

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Konstrukční řešení akustických kytar a jejich dopad na
akustické vlastnosti**

Bakalářská práce

Nikola Demel

Vedoucí práce Ing. Adam Sikora, Ph.D.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Nikola Demel

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Konstrukční řešení akustických kytar a jejich dopad na akustické vlastnosti

Název anglicky

Design solutions of acoustic guitars and their impact on acoustic properties

Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení vlivu specifických konstrukčních řešení akustických kytar a jejich dopad na výsledné akustické vlastnosti na základě literární rešerše. Takto formulovaný cíl bude splněn skrz literární rozbor týkající se parametrů a kritérií konstrukcí, které musí akustické kytary splňovat s následným ekonomickým zhodnocením.

Metodika

1. Literární rozbor problematiky akustických vlastností ve vztahu ke konstrukcím akustických kytar
2. Zpracování konstrukčních řešení akustických kytar a jejich ekonomické zhodnocení
3. Výsledky a závěry
5. Práci čleňte do standardních kapitol – úvod, literární rozbor, cíl práce, výsledky, diskuse, závěr, použitá literatura a souhrn.

Harmonogram práce:

1. Koncepční řešení práce (říjen 2022).
2. Analýza problematiky s důrazem na téma práce (listopad 2022).
3. Metodika práce (listopad 2022).
4. Výsledky a diskuse (leden 2023).
5. Závěr (březen 2023).

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Akustické vlastnosti, Akustické kytary, Konstrukce kytar

Doporučené zdroje informací

- Bennett, B. C. (2016). „The Sound of Trees: Wood Selection in Guitars and Other Chordophones,“ *Economic Botany*, 70(1), 49–63. DOI://doi.org/10.1007/s12231-016-9336-0
- Bucur, V. (2006). „Acoustics of wood,“ *Springer Series in Wood Science*, Springer. ISBN: 978-3-540-30594-1
- Fletcher, N. H a Rossing, T. D. (1998) „The Physics of Musical Instruments,“ Springer New York. DOI://doi.org/10.1007/978-0-387-21603-4_22
- Gerken, T. (2005). „Acoustic guitar: An historical look at the composition, construction, and evolution of one of the world’s most beloved instruments (1st ed),“ Hal Leonard. ISBN: 9780634079207
- Wegst, U. G. K. (2006). „Wood for sound. *American Journal of Botany*,“ *American Journal of Botany*. DOI://doi.org/10.3732/ajb.93.10.1439
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Adam Sikora, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

doc. Ing. Pavla Vrabcová, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 12. 7. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Konstrukční řešení akustických kytar a jejich dopad na akustické vlastnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu Ing. Adamovi Sikorovi, Ph.D. za rady, trpělivost a vedení při vypracování závěrečné práce. Děkuji panu Karlu Šteklovi za cenné rady odborníka z praxe a děkuji za vstřícný přístup zástupcům firmy Furch guitars, s.r.o. za možnost poznat celý proces výroby v jejich továrně.

Konstrukční řešení akustických kytar a jejich dopad na akustické vlastnosti

Souhrn

Tato bakalářská práce pojednává o konstrukčním řešení akustických kytar s dopadem na jejich akustické vlastnosti. Literární rozbor se zabývá parametry a kritérii konstrukce, které musí akustická kytara splňovat pro výsledné hodnoty znějícího hudebního nástroje. Dnešní konstrukční řešení je v závěrečné práci obohaceno jeho historickým vývojem a jednotlivými konstrukčními prvky, které tvoří nezbytné součásti konstrukce k tvorbě jejího zvuku. Jsou představeny základní druhy a tvary akustických kytar, jejich uplatnění a rozměry. Popsány jsou i akustické vlastnosti, které souvisí s akustickými jevy spojenými s kytarou. Tyto akustické jevy vznikají na základě mechanických a fyzikálních vlastností materiálů použitých k výrobě jednotlivých komponentů kytarového těla. V části výsledků a diskuze jsou analyzovány a diskutovány poznatky z literární rešerše. Zároveň je v práci zahrnuto ekonomické zhodnocení v podobě cenového srovnání akustické kytary v České republice a okolních státech.

Klíčová slova: Akustické vlastnosti, Akustické kytary, Konstrukce kytar

Design solutions of acoustic guitars and their impact on acoustic properties

Summary

This bachelor thesis deals with the structural design of acoustic guitars with an impact on their acoustic properties. The literature review discusses the parameters and design criteria that an acoustic guitar must meet for the resulting sound values of the instrument. In the final thesis, the present design is enriched with its historical development and the individual design elements that form the necessary components of the structure to produce its sound. The basic types and shapes of acoustic guitars, their applications and dimensions are introduced. The acoustic properties related to the acoustic phenomena associated with the guitar are also described. These acoustic phenomena arise from the mechanical and physical properties of the materials used to make the various components of the guitar body. In the results and discussion section, findings from the literature search are analyzed and discussed. At the same time, an economic evaluation in the form of a price comparison of acoustic guitars in the Czech Republic and neighbouring countries is included.

Keywords: Acoustic Properties, Acoustic Guitars, Guitar Construction

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce.....	10
3	Konstrukční řešení akustických kytar	11
3.1	Historie konstrukčního řešení akustické kytary	11
3.1.1	Vývoj kytary v období od cca 2500 př. n. l. až do 15. století n. l.	12
3.1.2	Kytara čtyřsborová - Renesanční	15
3.1.3	Kytara pětisborová - Barokní	16
3.1.4	Druhá polovina 18. století až 19. století – Klasická kytara	17
3.1.5	Kytara 20. století	19
3.2	Konstrukční prvky akustické kytary	20
3.2.1	Korpus akustické kytary	21
3.2.2	Krk akustické kytary	27
3.3	Druhy a tvary akustické kytary	31
3.3.1	Klasická kytara	31
3.3.2	Jumbo.....	32
3.3.3	Dreadnought (D, D-size, dreads)	32
3.3.4	Parlor (O)	33
3.3.5	Grand Concert (OO)	34
3.3.6	Auditorium / Orchestra model (OOO/OM)	34
3.3.7	Grand Auditorium.....	35
3.4	Materiály pro akustické kytary.....	35
3.5	Akustické vlastnosti	37
3.5.1	Zvuk a tón	38
3.5.2	Rychlost šíření zvuku.....	39
3.5.3	Akustický vlnový odpor.....	40
3.6	Akustické jevy spojené s kytarou.....	40
3.7	Rezonanční vlastnosti dřeva.....	45
4	Výsledky a diskuse	49
5	Závěr	54
6	Seznam použité literatury	55

1 Úvod

Akustickou kytaru jako hudební nástroj řadíme mezi strunné drnkací nástroje, přesněji mezi nástroje loutnové. V této skupině se nachází také loutny, balalajky, mandolíny, bendža a ukulele. Kytaru lze považovat za velmi dostupný, rozšířený a oblíbený hudební nástroj, který má uplatnění spíše u sólových interpretů či malých komorních uskupení. U velkých hudebních těles jako jsou symfonické orchestry se vyskytuje tento rytmický nástroj jen velmi zřídka. Nástroje se užívá ve velké oblibě v žánrech jako je pop, rock, folk, country, blues a jazz a to nejen pro svou ne příliš náročnou techniku hry, ale i pro svoji skladnost například při cestování. Nachází uplatnění u zdatných i u méně zkušených začínajících muzikantů (French, 2022).

Moderní kytaru, jak ji známe dnes, lze definovat jako šestistrunný chordofon zpravidla s plochým korpusem ve tvaru osmičky s ozvučným otvorem umístěným v horní ozvučné desce. Na korpus navazuje krk, který je opatřen hmatníkem dnes již s kovovými pražci a zakončený hlavicí s mechanikou (Bláha, 2012). Jedná se o soustavu dvou akustických systémů, kdy zdrojem zvuku je struna, jejíž zvuk je zesílen v rezonátoru, tedy v korpusu nástroje. Otvory na vrchní desce umožňují styk chvějících se částic vnitřního vzdušného prostoru mezi deskami a luby s vnějšími vzdušnými vrstvami. Jak již název této skupiny hudebních nástrojů napovídá, struny těchto hudebních nástrojů se rozechvívají pomocí trsátka (plektrum), nebo drnkáním prsty (Pavílek a Irmann, 1968).

