

# Stavba akustické kytary

Vít Přebyla

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta multimediálních komunikací

Ateliér Audiovize  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Vít Přebyla  
Osobní číslo: K11117  
Studijní program: B8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby  
Studijní obor: Audiovizuální tvorba – Zvuková skladba  
Forma studia: prezenční

Téma práce: 1. Teoretická část:  
Stavba akustické kytary

2. Praktická část:  
Audiovizuální dílo nebo tematický soubor  
audiovizuálních děl, délka minimálně 10 min.,  
zvuková skladba

### Zásady pro vypracování:

#### 1. Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 15 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh. Formální podoba: 1 ks v pevné vazbě s popisem na hřbetu i horní desce spolu s CD-R. Dále 2 ks práce, které mohou být v kroužkové vazbě. Práci je třeba rovněž odeslat do knihovny UTB Zlín v elektronické podobě ve formátu pdf.

Pokyny k vypracování: prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska a formulujte závěry a získané vědomosti.

#### 2. Praktická část: Výstupní dílo:

- 3 ks DVD ve formátu DVD-video (PAL) s graficky upraveným bookletem
- 1ks datového DVD obsahující: grafický návrh bookletu (PDF/AI, CMYK, 300dpi, texty v křivkách), návrh filmového plakátu formát 70 x 100cm (PDF/AI, CMYK, 300dpi, texty v křivkách)

- 1ks datového DVD obsahující: film ve formátu SD/HD v odpovídajícím datovém toku a kontejneru MPEG2 ve dvou verzích: 1) česká verze (české znění či titulky vypálené do obrazu), 2) anglická verze (anglické znění či titulky vypálené do obrazu).

Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy AAV pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí celé práce budou rovněž vyplněné a předané formuláře pro OSA, NFA a podepsaný formulář "Údaje o bakalářské práci studenta".

Na samostatném nosiči CD/DVD-R, označeném "Podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně", odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/umělecké dílo**

Seznam odborné literatury:

GRACE, RICHARD: Hudba a zvuk na počítači. Grada Publishing Praha, 1999. ISBN 80-7169-519-X.

HŮRKA, MILOSLAV: Když se řekne zvukový film. ČSFÚ Praha, 1991. ISBN 80-7004-044-0.

VLACHÝ VÁCLAV: Praxe zvukové techniky. Muzikus Praha, 2000. ISBN 80-86253-05-8.

BLÁHA IVO: Zvuková dramaturgie audiovizuálního díla. AMU Praha, 2004. ISBN 80-7331-010-4.

BROWN, ROYAL S.: Overtones and Undertones – Reading Film Music. University of California Press Berkeley, 1994. ISBN 05-2008-544-2.

WIRSUM, SIEGFRIED: Abeceda nf techniky. BEN Praha, 1998. ISBN 80-86056-26-0.

ROSSING, THOMAS D.: Springer Handbook of Acoustics. Würzburg, 2007. ISBN 0-387-30425-0.

ŠKVOR, ZDENĚK: Elektroakustika a aplikovaná akustika. ČVUT Praha, 1994. ISBN 80-01-01074-0.

SMETANA, CTIRAD a kol.: Praktická elektroakustika. SNTL Praha, 1981. ISBN neuvedeno.

SEVY, JON: Building an Acoustic Steel-String Guitar.

KINKEAD, JONATHAN: Build Your Own Acoustic Guitar – Complete Instructions and Full-Size Plans. Hal Leonard, 2004. ISBN 06-3405-463-5.

CUMPIANO, WILLIAM & NATELSON, JONATHAN: Guitarmaking – Tradition and Technology (Guitar Reference). Music Sales America, 1994. ISBN 08-1180-640-5.

Vedoucí teoretické části:

**doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.**

Ústav elektroniky a měření

Vedoucí praktické části:

**prof. Ing. Ján Grečnár, ArtD.**

Ateliér Audiovize

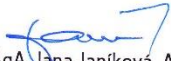
Datum zadání bakalářské práce:

**2. prosince 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**12. května 2015**

Ve Zlíně dne 2. prosince 2014

  
doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.  
děkanka



  
MgA. Pavel Hruza  
vedoucí ateliéru

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně 11.5.2015 .....

Vít PRIBYLA   
Jméno, příjmení, podpis

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požičovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídnou k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce slouží jako úvod do jednotlivých disciplín zabývajících se hudebním nástrojem akustická kytara. A to jak z pohledu samotné výroby, tak fyzikálně-akustických zákonů i výsledného fungování nástroje v praxi.

Klíčová slova: akustická kytara, akustika hudebních nástrojů, stavba akustické kytary, frekvenční vyzařování akustické kytary

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is an introduction to the individual disciplines related to the musical instrument - acoustic guitar. These include its construction, physical acoustics and the practical function of the final instrument.

Keywords: acoustic guitar, acoustics of musical instruments, construction of acoustic guitar, frequency radiation of acoustic guitar

Děkuji RNDr. Vojtěchu Křesálkovi, CSc. za svědomité vedení mé práce a vstřícné jednání.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 AKUSTICKÉ POJMY.....</b>	<b>11</b>
1.1 STOJATÉ VLNĚNÍ .....	11
1.2 HELMHOLTZŮV REZONÁTOR .....	12
1.3 CHLADNIHO OBRAZCE A INTERFEROGRAMY .....	13
<b>2 JAK AKUSTICKÁ KYTARA FUNGUJE.....</b>	<b>15</b>
2.1 STRUNY.....	15
2.2 KYTAROVÉ TĚLO .....	16
<b>3 ANATOMIE AKUSTICKÉ KYTARY A VÝBĚR DŘEVA.....</b>	<b>18</b>
3.1 TVARY AKUSTICKÝCH KYTAR.....	18
3.2 KRK, HMATNÍK A KOBYLA.....	19
3.3 ZADNÍ DESKA A LUBY .....	20
3.4 PŘEDNÍ DESKA.....	20
<b>4 VÝROBA AKUSTICKÉ KYTARY .....</b>	<b>22</b>
4.1 ÚVOD KE KAPITOLE.....	22
4.2 VÝROBA PŘEDNÍ A ZADNÍ DESKY.....	22
4.3 VÝROBA A ZASAZENÍ ROSETY .....	22
4.4 ŽEBROVANÍ VRCHNÍ A SPODNÍ DESKY .....	23
4.5 VÝROBA LUBŮ, OBVODOVÉ VÝLOŽKY A SLEPENÍ TĚLA KYTARY .....	24
4.6 VÝROBA KYTAROVÉHO KRKU A HMATNÍKU .....	25
4.7 SLEPENÍ TĚLA A KRKU KYTARY .....	26
4.8 POVRCHOVÁ ÚPRAVA .....	27
4.9 VÝROBA A LEPENÍ KOBYLKY, ZASAZOVÁNÍ PRAŽCŮ .....	28
4.10 ZASAZENÍ VÝZTUŽE DO KRKU, LEPENÍ NULTÉHO PRAŽCE .....	29
4.11 OSTRUNĚNÍ A FINÁLNÍ SEŘÍZENÍ .....	30
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>32</b>
<b>5 SMĚROVÉ VYZAŘOVÁNÍ AKUSTICKÉ KYTARY.....</b>	<b>33</b>
5.1 ÚVOD K MĚŘENÍ .....	33
5.2 PŘÍPRAVA.....	34
5.3 MĚŘENÍ.....	34
5.4 ZÁVĚŘ K MĚŘENÍ.....	38
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ELEKTRONICKÝCH ODKAZŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>46</b>



## ÚVOD

Jako mistr zvuku na jedné straně a kytarista na straně druhé mne vždy fascinovaly fyzicko akustické vztahy, které vznikají ať už při samotné tvorbě tónů, tak při záznamu či reprodukci akustické kytary. Jelikož se tyto vztahy navzájem ovlivňují ve všech sférách práce s tímto nástrojem, je téměř nezbytné, aby s nimi byl zvukař či hudebník obeznámen. Absence jakéhokoliv takového shrnujícího materiálu mne vedla k vytvoření této práce.

Cílem práce je tedy ucelený informační základ o nástroji akustická kytara, jehož znalost ocení jak hudebníci, tak výrobci nástrojů či lidé ze zvukové praxe. Z tohoto důvodu se budu snažit udržet hloubku informací, do kterých v jednotlivých disciplínách nahlédneme, srozumitelnou pro širší čtenářské publikum, ať se již jejich zaměření týká jedné z uvedených disciplín, či jde o laiky nebo hudební milovníky.

Práce je rozdělena do dvou částí - teoretické a praktické. Kapitoly logicky sdružují jednotlivé pojmy či objekty studia, které popisují podkapitoly. Materiál je seřazen od základních principů (tvorba zvukových vln) a postupně tyto principy demonstruje po praktické stránce. Součástí práce je také přílohové CD.

V první části práce se tedy zaměřím na fyzikální principy fungování zvukových vln a jejich šíření, funkce jednotlivých komponent akustické kytary a jejich vlastnosti, výběr materiálů a samotnou výrobu nástroje.

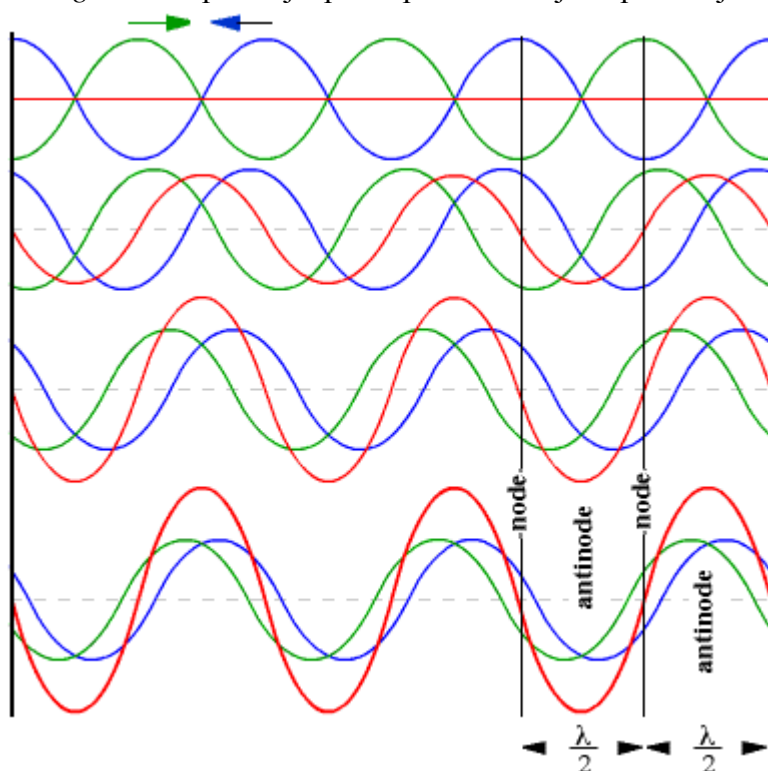
V části druhé se budu zabývat frekvenčním vyzařováním nástroje a postavením mikrofону, to budu demonstrovat na praktickém měření. K tomuto měření bude přiloženo i datové CD se zvukovými ukázkami a grafy. Součástí budou taktéž fotografie polohy mikrofónu v obrazové příloze v závěru práce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 AKUSTICKÉ POJMY

### 1.1 STOJATÉ VLNĚNÍ

Proto, aby vznikl zvuk, musí vzniknout vibrace. Proto, abychom vytvořili tón, musí mít vibrace stálou frekvenci. „Vlnění je charakterizováno šířením vln, které přenášejí zvukovou energii.“<sup>1</sup> Pro přesnější pochopení tohoto jevu potřebujeme vymezit rozdíl mezi stojatým a



Obr.1 - Interakce dvou proti sobě jdoucích postupných vln

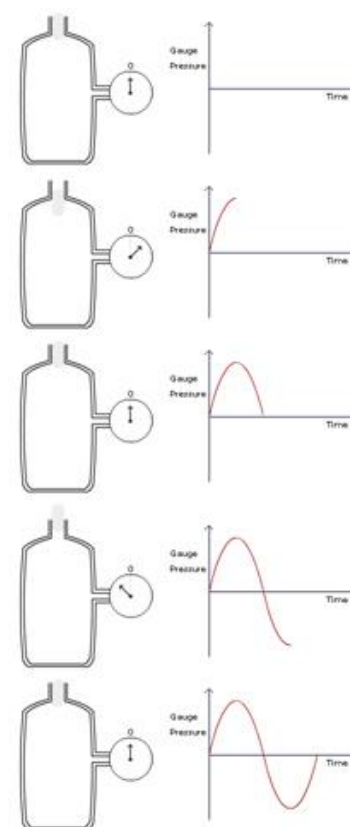
postupným vlněním a popsat, jak se navzájem ovlivňují. Stojatou vlnou označujeme způsob vibrace, který je stálý. Setkáme se s ním např. u resonance strun či v případě dechových nástrojů u kmitání vzduchového válce. Při rozechvění struny prvotně vzniká mnoho postupných vln, které cestují od jednoho konce struny k druhému. Tyto postupné vlny se ovšem navzájem ovlivňují. K demonstraci nám poslouží dvě vlny stejné frekvence i amplitudy postupující v opačném směru. V místě, kde je fáze první vlny kladná a druhá záporná, se vlny navzájem vyrušují a toto místo se nazývá akustický uzal (tj. místo, kde se amplituda vlny rovná nule), naopak tam, kde se setkají obě vlny v kladné fázi, vzniká jejich sečtení a toto místo se stává nejsilnějším bodem daného vlnění - kmitnou. Tyto dvě proti sobě jdoucí vlny se ovšem neovlivňují pouze v těchto uvedených bodech úplného odečtení či sečtení fází, nýbrž po celé své délce. Tímto vzniká vlnění, jehož vrcholy se nepohybují po délce struny, ale zůstávají stále ve stejném bodě, přičemž pohyblivý je pouze kmit amplitudy. Tento jev nazýváme stojaté vlnění. Toto vlnění je dále pře-

<sup>1</sup> SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3. dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, s.27. ISBN 978-807-3312-978.

nášeno na molekuly vzduchu v okolí. *“Kmity pružného tělesa, vycházející např. z hudebního nástroje, postupně předávají kmitavý pohyb vzduchovým částicím a v okolním pružném prostředí vedou ke vzniku postupného vlnění.”*<sup>2</sup> Místa akustických uzlů a bodů nejvyšších amplitud vln - kmiten (pozn. také se možno setkat s anglickými ekvivalenty „nodes“ a „antinodes“) mají přímý vliv na vzniku harmonických řad tónů nástrojů.

