akustického tlaku v 1. - 5. harmonické řadě

Akustický tlak (dB)	Střemcha pozdní	Jasan ztepilý	Mahagon Sapelli	Borovice lesní
1. harmonická ř.	63,3	63	63,4	62,6
2. harmonická ř.	42,3	35,1	37,5	44,9
3. harmonická ř.	35,2	35,7	31,7	38,6
4. harmonická ř.	34,7	30,7	31,4	39,1
5. harmonická ř.	24,2	22,4	20,8	30

Všechny bubny měly v první harmonické řadě při frekvenci cca 175 Hz tón F3. Na následujících harmonických řadách už se bubny tónově neshodovaly.

V tabulce číslo 4 jsou zaznamenaná naměřená data během akustické zkoušky. Jsou zde zaznamenána data o průměrné době úderu (dozvuk) jednotlivých bubnů. Délka první amplitudy, která byla u všech testovaných bubnů stejná, a také maximální zaznamenaná frekvence.

Tabulka 4: Naměřená data z akustické zkoušky

Akustické vlastnosti	Střemcha pozdní	Jasan ztepilý	Mahagon Sapelli	Borovice lesní
Doba trvání úderu (ms)	1561	973	1148	1574
Délka první amplitudy (ms)	6	6	6	6
Maximální zaznamenaná frekvence (Hz)	5829	6382	5806	6387

V tabulce č. 5 můžeme vidět porovnání plochy akustické energie jednotlivých bubnů. Nejvyšších hodnot dosahoval buben mahagonu s hodnotou 168631, který vyprodukoval nejvíce zvuku, zatímco buben jasanu s hodnotou 139955 měl nejmenší hodnotu. Plocha akustické energie je u každého bubnu rozložena v čase nelineárně.

Tabulka 5: Plocha akustické energie bubnů

Druh dřeva	Celková plocha pod křivkou
Střemcha pozdní	163567
Mahagon sapelli	168631
Jasan ztepilý	139955
Borovice lesní	166329

Matematická funkce kopírující průběh akustického tlaku:

**Borovice lesní:**  $A = 79e^{-1,47t}$

**Jasan:**  $A = 104e^{-1,12t}$

**Mahagon:**  $A = 89e^{-1,25t}$

**Střemcha pozdní:**  $A = 81e^{-1,58t}$

Průběh funkce, který kopíruje vrcholy (maximální výšky) amplitud u každého bubnu, matematicky vyjadřuje průběh a rozložení akustického tlaku v čase. Čím větší je základní číslo, tím je strmější průběh spojnice akustického tlaku. Čím je větší exponent, tím je kratší dozvuk úderu. Bubny, které mají podobné základní číslo i exponent by měli mít při stejném ladění podobný zvuk.

Znázornění těchto funkcí může usnadnit navazující výzkum v této oblasti. Tyto data lze použít jako zjednodušený model vývoje akustického tlaku v průběhu úderu pro každou dřevinu. Díky těmto funkcím bude možné za dodržení metodiky na tuto diplomovou práci navázat a srovnat bubny z jiných materiálových vlastností či jiných materiálů jako např. kov či plast.

## 6. Diskuze

### 6.1. Diskuze výroby bubnů z vertikálních bloků

Při výrobě bubnů z vertikálních bloků je třeba předem koukat nejen na akustické vlastnosti dřeva, ale také na to, zda-li má dřevo takové vlastnosti, které nám umožní buben vyrobit. Před samotnou výrobou je potřeba zkonzultovat praktické zkušenosti s truhlářem. U exotických dřev může být problém například s nasákavostí dřeva a tím delším vytvrzováním spojů mezi bloky a menší pevností lepeného spoje. U jehličnanů se může objevit problém s pryskyřicí, či štípáním vláken dřeva při soustružení.

Základem je vybrat ve skladu řeziva dobrý kus fošny pro výrobu. U výběru dřeva na hudební nástroj by neměly být vady. Příkladem takových vad jsou suky, trhliny a jiné defekty, které by mohly vést k ovlivnění akustických vlastností. Protože hudební nástroj bývá často ozdobou interiéru, je žádoucí vybrat kus dřeva, který nemá vizuální vady jako zašednutí, či jiné změny barvy, i když by tyto vady neměly vliv na zvuk nástroje.