Závěrečná práce popisuje historii samotného konstrukčního řešení kytarového nástroje, z jakých jednotlivých segmentů se kytara skládá, jak dané konstrukční prvky ovlivňují její zvuk, jaké mají mít žádoucí vlastnosti a s tím samozřejmě souvisí materiál, ze kterého jsou jednotlivé části kytary zhotoveny, aby co nejlépe splňovaly požadavky, které jsou na ně kladeny. Při výrobě akustických kytar musí výrobci dodržovat určitá zavedená pravidla konstrukce, která si ale ovšem každý výrobce inovuje na základě svých získaných poznatků a vývoje. Samozřejmě tyto poznatky a vědění si každý výrobce striktně hlídá, tudíž není možné u konkrétní konstrukce zdůvodnit charakter hudebního projevu. Proto se tato závěrečná práce zabývá spíše obecnými principy, týkající se konstrukčního řešení akustických kytar a jejich dopadem na akustické vlastnosti.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je analyzovat skrze vypracovaný literární rozbor detailní popis konstrukčního řešení akustické kytary a jejích jednotlivých konstrukčních prvků, které svým provedením ovlivňují výsledné akustické vlastnosti.

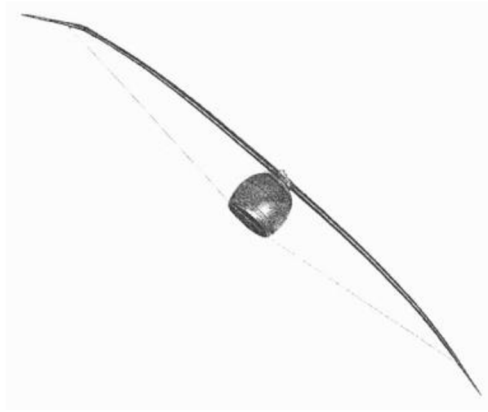
Vytyčený cíl bude naplněn skrze analýzu literárního rozboru, který porovnává jednotlivé konstrukční principy, na jejichž základě akustická kytara plní svoji funkci hudebního nástroje. Tyto výsledky jsou podloženy použitými literárními zdroji. K výsledkům je zařazeno ekonomické zhodnocení zabývající se cenovým srovnáním vybraného kvalitního hudebního nástroje v distribučních kanálech.

3 Konstrukční řešení akustických kytar

3.1 Historie konstrukčního řešení akustické kytary

Moderní kytara, jak ji známe dnes, má za sebou velice bohatou a pestrou řadu proměn a úprav, ať už vizuálních nebo týkajících se stavby nebo konstrukčního řešení. Aby bylo pochopení dnešního konstrukčního řešení akustických kytar úplné je třeba si tento rozsáhlý vývoj hudebního nástroje projít. Bohužel, k tomuto tématu není příliš mnoho literárních zdrojů, proto bude kapitola vycházet především z knihy Vladislava Bláhy – Dějiny kytary 2012.

Slovo kytara bylo pravděpodobně odvozeno z názvů řady předchůdců tohoto nástroje z mnoha kultur jako například z perského slova *sihtar*, řeckého *kithara*, arabského *gitar*, či španělského slova *guitarra* (Bennet, 2016). Některé historické prameny nám dokládají, že kořeny tohoto hudebního nástroje a jeho předchůdců sahají až do dávného starověku. K vývoji strunných nástrojů však docházelo již v pravěku, kdy k jejich počátečnímu vzniku docházelo spojením náhodného zvuku vzniklého vibracemi tětiny luků a přeměně na záměrné drnkání v určitém rytmu. Zvyšováním a snižováním napětí tětiny, případně zkracováním její délky prstem, či jinými předměty začaly vznikat tóny různých výšek. Změna hlasitosti a barvy tónu tohoto primitivního nástroje tzv. monochordu, původně sloužícího k lovu zvěře, se začala zdokonalovat přidáváním různých druhů korpusů např. slupky kokosových ořechů, krunýře želv a v pozdější době došlo i na hliněné nádoby nebo dřevěné skřínky, které se následně kvůli zvýšení rezonance začali potahovat kůží. V některých kulturách se dokonce jako rezonanční dutina používala a dodnes používá i lidská lebka. Postupem doby se vedle drnkání prsty, či předmětem nahrazující dnešní plektrum, začalo užívat i druhého luku, který sloužil k příčnému tření tětiny luku prvního, a to vedlo ke vzniku a budoucímu vývoji nástrojů smyčcových. Později došlo i ke zvýšení počtu tětin neboli strun a koncept nástroje se postupně přeměnil k podobě primitivní lyry a harfy (Bláha, 2012).



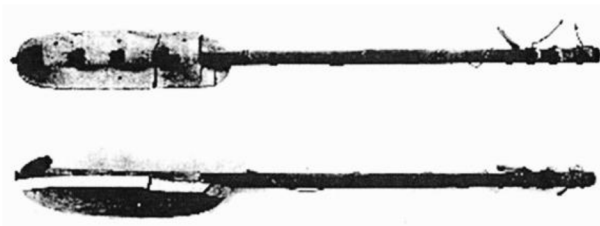
Obr. č. 1 – Hudební luk ze sbírek národního muzea v Praze, (Bláha, 2012)

3.1.1 Vývoj kytary v období od cca 2500 př. n. l. až do 15. století n. l.

Nejstarší výskyt strunných nástrojů s hmatníkem je nám znám z období staré Mezopotámie odkud máme nejstarší výtvarné zmínky, kde jsou již vyobrazovány strunné drnkací nástroje s krkem. Například ze sumerského Nipperu se nám dochovaly reliéfy z terakotové hlíny přibližně z roku 2500 př. n. l., které znázorňují hudebníky hrající na některé nástroje. Na jednom z nich se vyobrazuje hudebník s nástrojem podobným hranaté kytaře, kdy její tělo korpusu je u pravé ruky hráče více rozšířeno, než u levé části nástroje s krkem. Z obrázku lze vidět, že tehdejší technika hry na kytaru pravou rukou, se od té dnešní příliš nelišila. U strunných nástrojů z té doby byl krk nástroje veden samostatně, buďto byl připevněn ke korpusu zvenku nebo jej protínal jako “kopí”, kdy na obou jeho koncích byly připevněny struny. Krk nebyl vsazen do korpusu jako je tomu dnes, netvořil jednotný celek s korpusem a struny nebyly upevněny na struníku na korpusu nástroje. Takto vypadali všichni předchůdci strunných nástrojů, jejich konstrukční řešení se od dnešního podstatně lišilo (Bláha, 2012).



Obr. č. 2 – Část reliéfu na hlíněné desce ze sumerského Nipperu, cca 2500 př. n. l., Philadelphia Museum of Art, (Bláha, 2012)

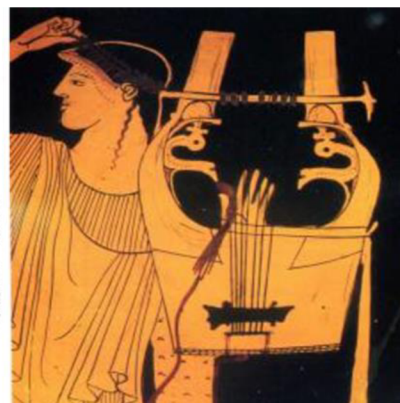


Obr. č. 3 – Nejstarší známý dochovaný strunný hudební nástroj s krkem z doby cca 1500 př. n. l. z Egypta, (Bláha, 2012)