## 1.2 Helmholtzův rezonátor

Helmholtzův rezonátor je nádoba s otvorem naplněná plynem či směsí plynů (v praxi nejčastěji vzduchem). Jako příklad nám může sloužit skleněná láhev naplněná vzduchem. Vzduch se v tomto případě chová jako jakási pružina – fouknutím přes otvor stlačíme vzduch uvnitř láhve, ten má tendenci vrátit se zpět na své místo, ovšem odrazem této „vzduchové pružiny“ se vzduch vynese mírně nad její původní hladinu a tak „vzduchová pružina“ zase přitáhne vzduch dovnitř láhve, tento proces se opakuje (vzniká stálý kmit – jednotná frekvence) a odchylka od původní hladiny vzduchu se každým dalším kmitem zmenšuje (snižuje se amplituda vlnění) až do té doby, než kmit ustane a vzduch je zastaven na původní hladině (vlnění ustane). Tento průběh vykresluje jedno fouknutí do láhve, pokud ovšem foukáme do láhve nepřetržitě stejnou silou, „vzduchová pružina“ je stále vybuzována do určitého stlačení a následně i roztáhnutí, a tak je kmit stálý, což znamená, že amplituda vln nepoklesává – slyšíme stálý, stejně hlasitý tón. *„Helmholtzův rezonátor je typickým příkladem akustické soustavy se soustředěnými prvky (parametry). Naproti tomu napnutá struna, membrána, ozvučná deska nebo vzdušný sloupec (u dechového nástroje) představují soustavy s rozprostřenými prvky, protože u nich není možné soustředit hmotnosti a poddajnosti do jednoho bodu v přípravě výpočtů např. vlastních*



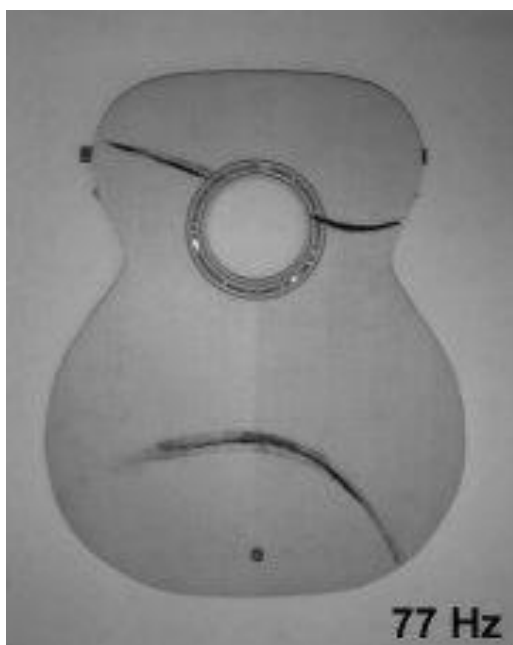
Obr.2 – Znáornění principu Helmholtzova rezonátoru

<sup>2</sup> GEIST, Bohumil. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 2005, s. 27. ISBN 80-862-5331-7.

*kmitů soustavy.*<sup>3</sup> Pochopení tohoto jevu v oblasti stavby akustické kytary je důležitý, jelikož samotné tělo kytary působí podobně jako Helmholtzův rezonátor. Ovšem resonance těla kytary je daleko složitější než u příkladu se skleněnou láhví - tělo kytary se totiž při stlačení vzduchu dokáže mírně nadmout, také vzduch „uvnitř“ ozvučného otvoru kytary je geometricky daleko komplikovanější než je tomu u krku láhve. U akustických kytar je ve většině případů Helmholtzova resonance (spolu s resonancí těla kytary) rovna frekvenci mírně nižší než je frekvence druhé nejhlubší struny.

### 1.3 Chladniho obrazce a interferogramy

Ernst Florens Friedrich Chladni, fyzik a hudebník přelomu 18. a 19. století, se proslavil významnými objevy v oblasti akustiky. Takzvané Chladniho obrazce zobrazují umístění



akustických uzlů na daném testovaném povrchu.

*„U desek nebo membrán (součástí hudebních nástrojů) dochází ke chvění při každé budící frekvenci, avšak zvláště silné chvění nastává jen při rezonančních frekvencích, které netvoří obecně harmonickou řadu. Polohu kmiten a uzlů pak lze zjistit posypem desky jemným práškem, který při jejím chvění odskakuje z kmiten a hromadí se v uzlových čarách. Každé rezonanční frekvenci přísluší jiný obrazec uzlových čar.“*<sup>4</sup> Dle Chladniho metody se

Obr.3 – Chladniho obrazec přední desky akustické kytary na frekvenci 77Hz

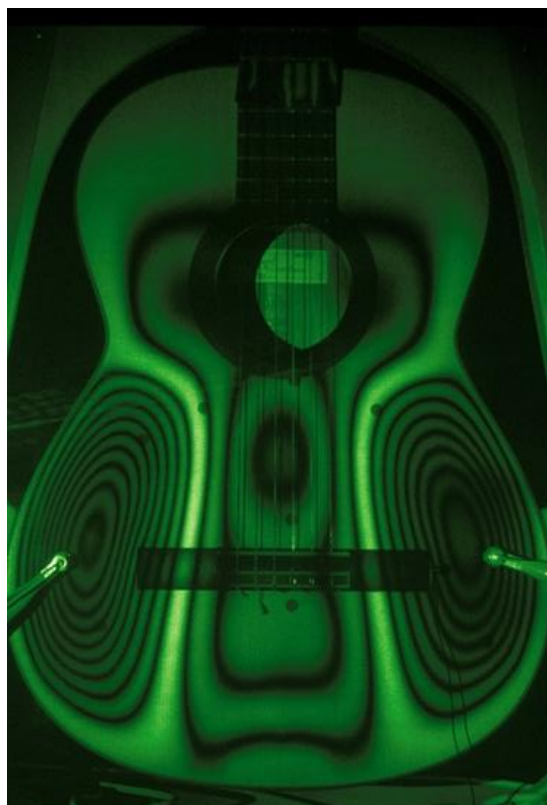
tedy na daný povrch nasypala mouka a povrch se poté rozvíbroval smyčcem - to vedlo k tomu, že se mouka shromáždila tam, kde povrch nevíbruje.

Těmito body jsou již výše zmíněné akustické uzly, ty jsou většinou zobrazeny v liniích – uzlových čarách. V dnešní době se již místo mouky používá černý písek a místo smyčce tónových generátorů napojených na reproduktor umístěný pod měřeným povrchem. To nám umožňuje sledovat akustické uzly povrchu na různých frekvencích (smyčec dokáže rozkmitat rezonanční desku pouze v její základní frek-

<sup>3</sup> SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3. dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, s.43. ISBN 978-807-3312-978.

<sup>4</sup> SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3. dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, s.39. ISBN 978-807-3312-978.

venci). Otázkou ovšem je, jaký je praktický přínos těchto informací při stavbě hudebního nástroje? Není totiž žádný ideální vzorec, dle kterého by přední deska kytary (či jiného hudebního nástroje) měla být zkonstruována, pro každou hru je preferován rozdílný zvuk a každý hráč sám preferuje rozdílný zvuk svého nástroje. V praxi se tedy metody využívá například tehdy, pokud chce výrobce dosáhnout zvuku předlohového nástroje – pomocí Chladniho obrazců zanalyzuje umístění akustických uzlů předlohového nástroje a při výrobě nového nástroje postupuje v upravování jednotlivých komponentů kytary tak, aby byly výsledné obrazce obou nástrojů co nejpodobnější, či v ideálním stavu identické. Moderní obdobou Chladniho obrazců jsou tzv. interferogramy. Tato metoda využívá holografické technologie, tedy záznamu obrazu pomocí světelných paprsků (laserů). Nejprve se laserovým paprskem prozáří nástroj v klidové pozici. Vzniklý obraz se spolu s dalším laserovým paprskem promítne na již vybuzený nástroj. Tam, kde se tyto dvě záření setkávají, vzniká jejich vzájemné prolínání a rušení, jelikož druhý paprsek zachycuje rozdíly způsobené rozkmitem. Na základě interference těchto dvou paprsků vznikají žádané obrazce, které odpovídají přesnému umístění kmiten a uzlů nástroje.



Obr.4 – Holografický interferogram  
akustické kytary

## 2 JAK AKUSTICKÁ KYTARA FUNGUJE

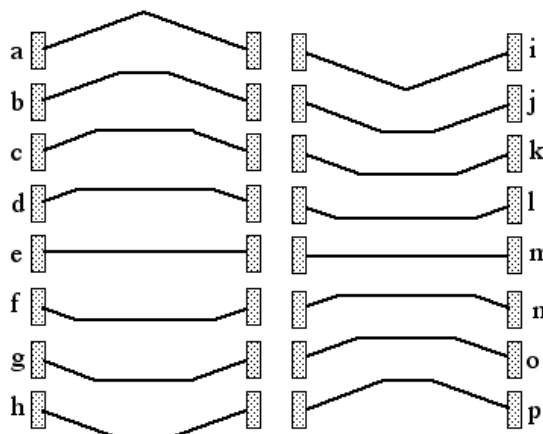
### 2.1 Struny

Rozvibrování struny je prvním impulsem k rozeznění nástroje. Shrňme si tedy vlastnosti, které struny ovlivňují. *“Užívání strun k vyluzování hudebních zvuků je prastarého původu. Provázelo všechny známé kultury a jeho počátek není archeologicky ani písemně doložen. První teoretické bádání o kmitání strun uskutečnil Pythagoras v 6. stol. před n. l. Zkoumal, jak musí být dlouhá struna o určitém napětí, aby dal její zvuk zvolený hudební interval se zvukem struny referenční. Objevil tak zákon poměru malých čísel, jimiž se délka stejně napjatých strun řídí. V 16. století pozorování Pythagorasovo doplnil Mersenne, který zkoumal závislost výšky tónu na její délce a na jejím napětí. Asi o 100 let později přibral Taylor v úvahu měrnou hmotnost a průřez struny.”*<sup>5</sup> Prvním důležitým faktorem je tedy hmotnost struny – čím je struna těžší, tím kmitá pomaleji. U kytar tedy využíváme především kovové struny (westernové kytary) nebo nylonové struny (klasické kytary). Čím tenčí struna, tím je tón vyšší. Kompenzace hmotnosti struny je prováděna kovovým omotáním a to jak u kovových strun (většinou struny G, D, A, E), tak u nylonových strun (struny D, A, E). Frekvence kmitu struny je ovlivněna dvěma faktory, zaprvé pnutím struny – čím víc je struna napnutá, tím je tón vyšší (natahování struny ladícím kolíkem) a zadruhé její délkou – kratší se rovná vyššímu tónu (při hře pomocí pražců zkracujeme struny, což nám umožňuje měnit jednotlivé frekvence – tóny). Struny, jelikož jsou tenké a tím pádem dostatečně nerozkmitávají okolní vzduch, nevytváří samy o sobě téměř žádný zvuk. Proto je nutno přenést vibraci struny na kobytku a poté celé tělo nástroje, které má funkci rezonátoru. *„Bylo již uvedeno, že kmitající hmotné soustavy (tělesa, tekutiny, vzduchové sloupce) vydávají při kmitání vlastní (volné) kmity o příslušném kmitočtu a s nimi však zároveň čtvrt-, půlvlny i celistvé násobky těchto hodnot. Tato skutečnost platí, pokud uvažujeme, že soustava nepřebírá z okolního prostředí energii nebo ji do něj nepředává. Takové případy jsou velmi výjimečné, neboť jak jsme již rovněž několikrát konstatovali, energie kmitající soustavy, vlnění, přechází ze zdroje (zářiče, oscilátoru) na další soustavy – zejména na ty, které velmi citlivě reagují na tyto vnější kmity, nazývané rezonátory. V nich pak budí vynucené kmity. Tyto kmity se po skončení vnější stimulace utlumují velmi rychle, kdežto vlastní kmi-*

<sup>5</sup> PTÁČEK, Miroslav. Úvod do fonetické akustiky. Praha: Karolinum, 1993, s.26. ISBN 80-706-6704-4.

ty vykazují mnohem povlnnější a pomalejší útlum. Vynucené kmity rezonátoru mají frekvenci shodnou s frekvencí budícího kmitání.“<sup>6</sup>

Resonance strun také závisí na způsobu rozeznění, hra prsty je výrazně odlišná od hry např. smyčcem. „Na výsledný charakter tónu strunných nástrojů má velký vliv vztah excitátoru - prstu, kladívka, smyčce aj. a oscilátoru - struny, a to jak z hlediska napínací síly, rychlosti úderu, tlaku smyku, tak z hlediska místa buzení.“<sup>7</sup> U kytar nás tedy zajímá roze-



Obr.5 - Zobrazení prvotního kmitu struny akustické kytary po drknutí

znění prsty (popř. trsátkem). To probíhá tak, že drknutím vychýlíme strunu z její původní pozice. Vzhledem k pružnosti materiálu začne struna kmitat v určité frekvenci, postupně ztrácí zvuk na síle, až utichá – struna se uchýlila zpět do své původní pozice. Počáteční drknutí struny vytvoří „ostrou“ hranu vlnění, což znamená nárůst vyšších frekvencí, ty ale rychle ztrácejí na síle, a proto je dozvuk kytary již měkký a kulatý.