V této diplomové práci byl zlepšen postup výroby vířivého bubnu. Rychlost a kvalita výroby se zlepšila kvůli využití moderní technologie při přípravě šablon za pomoci plotru, ale také použitím jednoduchého postupu při lepení bloků bubnu na lepicí pásku. Ke zlepšení došlo i při výběru povrchové úpravy. Povrchová úprava voskovým lakem je dobrá přírodní alternativa k politurovanému povrchu. Voskový olej poskytuje podobnou ochranu výrobku a také zdravotní nezávadnost. Další výhodou je také snadná aplikace a nevyžaduje takovou časovou náročnost jako příprava a aplikace šelaku. Tento nový postup umožňuje samostatnou a rychlejší výrobu vířivých bubnů a není třeba pomocných rukou. Takový postup může pomoci při snížení nákladů na výrobu bubnů z vertikálních bloků, které mají do značné míry výhodu před sériově vyráběnými bubny.

Další zlepšení výroby může být tvorba nástavce soustruhu pro obrábění korpusu bubnu. Za pomoci tohoto nástavce by bylo možné opracovat i vnitřní část bubnu. Tato úprava by mohla ještě zlepšit akustické vlastnosti bubnu vlivem větší odrazové plochy a tvarové pravidelnosti vnitřní části těla bubnu.

## 6.2. Diskuze akustické zkoušky

Při porovnání všech bubnů v první harmonické řadě, a to kolem 175 Hz (tón F3), je rozdíl v akustickém tlaku u všech bubnů pouze 1 dB. To je dáno tím, že v první fázi úderu se rozezní pouze blána, nikoliv tělo bubnu. Od druhé harmonické řady se začíná projevovat charakter zvuku materiálů, ze kterého je buben vyroben. Rozdíl v akustickém tlaku v druhé až páté harmonické řadě je u jednotlivých bubnů přibližně 10 dB a začíná se zde projevovat charakter dřeva, jak dřevo zvuk odráží, tlumí nebo jak ochotně se tělo bubnu vlivem akustického tlaku rozechvěje. Čím je dřevo hustší, tím je délka dozvuku kratší. Toto může být dáno například schopností zvuku prostoupit různě hustými vrstvami v řadě za sebou. U bubnu jasanu padá akustický tlak z 63 dB v druhé harmonické řadě na téměř poloviční hodnotu kolem 35 dB v druhé harmonické řadě. Schopnost dřeva jasanu rozeznít se na vysoký akustický tlak je špatná pravděpodobně právě kvůli vrstevnatosti s odlišnou hustotou, která rozbije většinu frekvencí a spíše zvuk utlumí.

Submikroskopická stavba dřeva ovlivňuje akustické vlastnosti až druhotně. Při porovnání vlivu mikroskopických částí dřeva na akustické vlastnosti nebyla zjištěna přímá souvislost. Jednotlivé elementy ve dřevě pouze nepřímo ovlivňují vlastnosti dřeva jako je hustota nebo jeho vlastnosti (modul pružnosti), které následně přímo ovlivňují vývoj zvuku, který buben vydává.

Buben jasanu má nízkou plochu akustické energie a má nejkratší dobu dozvuku. Z pohledu prostupu zvuk se dřevo chová jako vrstvená konstrukce, lze srovnat například se skladbou akustických stěn a příček. Rozdíl je pouze v měřítku. U návrhu akustických stěn se vrstvy záměrně střídají, v postupu tvrdá, měkká, nebo chcete-li hustá, méně hustá. Nejběžnějším příkladem jsou SDK stěny s vnitřní izolací z minerální vaty. U akustických skleněných stěn se využívá vrstveného skla (VSG), které je lepené s vnitřní fólií s odlišnou hustotou. V případě, že je třeba dosáhnout vyšší akustické neprůzvučnosti, skladba stěny může být následující: sklo-fólie-sklo vzduchová mezera sklo-fólie-sklo. Principem je, že čím více vrstev s odlišnou hustotou postavíte zvuku do cesty, tím je pro něj obtížnější projít skrze konstrukci. U bubnů z masivního dřeva nemusí mít vliv přímo hustota samotná, ale rozložení hustoty v letokruhu a ostrost přechodu mezi mikrocévami a makrocévami. Pro rychlost útlumu bubnu se ukazuje jako podstatné, jak pozvolný, nebo ostrý je přechod mezi jarním a letním dřevem. Toto je způsobeno rozdílem

průměru cév mezi jarním a letním dřevem (viz. obrázek hustota v průběhu letokruhu).