Mezi důležité předchůdce strunných nástrojů určitě patří chetitské strunné nástroje, vzniklé v kultuře Chetitské říše, která existovala na území dnešního Turecka a severní Sýrie přibližně v rozmezí 1900 př. n. l. až 1200 př. n. l. **Chetitská kytara** měla dlouhý krk, plochý korpus a několik ozvučných otvorů. Má řadu znaků společných s egyptskými nástroji a je podobná latinské kytaře, která vznikla zhruba o 2700 let později. Chetitové velmi ovlivnili strunné nástroje Egyptů, s kterými válčili a jejichž malby znázorňují hudební nástroje kytarového a loutnového typu zvané jako **egyptské loutny** nebo pravděpodobně Řeků, s nimiž obchodovali, kdy je seznámili s nástroji kytarového typu. Ty se na dochovaných řeckých vyobrazeních příliš nevyskytují anebo v daleko menší míře. Více se užívalo strunných nástrojů lyrovitého či harfovitého typu např. **lyra**, **kithara**. K nejvíce rozšířenému nástroji v Řecku patřila právě zmíněná kithara lyrovitého tvaru opatřena ozvučnou skříňkou, měla až patnáct strun, ale s nástroji kytarového nebo loutnového typu (tzn. s krkem, hmatníkem, hranatým či oválným korpusem a s maximálně čtyřmi strunami) neměla nic společného (Bláha, 2012).



a)



b)

Obr. č. 4 – a) Chetitská kytara cca z 1800 př. n. l., (kytara.tode.cz); b) Nástroj zvaný kithara ze starověkého Řecka, (kytara.tode.cz)

Kolem počátku našeho letopočtu, přibližně 1500 let od vzniku nejstarších dochovaných kreseb, maleb a reliéfů strunných nástrojů s krkem, se nám dochovala nová vyobrazení nástrojů

s novým řešením konstrukce, které znamenalo převrat strunných nástrojů s krkem. U nové konstrukce, na rozdíl od té předchozí s nepříznivou rezonancí nástroje, se začal krk vsazovat do korpusu nástroje. Struny byly vedeny přes struník na vrchní desce korpusu a jejich uchycení bylo na lubech za struníkem nebo přímo na struníku. Tomu ale muselo předcházet vyřešení konstrukčního problému, kdy tlak strun působil na vrchní desku nástroje. Jedním z takových nástrojů s novou konstrukcí byla například **koptická kytara**, která měla tvar plochého korpusu se zúženou středovou částí. V průběhu několika staletí se z těchto nástrojů vyvinula **kytara latinská** (*guitarra latina*) s korpusem osmičkovitého tvaru chetitské kytary se čtyřmi strunami. Korpus latinské kytary, přesněji spodní deska s luby, se původně vyráběly pouze z jednoho kusu a to dlabáním. Ke zhotovování “skříňovité” konstrukce, přičemž luby a spodní deska byly konstruovány zvlášť, došlo až později. Šlo o nástroj velice praktický a všestranně použitelný k doprovodu písní a ke hře jednoduchých melodií. Svoji velikostí a nízkou hmotností dobře sloužil například římským vojákům na cestách při dobývání různých evropských a severoafrických zemí, kdy docházelo samozřejmě k rozšíření nástroje do daných obsazených lokalit (včetně Španělska). Nástroje se, ale vyvíjely i v jiných koutech světa, jako třeba ve střední Asii a tvarově vycházely pravděpodobně z chetitské kytary (Bláha, 2012).



Obr. č. 5 – Koptická kytara z let 300 – 700 n. l., (Bláha, 2012)

Po nespočet dochovaných Řeckých nebo Římských vyobrazení ze 3. - 4. století n. l. následovala dlouhá přestávka několikaset let, během které o vývoji kytary nemáme takřka žádný přehled. Nástroje kytarového typu se vyobrazovaly jen výjimečně, zřejmě z důvodu nástupu křesťanství a církevní hudby v kostelích, v nichž byla povolena pouze hudba církevní. Z velké části se upřednostňovala hudba vokální a hra na drnkací nástroje, mezi které patřily i předchůdci kytary. V sakrálních stavbách byla tato hra zakázána, přesto byly tyto nástroje dál využívány prostými lidmi v každodenním životě. Díky historickým pramenům z roku 1260 n. l. víme, že přibližně v roce 711 n. l. se ve Španělsku s příchodem *Maurů* objevila tzv. **maurská kytara** (*guitarra morisca*). Od latinské kytary se tento nástroj významně lišil svým oválným tělem a připomínal spíše pozdější loutnu (Bláha, 2012).

V období vrcholného středověku, přesněji na počátku 12. století, začaly být strunné drnkací nástroje velice oblíbené, zejména díky rytířům a jejich opěvovaným rytířským písním a textům, oslavující boj, lásku, přírodu a statečnost, které se vedle písní církevních, začali prosazovat více a více. V jižní Francii a při pobřeží střeozemního moře byli tito rytíři nazýváni trubadúři, v severní Francii a Anglii truvéři, v severní Anglii a Irsku bardí a v Německu minesengři (Bláha, 2012).



Obr. č. 6 – Trubadúři (kytara.tode.cz)

Významnou část vývoje kytary má na svědomí Španělsko, kdy sjednotilo cestu rozvětveného vývoje kytary a jejich předchůdců, bylo to hlavně dáno tím, že Španělsko bylo ve své době velmi mocnou kolonizátorskou zemí, tudíž dosáhla velkého hospodářského i kulturního rozmachu. Došlo zde ke střetnutí řady kulturních vlivů, jako románského, křesťanského, židovského, keltského, indického a dalších. S kulturním rozmachem padly i velké požadavky na zdokonalení hudebních nástrojů. Zrodil se například nástroj *vihuela*, na kterou měla velký vliv latinská kytara. Menší čtyřsborová vihuela byla od 15. století, známá všeobecně jako *guitarra*. V polovině 16. století se ve Španělsku na kytaru přidal sbor pátý a vznikla kytara pětisborová zvaná také jako *guitarra española* (*španělská kytara*). Sbory jsou nazývány zdvojené struny (Bláha, 2012).

3.1.2 Kytara čtyřsborová - Renesanční

Kytara renesanční byla čtyřsborová, tzn. měla čtyři páry strun a menší korpus než vihuela, barokní kytara či kytara dnešní. Luby v poměru s velikostí těla byly o něco vyšší než u vihuely, spodní deska byla zaoblená, ale na rozdíl od loutny, která měla dno ze zaoblených pásků dřeva, byla vždy spodní zaoblená deska s horní deskou spojena luby. Menší korpus měl za příčinu vyšší ladění než pozdější nástroje s větším korpusem. Podobně jako u vihuely se krk skládal z 8 až 9 práčů a menzura měřila přibližně 500 mm. Ozvučný otvor vyplňovala bohatě zdobená

rozeta vyráběná z tvrzeného pergamenu nebo dřeva. Rozeta jak u renesanční kytary, tak i u barokní plnila několik funkcí, jednak ozdobnou a zřejmě měla vliv na lepší znělost a zabarvení zvuku. Kytara, kterou užíval především prostý lid, bývala samozřejmě zdobena prostěji než vihuela, na kterou hrála šlechta a profesionální hudebníci. Rozdíl byl také ve sborech strun. Vihuela měla čtyři sbory, kdy struny v páru se ladily v unisonu vždy po oktávách. Kdežto u kytary se první struna vedla jednotlivě, znamená to tedy, že měla strun pouze sedm, kdy čtvrtý – nejnižší sbor a někdy současně i třetí – předposlední sbor, bývaly rovněž laděny v oktávách, případně mohl být čtvrtý sbor laděn v unisonu horní oktávy. Jedno z ladění renesanční kytary v pořadí jednotlivých sborů bylo v intervalech: kvarta – velká tercie – velká tercie – kvarta. Pražce kytary se vázaly a vyráběly ze střev, později z kostí anebo ze dřeva či kovového drátu. Bohužel velikost renesanční kytary známe pouze z výtvarných vyobrazení a popisů. Nejstarší známou dochovanou čtyřsborovou kytarou je kytara z roku 1646, ale to už byla takřka půl století rozšířena kytara pětisborá - barokní (Bláha, 2012).