## 2.2 Kytarové tělo

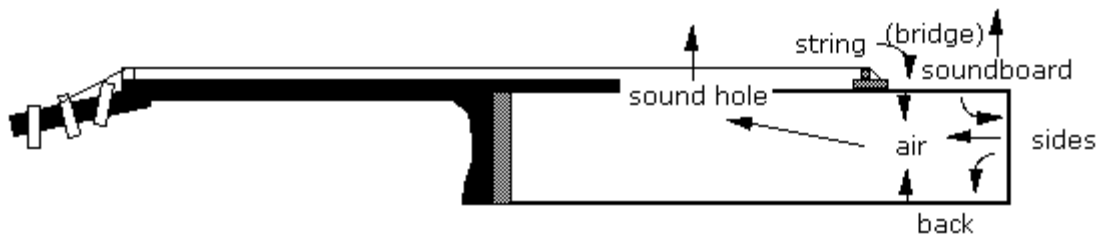
Tělo nástroje slouží k tomu, aby přeneslo kmit ze strunami rozvibrované kobyly na okolní vzduch. Vrchní deska nástroje musí být tedy vyrobena tak, aby mohla relativně volně kmitat. K tomuto účelu dobře vyhovuje pružnější dřevo (více v kapitole 4.3 Přední deska). Rubovou stranu vrchní desky tvoří žebrování, to pomáhá ke zpevnění desky (tah strun by vytvářel nežádoucí vypoulení přední desky). Žebrování také ovlivňuje, jakým způsobem vrchní deska rezonuje (umístění žebor významně ovlivňuje tvorbu uzlů a kmiten). U zadní desky jsou tyto faktory daleko méně důležité, jelikož resonance bývá utlumena tělem hráče. Přesto na „naladění“ zadní desky závisí frekvenční poloha formantů. Luby kytary nejsou vystaveny přímým odrazům přední desky, proto také nevytvářejí nijak dominantní po-

<sup>6</sup> GEIST, Bohumil. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 2005, s.37. ISBN 80-862-5331-7.

<sup>7</sup> SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3. dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, s.228. ISBN 978-807-3312-978.



díl na výsledném zvuku. Co má ale podstatný podíl na výsledném zvuku nástroje je vzduch uvnitř těla nástroje, především tedy pro nízké frekvence. Ten funguje na principu Helmholtzova rezonátoru (viz. kapitola 2.2 Helmholtzův rezonátor). Vzduch uvnitř těla nástroje také ovlivňuje pomalé kmity přední desky (nízké frekvence), čímž dohromady dotvářejí spektrum výsledného zvuku nástroje.



Obr.6 – Resonance nízkých frekvencí akustické kytary



Obr.7 – Resonance vysokých frekvencí akustické kytary

### 3 ANATOMIE AKUSTICKÉ KYTARY A VÝBĚR DŘEVA

#### 3.1 Tvary akustických kytar

Těla akustických kytar se dají rozdělit podle svého tvaru a jejich rozměrů. To odkazuje jak na historický vývoj kytar, tak na praktické využití různých tvarů těl v rozdílných stylech a žánrech. Jak již z fyziky vyplývá, větší tělo umožní rozkmitání delších vlnových délek, výsledkem je tedy nárůst basových frekvencí. Naopak u kytar s rozměrem těla menším je zvuk ostřejší a dá se označit „středovým“. V současné době existuje spousta různých označení pro jednotlivé tvary a rozměry, přesto můžeme zdůraznit několik nejčastějších a nejvyráběnějších tvarů.

O – Tento typ těla je nejmenší z vypsanych tvarů. Délka těla se pohybuje okolo 48 cm, maximální hloubka 10 cm a šířka 34 cm. Zvuk je velmi středový, využití má zejména v tradičním blues a folkové hudbě. Dnes již málo používaný typ.

OO – Nazývá se také Grand Concert, je již rozměrnější než předchozí model. Frekvenční odezva se stále soustředí ve středním pásmu, využití tohoto typu je v současnosti stále aktuální ve stylech blues a folk. Orientační délka těla je 50 cm, maximální hloubka 10 cm a šířka 36 cm.

OOO/OM - Rozdělení na Auditorium (OOO) a Orchestra Model (OM) vzniklo kvůli rozdílným délkám hmatníku. Ten je u Auditoria kratší než u Orchestra Modelu. Velikost těla je u obou modelů totožná. Délka těla 48 cm, max. hloubka 10.5 cm a šíře 38 cm. Tento model je považován za jeden ze základních „folkových“ tvarů. Uplatnění je již širší – blues, folk, rock.

Grand Auditorium – Alternativa ke dnes již klasickému „dreadnoughtu“. Model vhodný pro všechny možné styly. Odezva nízkofrekvenčního pásma je mohutnější než u předchozích uvedených tvarů. Délka těla je uváděna na 60 cm, maximální hloubka 11 cm a šířka 40 cm.

Dreadnought – Nejběžnější tvar akustických kytar s kovovými strunami. Vhodný do takřka kteréhokoliv žánru od bluegrassu po soudobý pop. Zvuk je velmi vyvážený a univerzální. Déka těla 50 cm, hloubka 12 cm, šířka 39 cm.

Super Jumbo – Často také nazýváno pouze Jumbo, je nejrozměrnější z uvedených modelů. Výsledkem rozměrného těla je nárůst basových frekvencí, použití tohoto modelu se tudíž přiklání především k rytmické hře. Délka těla 53 cm, hloubka 12 cm, šíře 43 cm.

### 3.2 Krk, hmatník a kobyłka



Obr.8 – Krk, hmatník a pražcování kytary

Konstrukce kytarového krku velice ovlivňuje jak výsledný zvuk nástroje, tak pohodlnost hraní. Na rozdílné techniky hraní se tudíž hodí jinak řešené krky. Důležitými faktory jsou materiál, rozměr (tloušťka a profil) a mechanická tuhost (kombinace výběru materiálu, počtu dílů krku, způsobu vyztužení a rozměr). V případě

akustických kytar je zpravidla nejvhodnějším materiálem mahagon (ten má dlouhá dřevní vlákna, která dopomáhají k delšímu sustainu, tedy znění, tónu), velmi dobré vlastnosti má ovšem také javor či cedr. Větší tloušťka krku podporuje základní frekvence tónu nástroje a dodává průraznosti zvuku, ovšem s tloušťkou krku postupně narůstá negativum v podobě menší pohodlnosti hry. Krky bývají uvnitř vyztuženy tak, aby nedocházelo tahem strun k deformaci materiálu (do krku je uložena drážka, v které je osazen ocelový drát – často je možno drát utáhnout či povolit pomocí šroubu a tím krk seřídit). Pro výrobu hmatníku jsou vhodným materiálem především eben, palisandr, či javor. Taktéž kytarová kobyłka vyžaduje pro věrný přenos vibrací ze strun určitou masivnost použitého materiálu, nejčastěji se zde tedy setkáváme, podobně jako je tomu u hmatníku, s ebenem nebo palisandrem.



Obr.9 – Kobyłka akustické kytary

### 3.3 Zadní deska a luby

Jak je již zmíněno výše, zadní deska i luby nemají natolik fatální dopad na tvorbu zvuku nástroje v porovnání s deskou přední, ovšem dohromady s ní tvoří akustický resonátor, který má dominantní podíl na výsledné barvě i hlasitosti nástroje. Jelikož zadní deska a luby nejsou určeny k přímému vybudení kmitnami, používáme masivní tvrdé dřevo – palisandr, mahagon, popř. javor či ořech, to umožní menší pohltivost vzniklých akustických vln. Na zadní desce se podobně jako na přední desce nachází žebrování, to je zajištěno po celém obvodu tzv. olubením.

### 3.4 Přední deska

Přední nebo také vrchní deska (popř. rezonanční deska) má ze všech komponentů největší podíl na tom, jak věrně je resonance strun přenesena na okolní vzduch, a tudíž má dramatický dopad na výsledný zvuk nástroje – ať už jde o sílu tónů, sustain či frekvenční zbarvení.

Věrnost přenosů kmitů určuje u přední desky, na rozdíl od ostatních částí kytarového těla (lubů a zadní desky), její pružnost. A právě proto se vhodným materiálem na výrobu předních desek používají dřeva měkká (především jehličnatých stromů), která umožňují tuto pružnost – konkrétně tedy smrk či cedr. Výběr mezi těmito dvěma dřevinami záleží ale spíše na vkusu - cedr je křehčí a méně pevný, vyznačuje se jasnými výškami a kulatými basy, působí prů-



Obr.10 – Přední deska s žebrováním typu X

razně a hlasitě a nástroje s cedrovou deskou se dříve rozehrávají. Na druhé straně smrkové desky poskytují větší dynamický rozsah, celkově živější barvu tónu a lepší frekvenční odezvu, jejich rozehraní ale trvá až několik let. V potaz se také musí brát to, že druhů smrků i cedrů existuje celá řada a jejich vlastnosti se tedy různí (nehledě na jakost materiálů – pomalý růst stromu zajišťuje rovná a pravidelná léta, což se výrazně podílí na kvalitě desky). Další součástí přední desky je, jak už je zmíněno i v případě zadní desky, žebrování (to

bývá zkonstruováno pro přední desky většinou ze smrku). Žebrování dopomáhá celkovému zpevnění desky (kobyłka bývá umístěna centrálně a tah strun by desku deformoval) a je, stejně jako u zadní desky, zpevněno olubením. Při formaci žebrování musíme ovšem brát v potaz kmitny a akustické uzly tvořené na desce tak, abychom nezabraňovali šíření resonance jednotlivých frekvencí, čímž by byl zvuk nástroje výrazně znehodnocen. Existuje nespočet modelů, dle kterých jsou žebra na přední desce sestavena – dnes je u akustických kytar nejběžnějším typem žebrování X (často v různých dalších modifikacích).

## 4 VÝROBA AKUSTICKÉ KYTARY

### 4.1 Úvod ke kapitole

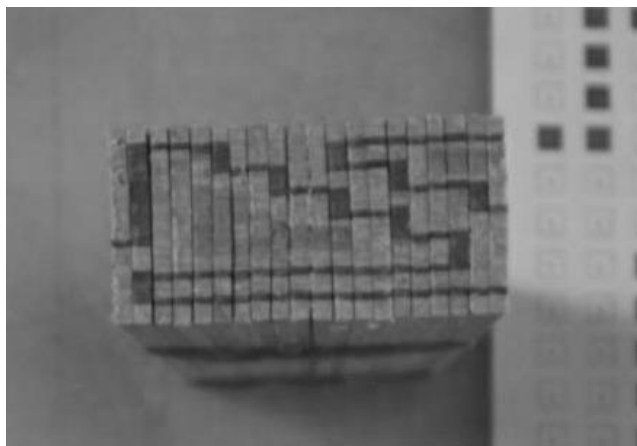
Tato kapitola nastiňuje praktický proces výroby akustické kytary westernového typu. Nejedná se ovšem o žádný podrobný návod na výrobu kytary, jelikož toto téma přesahuje rozsah této práce. Půjde tedy spíše o základní náhled na výrobu, jejichž postupů je tolik, co výrobců kytar. V této práci nám poslouží jako model postup výroby kytar dle Jona Sevy, který vychází z knihy „*Steel string guitar construction: acoustic six string, twelve string and arched top guitars*”, jejímž autorem je Irving Sloane.