To může být i důvod proč plocha pod křivkou u bubnu mahagonu je největší. Tlak, který dřevo rozeznívá, nepřekonává hmotu s rozdílnou hustotou v rámci ročního přírůstu (letokruhu). Z tohoto lze usoudit, že listnáče polokruhovitě pórovité nebo roztroušené pórovité budou mít plochu akustické energie větší, než je tomu u listnáčů kruhovitě pórovitých.

Předpokládaný vývoj u bubnů vyrobených z lehkých dřev, jako např. smrk nebo topol, je takový, že budou pomaleji ztrácet akustickou energii při postupném rozeznívání u 2. - 5. harmonické řady. Délka dozvuku u těchto lehkých dřev bude pravděpodobně delší. Naopak buben ze dřeva velmi tvrdého bude více odporovat rozeznění, a jeho dozvuk by měl být velmi krátký. Mezi 1. a 2. harmonickou řadou by měl být vysoký propad akustického tlaku. Toto tvrzení je ale nutné ověřit experimentálně.

Modul pružnosti zdánlivě nemá přímý vliv na délku dozvuku. Modul pružnosti má vliv na maximální frekvenci bubnu a tím na distribuci akustického tlaku v průběhu úderu. Při případném následujícím výzkumu pro potvrzení teorie je doporučeno zařadit do testovaných vzorků více dřev s kruhovitě pórovitou stavbou a znatelným přechodem mezi hustotou jarního a letního dřeva jako je například kaštanovník jedlý či morušovník. Dřeva by se měla chovat podobně jako testovaný buben vyrobený z jasanu.

I když mají bubny borovice a střemchy podobnou plochu akustické energie, distribuce této energie je v čase rozložena podobně. U obou bubnů je plocha rozložena rovnoměrně a v každém dalším segmentu ztrácí akustický tlak v logaritmickém průběhu (0,1). Takto pravidelné chování se ukázalo pouze u těchto dvou vzorků. I když bubny nemají z hlediska fyzikálně-mechanických vlastností mnoho společného, z hlediska průběhu akustického tlaku se chovají velmi podobně. Obě dřeviny mají pozvolné rozložení hustoty v rámci jednoho letokruhu. Bubny z borovice a střemchy mají nejdelší dozvuk (okolo 1,5 s) ze všech testovaných bubnů. Pravděpodobně je to způsobeno kombinací nízké hustoty a pozvolným přechodem hustoty v rámci letokruhu. Toto chování je potvrzené experimenty

popsanými v této práci. Čím je výraznější přechod hustoty jarního a letního dřeva, tím je větší odpor pro pronikání zvuku skrze vrstvy dřevních vláken.

Bakalářská práce *Návrh malého (vířivého) bubnu z vertikálních bloků a jeho výroba* popisovala vlastnosti pouze dvou druhů konstrukcí bubnů. Sériově vyráběný buben z javorové překližované desky a buben z vertikálních bloků vyrobený ze střemchy. Po srovnání nových výsledků z této diplomové práce je nutné částečně přehodnotit zařazení bubnu střemchy podle hudebního žánru. Buben střemchy je sice ve srovnání s bubnem z překližky vhodný ke hře pianissimo pro jeho čitelnost úderu, ale zároveň má buben velmi pěkný a pravidelný průběh zvuku v celém úderu. Takovou vlastnost lze uplatnit v hudebních žánrech jako reggae nebo dub, ve kterých se využívá přidaného efektu ozvěny. Buben z borovice má podobné akustické vlastnosti, a tak ho lze zařadit do stejné skupiny hudebních žánrů jako buben střemchy.