Obr. č. 7 – Renesanční kytara (www.lutesandguitars.co.uk)

3.1.3 Kytara pětisborová - Barokní

Ve druhé polovině 16. století se pomalu objevuje kytara pětisborová - barokní a nahrazuje kytaru čtyřsborovou - renesanční. Konstrukční rozměry barokní kytary prošly v průběhu let řadou změn. Na konci 16. století a počátkem 17. století byla menzura, relativně malá a měřila 550 mm. Menzurou se rozumí délka struny od místa upevnění na struníku k místu upevnění na mechanice. Postupně docházelo k jejímu zvětšování, přičemž u některých dochovaných nástrojů měřila až 700 – 720 mm, ale takové nástroje se často používali jen jako doprovodné, jako hlubší basové. Další změnou bylo například posunutí struníku směrem k ozvučnému

otvoru nástroje, aniž by se změnila jeho celková délka. V tomto případě měřila menzura 640 – 650 mm, což je podobné jako u kytary dnešní. V období vrcholného baroka byla kytara celkově větší než kytara renesanční a o něco štíhlejší a delší než moderní kytara, kdy délka korpusu měřila 950 – 1050 mm, šířka korpusu v horní části osmičkovitého tvaru se pohybovala mezi 180 – 210 mm, v nejužší části těla korpusu 160 až 190 mm a v nejširším místě měřil korpus 240 – 270 mm, tloušťka korpusu neboli výška lubů byla 80 – 90 mm. Počet pražců u barokní kytary se zvýšil na dvanáct a několik pražců bylo umístěno na vrchní desku na rovnoběžně pokračujícím hmatníku. Pražce tvořily převázání střeovými strunami, ale i ebenové, kovové nebo kostěné pražce. Pětisborová kytara měla celkem devět strun. První a zároveň nejvyšší struna byla opět samostatná, ostatní byly zdvojeny ve sborech a značeny jako druhý, třetí, čtvrtý a pátý sbor, přičemž struny v druhém a třetím sboru byly zdvojeny v unisonu a u strun ve čtvrtém a pátém sboru byla jedna ze strun naladěna o oktávu níže. Ladění kytary v pořadí jednotlivých sborů bylo v intervalech: kvarta – kvarta – velká tercie – kvarta, kvarta.

Nutno podotknout, že tomu, že se dobové hudební nástroje dochovaly, vděčíme zdobením nástroje ornamenty a intarziemi z kvalitních a ušlechtilých materiálů. Na druhou stranu nadměrné zdobení a vykládání desek nástrojů a rozet šlo na úkor rezonančním vlastnostem hudebního nástroje (Bláha, 2012).



Obr. č. 8 – Barokní kytara (www.lutesandguitars.co.uk)

3.1.4 Druhá polovina 18. století až 19. století – Klasická kytara

Po období “rozkvětu” vývoje kytarového nástroje, tedy po období renesance a baroka, kdy dosahovala kytara velkého rozvoje, došlo k ohromnému poklesu zájmu o tento nástroj a jeho vývoj se na celou polovinu století zcela zastavil.

Ve druhé polovině 18. století si kytaristé stále více uvědomovali nevýhody spojené se zdvojenými strunami na nástroji, které převažovaly nad jejich výhodami. Jednalo se hlavně o ladění a techniku hry. Tomu následovaly zásadní změny v ostrunění nástroje, které spočívalo v rozšíření rozsahu kytary o šestou strunu, a to basovou strunu „E” a o něco později i ve změně sborů v jednotlivé struny. Přeměna pětistrunné kytary na šestistrunnou probíhala postupně a až dokonce 18. století se užívalo obou nástrojů současně.

Kulturní a společenské změny, které nastaly po roce 1800 spolu s tehdy příznivou situací pro další rozvoj kytarové hry, postupem času doslova nastartovaly vlnu oblíbenosti tohoto nástroje, která vrcholila v letech 1810 – 1840. Toto období se později nazývalo „zlatým věkem kytary”. Kytara se stala velice populárním a módním hudebním nástrojem (Bláha, 2012). V 19. století se začala kytara vyvíjet do podoby, jak ji známe dnes, obecně nazývanou **Klasická kytara**. Nástrojář, který se o její vývoj významně zasloužil se jmenoval Antonio de Torres (Bacon, 2010).



Obr. č. 9 – Klasická kytara z 19. století (classicalguitarmagazine.com)

Konstrukce kytary si prošla dalšími změnami a dalším zdokonalením. Byla odstraněna rozeta z ozvučného otvoru, poněvadž měla vliv na barvu zvuku a už neodpovídala požadavkům na zvukové zabarvení v novém období klasicismu. Dále se změnil způsob upevnění strun výměnou příčné vložky struníku za knoflíky s konci strun upevněných v otvoru vrchní desky, což daleko lépe odolávalo tlaku a napětí strun na ztenčenou horní desku nástroje (Bláha, 2012). Významně k těmto změnám přispěl již zmíněný Antonio de Torres, který navrhl větší, ale stejně vážící korpus s vyššími luby, zpevnění a vyztužení spodní a ztenčené vrchní desky žebrováním, které bylo vějířovitě rozloženo v oblasti pod struníkem, což vedlo k hlasitějšímu a vyrovnanějšímu zvuku nástroje (Fletcher a Rossing, 1998; Rossing, 2010). Délka menzury se ustálila mezi 600 a 650 mm. Ve třicátých letech 19. století se v hlavici k upevnění strun přestaly používat dřevěné kolíky a byly nahrazeny kovovou mechanikou (Bláha, 2012). Postupy

Antonia Torrese daly vznik nástrojům s širším tónovým rozsahem a jeho způsoby výroby a pojetí tohoto hudebního nástroje se šířilo nejen ve Španělsku, ale i po Evropě (Bacon, 2010).

3.1.5 Kytara 20. století

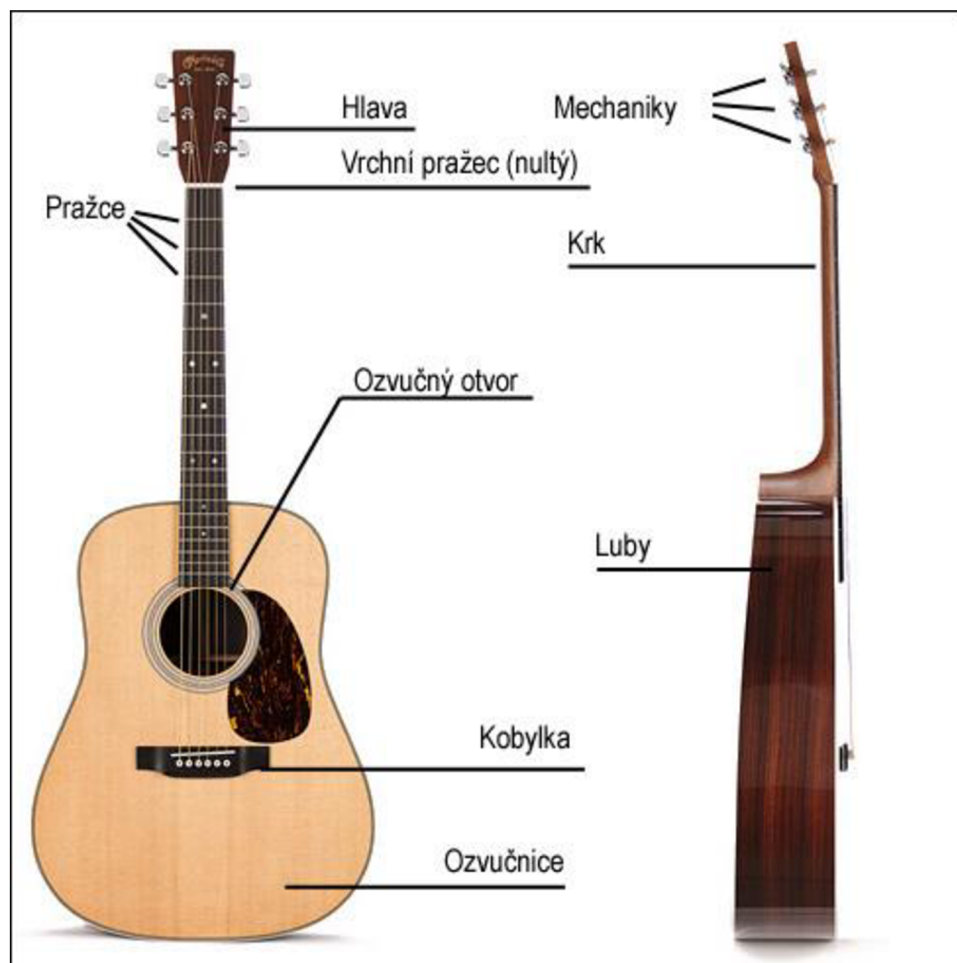
Torresova konstrukce z devatenáctého století, velmi inspirovala další výrobce kytar, kteří začali používat větší korpusy a k určitým změnám došlo i uvnitř kytary. Především v uspořádání žebor na vnitřní straně horní rezonanční desky kytary, která má rozhodující vliv na tón a hlasitost nástroje. Myšlení mnoha výrobců nástrojů se vyvíjelo v důsledku právě jejich snahy o dosažení hlasitějšího zvuku při zachování nebo dokonce zlepšení kvality tónu.