### 4.2 Výroba přední a zadní desky

Přední i zadní deska se skládá ze dvou k sobě sklížených kusů. Nejprve je tedy nutno materiál zrohovat na stejnou tloušťku (ta se pohybuje zhruba kolem 3 mm). Poté se okraje desek srovnají tak, aby spoj dokonale přilnul. Při lepení je nutno dbát na to, aby se lepená deska nijak neboulila, proto se používá fixace, která desku drží ze všech stran a ochraňuje ji proti deformaci. U zadní desky se při klížení používá ozdobného pruhu (či více pruhů), který se může skládat i ze tří k sobě slepených dílů dřeva. Na takto připravený pruh se poté sklíží z obou stran materiál zadní desky. Po zaschnutí lepidla je již možno přední i zadní desku, ovšem s notnou rezervou (cca 3 cm), ořezat do tvaru kytary. Ozvučný otvor se ovšem vyřezává až po instalaci rosety.

### 4.3 Výroba a zasazení rosety

Výroba rosety je velmi pracný postup, využívá se zde techniky vykládání. Nejprve je nutno



Obr.11 – Skládání vzorce rosety

navrhnout určitý grafický vzorec, ten se pak opakuje po obvodu celé rosety. Dnes je již možno k návrhu využít speciální software, který rovnou zobrazí vzhled výsledné rosety. Poté následuje drobná práce zahrnující řezání malých prkének z různobarevných dřevin a následně jejich mozaikovitě slepení dle navrhnutého vzorce. Výsledné sloupce s již sestaveným grafickým vzorem se

pak zkosí do lichoběžníku, což nám umožní po nařezání na jednotlivé destičky poskládat rozetu do kruhového útvaru. Pak se pomocí papíru s narýsovaným kruhem daného rozměru mohou jednotlivé lichoběžníkové destičky se vzory k sobě lepit. Poté je ještě roseta osazena zevnitř i zvnějšku dýhovými lemy (ty mají účel jak ozdobný, tak zpevňující). Do přední desky se vyfrézuje široká kruhová drážka rozměrově přesně pro zasazení rozety. Ta se poté pomocí epoxidové pryskyřice do drážky vsadí. Po vsazení a obroušení povrchu rosety se již může vyfrézovat ozvučný otvor.

#### 4.4 Žebrování vrchní a spodní desky

Pro žebrování vrchní desky existuje nespočet modelů, dle kterých se žebra na přední desku umísťují. Nejpoužívanějším je žebrování do X, doplněné příčnými žebry. Model žebrování se přenesení na rub přední desky nejprve tužkou. Poté se vyrobí latě zvolené šíře a výšky, přesahy v délce umožní lehčí i přesnější instalaci žeber. V místě, kde se žebra kříží, se používá zářezů v obou žebrech, které do sebe přesně dosedají. Spoj těchto překřížených žeber lepíme zároveň s lepením na přední desku. Pokud máme přední desku klenutou, musíme veškeré lepení provádět na stejně klenuté pracovní desce (taktéž i později při práci se zadní klenutou deskou). Začínáme tedy se základním modelem X. V případě, že má být výsledkem klenutá přední deska, klenutá žebra lepíme na přední desku oblou stranou. Poté pokračujeme lepením doplňujících žeber a také výztuhou pod kobyliku kytary. Po zaschnutí lepidla se žebra dlátky upravují tak, aby se konce zužovaly (zhruba na 2,5 mm). Pak se žebra obrousí do hladka a odříznou se konce tak, aby byl vytvořen určitý prostor mezi koncem žebra a luby. Zadní deska se vyztužuje pomocí zkosených pásek s příčnými léty. Ty se kříží v místě podélného spoje (či spojů) zadní desky. Po nalepení pásek se vytvoří zářezy pro usazení příčných žeber. Počet žeber bývá obvykle tři nebo čtyři. Podobně jako u žeber přední desky, i zde žebra na jejich koncích zúžíme.



Obr.12 – Vrchní deska s žebrováním

#### 4.5 Výroba lubů, obvodové výložky a slepení těla kytary

Po nařezání materiálu na desky žádaných rozměrů s přesahy přistupujeme k ohýbání desek. Možností, jak ohnout desky lubů do výsledného tvaru, je několik. Tradičně se používá nahříváná ocelová roura, přes kterou navlhčené desky ohýbáme. Přesnější a jednodušší postup může být využití přesné formy ve tvaru poloviny kytary, na kterou za použití hliníkových pásů, mezi které desku vložíme, a silikonové topné přikrývky, která nám bude hliníkové pásy včetně desky nahřívát, luby svorkami přitáhneme. Když jsou již obě části lubů ohnuté do požadovaného tvaru, připravíme si koncové bloky - ty poslouží ke zpevnění spoje. Koncové bloky musí být na straně, která bude lepena k lubům, zaobleny tak, aby opisovaly tvar zakřivení lubů



Obr.13 – Luby s obvodovou výložkou slepené k přední desce

v daném místě. Po přilepení zadního koncového bloku můžeme ještě v místě spoje lubů udělat drážku na ozdobnou výložku, kterou zde zasadíme a po zaschnutí lepidla dorovnáme s povrchem lubů. Nejprve lepíme na luby vrchní desku. Luby musí být upraveny tak, aby přesně opisovaly tvar vrchní desky. Pokud máme

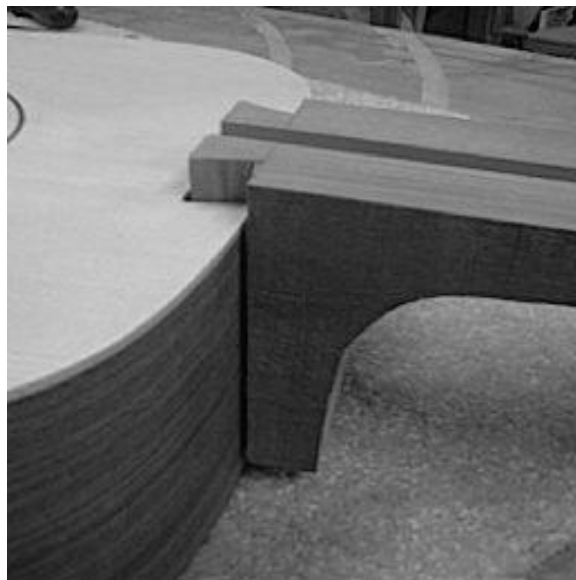
tedy přední desku mírně klenutou, musíme tomuto zakřivení přizpůsobit i tvar lubů. Po upravení tvaru lubů do tvaru klenutí přední desky můžeme připravit olubení, to slouží ke zvětšení lepené plochy lubů k desce. Olubení se musí nalepit s mírným přesahem a poté upravit tak, aby nám stejně jako luby dosedalo přesně na zakřivení přední desky (k fixaci při lepení olubení můžeme použít kolíčky zesílené gumičkami). Ke kontrole zkosení lubů, koncových bloků i olubení můžeme použít šablonu, stejně klenutou jako přední deska. Po opracování zakřivení okrajů v olubení ještě vytvoříme zářezy, do kterých zasadíme okraje žebrování. Pak je již možno přední desku s luby slepit. K fixaci můžeme použít např. přítlačnou desku ve tvaru kytary, nebo gumové pásy. Poté upravíme zadní hranu lubů do tvaru zakřivení zadní desky tak, abychom již dosáhli i požadované výšky lubů. Při opracování zadní strany lubů nám poslouží podobně jako u přední strany šablona, tentokrát klenutá stejně jako zadní deska. Po seříznutí lubů i koncových bloků můžeme přilepit zadní olu-



bení, a to stejným postupem jako při přední desce. Na vnitřní straně lubů také lepíme mezi přední a zadní olubení výztužné pásky (ve stejných intervalech), které slouží ke zpevnění lubů. Také dolepíme výztuhu mezi koncový blok krku a první příčné žebro přední desky. Po úpravě zkosení olubení vytvoříme zářezy na žebra zadní desky a desku můžeme pomocí fixačních páskových gum slepit. Nyní se dostáváme k lemování okrajů těla – k obvodové výložce. Lemovací pásy se vytvoří slepením lemovacího materiálu a dýhy. Pásy se pak nařezou již na tenké lemovací pásky a ohnou do stejného tvaru jako jsou luby kytary. Než se pustíme do frézování drážky na těle kytary, srovnáme nejprve plochu na konci těla v místě, kde bude napojen krk, do pravého úhlu s podélnou osou kytary. Drážku poté frézujeme tak, aby lemování (bez výložky) mírně přesahovalo přes okraj. Poté frézujeme drážku počítaje i šíři výložky, zde ovšem na zadním spoji kytary necháme s obou stran mírný odstup mezi vyfrézovanou drážkou a výložkou lubů i spodní desky. Toto místo poté ručně dokončíme až těsně k okrajům výložky lubů a spodní desky. Po seřiznutí výložky do 45 stupňů můžeme lem kytary nalepit, vše by mělo přesně doléhat. Jakmile lepidlo zaschne, srovnáme lemování s okrajem kytary a zaoblíme smirkovým papírem.

#### 4.6 Výroba kytarového krku a hmatníku

Krk se lepí ze dvou polovin podle podélné osy, hlava kytary je sklížena úkosovým spojem. Před vytvořením úkosu pro přilepení materiálu hlavy již musíme vypočítat místo konce hmatníku. Po seřiznutí a dorovnání úkosné plochy můžeme lepit polotovar hlavy, po zaschnutí lepidla přečnávající materiál seřizneme a srovnáme s povrchem krku. Nyní vyfrézujeme drážku pro výztuhu středem krku, v místě hlavy kytary je drážka rozšířena do obdélníkového tvaru. Krk bude s tělem spojen rybinovým spojem, proto je nutno na konci krku vytvořit čep. Úhel spoje je třeba na konec krku přenést úhelníkem, aby krk dosedal přesně na zakřivení přední desky. Po vytvoření čepu uděláme v těle kytary drážku pro čep. Drážka se doporučuje vytvořit hlubší než je samotný čep. Usazení čepu po stranách by však mělo být



Obr.14 – Rybinový spoj krku a těla kytary

přesné. Na krku se ještě může vytvořit ozdobná patka. Nyní načrtne na polotovar krku konečné rozměry krku i hlavy. Začneme nejprve zužovat krk po stranách a to od hlavy, následně vytvarujeme hlavu samotnou. Zúžené strany musí být naprosto rovné. Křivku spojující krk a hlavu je nutno upravit rašplí. Poté upneme krk tak, abychom mohli seříznout zadní část. Žádanou tloušťku krku nejprve naznačíme zářezy (např. v pozici 2. a 10. pražce) a pořizem i hoblíkem krk postupně opracujeme tak, aby nám na základě těchto zářezů vznikla rovina. Dále opracujeme patu krku a popř. naznačíme a vytvoříme ozdobný diamant na hlavě. Zadní strana krku se dále seřízne po obou stranách, tak nám vzniknou 3 rovné plochy, ty se poté hoblíkem seříznou do žádaného zaoblení. Pro hmatník se z materiálů používá především palisandr či eben. Tloušťka se pohybuje kolem 5,8 mm. Materiál se seřízne na požadovanou tloušťku a jedna strana se zarovná tak, abychom podle ní mohli vytvořit zářezy pro pražce. K tomu použijeme speciální pokosnici, tloušťka řezu může odpovídat buď přesně stopce pražce, nebo stopce pražce plus šířce zubů, ovšem v tomto případě musíme využít epoxidovou pryskyřici, která vyplní mezery. V prvním případě se pražce do hmatníku zatloukají přes zuby, tento způsob ale často vede k postupnému uvolňování pražců. Dalším krokem je vytvoření značek. Značky jsou v krku vykládány. Návrh můžeme vykreslit ručně nebo pomocí softwaru na to určeného (např. Fretmarker Design). Návrh značek vytiskneme na papír, nalepíme na materiál a lupénkovou pilkou značky vyřezeme, pak je můžeme přiložit a obkreslit na správná místa na hmatníku. Frézku pak dané tvary zahlubíme tak, aby značky po zasazení mírně přesahovaly nad povrch hmatníku. Po zasazení a zaschnutí lepidla srovnáme značky s povrchem hmatníku. Hmatník se nyní může seříznout do stejného zúžení, jako máme vytvořen krk. Konec hmatníku se zařízne (tak aby nezasahoval do ozvučného otvoru, ale zároveň aby zakryl mezeru ve spoji rozety) a opatří se lemováním (to se lepí s mírným přesahem nad povrch hmatníku). Pak opatříme lemováním také boky hmatníku a po zaschnutí lepidla srovnáme výšku lemů s povrchem hmatníku.

#### **4.7 Spleení těla a krku kytary**

Zasazení rybinového spoje musí být přesné. V případě nesrovnalosti můžeme mezery po stranách zaplnit kousky dýhy. Povrch krku a vrchní desky by měl být při pevně zasazeném čepu srovnaný. Z důvodů častých oprav krku se lepidlo nanáší pouze na boky čepu tak, aby bylo možno při opravě krk snadněji demontovat. Po zaschnutí lepidla zarovnáme případné nesrovnalosti v rovině přední desky a povrchu krku a také srovnáme patku krku se zadní

deskou, tu již také opracujeme do výsledné podoby. Lepení hmatníku provádíme pomocí latě a podpěr ve tvaru V. Zadní strana krku se podepře podpěrami a pomocí svěrek se latí hmatník přitlačí k povrchu krku i části přední desky. Na hmatníku musí být vytvořena značka, podle níž určíme přesnou polohu usazení, značka může být např. vyznačena v místě spoje krku a přední desky. Je také důležité, aby se nedostalo příliš mnoho lepidla do škvíry pro výztuhu. Po zatvrzení lepidla můžeme přistoupit k dohlazení hran ozvučného otvoru a vykládání znaku do hlavy kytary.