U mahagonu je ztráta akustické energie zpočátku lineární a následně doznívá velmi nepravidelně. Tento průběh se opakoval ve všech záznamech akustické zkoušky a není to dáno chybou měření. Po zjištění této skutečnosti můžeme říct, že buben z mahagonu není vhodný pro muziku, kde je vyžadován čistý tón bez ruchů na konci úderu. Tyto negativní vlastnosti zvuku se neprojeví například u hudebních žánrů jako je rock nebo grunge. U těchto žánrů je důležitá průraznost, kterou buben mahagonu splňuje na výbornou a nepravidelný dozvuk přebije ruch z ostatních hudebních nástrojů.

Jako poslední je zde buben z jasanu, který má výrazně krátký dozvuk, plné tělo a téměř lineární vývoj akustického tlaku. Takový buben je vhodný pro hudební žánry jazz nebo swing, kde je velké množství drobných úderů. Každý z úderů musí být čitelný. Při hraní jazzu a swingu se používá techniky hraní tzn. „ghost notes“. Hráč u této techniky používá odlišné citlivosti úderu v řadě těsně za sebou, což dodá hře na bicí speciální efektní zvuk.

### 6.3. Diskuze teoretického výpočtu a srovnání s experimentem

Literatura (Horáček, 2001) říká, že za rezonanční dřevo se považuje takové, jehož akustická konstanta  $K > 12$ . Dřevina s nejvyšší vypočítanou akustickou konstantou v této práci je 9,3 u bubnu borovice. Nejmenší teoreticky vypočítanou akustickou konstantu má buben jasanu s hodnotou  $K = 6,3$ . Tyto výsledky se blíží hodnotám z literatury (Požgay, 1993), kde je pro borovici uváděna hodnota  $K = 11$  a u dřeva jasanu hodnota  $K = 6,5$ .

Literatura (Horáček 2001) popisuje vztah mezi hustotou a akustickou konstantou. Říká, že akustická konstanta se snižuje s rostoucí hustotou. I toto potvrzuje teoretický výpočet této práce. Buben borovice, jako nejméně hustý zástupce v této práci, měl největší akustickou konstantu a buben z jasanu, který má z testovaných bubnů největší hustotu, měl naopak akustickou konstantu nejmenší. Akustická konstanta pak probíhala nepřímo úměrně podle hustoty dřeva, z kterého byly bubny vyrobeny.

Nicméně akustická konstanta v případě této diplomové práce vypovídá jen málo o vlastnostech materiálu, ze kterého je buben vyroben. Teoretické výpočty akustické konstanty jsou založeny na vztahu hustoty dřeva a frekvenci kmitání. Kmitání, které je dosazováno z experimentálního měření, a odráží délku jedné amplitudy blány. Ve vzorci pro výpočet akustické konstanty je frekvence kmitání součástí dynamického modulu pružnosti. Naměřená hodnota délky jedné amplitudy byla u všech případů 6 ms. Tato délka amplitudy probíhala v celém průběhu úderu podobně. To znamená, že jediná proměnná v rovnici měnící akustické vlastnosti, nevypovídá nic o materiálu bubnu, ale vypovídá spíše o vlastnostech plastové blány. Z tohoto důvodu není vhodné porovnávat akustickou konstantu dřeva jako ukazatel akustických vlastností dřevěných bubnů. Tato metoda výpočtu je vhodná spíše k určení přibližného modulu pružnosti jednotlivého vzorku dřeva za pomoci snímání frekvence, než ke zjištění zda-li je dřevo vhodné k výrobě hudebního nástroje. Pro srovnání akustických vlastností vířivých bubnů je vhodnější použít plochu akustické energie a porovnání průběhů funkcí kopírující spojnice vrcholů amplitud.



## 7. Závěr

Předmětem této práce byla výroba série vířivých bubnů z různých druhů dřev a zjišťování změny akustických vlastností bubnů při využití jiného typu dřeva. Pro co nejlepší vzájemnou porovnatelnost jednotlivých bubnů byl dodržen stejný postup výroby jako u bubnu v bakalářské práci (buben ze střemchy). Byly dodrženy totožné rozměry bubnu a použité stejné komponenty pro výrobu. Odlišnost bubnů je pouze v použitém materiálu. Oproti postupu výroby při bakalářské práci byl nyní zlepšen postup procesu zhotovení nástrojů tak, aby bylo možné vyrábět buben pouze jednou osobou, a byl zvolen výhodnější druh povrchové úpravy.