Za zdokonalením konstrukce akustické kytary ve 20. století stojí zejména továrna na výrobu kytar Martin založená v roce 1833 Christianem Frederickem Martinem. Pojetím tvaru korpusu, systémem vnitřního žebrování a dekorativním vykládáním, ovlivnily kytary Martin přímo či nepřímo každého výrobce akustických kytar. Už před začátkem 20. století v roce 1850 přišla firma se slavným vzorem žebrování X. Označuje se tak uspořádání dřevěných výztuh uvnitř korpusu, které přispívá k osobitosti tónu akustické kytary. Tento vzor žebrování se používá dodnes, a to i ostatními výrobci, kteří ho od slavné továrny převzali. Ve 20. a 30. letech 20. století došlo u kytar Martin ke dvěma zásadním změnám. Sřevové struny, které se dodávaly s kytarami, byly nahrazeny kovovými a korpus byl vybaven pevnějším zesíleným žebrováním, které odolávalo zvýšenému namáhání strun. Kolem roku 1930 byla přidána i pevnější kobylka a v polovině desetiletí došlo k zesílení krku. Druhou změnu představovalo vysunutí krku ven z korpusu, což usnadňovalo hru na vysokých pražcích. Zlepšená konstrukce s napojením korpusu na čtrnáctém pražci se poprvé objevila na modelech OM (1929) a vzápětí i na ostatních Martinech. Stala se standartním prvkem akustických kytar. V roce 1916 byla navržena první akustická kytara Dreadnought Frankem Henry Martinem a stejně jako ostatní zdokonalení akustických kytar továrnou Martin značně ovlivnila i ostatní výrobce kytar. Pro vzhled této kytary jsou charakteristická nápadně hranatá ramena korpusu, široký pas a výrazný basový zvuk. Tato konstrukce a její model D-45 se stala jednou z nejslavnějších a nejpoužívanějších akustických kytar ve 30. letech, oblíbená hlavně bluegrassovými hráči.

Dalším velkým přínosem pro vývoj konstrukce akustické kytary byla tradiční kytara firmy Gibson s vrchní klenutou rezonanční deskou s výřezy do *f*. O akustických kytarách s plochým víkem začala společnost vážně uvažovat až na konci dvacátých let. První model „rovného“ Gibsonu byl model Jumbo SJ200 (nebo J200), který působil velmi okázale a byl zaměřený na countryové hráče (Bacon, 2010).

3.2 Konstrukční prvky akustické kytary

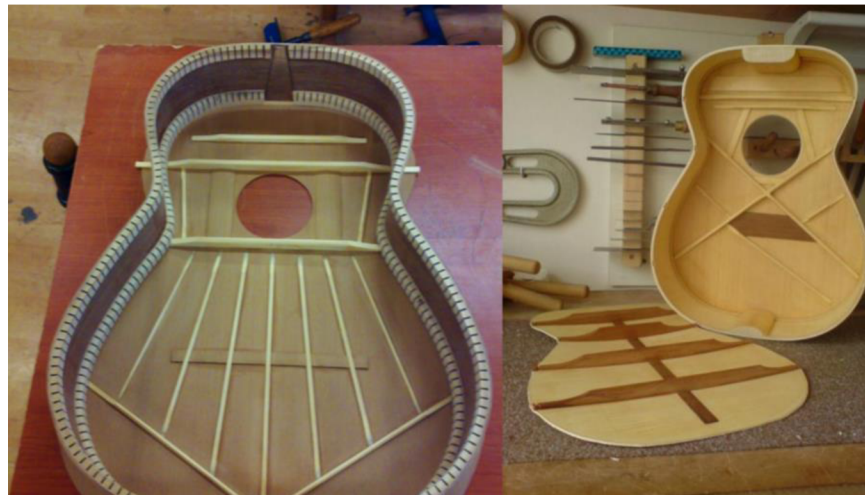
Tato kapitola se zabývá jednotlivými konstrukčními prvky akustické kytary a jaké parametry musí tyto prvky splňovat, aby se dosáhlo žádoucích vlastností konstrukce hudebního nástroje, které jsou k tvorbě zvuku požadovány. Celá konstrukce hudebního nástroje je stavěna za účelem vytváření zvuku a tónů. Zabývá se především akustickými vlastnostmi konstrukce, s nimiž ale souvisí další fyzikální vlastnosti a vlastnosti mechanické. U jednotlivých materiálů, z kterých jsou jednotlivé konstrukční komponenty kytary vyrobeny, se klade důraz jednak na akustiku, ale také na pevnost, tvrdost, hustotu a hmotnost. V této kapitole bude řečeno, z jakých materiálů se dané prvky vyrábí a z jakého důvodu. Budou zmíněny nejznámější základní tvary a typy akustických kytar a o akustických dopadech konstrukce na zvuk nástroje bude pojednávat kapitola následující. Konstrukce kytary je složena ze dvou základních částí, z korpusu a krku, které jsou spojeny pevně či rozebíratelně. V korpusu, kde se spojuje tělo s krkem je umístěn stahovací šroub určený ke štelování krku proti tahu strun. (French, 2012).



Obr. č. 10 – Schéma akustické kytary (skytarou.cz)

3.2.1 Korpus akustické kytary

Korpus ve tvaru osmičky, jehož spodní ovál je větší než horní, se skládá z horní ozvučné a spodní desky spolu spojených luby, z olubení, horního a dolního špalíku, ozvučného žebrování připevněného na vrchní a spodní desce a z kobyly, umístěné na horní ozvučné desce, přičemž luby, olubení a špalíky tvoří dohromady tzv. věnec. Boční hrany korpusu jsou opatřeny lemováním za účelem zpevnění hran a estetického hlediska (Pavílek a Irmann, 1968; Bacon, 2010).



a)

b)

Obr. č. 11 – a) Korpus klasické kytary bez zadní desky (nandelle.files.wordpress.com), b) Korpus kytary s kovovými strunami (casopismuzikus.cz)

3.2.1.1 Horní ozvučná deska

Je jednou z nejdůležitějších součástí korpusu nástroje. Horní ozvučná deska představuje hlavní rezonanční složku rezonátoru těla kytary, kdy přejímá kobylykou chvění strun a zesiluje jejich zvuk v celém frekvenčním rozsahu nástroje. Podle druhu použité dřeviny dodává zvuku zvláštní zabarvení, příjemné sluchu a má dostatečnou sílu a trvání (Gerken, 2003). Energie, kterou vrchní deska získává od strun, se z části přeměňuje na vyzařování zvukové energie. Tato energie se dále spotřebovává na:

- Na překonání vnitřního tření při šíření zvukových vln ve vrchní desce napříč vlákny. Ke snížení tohoto tření slouží ozvučná žebra přiklížená ke vnitřní části desky.
- Na odstranění počátečního chvění, tj. mechanického odporu desky. Čím menší je hustota dřeva použitého na vrchní desku a čím větší je její pružnost, tím je mechanický odpor menší. To znamená, že čím je síla desky a hustota dřeva větší, tím více je třeba energie na její rozkmitání, a proto tloušťka desky nesmí být větší než 2 až 2,5 mm.

Desky zhotovené z dřevin s menší hustotou jsou vyráběny o silnější tloušťce a naopak desky s nižší hustotou se vyrábí o tloušťkách tenčích.