## 4.8 Povrchová úprava

Běžným přípravkem na povrchovou úpravu kytar je šelak. Vedle něj se ovšem hojně využívá i nitrolak, popř. vodou ředitelné laky. Práce s šelakem je velmi pracná a zdlouhavá a



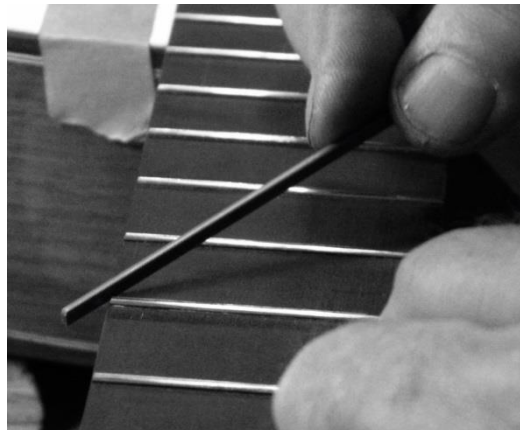
Obr.15 – Příprava k nastříkání laku

povrch je poškoditelný lihem. Nitrolak se nanáší stříkáním, je k tomu ovšem potřeba patřičné vybavení. Aplikace vodou ředitelných laků je snadnější, ale nezvýrazňuje tolik kresbu dřeva. Nános přípravků se ovšem dá také kombinovat – např. základní vrstva šelakem a další vrstvy vodou ředitelným lakem. Před samotným nanášením laku se povrch kytary vybrousí smirkovým papírem. Plocha, kde bude umístěna kobylka, se zakryje pomocí krycí lepicí pásky vyříznuté do tvaru kobylky. Zakrýt musíme také povrch hmatníku (krycí lepicí páska) a ozvučný otvor (nafukovací balónek uvnitř těla). U dřevin s hrubou strukturou je vhodné nejdříve aplikovat plnidlo na póry, lak se pak nebude tolik vsakovat a výsledek bude čistější. Po nanesení základní vrstvy šelaku můžeme přistoupit k nánosu dalších vrstev, popř. pokračovat již s nánosem vodou rozpustného laku. Ten nanese (nejlépe stříkáním) ve dvou vrstvách, poté povrch vybrousíme do hladka. Takto postupujeme, dokud nebudeme mít alespoň 4 až 6 vrstev. Více vrstev svou hmotností utlumují reso-

nanci materiálu, proto je vhodné nanášet raději tenčí povrchovou úpravu. Povrch kytary se po posledním nánosu vrstvy laku vybrousí a vyleští do zrcadlového lesku.

#### 4.9 Výroba a lepení kobyly, zasazování pražců

Kobyly bývá zpravidla vyrobena ze stejného dřeva jako hmatník. Vytiskneme, popř. nakreslíme šablonu kobyly na papír, ten přilepíme k připravenému materiálu. Vyvrtné díry na kolíčky (5 mm) a případně taky pomocnou díru sloužící k úchytu při dalším zpracování. Nejdříve vyfrézujeme oblast děr na kolíčky, poté vyfrézujeme drážku pro vložku do kobyly (3,2 mm). Drážka je na basové straně od okraje mírně odsazena kvůli kompenzaci tloušťky strun. Nyní upravíme kobyly do žádaného obrysu a tvaru. Zadní strana kobyly musí opisovat klenutí vrchní desky, proto je nutno toto zakřivení vy-



Obr.16 – Broušení zasazených pražců

brousit (k tomu nám poslouží brusný papír nalepený na konvexní desce se stejným zakřivením jako má vrchní deska). Krycí páska se sejme a můžeme pomocí svěrek a spodní přítlačné destičky kobyly lepit (pro přesnou fixaci polohy již můžeme také vyvrtat dvě kolíkové díry a usadit zde dřevěné kolíky, které nám drží kobyly v poloze). Při lepení je nutno dbát na to, aby byla kobyly rovnoměrně přitlačena celou svou plochou k vrchní desce. Po zaschnutí lepidla se již převrtají díry pro kolíčky, ty se pak vystruží do kónusu. Pražce jsou zhotoveny ze speciálního drátu ve tvaru „T“. Stopka drátu, na kterém je ozubení, se zasazuje do drážek ve hmatníku. Jak jsme již zmínili výše - jednou možností je pražce přes ozuby do drážek naklepat, což ovšem často vede k postupnému uvolňování pražců. Další možností je do širších drážek ve hmatníku pražce zalepit epoxidovou pryskyřicí. Hmatník se připraví tak, aby byl rovný po své délce, ale klenutý v šírce. Po obroušení hmatníku nanese se na povrch směs lněného oleje a fermeže, což slouží ke snadnějšímu odstranění přebytečné epoxidové pryskyřice, pochopitelně se směs nesmí dostat do pražcových drážek. Drát se musí vyhnout do zaoblení hmatníku, pak se nastříhá tak, aby vznikly mírné přesahy. Konce nastříhaných pražců musí být zbaveny stopky, jelikož jsou drážky v hmatníku uzavřeny lemováním krku. Vnitřní hrany pražcových drážek můžeme mírně zkosit, aby pražce při případném přepražcování v budoucnosti netrhaly vlákna. Před lepením zakryjeme vše krom drážek krycí lepicí páskou. Pak nanese se epoxidovou pryskyřici do drážek a natlačíme zde pražce, přebytečnou pryskyřici otřeme a pomocí svěrek a latě přitáhneme pražce k hmatníku. Po zaschnutí opracujeme vrcholky i konce pražců do finál-

ní podoby a pražce sbrousíme a vyleštíme. Nakonec vyleštíme hmatník a natřeme ho směsí oleje a fermeže.

#### 4.10 Zasazení výztuže do krku, lepení nultého pražce

Struny vyvíjejí veliký tah na krk nástroje, proto je nutno krk vyztužit kovovým drátem. Ten se ukládá do drážky v krku (pod hmatníkem). Výztuž může být buď fixní, nebo (dnes již u převážné většiny nástrojů) seřizovací – je možno drát napnout či povolit, pomocí dotahovacího šroubu. Seřizovací výztuž může být buď jednoduchá (drát utahujeme čímž vyrovnáváme krk a povolujeme čímž se krk srovná do původní polohy), nebo složená (drát se dá natahovat v obou směrech – jak pro vyrovnání krku, tak pro jeho větší ohyb). Je totiž žádoucí mít krk lehce lukovitě prohnut a to proto, že největší rozkmit struny se nachází v jejím prostředku, což může vést k drnčení o hmatník/pražce. Toto prohnutí vyčlení prostor, který je nutný pro volné kmitání struny po celé své délce. Vyztužovací drát se nejprve ohýbá tak, aby oba konce vedly souběžně po své délce. Díky ohybu je jeden konec kratší (zhruba o 1 cm) než druhý. Toto nám napomáhá v dotahování – dva dráty jsou pod sebou, zajištěné na svých koncích, jakmile dotáhneme nižší drát, celá výztuž se nám zformuje do oválného klenutí – krk bude tuto výztuž následovat. Oba konce drátu je nutno upevnit do mosazného kvádrů, ten bude sloužit jako fixace na hlavě nástroje - zde se vyfrézuje dlab, do kterého bude kvádr zapuštěn. Již ohnutý drát k sobě zafixujeme omotáním sklolaminátovou fólií pro větší pevnost. Mosazný kvádr v sobě bude mít dvě díry – jedna půjde „skrze“ a druhá bude zasahovat pouze do části kvádrů. Kratší konec drátu se zaklíní v „důlkové“ díře v kvádrů, delší se zasune do díry, která jde skrze kvádr. Na tomto delším konci je třeba vytvořit závit. Maticí se již protáhlý konec delšího drátu zajistí, a dále nám již bude sloužit jako seřizovací šroub - podle toho jak matici přitáhneme či povolíme, nám bude výztuž pracovat. Z hlediska vzhledu je příhodné vytvořit demontovatelnou krytku, která se přišroubuje na hlavu kytary tak, aby zakrývala žlab. Zbývá nám ještě osadit nástroj nultým a sedlovým pražcem. Na ty doléhají struny na obou svých stranách – je tedy nutno zvolit materiál natolik houževnatý, aby přenesl vibrace ze strun spolehlivě na jeho tělo. Nejběžněji se používá kost a dnes se již také často používá i tvrzená umělá hmota, tzv. TUSQ. Ve specializovaných prodejnách se dají pořídit kostěné polotovary, z kterých vybrousíme části tak, aby pasovaly na naši kytaru. Mezi dýhovým pokrytím hlavy kytary a hmatníkem musí být mezera, do které se nultý pražec vlepí – musíme tedy vyměřit daný rozměr a pomocí pilky a dláta vytvořit na nultý pražec žlab. Poté si

naznačíme (např. pomocí rozpůlené tužky) na nultý pražec výšku prvních pražců, tato linie nám poslouží při hledání hloubky zářezů na struny. Nyní můžeme nultý pražec pomocí pilníků vytvarovat do finální podoby. Poté musíme udělat zářezy pro struny – ty musí být rovnoměrně rozloženy po délce nultého pražce (odstaveny od okraje by měly být zhruba poloviční délkou délky, kterou jsou rozestoupeny od sebe). Nyní, díky speciálním pilkám či pilníkům, můžeme udělat zářezy, ty by měly být hluboké tak, aby zasahovaly těsně nad vyznačenou linii (pokud je zařežeme příliš hluboko, struny budou o pražce drnčet). Finální doladění hloubek těchto drážek provedeme až při natažení strun a to tak, že zmáčkeme strunu v pozici třetího pražce, pak se podíváme na hmatník z boku – ideální polohou je, když vidíme mezi strunou a prvním pražcem (při držení třetího pražce) nepatrnou mezeru. Výška sedlového pražce se označuje stejným způsobem. Po jeho zasazení do vyfrézovaného žlabu na kobylce označíme (např. pomocí dlouhého pravítka) úroveň pražců. Necháme si opět mírnou rezervu pro finální úpravy a jemně nad poznačenou linií sedlový pražec seřízneme.

#### 4.11 Ostrunění a finální seřízení

Jakmile máme oba koncové pražce usazené, můžeme upravit finální podobu otvorů v kobylce. Ty by měly být zbrušeny mírně do kónusu tak, aby do nich přesně pasovaly kolíčky. Také přichází na řadu osazení mechanikami – uděláme si na hlavě kytary značky tak, aby byly jednotlivé mechaniky pravidelně rozprostřeny po krajích hlavy a pak pomocí vrtáku příslušného průměru hlavu provrtáme. Do děr pak nainstalujeme mechaniky – ladící kolíčky. Poté kytaru již můžeme osadit strunami. Po natáhnutí strun v první řadě upravíme nultý pražec dle postupu uvedeného v předchozí kapitole. Následně je nutno správně dotáhnout výztuž v krku (jak je již zmíněno výše je žádoucí mít mírně lukovité prohnutí krku, nicméně díky velkému tahu strun je ve většině případů nutno krk srovnat do ideální polohy pomocí výztuže). Seřízení krku se provádí tak, že stlačíme nejvyšší strunu na prvním a zároveň dvanáctém pražci. Pokud je krk prohnut, struna by se neměla dotýkat žádného z pražců mezi těmito dvěma stlačenými pražci. Dotahováním či uvolňováním výztuhy docílíme toho, že při stlačení obou zmíněných pražců by měla vzniknout mezera nad 5-6 pražcem a strunou tak velká, jako je tloušťka struny (tato mezera je ovšem různá pro rozličné styly hry na kytaru – pro jemné hraní například prsty může být mezera menší, pro dynamičtější hru trsátkem zase větší). Nakonec přichází finální sbrusnění sedlového pražce. Rozestup strun zajistí samotné otvory v kobylce, proto není nutno do sedlového pražce

tvořit zářezy. Je ale nutno pro každou strunu přizpůsobit výšku sedlového pražce. Zde použijeme měřicí klín, ten položíme na dvanáctý pražec a zasouváme dokavad' se nedotkne měřené struny, z klínu přečteme výšku struny nad dvanáctým pražcem. Dle tohoto rozměru přibrušujeme sedlový pražec tak, aby výsledná výška struny nad dvanáctým pražcem byla v rozmezí 2.2 – 2.4 mm (pro nejtenčí strunu) a 2.5 - 2.9 mm (pro nejhrubší strunu, jelikož je zde rozkmit větší). K ostatním strunám vypočítáme výšku tak, aby odpovídala poměru výšek těchto dvou strun. Opět je potřeba brát v potaz pravidlo, že pro jemnější hru aplikujeme nižší zdvih a pro tvrdší hru zdvih vyšší. Jakmile máme vypočítány výšky pro všechny struny, můžeme struny povolit a sedlový pražec vyjmout. Následně výšky v místech strun na sedlovém pražci označíme a spojíme křivkou tak, aby nám vyšla zaoblená hrana. Do tohoto tvaru sedlový pražec vybrousíme pilníkem. Nakonec můžeme kytaru opatřit ochrannou fólií proti podřetí trsátkem (tzv. pickguard), případně navrtat úchyty pro kytarový popruh.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 5 SMĚROVÉ VYZAŘOVÁNÍ AKUSTICKÉ KYTARY