Byly zjišťovány změny akustických vlastností, jako jsou dozvuk, akustický tlak nebo frekvence bubnů. Naměřené hodnoty se i při dodržení stejných podmínek zkoušky akustických vlastností vzájemně u jednotlivých bubnů liší. Tyto odlišnosti byly porovnávány s mikroskopickou a makroskopickou stavbou dřeva. Bylo zjištěno, že mikroskopická stavba dřeva má pouze nepřímý vliv na akustické vlastnosti bubnů. Byla nalezena pravidelnost ve vztahu makroskopické stavby v kombinaci s hustotou dřeva a jejich vliv na akustické vlastnosti dřeva. Obecně se dá říct, že s rostoucí hustotou klesá doba dozvuku bubnu, ale záleží zde na rozložení hustoty v ročním přírůstku dřeva a také záleží na tom, zda-li je změna hustoty skoková či pozvolná. Na základě osobních zkušeností autora byly jednotlivé bubny rozřazeny do skupin hudebních žánrů dle naměřených akustických hodnot. Bubny borovice a střemchy jsou určeny pro hudební žánry reggae či dub. Buben mahagonu pro rock či grunge a buben jasanu se díky krátkému dozvuku hodí pro jazz či swing.

V diplomové práci je rozvedený teoretický výpočet akustické konstanty metodou uváděnou v literatuře. Výsledky výpočtu byly porovnávány s naměřenými akustickými vlastnostmi bubnů. Ukázalo se, že pomocí matematického výpočtu pro výpočet akustické konstanty nelze zjistit vliv změny akustických vlastností u vířivých bubnů. Výpočet použitý v této práci má užití při zjištění modulu pružnosti konkrétního vzorku dřeva pomocí akustických vlastností, nikoliv opačně - tedy určení akustických vlastností pomocí modulu pružnosti.

## 8. Summary

The subject of this thesis was to manufacture a number of snare drums from various kinds of wood and the detection of changes of their acoustic properties with the use of different material - wood. To be able to compare drums with each other the production procedure was step by step the same as for the drum manufactured for the purpose of the bachelor's thesis. Dimensions of the drums and used components were the same. The only difference in constructed drums is in used material. The manufacturing process has been improved so that only one person itself is able to construct a drum. And it was chosen a better kind of surface treatment, which had various advantages.

Changes in acoustic properties were detected, such as reverberation, acoustic pressure, or drum frequency. Even though the setting of all experiments was identical, measured values differed for each drum. These differences were compared to a microscopic and macroscopic structure of wood. The result was that the microscopic structure of wood effects only indirectly acoustic properties of drums. Correlation was found in a relation to macroscopic structures with combination of density of wood and the influence on acoustic properties. In general, the reverberation time of the drum decreases with increasing density, but it depends on the density distribution in the annual increment of wood and if the change of the density is stepwise or gently. Based on personal experience of the author, each drum was categorized into groups of musical genres according to measured acoustic properties. Pine drums and American cherry are suitable for musical genres of reggae or dub. The mahogany drum is suitable for rock or grunge and the ash drum is suitable for jazz or swing thanks to its short reverberation.

In this thesis there is a theoretical calculation of acoustic constants, the use of it is according to known literature. The results of the calculation were compared with the measured acoustic properties of the drums. This type of mathematical calculation cannot reflect differences between acoustics properties of snare drums. The calculation used in this thesis has better use in discovering the modulus of elasticity of a particular wood sample using its acoustic properties. Not the other way around - not determining acoustic properties using the modulus of elasticity.

## 9. Použitá literatura

### Seznam použité literatury

- [1] HORÁČEK, Petr. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-347-7.
- [2] WAGENFÜHR, R., 2000: Holzatlas. 5. vyd., Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 707 S. ISBN 3-446-21390-2.
- [3] Požgay, A. a kol. 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda, a. s., (1) 1997. 488 s. ISBN 80-07-00960-4
- [4] TESAŘOVÁ, D.: Skripta denní studium – Plasty, lepidla a nátěrové hmoty. MZLU Brno:, 2009. 57 s.
- [5] ROSSING, Thomas D. Science of percussion instruments. Hackensack, N.J.: World Scientific, c2000. Series in popular science, v. 3. ISBN 981-02-4158-5.
- [6] HÁJEK, Václav. Podlahy: [pokládání, ošetřování, opravy]. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. ISBN isbn80-7169-923-3.
- [7] ŠŤASTNÝ P. Historické povrchové úpravy dřeva v kombinaci se současnými nátěrovými hmotami. Závěrečná práce. Brno: MZLU v Brně, 2011.