- Na tření v podpěrách, tj. v místech, kde dochází ke spojení desky s luby. Čím tvrdší je podpěra lubů, tím je tření menší. Proto je důležité dbát na pevnost spojení a na použití tvrdých dřevin. Důležitý význam má masivnost a pružnost lubů, aby nedocházelo k jejich rozkmitávání a škodlivé ztráty byly eliminovány. Čím menší jsou tyto ztráty, tím lépe, příjemněji, silněji a déle nástroj zní (Pavílek a Irmann, 1968).

Velký vliv na prodloužení délky a na sílu zvuku nástroje má vykrojený rezonanční otvor ve vrchní desce, který je zpravidla kruhový nebo u džezových kytar ve tvaru *f*. Okolí rezonančního otvoru bývá zdobeno ozdobnou rozetou, která může být vykládána dřevem a perletí, nebo může být tištěna na povrchu vrchní desky. Vrchní deska je tedy vyráběna o tloušťkách do 2 až 2,5 mm a vyrábí se buďto z masivu nebo z na sebe klížených dých, kdy jednotlivé vrstvy jsou překládány s lety kolmo na sebe, jako například u překližek. Desky z masivu se skládají vždy z jednoho kusu dřeva rozděleného na půl a zrcadlově k sobě překlopeny a následně slepeny. Volba těchto způsobů výroby se odlišuje podle toho, v jaké kvalitě se nástroj zhotovuje. U obou těchto způsobů výroby musí mít deska radiální řez, vlákna musí jít rovnoběžně s délkou korpusu, aby se vzniklý zvuk co nejlépe šířil a vyzářoval skrze desku (Sandberg, 2000).

Dřevěné materiály používané k výrobě: smrk, cedr, koa, mahagon (Bennett, 2016).

3.2.1.2 Zadní deska

Má úlohu vymezení objemu korpusu ze spodu nástroje. Stejně jako u desky horní je spodní deska z hlediska mechanického zpevnění opatřena žebrováním, ovšem s jednodušším členěním. Podle kvality hudebního nástroje se zhotovuje opět z masivu nebo z třívrstvých překližovaných dých o celkové síle 3 až 4 mm. Zadní deska a luby nástroje nemají nijak zásadní vliv na tvorbu zvuku, ale spolu s horní ozvučnou deskou tvoří korpus, rezonátor hudebního nástroje (French, 2022).

Dřevěné materiály používané k výrobě: cedr, palisandr, mahagon, koa (Bennett, 2016).

3.2.1.3 Luby

Luby nám tvoří obvodové bočnice korpusu. Jsou vyráběny buďto z masivu či překližovaných dých o dvou až třech vrstvách, přičemž na vnější straně jednotlivého lubu je směr vláken podélný. Dřevěné pláty k výrobě lubů jsou před tvarováním podle šablon na daný druh kytary plastifikovány, napařovány v lázních a následně vloženy do vyhřívaných tvarových

forem, kde dochází k jejich stabilizaci a tvarovému ustálení. Po zrcadlovém spojení obou lubů k sobě, pomocí horní a spodní výztuhy (horní a spodní špalík) vznikne tzv. věnec, do kterého je následně vloženo a připevněno po vnitřním obvodu v horní a spodní části olubení, které slouží k připevnění horní a spodní desky (French, 2012).

Dřevěné materiály používané k výrobě: cedr, palisandr, mahagon, koa (Bennett, 2016)



Obr. č. 12 – Ohýbání a tvarování napařených plastifikovaných lubů (Bennett, 2016)

3.2.1.4 Olubení

Olubení tedy zároveň tvoří zpevnění korpusu a zvětšuje plochu pro přiklizení vrchní a spodní desky. Zhotovuje se z masivu zpravidla smrkového, jilmového, javorového či lipového dřeva nebo z třívrstvé překližky. Olubení je tvořeno z tenkých latěk, které jsou přibližně po 4 mm příčně nařezávány do 3/4 své tloušťky, aby mohlo snadno kopírovat tvar lubů a je lepeno jak k lubům, tak svými konci lepeno a upevněno do horní a spodní výztuhy korpusu, což činí korpus pevnějším. Zároveň se do výřezů v olubení umisťují ztenčené konce žeber a jeho tloušťka se pohybuje od 8 do 10 mm (Forbes, 2013).

Dřevěné materiály používané k výrobě: smrk, mahagon (Sandberg, 2000).

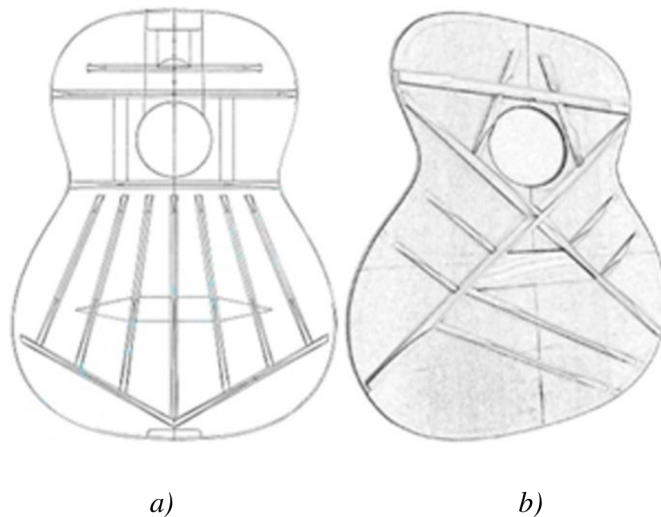
3.2.1.5 Horní a dolní špalík (výztuhy)

Spojují luby korpusu. Horní špalík je uzpůsoben výřezem pro zasazení patky krku, kde vzniká spoj korpusu s krkem. V dolním špalíku může být vyvrtán otvor pro případný kolík, který slouží jako ochrana lubů. Tloušťka špalíků se pohybuje v rozmezí 26 až 28 mm a jeho délka 70 až 80 mm. Funkce tohoto horního a spodního vyztužení je spíše mechanická, má zpevňovat korpus kytary (Pavílek a Irmann, 1968).

Dřevěné materiály používané k výrobě: smrk, mahagon (Sandberg, 2000).

3.2.1.6 Žebrování

Žebrování se klíží na skryté vnitřní plochy vrchní ozvučné a spodní desky, má velký vliv na zvuk kytary a také na pevnost celého korpusu. Mezi žebrováním na vrchní ozvučné desce a spodní desce kytary je ovšem velký rozdíl v jeho členění a umístění. Na horní ozvučné desce je žebrování složitější a závisí na druhu kytary, kdežto na desce spodní, kde je žebrování jednodušší příčné, jsou obvykle 3 až 4 žebra. Pro vrchní desku klasické kytary je žebrování lepeno do vějířovité sestavy, kdežto u kytar s kovovými strunami (jumbo) se žebrování lepí do kříže za účelem větší pevnosti z důvodu většího tahu na vrchní desku způsobeného kovovými strunami. Tyto sestavy si poté každý výrobce uzpůsobuje v rámci svého technického výzkumu a vývoje svých patentovaných konstrukcí (Gerken, 2005).



Obr. č. 13 – a) Vějířovité žebrování přední ozvučné desky klasické kytary (guitar-makers.com), b) Žebrování přední ozvučné desky do kříže (X) kytary s kovovými strunami (guitar-makers.com)



*Obr. č. 14 – Žebrování přední ozvučné desky a zadní desky kytary Furch s kovovými strunami
(furchguitars.com)*

Žebra tvoří tzv. trámce, jejichž podélný tvar je na spodní straně mírně do rádiusu se zúženými konci a z profilu kapkovitého tvaru. Může být zhotovené ze dřeva rezonančního, ale v zásadě nemusí, záleží opět na výrobcí. Zpravidla se vyrábí ze dřeva smrkového (např. smrk sitka), může být vyrobeno i z jiných dřevin, jako například ze dřeva mahagonového. Žebra musí být v radiálním řezu, jsou klíženy k vrchní a spodní desce kytary v určených místech. Klížení probíhá ve vysokoteplotních lisech a po naklížení žebra napínají desku a vzniká tzv. předpětí, které je důležité hlavně u desky vrchní, kdy nám zásadně ovlivňuje zvuk nástroje (např. čím větší je předpětí, tím více hraje kytara ve výškách), (Pavílek a Irmann, 1968).