### 5.1 Úvod k měření

Směrnost každé frekvence je spjata především s její výškou – čím je frekvence nižší, tím je směrnost širší a naopak, čím vyšší, tím je směrnost užší. Frekvence nižší než 500 Hz se již považují za frekvence všesměrové. Tento fyzikální jev (odvíjející se od fyzické délky akustické vlny) se samozřejmě promítá i do hudebních nástrojů, čímž je tvořen jejich výsledný zvuk. *“Nástroje, jelikož nejsou bodovými zářiči, nevyzařují zvukovou energii do všech stran prostoru ve stejné intenzitě. Maximum vyzářené energie však nesměřuje stále na stejné místo prostoru, ale je závislé mimo jiné na právě generovaném kmitočtu. V této souvislosti se mluví o směrové charakteristice vyzářování jednotlivých hudebních nástrojů.”*<sup>8</sup> Dnes jsou již k dispozici výsledky měření, které v grafické podobě zobrazují vyzářování různých frekvenčních pásem daných nástrojů. Pomocí nich můžeme analyzovat různé „proudy“ akustického signálu, a s pomocí této znalosti vybrat např. mikrofon s vhodnou frekvenční křivkou, či odhadnou jeho správné umístění. Problém nastává když nevíme, jaké frekvenční spektrum má u daného nástroje dominovat tak, aby nám zapadlo do zbylé aranže např. při mixování hudby. V tom případě se můžeme obrátit na dlouhodobě zažitá a ozkoušená polohy, do kterých mikrofon umístít a z nich vybrat tu, která nám poslechově pro daný případ vyhovuje nejvíce (popř. se od jedné z nich „odrazit“ a najít tzv. „sweet spot“ – ideální místo, pro naši situaci nejvhodnější). Toto měření je jakýmsi spojením těchto dvou výše uvedených postupů a je zaměřeno na westernovou akustickou kytaru. Vybral jsem čtyři nejběžnější mikrofonní polohy, nahrál je, a následně je analyzoval pomocí spektrálního obrazce tak, abychom grafy jednotlivých poloh mohli srovnat – uvidíme tedy, v které mikrofonní poloze dominují které frekvence. Grafy následně můžeme srovnat poslechově s nahrávkami. V případě, že hledáme již konkrétní zvukový charakter, pomůžou nám grafy s výběrem vhodného místa pro umístění mikrofonu. V případě snímání vícero mikrofony můžeme také spolehlivěji určit polohu pro „doplňující“ mikrofon/y, pokud determinujeme, které frekvence chceme do zvukového obrazce ještě dodat. Pro umožnění

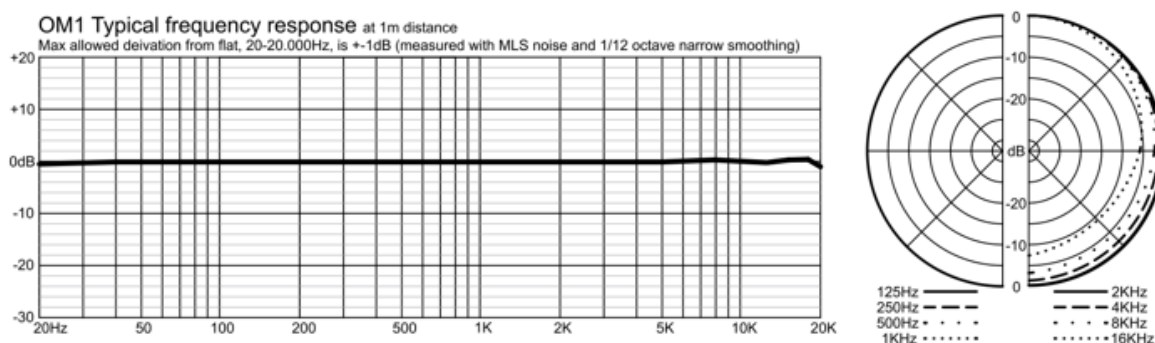
---

<sup>8</sup> GEIST, Bohumil. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 2005, str 176. ISBN 80-862-5331-7.

bližšího prozkoumání jsou výsledné grafy k dispozici v elektronické podobě na přiloženém CD (přece jen je pro nutnou čitelnost jednotlivých parametrů velikost tohoto formátu nedostatečná), tamtéž najdete i referenční nahrávky.

## 5.2 Příprava

K měření jsem použil westernovou kytaru typu super jumbo Furch D21-CR12. Tato polo-masivní kytara má cedrovou přední desku. Luby, zadní deska, hmatník i kobyłka jsou zhotoveny z palisandru. Původně dvanáctistrunný typ jsem na toto měření osadil pouze šesti struny. Pro zabránění nechtěných odrazů a jejich vzájemných interferencí jsem použil při měření akustické paravány. Signál jsem snímal pomocí mikrofону Line Audio OM1, tento malomembránový všesměrový kondenzátorový mikrofón má velmi vyváženou frekvenční charakteristiku a je tudíž vhodný pro nezmodulované potřeby měření.



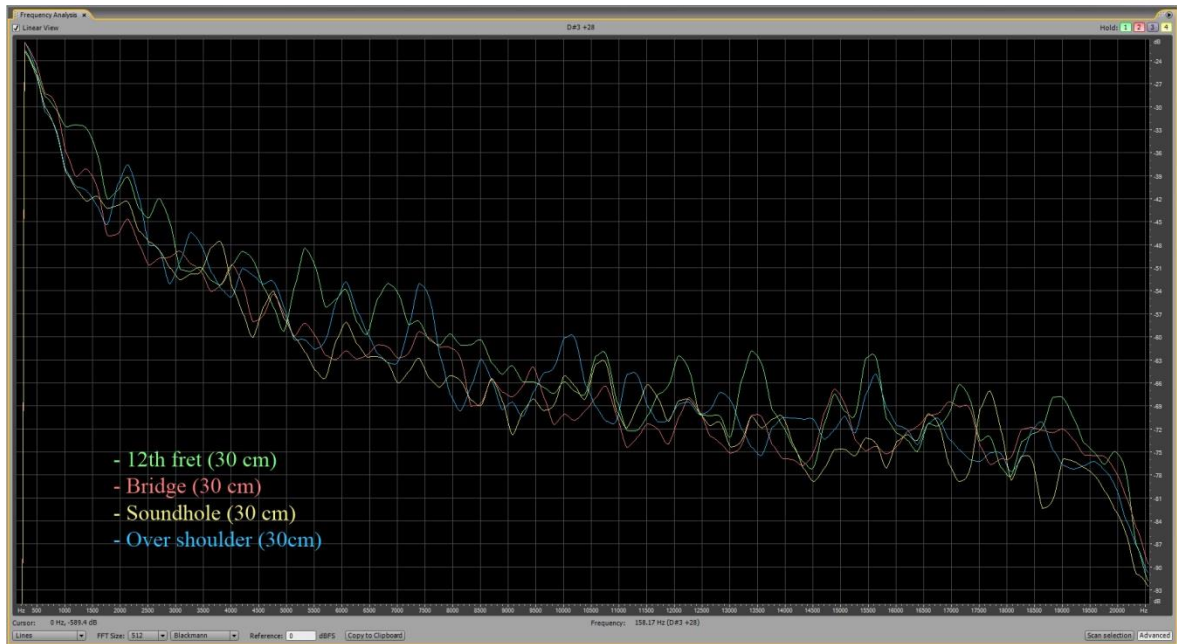
Obr.17 – Frekvenční charakteristika mikrofónu Line Audio OM1

Dále v řetězci následoval charakteristikou velice neutrální mikrofónní předzesilovač D.A.V. Broadhurst Garden NO.1, a poté byl signál zpracován AD/DA převodníkem EMU 0404 a zaznamenan i analyzován pomocí programu Adobe Audition 3.0.

## 5.3 Měření

Nejprve proběhl výběr čtyř nejpoužívanějších mikrofónních poloh pro snímání westernové akustické kytary. Asi nejběžnější je snímání na dvanáctém pražci, přičemž mikrofón směřuje k ozvučné díře/spoji krku a těla kytary. Druhým nejobvyklejším umístěním mikrofónu je kobyłka kytary. Další dvě zvolené polohy – u ozvučné díry a nad nástrojem tzv. „přes rameno“ - se již jako hlavní snímací polohy při záznamu využívají jen pomálu a mnohem běžněji se jich využívá jako doplňkové spoty při použití dvou a více mikrofónů. Pro optimální výsledky měření jsem pro každou polohu unifikoval vzdálenost od nástroje na 30 cm. Fotografie poloh mikrofónu najdete přiloženy na konci této práce. Záměrem bylo, aby měření obsáhlo co nejširší záběr informací vycházející z nástroje, proto bylo zaznamenáno

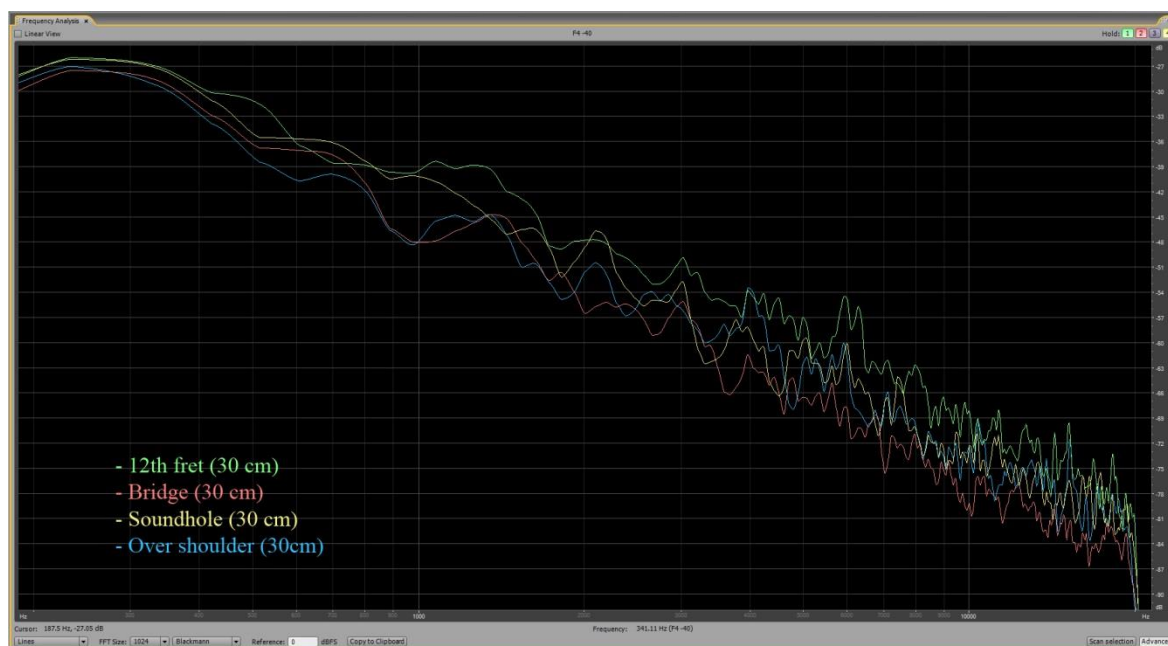
všech 120 poloh na hmatníku nástroje. Ale proto, že se při běžné hře na akustickou kytaru již vyšší polohy na jednotlivých strunách tolik nepoužívají (cca od dvanáctého pražce), jsem udělal také druhé měření s použitím pouze osmi tónů a to E, A, D, G, H, e, c', e'. Tento vzorek je také mnohem vhodnější pro poslechové porovnání jednotlivých mikrofoničních poloh (na přiloženém CD tedy najdete k poslechu tyto osmitónové nahrávky, celoroz-



Obr.18 – Graf „osmitónové“ nahrávky. Lineární průběh, FFT512.

sahové nahrávky jsou pouze ve formě grafů). Nahrávek pro účel měření vzniklo tedy osm – čtyři polohy mikrofonu při zahrání všech poloh na hmatníku (celého rozsahu) a čtyři polohy mikrofonu při zahrání výše zmíněných osmi tónů. Gain, tedy zesílení mikrofoničního předzesilovače, bylo při všech mikrofoničních polohách totožné, takže jsou hlasitosti všech poloh ve vzájemném vztahu porovnatelné na stejné úrovni. Aby bylo možno signály srovnávat, po záznamu následovala časová úprava jednotlivých tónů tak, aby každá poloha na hmatníku zněla stejnou dobu při každé poloze mikrofonu (tzn. tón E u „celorozsahové“ nahrávky zní stejně dlouhou dobu jako v mikrofoniční poloze na dvanáctém pražci, tak na poloze u kobylky i na zbylých dvou polohách). Tímto jsem vyloučil nechtěný nárůst/úbytek frekvencí způsobený rozdílnou dobou znění daných tónů. Poté jsem pomocí ekvalizace ořezal u všech nahrávek frekvence pod 20Hz (strmost  $Q=2.0$ ) a nad 20kHz (strmost  $Q=6.5$ ). Takto zpracovaný signál byl již připraven k analýze. Spektrální analýzou jsem zaznamenal frekvenční průběh nahrávek a to hned několika způsoby. Algoritmus pro analýzu jsem zvolil typ „Blackmann“. Velikost FFT („Fast Fourier transform“), pak 512 a