### Normy

ČSN EN 338 (73 1711) Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti

ČSN 91 0272 (910272) Nábytek. Zkoušení povrchové úpravy nábytku. Hodnocení vzhledových vlastností

## 10. Použité odkazy

1. harmonics\_and\_math. [online]. Dostupné z: [http://ffden-2.phys.uaf.edu/211\\_fall2013.web.dir/zachariah\\_yarbro/harmonics\\_and\\_math.html](http://ffden-2.phys.uaf.edu/211_fall2013.web.dir/zachariah_yarbro/harmonics_and_math.html)
2. [online]. Dostupné z: <http://Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva - J. Zejda, J. Tippner, V. Sebera, E. Koňasová, V. Dániel>
3. ZEIDLER, Aleš; GRÝC, Vladimír; VAVRČÍK, Hanuš. Střemcha pozdní: Americká třešeň – zajímavý zdroj dekorativního dřeva. Lesnická práce [online]. Lesnická práce, s. r. o., Kostelec nad Černými lesy, 2010, roč. 89, čís. 2 [cit. 19.06.2015].
4. Střemcha pozdní: Americká třešeň – zajímavý zdroj dekorativního dřeva | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství. LP | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství [online]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-2-10/stremcha-pozdni-americka-tresen-zajimavy-zdroj-dekorativniho-dreva>
5. [online]. Dostupné z:
6. 5. <https://docplayer.cz/20247066-Diplomova-prace-lesnicka-a-drevarska-fakulta-historicke-povrchove-upravy-dreva-v-kombinaci-se-soucasnymi-naterovymi-hmotami.html>
7. jsjksz301 Moved Permanently. 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <http://www.osmo.cz/files/barvy-na-drevo-uvnitř/technicke-listy/tvrdy-voskovy-olej-rapid-bezbarvy-3232-2015.pdf>
8. [online]. Dostupné z: [http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba\\_dreva/lexikon/mikro/index.html](http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/mikro/index.html)
9. NIS - Nábytkářský informační systém. NIS - Nábytkářský informační systém [online]. Copyright ©2013 [cit. 18.04.2017]. Dostupné z:
10. <http://www.n-i-s.cz/cz/preklizovane-materialy/page/215/>
11. American cherry | American Hardwood Export Council. eu | American Hardwood Export Council [online]. Copyright © AHEC 2017 [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.americanhardwood.org/american-hardwood/american-cherry>
12. [online]. Dostupné z:
13. <http://www.wiris.com/editor/demo/cs/index>
14. University information system MENDELU [online]. Dostupné z:
15. [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=9184](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9184)