Žebrování dodává desce mechanickou pevnost a umožňuje šíření chvění napříč vlákny, čímž vylepšuje zvuk nástroje. Geometrie samotných žebor a jejich rozmístění má velký vliv na barvu zvuku. Změnou těchto geometrických rozměrů a rozložením umístění lze široce měnit rozmezí zvukového spektra a dobu trvání doznívání tónů. Změna výšky ozvučných žebor je prostředkem k řízení základního tónu nástroje. Se snížením výšky ozvučných žebor se snižuje frekvence a amplituda základního tónu, což je subjektivně přijímáno jako zlepšení barvy tónu, jeho hloubky. Při zmenšení jejich tloušťky a při zvětšení délky sklonu se frekvence a amplituda chvění základního tónu také snižují, ale značně pomaleji než při zmenšení ozvučných žebor (French, 2022).

Při přejímání tahu strun přes kobytku se žebro chová jako vetknutý nosník. Největší napětí má ve středu a na koncích se napětí snižuje. Proto bývá zakončení zešíkmeno, což zvyšuje pružnost vrchní desky a zlepšuje podmínky klížení ozvučných žebér uložených (zadlabávaných) v olubení.

Žebra leží na desce kolmo ke směru vláken nebo pod úhlem 5 – 10°, nejčastěji ve střední části vrchní desky, protože v těchto místech má největší pružnost a největší amplitudu kmitu. Změna tvaru žebér v tomto místě se proto projevuje na změně spektra daleko silněji než stejná změna v jiném místě (Gerken, 2005).

Dřevěné materiály používané k výrobě: smrk, cedr, mahagon (Sandberg, 2000).

3.2.1.7 Rozeta

Růžice zdobící okolí kruhového výřezu v horní ozvučné desce kytary může být zdobena několika zdobnými technikami. Způsob tohoto zdobení stejně jako u krku a hlavice kytary samozřejmě ovlivňuje kvalita zhotoveného hudebního nástroje a také přání zákazníka, pro kterého je kytara zhotovena. Pro nejnižší kvalitativní třídy kytar, bývá většinou pouze nalepovací nebo tištěná. Dále lze rozetu zhotovit pomocí vykládacích technik (např. Intarzie), kdy je možno do tvaru rozety tvořit vykládáním dých různých barev a kreseb různé ornamenty. Vykládání nemusí být pouze dýhami, ale například i různými druhy perletí či různými synteticky upravovanými materiály. Takto zhotovená rozeta je poté vkládána a zapuštěna do předem připravené vydlabané či vygravírované plochy na vnějším povrchu vrchní desky. Rozeta z intarzie bývá zapuštěna do ½ tloušťky desky a deska v okolí ozvučného otvoru proto bývá zevnitř korpusu zpevněna a zesílena. (Forbes, 2013).



a)



b)

Obr. č. 15 – a) Rozeta z plastické hmoty(fruugo.cz), b) Rozeta zhotovená zdobnou technikou intarzie (hlavacekguitars.cz)

3.2.1.8 Kobyłka

Slouží k upevnění strun a k předávání jejich chvění vrchní desce. Do kobyłky je vsazena destička z mosazi či plastické hmoty, přes kterou jsou struny vedeny a vázány do vyvrtaných otvorů. Tyto otvory se vrtají v základně kobyłky pod úhlem 18 – 20° a tímto úhlem se zajišťuje potřebný tlak strun na destičku umístěnou v kobyłce. U kytar s kovovými strunami se vrtají otvory ve sklonu 3 – 5 mm, kdežto u klasických kytar v rovině. Kobyłka je lepena na vrchní desku a před samotným klížením je třeba odebrat z místa klížení vrstvu laku, aby dřevo na dřevo lépe reagovalo a mělo lepší přilnavost (adhézi) (Gerken, 2005).

Dřevěné materiály používané k výrobě: eben, ořech (Bennet, 2016).



a)

b)

Obr. č. 16 – a) Kobyłka kytary s kovovými strunami (guitaristnextdoor.com), b) Kobyłka klasické kytary (wikimeia.org).

3.2.2 Krk akustické kytary

Krk kytary je tvořen vlastním tělem krku, který tvoří základnu hmatníku a dále se skládá z patky a hlavice, ve které je vložena mechanika s kolíky sloužící k napínání a ladění kytarových strun. Hmatník se osazuje pultónovými pražci s intervalovými značkami. Krk má ze spodu kónusovitý tvar, který nám určuje dohmat na kytaře. V dolní části se na krk klíží patka lichoběžníkovitého tvaru nebo ve tvaru mírného V, která nám zajišťuje zesílení a zpevnění krku ve spoji s korpusem. Krk je ke korpuse ukotven zafrézováním do drážek. Tělo krku se opatřuje vnitřní výztuhou, kdy je v krku podélně vyfrézována drážka a následně vkládána kovová tyč, na svém konci opatřena závitem a šroubem dotahována k tělu kytary. Případným utahováním, či povolováním šroubu se krk kytary seřizuje. Tato výztuha má velice důležitou funkci, přičemž díky velkému modulu pružnosti pevnost celého krku roste a při krkem přejímaném tahu strun nedochází k příliš velké deformaci a borcení. Tuto výztuhu si každá firma na výrobu kytar upravuje podle svého konstrukčního řešení a mechanických vlastností konstrukce svých

nástrojů. Při pohledu na konstrukci kytary musí být sklon mírně pod úhlem těla kytary. Na vrchní část krku se klíží již zmíněný hmatník, který má velký vliv na pohodlí hry. Krk spolu s hmatníkem se směrem od korpusu k hlavicí mírně sbíhá (Gerken, 2005).

Dřevěné materiály používané k výrobě: cedr, javor, palisandr, mahagon (Bennet, 2016).



Obr. č. 17 – Výztuha krku kytary (www.manahuna.cz)



Obr. č. 18 – Krk kytary bez hmatníku a bez osazení mechanikou (img.fruugo.com).

3.2.2.1 Hmatník

Tato část konstrukce kytarového krku tvoří s jednotlivými pražci menzuru hudebního nástroje, která patří k jedné z nejdůležitějších částí pro hru na kytaru. Hodnotu tónů vnímá hráč především sluchem a hmatem. Při spojení těchto dvou vjemů je hráč schopen za pomoci sluchu tvořit tóny a hmatem se orientovat mezi pražci, mezi jejich vzdáleností a tvrdostí strun. Čím je menzura na kytare kratší, tím menší vzdálenost musí být mezi pražci, a druhá stránka věci je, že čím je menzura delší, tím více musí být napnutá struna, aby se docílilo správného ladění. Tvrdost struny tedy souvisí s jejím napnutím, to se týká vjemu pomocí hmatu. U sluchového vnímání, čím je menzura kratší tím více tón působí měkce, s menší průrazností, s menší hlasitostí, ale za to s větší barevností. Dlouhá menzura naopak způsobuje čitelnější, průraznější a hlasitější zvuk u jednotlivých tónů (Procházka guitar-makers.com, 2008). Standardní rozměry používaných menzur u akustických kytar s kovovými strunami jsou 650 mm a u klasických kytar 660 mm. Menzura kytary je vzdálenost uchycení strun na kobylce od nultého pražce v horní části krku. Vzdálenost od nultého pražce ke dvanáctému se rovná půl menzury. Pro pohodlí při hraní je důležité brát v úvahu tloušťku, šířku a profil hmatníku. Tloušťka hmatníků se pohybuje v rozmezí 4 až 5 mm. V šířce a v profilu hmatníku jsou opět rozdíly podle druhu kytary. Jedná-li se o klasickou kytaru, hmatník má horní plochu rovnou a šířka hmatníku u nultého pražce je 52 mm. Kytary s kovovými strunami mají vrchní plochu hmatníku do mírného rádiusu a šířka hmatníku u nultého pražce může být 42 – 45 mm (Gerken, 2005).