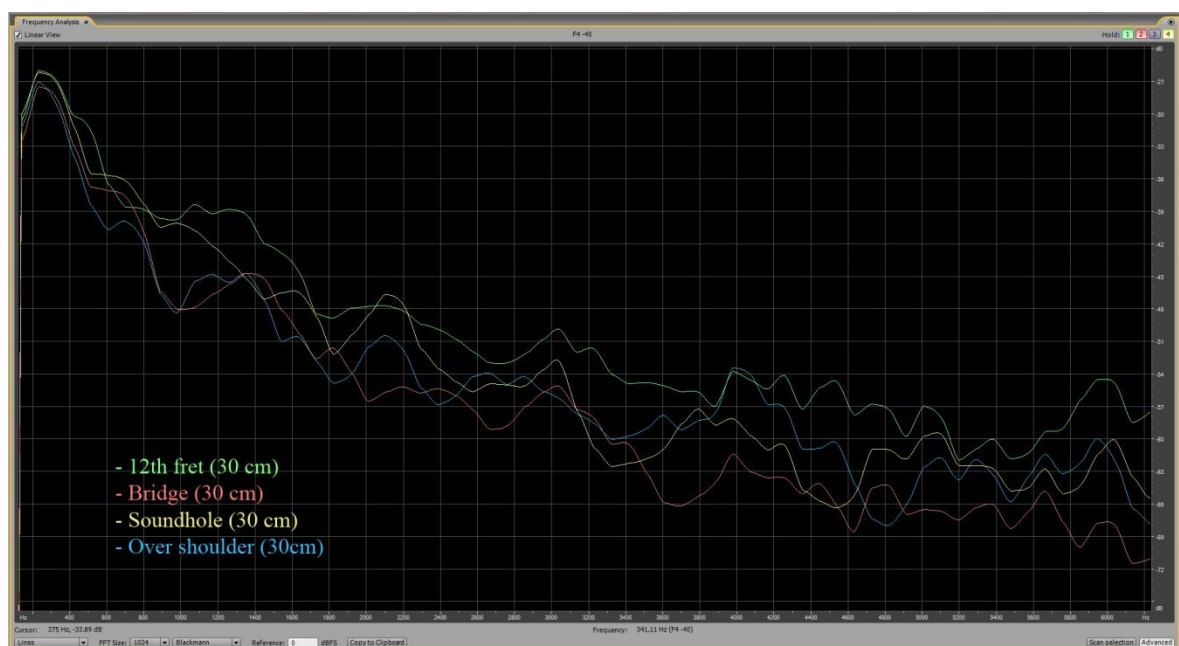
1024. Každou velikost jsem pak zaznamenal jak v podobě lineární, tak v logaritmické (odpovídající lidskému sluchu). Krom grafů celkové škály rozsahu jsem pořídil také snímky přibliženy na oblast kolem 3kHz. A to jak ve velikost FFT 512 i 1024, tak v lineárním i logaritmickém průběhu. Vzniklo tedy osm grafů „celorozsahových“ nahrávek a osm grafů nahrávek osmi tónů. Všech šestnáct grafů spolu se čtyřmi nahrávkami osmitónové stupnice jsou k dispozici na přiloženém CD. První poloha – na dvanáctém pražci (na grafu značena zelenou barvou), bývá označována za tu s nejvyrovnanější frekvenční charakteristikou. Na grafech vidíme zdvih v oblasti těsně nad 1kHz, což je místo, na které je lidské ucho velice citlivé. Další zdvih můžeme zpozorovat v oblasti 6kHz. Při celkovém pohledu vidíme, že signál z této mikrofonní polohy se jeví jako nejhlasitější téměř v celém frekvenčním rozsahu, tedy krom dolu v oblasti 700Hz, tato oblast nižších středů se uchu jeví často jako jakási „zahuhlanost“. Je tedy z grafů jasně čitelné, proč zrovna tato poloha mikrofonu nejčastěji



Obr.19 – Graf „celorozsahové“ nahrávky. Nelineární průběh, FFT1024.

vyhoví při záznamu akustické kytary. Z nahrávky můžeme barvu tónu označit za konkrétní, transparentní či vyrovnanou – vše je tedy zapříčiněno vysokým podílem vyšších frekvencí, což budí dojem kvalitního tónu. Druhá poloha – u kobylky kytary (na grafu značeno červenou barvou), je díky bližší vzdálenosti od přední desky výrazná silnějším podílem basových frekvencí, zároveň směřováním na kobylku kytary získáváme i potřebnou zřetelnost tónu. Z grafů můžeme vyčíst znatelný úbytek na 1kHz, který je kompenzován zdvihem v oblasti zhruba na 1,4kHz. Další zdvih můžeme pozorovat na 3kHz. Oproti basovým frekvencím jsou vyšší frekvence značně potlačeny, přesto je jejich spektrum, krom výše

zmíněných zdvihů a propastí, vcelku vyrovnané. V nahrávce je slyšitelný úbytek středových frekvencí, přesto nahrávka nezní „zahuhlaně“ či nekonkrétně, spíše se dá označit jako zvuk „větší než v reálu“. Pokud je tedy velký, silný charakter kytary, můžeme zvolit umístění mikrofonu v této poloze. Při použití mikrofonu se směrovou charakteristikou je ovšem rozhodující vzdálenost od nástroje, jelikož se dá tato „velikost“ zvuku lehce přehnat kvůli proximity efektu (tzn. čím je mikrofon blíže zdroji, tím více narůstají basové frekvence). Třetí poloha – ozvučnice kytary (na grafu linie vyznačena žlutou barvou) je silně ovlivněna funkcí Helmholtzova rezonátoru. Zde má již nárůst basových frekvencí negativní dopad na celkovou zřetelnost tónu. Graf ukazuje poměrně vyrovnaný podíl frekvencí do 2kHz, poté již signál začíná silně frekvenčně kolísat. Vyšší frekvence jsou oproti basovým zřetelně sníženy. Dle nahrávky slyšíme silný basový základ. Při hře jednotlivých tónů to nemusí nutně znamenat onu nekonkrétnost, ovšem při zahrání akordů již dominantní basové pásmo přebije středy i vyšší frekvence, čímž se vytrácí zřetelnost a zvonivost tónu. Tuto polohu tedy využijeme spíše při snímání dvěma mikrofony, chceme-li dodat basové frekvence do



Obr.20 – Graf „celorozsahové“ nahrávky, přibližně na okolí 3kHz. Lineární průběh, FFT1024. již vyrovnaného základu (např. snímaného na dvanáctém pražci). Znova, stejně jako u předešlé polohy, nastává ovšem problém při použití směrového mikrofonu a jeho proximity efektu, zde je nárůst nízkých frekvencí ještě daleko silnější, tudíž se musí vzdálenost volit velice pečlivě. Čtvrtá a poslední měřená poloha mikrofonu – nad tělem nástroje, tzv. „přes rameno“, je taktéž nejčastěji využívána jako doplňkový spot k signálu hlavního mikrofonu. Přesto v našem měření dopadla překvapivě dobře. Pohledem na graf zjišťujeme podobně jako u polohy na dvanáctém pražci nárůst na 1.2kHz, dále vidíme vcelku zajímavé lokální

rozkolísání - vrch na 4kHz následující propastí na 4.7kHz, vrch na 10.5kHz následující propastí 11.4kHz atd. Přesto nahrávka nezní nevyrovnaně, ba naopak. Zní plněji než poloha na kobylce nástroje, spodní frekvence přebírají dominantní pozici, přičemž srozumitelnost není potlačena. Je již otázkou, jak je takto „plný“ zvuk v praxi žádaný, aby jej kytara předávala. Přesto tato poloha „přes rameno“ na poslech příjemně překvapila a jistě by neměla být opomínána přinejmenším jako vyrovnaný spot pro doplňující mikrofon.

#### **5.4 Závěr k měření**

Všechny tyto mikrofonní polohy mají svůj typický charakter zvuku. Tyto charakteristiky odpovídají fyzikálním zákonitostem spjatých s šířením zvuku i stavbou samotného nástroje. Logicky dokážeme na první poslech i pohled na nástroj zhruba odhadnout, odkud se šíří vyšší a odkud nižší frekvence a na základě toho mikrofon umístit. Přesto je zajímavé tyto místa pomocí grafů podrobněji analyzovat a dozvědět se přesnou skladbu jednotlivých frekvencí. Vždyť ve výsledku je to vlastně jakási vyrovnanost, která lidskému uchu ladí nejvíce. Ale i tak záleží vždy na konkrétním případě, pokud je skladba, do které akustickou kytaru nahráváme obohacena i o další nástroje, jde nám zase především o vyrovnanost výsledného mixu a jeho celkové frekvenční charakteristiky, tudíž barva, která by při sólové hře na nástroj byla nevhodná, může v rámci celkového mixu zapadnou přesně do zbytku hudební „skládanky“.

## ZÁVĚR

V první části práce jsem tedy shrnul základní fyzicko akustické jevy jako stojaté vlnění, fungování vln v Helmholtzově rezonátoru či na rezonanční desce kytary. Dále jsem popsal funkce jednotlivých komponent nástroje, a to především strun a těla. Uveden byl i anatomický popis - vlastnost každé části akustické kytary. Následně jsem nahlédl do praktické výroby kytary od začátku až po jeho dokončení.

Druhá část uvedla čtenáře do problematiky měření akustického signálu. Příprava k měření zahrnuje popis částí akustického řetězce použitého k tomuto experimentu. Samotné měření jsem již dopodrobna popsal spolu s postupem záznamu výsledků.

Tato práce, jakožto náhled do všech hlavních disciplín spjatých s nástrojem akustická kytara, shrnuje informace, které bychom jinak museli hledat v různých, zaměřením velmi odlišných zdrojích a dopomáhá tedy zájemcům ze všech oblastí rozšířit si své znalosti o tomto nádherném nástroji. Jsem velmi rád, že mohla být práce rozšířena i o praktickou část, která je nezbytná při práci s jakýmkoliv hudebním nástrojem, a tudíž práce nezůstala pouze u teoretického popisu.

Proces tvorby bakalářské práce byl pro mě přínosný hned z několika hledisek. Naučil jsem se psát odborný text, uspořádat materiály, shromažďovat literaturu a vyhodnocovat výsledky praktických měření. Taktéž jsem si rozšířil obzory v oblasti mé praxe. Věřím, že práce bude pro čtenáře stejně přínosná, jako pro mě samého.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SLOANE, By Irving. *Steel string guitar construction: acoustic six string, twelve string and arched top guitars*. Reissued. Westport, CT: Bold Strummer, 1990. ISBN 978-093-3224-162.
- [2] CUMPIANO, William R a Jonathan D NATELSON. *Guitarmaking, tradition and technology: a complete reference for the design*. Reissued. San Francisco: Chronicle Books, 1994, 387 p. ISBN 08-118-0615-4.
- [3] SYROVÝ, Václav. *Hudební akustika*. 3. dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2013, 440 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU, 2. ISBN 978-807-3312-978.
- [4] SYROVÝ, Václav. *Hudební zvuk: příspěvek k teorii zvukové tvorby*. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2009, 303 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-161-2.
- [5] VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky: příspěvek k teorii zvukové tvorby*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008, 297 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU, 2. ISBN 978-80-86253-46-6.
- [6] GEIST, Bohumil. *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus, 2005, 281 s. ISBN 80-862-5331-7.
- [7] PTÁČEK, Miroslav. *Úvod do fonetické akustiky*. Praha: Karolinum, 1993, 58 s. ISBN 80-706-6704-4.
- [8] SEVY, Jon. *Building an Acoustic Steel-String Guitar*



**SEZNAM POUŽITÝCH ELEKTRONICKÝCH ODKAZŮ**

- [1] Music acoustics: Guitar acoustics. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://newt.phys.unsw.edu.au/music/guitar/>
- [2] Music acoustics: Helmholtz Resonance. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/Helmholtz.html>
- [3] Music acoustics: Chladni patterns for guitar plates. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitar/guitarchladni.html>
- [4] Music acoustics: Strings, standing waves and harmonics. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/strings.html>
- [5] Music acoustics: Acoustically Important Construction Features. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/construction.html>
- [6] Physclips - Waves and Sound: Standing waves. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.animations.physics.unsw.edu.au/waves-sound/standing-waves/index.html>
- [7] Physclips - Waves and Sound: Travelling waves, superposition, reflection and transmission. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: [http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/waves\\_superposition\\_reflection.htm](http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/waves_superposition_reflection.htm)
- [8] Music acoustics: How does a guitar work?. *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitar/guitarintro.html>
- [9] Simple Harmonic Motion. *TEWM Of Digital Technology* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: [http://www.co-bw.com/Audio\\_Simple\\_Harmonic\\_Motion.htm](http://www.co-bw.com/Audio_Simple_Harmonic_Motion.htm)
- [20] Tapping Tonewoods. *Bourgeois Guitars* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://bourgeoisguitars.net/whybourgeois/tapping-tonewood/>