## 11. Seznam obrázků, tabulek a grafů

<b>Obr. 1:</b> Mechanické vlastnosti střešchy (American Hardwood Export Council)	5
<b>Obr. 2:</b> Mikroskopická stavba třešně ptačí v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)	7
<b>Obr. 3:</b> Mikroskopická stavba jasanu v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)	10
<b>Obr. 4:</b> Mikroskopická stavba mahagonu v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)	12
<b>Obr. 5:</b> Mikroskopická stavba borovice v P řezu: (internetová stránka, lexikon dřev)	14
<b>Obr. 6: Harmonická řada strunného nástroje při ladění C</b>	<b>20</b>
<b>Obr. 7:</b> Padací mechanismus (archiv autora)	26
<b>Obr. 8:</b> Upnutí bubnu k dřv. rámu, instalovaný padací mechanismus (archiv autora)	26
<b>Obr. 9:</b> Proces ladění bubnu (archiv autora)	27
<b>Obr. 10:</b> Instalace snímacího zařízení - mikrofonu (archiv autora)	28
<b>Obr. 11:</b> Návrh bubnu z vertikálních bloků - řez (archiv autora)	33
<b>Obr. 12:</b> Návrh bubnu z vertikálních bloků – detail vertikálního bloku (archiv autora)	34
<b>Obr. 13:</b> Blokové schéma výroby bubnu z vertikálních bloků (archiv autora)	35
<b>Obr. 14:</b> Fošny – jasan ztepilý, mahagon sapelli (archiv autora)	36
<b>Obr. 15:</b> Kování bubnu (archiv autora)	37
<b>Obr. 16:</b> Příčné dělení č. 1 (archiv autora)	38
<b>Obr. 17:</b> Oboustranné frézování (archiv autora)	38
<b>Obr. 18:</b> Podélné dělení (archiv autora)	39
<b>Obr. 19:</b> Příčné dělení č. 2 (archiv autora)	40
<b>Obr. 20:</b> Zkouška sesazení (archiv autora)	40
<b>Obr. 21:</b> Sesazení bloků do korpusu (archiv autora)	41
<b>Obr. 22:</b> Příprava upnutí korpusu do soustrhu (archiv autora)	42
<b>Obr. 23:</b> Soustružení a broušení (archiv autora)	43
<b>Obr. 24:</b> Povrchová úprava - příprava polné (archiv autora)	43
<b>Obr. 25:</b> Povrchová úprava – příprava polné (archiv autora)	44
<b>Obr. 26:</b> Povrchová úprava – korpusy před nátěrem voskovým olejem (archiv autora)	44
<b>Obr. 27:</b> Povrchová úprava – korpusy po prvním nátěru vosk. olejem (archiv autora)	45
<b>Obr. 28:</b> Zkouška osazení kování (archiv autora)	46
<b>Obr. 29:</b> Buben z vertikálních bloků ze střešchy, vyrobený 2017 (archiv autora)	46
<b>Obr. 30:</b> Buben z vertikálních bloků z mahagonu, vyrobený 2020 (archiv autora)	47
<b>Obr. 31:</b> Buben z vertik. bloků z mahagonu, 2020 – spodní stran (archiv autora)	47
<b>Obr. 32:</b> Střešcha pozdní	49
<b>Obr. 33:</b> Střešcha pozdní	49
<b>Obr. 34:</b> Jasan ztepilý	52
<b>Obr. 35:</b> Jasan ztepilý	52
<b>Obr. 36:</b> Mahagon sapelli	55
<b>Obr. 37:</b> Mahagon sapelli	55
<b>Obr. 38:</b> Borovice lesní	58
<b>Obr. 39:</b> Borovice lesní	58
<b>Obr. 40:</b> Mikroskopická stavba dřev testovaných bubnů	62
<b>Graf 1 - Střešcha pozdní</b>	<b>50</b>
<b>Graf 2 - Střešcha pozdní</b>	<b>51</b>
<b>Graf 3 - Jasan ztepilý</b>	<b>53</b>
<b>Graf 4 - Jasan ztepilý</b>	<b>54</b>
<b>Graf 5 - Mahagon sapelli</b>	<b>56</b>
<b>Graf 6 - Mahagon sapelli</b>	<b>57</b>

<b>Graf 7</b> - Borovice lesní	<b>59</b>
<b>Graf 8</b> - Borovice lesní	<b>60</b>
<b>Graf 9</b> - Vývoj akustického tlaku s rostoucí frekvencí	<b>61</b>
<b>Graf 10</b> - Vliv hustoty na akustický tlak v 1.-5. harmonické řadě	<b>63</b>
<b>Graf 11</b> - Vliv modulu pružnosti na akustický tlak v 1.-5. harmonické řadě	<b>64</b>
<b>Graf 13</b> - Vliv modulu pružnosti na frekvenci bubnu	<b>65</b>
<b>Graf 14</b> - Vliv modulu pružnosti na akustickou konstantu	<b>66</b>
<b>Graf 15</b> - Vliv hustoty na modul pružnosti	<b>67</b>
<b>Tabulka 1:</b> Třídy trvanlivosti (Tesařová, 2009)	<b>16</b>
<b>Tabulka 2:</b> Průměrná rychlost šíření zvuku ve dřevě	<b>18</b>
<b>Tabulka 3:</b> Vývoj akustického tlaku v 1. - 5. harmonické řadě	<b>67</b>
<b>Tabulka 4:</b> Naměřená data z akustické zkoušky	<b>68</b>
<b>Tabulka 5:</b> Plocha akustické energie bubnů	<b>68</b>