- [31] Kytarová poradna strýčka Toma: Od krku na tělo a na kobylku. TOMÁŠ BERKA. *E Portýr* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.eportyr.cz/kytarova-poradna-strycka-toma/1068-od-krku-na-tlo-a-na-kobylku>
- [12] Dřevo pro stavbu kytary. *Originální kytary* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.originalkytary.estranky.cz/clanky/DV.html>
- [13] Konstrukce krku. *Kytary Procházka* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.guitar-makers.com/www/krk.php>
- [14] Žebrování. *Kytary Procházka* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.guitar-makers.com/www/zebrovani.php>
- [15] Materiály. *Kytary Procházka* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.guitar-makers.com/www/materialy.php>
- [16] Výroba nástrojů: Použitá dřeva. *Hlaváček Guitars* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.hlavacekguitars.cz/vyroba-nastroju/pouzita-dreva/>
- [17] Physics for guitar strings and bass strings. *Proffesor String* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: [http://www.professorstring.com/string\\_physics.php](http://www.professorstring.com/string_physics.php)
- [18] Travelling waves. University of Louisville: *Department of Physics* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.physics.louisville.edu/cldavis/phys298/notes/travwaves.html>
- [19] Waves Lesson 4: Traveling Waves vs. Standing Waves. *The Physics Classroom* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.physicsclassroom.com/class/waves/u1014a.cfm>
- [20] Kerfing and Rib Compliance. ROGER K. *Long Island Staylace Association* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.staylace.com/medicaladvice/medical%20articles/kerfing.htm>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NAPŘ. Například

POPŘ. Popřípadě

TJ. To je

TZV. Takzvaně

NL. Našeho letopočtu

STOL. Století

POZN. Poznámka

ATD. A tak dále

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

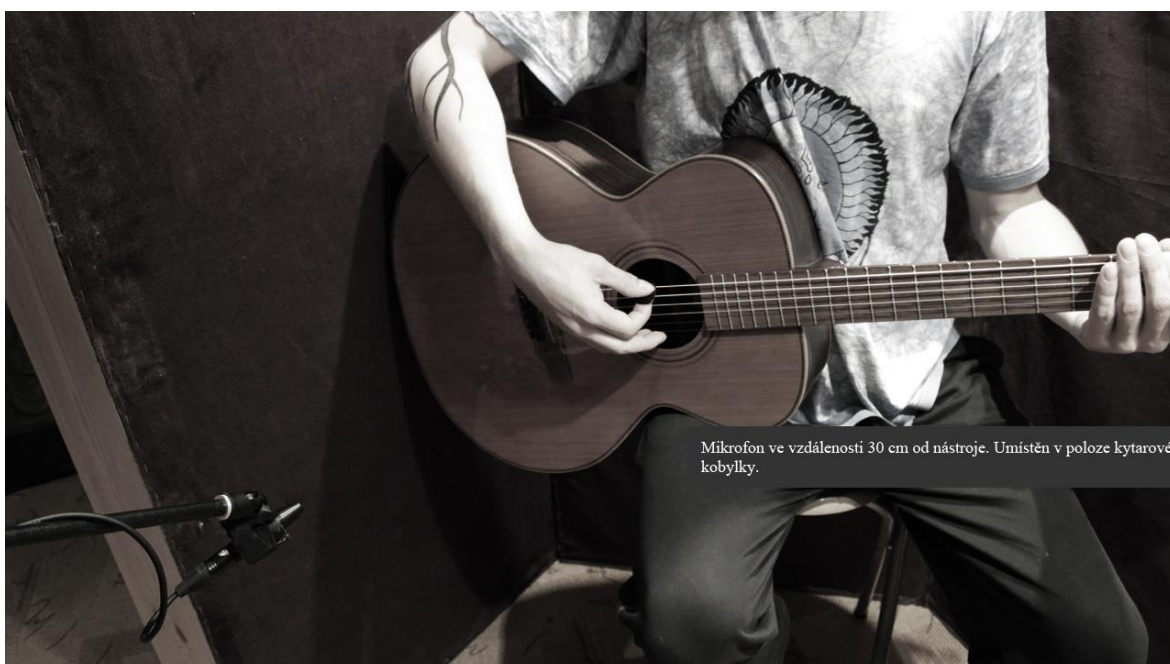
- Obr. 1 - Interaction. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/graphics/interaction.GIF>
- Obr. 2 - Helmholtz. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/Helmholtz.html>
- Obr. 3 - 77Hz Pattern. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitar/images/patterns/77hz.jpg>
- Obr. 4 - Holographic Interferometry. In: *DVICE.com* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://www.dvice.com/sites/dvice/files/styles/blog\\_post\\_media/public/images/guitar1.jpg](http://www.dvice.com/sites/dvice/files/styles/blog_post_media/public/images/guitar1.jpg)
- Obr. 5 - Plucks. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.phys.unsw.edu.au/jw/graphics/plucks.gif>
- Obr. 6 - Guitar Low Frequency. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/guitar\\_graphix/guitarlowf.GIF](http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/guitar_graphix/guitarlowf.GIF)
- Obr. 7 - Guitar High Frequency. In: *UNSW School of physics* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/guitar\\_graphix/guitarhighf.GIF](http://www.phys.unsw.edu.au/music/guitaracoustics/guitar_graphix/guitarhighf.GIF)
- Obr. 8 – Fender Guitar Frets. In: *Fender.com* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://uploads.fender.com/news/fender/424/Frets1.jpg>
- Obr. 9 - Saddle Collings. In: *Frets.com* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.frets.com/FretsPages/Musician/Guitar/Setup/Saddle/SaddleViews/collings1.jpg>
- Obr. 10 - Installing the sides. In: *Building an acoustic guitar in your kitchen* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://4.bp.blogspot.com/\\_n4VnkbsUaD0/SGADR\\_GOACI/AAAAAAAAAJE/VMBFtmKW8I0/s320/102.JPG](http://4.bp.blogspot.com/_n4VnkbsUaD0/SGADR_GOACI/AAAAAAAAAJE/VMBFtmKW8I0/s320/102.JPG)

- Obr. 11 - Rosette Columns. In: *Guitarmaking guide* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z:  
[http://edge.cs.drexel.edu/GICL/people/sevy/luthierie/guitarmaking\\_guide/rosette\\_making/rosette\\_columns\\_2.jpg](http://edge.cs.drexel.edu/GICL/people/sevy/luthierie/guitarmaking_guide/rosette_making/rosette_columns_2.jpg)
- Obr. 12 - Standart Bracing Scalloped. In: *Barnwell's Martinrep Site* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://martinrep.com/library/topstdscalp.jpg>
- Obr. 13 - Two sides from back. In: *Building an acoustic guitar in your kitchen* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://4.bp.blogspot.com/-Xpm0yxH1\\_5E/UQcZD\\_8Kv6I/AAAAAAAAAMY/\\_p7WRdT8zVU/s1600%20two\\_sides\\_from\\_back.JPG](http://4.bp.blogspot.com/-Xpm0yxH1_5E/UQcZD_8Kv6I/AAAAAAAAAMY/_p7WRdT8zVU/s1600%20two_sides_from_back.JPG)
- Obr. 14 - Dove tail joint. In: *Ultimate Guitar Building* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://ultimate-guitar-building.com/wp-content/uploads/dovetailjoint.jpg>
- Obr. 15 - Finishing spray. In: *Guitarmaking guide* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: [http://edge.cs.drexel.edu/GICL/people/sevy/luthierie/guitarmaking\\_guide/finishing/spray\\_1.jpg](http://edge.cs.drexel.edu/GICL/people/sevy/luthierie/guitarmaking_guide/finishing/spray_1.jpg)
- Obr. 16 - Frets Rounding. In: *American School of Lutherie* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.americanschooloflutherie.com/IMAGES/frets%20rounding.jpg>
- Obr. 17 - OM1 Typical frequency response. In: *Line Audio Design* [online]. [cit. 2015-01-19]. Dostupné z: <http://www.lineaudio.se/images/OM1plot.png>
- Obr. 18 – Graf „osmitónové“ nahrávky. Lineární průběh, FFT512.
- Obr. 19 - Graf „celorozsahové“ nahrávky. Nelineární průběh, FFT1024.
- Obr. 20 - Graf „celorozsahové“ nahrávky, přiblížen na okolí 3kHz. Lineární průběh, FFT1024

## SEZNAM PŘÍLOH

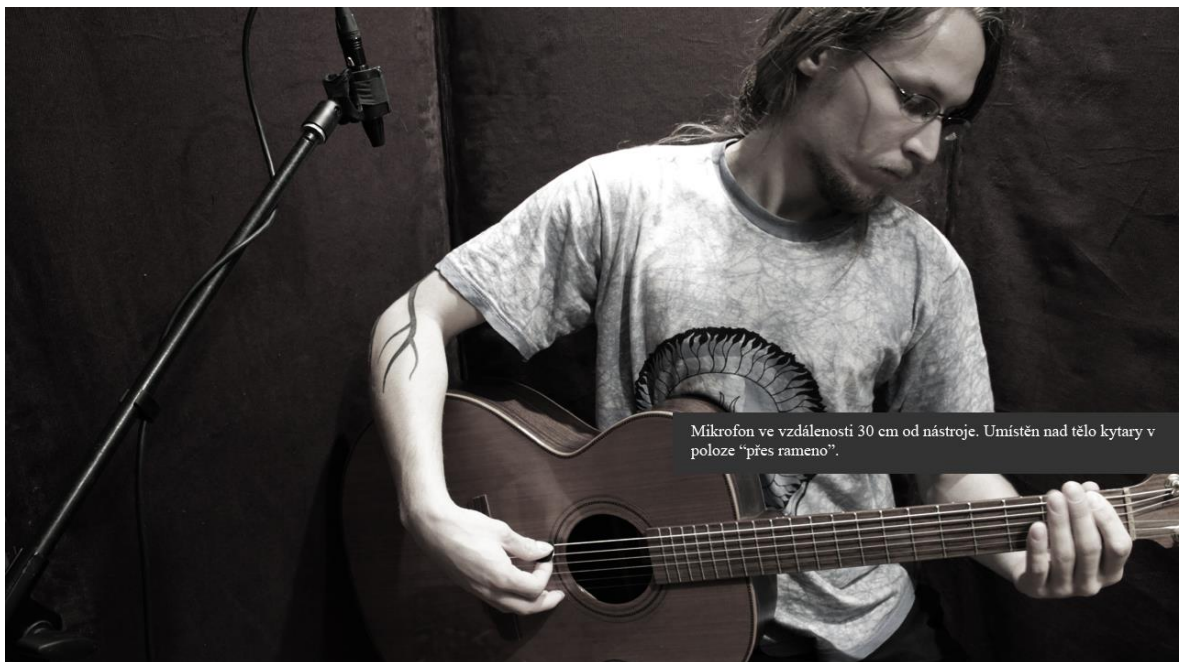
- P1 - Fotografie mikrofonních poloh použitých k měření.
- P2 - CD – Graf celého rozsahu (FFT512, lineární průběh).
- P3 - CD – Graf celého rozsahu (FFT512, nelineární průběh).
- P4 - CD – Graf celého rozsahu - oblast 3kHz (FFT512, lineární průběh).
- P5 - CD – Graf celého rozsahu - oblast 3kHz (FFT512, nelineární průběh).
- P6 - CD – Graf celého rozsahu (FFT1024, lineární průběh).
- P7 - CD – Graf celého rozsahu (FFT1024, nelineární průběh).
- P8 - CD – Graf celého rozsahu - oblast 3kHz (FFT1024, lineární průběh).
- P9 - CD – Graf celého rozsahu - oblast 3kHz (FFT1024, nelineární průběh).
- P10 - CD – Graf osmitónové stupnice (FFT512, lineární průběh).
- P11 - CD – Graf osmitónové stupnice (FFT512, nelineární průběh).
- P12 - CD – Graf osmitónové stupnice - oblast 3kHz (FFT512, lineární průběh).
- P13 - CD – Graf osmitónové stupnice - oblast 3kHz (FFT512, nelineární průběh).
- P14 - CD – Graf osmitónové stupnice (FFT1024, lineární průběh).
- P15 - CD – Graf osmitónové stupnice (FFT1024, nelineární průběh).
- P16 - CD – Graf osmitónové stupnice - oblast 3kHz (FFT1024, lineární průběh).
- P17 - CD – Graf osmitónové stupnice - oblast 3kHz (FFT1024, nelineární průběh).
- P18 - CD – Nahrávka osmitónové stupnice - poloha mikrofonu na dvanáctém pražci.
- P19 - CD – Nahrávka osmitónové stupnice - poloha mikrofonu u kobyly.
- P20 - CD – Nahrávka osmitónové stupnice - poloha mikrofonu u ozvučného otvoru.
- P21 - CD – Nahrávka osmitónové stupnice - poloha mikrofonu přes rameno.

## PŘÍLOHA P I: FOTOGRAFIE MIKROFONNÍCH POLOH POUŽITÝCH K MĚŘENÍ





Mikrofon ve vzdálenosti 30 cm od nástroje. Umístěn v poloze ozvučného otvoru.



Mikrofon ve vzdálenosti 30 cm od nástroje. Umístěn nad tělo kytary v poloze "přes rameno".