Tzv. nultý pražec se klíží k hlavicí a slouží ke zvednutí strun nad pražcové dráty, k rozmístění strun po šířce hmatníku a také k omezení chvějící se části strun. Dříve se nultý pražec zhotovoval ze slonoviny, která už dnes k dostání není. Dnes se vyrábí buďto z tvrdých dřevin jako je eben, z plastických hmot nebo hovězí kosti. Ostatní pražce jsou tvořeny pražcovými dráty, které jsou vyrobeny ze slitiny mědi a stříbra či různých slitin hliníku nebo také z tvrdého ebenového dřeva. Důležité je, aby materiál byl odolný vůči kyselinám a oxidaci způsobené lidským potem. Tyto pražce jsou následně zalisovány do vyfrézování zhotovených drážek na hmatníku a následně na koncích zabrušovány zároveň s bočními hranami hmatníku. Intervalové značky mezi jednotlivými určitými pražci slouží k orientaci a k nacházení potřebných polí při hře. Tyto značky spolu s možným ozdobným vykládáním hmatníku mohou být zhotoveny vykládáním různými exotickými dřevinami, zlacením, vykládáním syntetickou perletí nebo perletí přírodní pod názvem abalon získávanou z ulity mořského měkkýše, přesněji z ušně mořské (French, 2022).

Dřevěné materiály používané k výrobě: eben, palisandr, javor (Bennet, 2016).



Obr. č. 19 – Hmatník s vykládanými intervalovými značkami (media.istockphoto.com).

3.2.2.2 Hlavice krku s ladící mechanikou

Hlavice, která je součástí těla krku slouží k upevnění mechaniky. Hlavice je od těla krku vykloněna o 14° , kdy tento úhel sklonu zajišťuje optimální tlak strun na nultý pražec, čímž se dosahuje dostatečně jasného a čistého tónu. Hlavice se vyrábějí dvojího typu buďto s okénky nebo bez okének. V prvním případě se plátek mechaniky šroubuje ze strany hlavice šroubu do středu, v druhém případě zespoda hlavice směrem nahoru. Mechanika umístěna v hlavici slouží k ladění nástroje, přesněji napínáním strun. Konstrukce mechaniky se zakládá na práci šnekovitého kolíku a šnekovitého kolečka. Při ladění se struny napínají nebo povolují podle potřeby samobrzdným pohybem kolíku. Mechanika se skládá z destičky, šnekovitého kolíku, šnekovitého kolečka, vzpěry a šroubu. Každé struně přísluší jedna takto složená mechanika (Gerken, 2005).

Dřevěné materiály používané k výrobě: cedr, javor, palisandr, mahagon (hlavice součástí těla krku), (Bennet, 2016).



a)

b)

Obr. č. 20 – a) Hlavice s okénky (imusicdata.cz), b) Hlavice bez okének (furchguitars.com)

3.3 Druhy a tvary akustické kytary

Druhy akustických kytar závisí především na tvaru těla a jeho rozměru, žebrování uvnitř korpusu a délce krku. Během historického vývoje vznikaly různé typy kytar za účelem získání specifického zvuku nástroje pro různé hudební žánry a na požadavky a nároky jejich uživatelů. Platí, že u rozměrnějších větších kytarových těl se rozkmitáním vzduchu v korpusu dosahuje většího nárustu basových frekvencí, přičemž u menších těl akustických kytar se zvukové frekvence soustředí spíše ve středu. Tomu se bude věnovat následující kapitola o dopadu konstrukce kytary na akustické vlastnosti. Rozměry akustických kytar níže zmíněné jsou pouze orientační, každý výrobce má stejné druhy kytar v jiných nepatrně odlišných parametrech, dle výzkumu a vývoje jeho hudebních nástrojů (French, 2022).

Mezi základní druhy akustických kytar patří:

3.3.1 Klasická kytara

Klasická kytara bývá často označovaná jako španělská kytara („španělka“) a patří k nejstarším druhům kytary. Jejího zvuku je využíváno, jak v klasické hudbě, tak ve folku a flamencu. Má menší tvar, širší krk a nezakulacený hmatník a je osazena měkkými nylonovými strunami a zpravidla se na ni hraje prsty bez trsátka.

Rozměry kytarového těla: délka – 480 mm, šířka – 380 mm, hloubka – 95 mm (Gerken, 2005).



Obr. č. 21 – Klasická kytara (kytaristka.cz).

3.3.2 Jumbo

Je proporčně a tvarově větší, mohutnější než klasická kytara. Tato akustická kytara vznikla v roce 1934 a představila ji firma Gibson. Má hruškovitý tvar, široký korpus a poměrně úzký krk, což umožňuje pohodlné uchopení a dohmat při hraní, krk je ke korpusu připojen na čtrnáctém pražci kytary. Na těle najdeme i „pickguard“ jako ochranu těla proti možnému poškrábání způsobeného agresivnější hrou. Je opatřena kovovými strunami a má celkově hlubší, silnější a hlasitější zvuk. Patří mezi největší kytary a odpovídá tomu i váha. Hodí se do hudebních žánrů, jako pop, folk a country.

Rozměry kytarového těla: délka – 530 mm, šířka – 430 mm, hloubka – 120 mm (French, 2022).



Obr. č. 22 – Kytara Jumbo (imusicdata.cz).

3.3.3 Dreadnought (D, D-size, dreads)

Kytaru Dreadnought představila v roce 1916 americká firma C.F. Martin and Company. Mezi její hlavní poznávací znaky patří velké tělo, mírně zakulacený hmatník, hutný a čistý zvuk. Natahují se na ni kovové struny a tělo je většinou ozdobeno pickguardem. Stejně jako

u Jumba je krk ke kytarovému tělu obvykle připojen na čtrnáctém pražci, tělo kytary také bývá opatřeno výřezem pro hraní ve vyšších polohách. Využívá se v rocku, popu, a country.

Rozměry těla kytary: délka – 500 mm, šířka – 390 mm, hloubka – 120 mm (French, 2022).



Obr. č. 23 – Kytara Dreadnought (music-city.cz).

3.3.4 Parlour (O)

Vyznačuje se malým tělem s tlustším krkem, díky své velikosti je poměrně lehká, ale i přes své menší rozměry vydává za pomoci kovových strun hlasitý středový zvuk. Krk kytary Parlour bývá připevněn ke korpusu kytary na dvanáctém nebo čtrnáctém pražci. Patří mezi první vyrobené typy akustických kytar s kovovými strunami, dnes už se moc neuzívá a své popularitě se těšila od konce 19. století až do padesátých let 20. století. Hraje se na ni jedinec prsty. Má zastoupení v žánrech jako je pop, folk, ale i blues a jazz.

Rozměry těla kytary: délka – 480 mm, šířka – 340 mm, hloubka – 100 mm (Gerken, 2005).



Obr. č. 24 – Kytara Parlour (kytaristka.cz).

3.3.5 Grand Concert (OO)

Řadí se mezi modernější kytary. Kytarové tělo je rozměrnější než u kytary Parlor, ale stále se řadí mezi menší kytary. Odezva frekvencí je vyrovnaná a stále se drží ve středovém pásmu a má uplatnění ve stylech blues a folk.

Rozměry těla kytary: délka – 500 mm, šířka – 360 mm, hloubka – 100 mm (Gerken, 2005).



Obr. č. 25 – Kytara Grand Concert s výřezem na těle kytary (music-city.cz).

3.3.6 Auditorium / Orchestra model (OOO/OM)

Tyto typy patří mezi středně velké kytary. Parametry kytarového těla jsou u obou těchto druhů nástroje stejné, ale rozdíl se nachází v délce krku, kdy Auditorium má krk kratší než model Orchestra. Kytara má delší dozvuk hlubších tónů a žánrově spadá nejvíce do folku, ale uplatňuje se i v rocku a bluesu.

Rozměry těla kytary: délka – 480 mm, šířka – 380 mm, hloubka – 105 mm. Díky svým menším rozměrům je ergonomičtější a příjemnější při hraní (Gerken, 2005).



Obr. č. 26 – Kytara OOO/OM (imusicdata.cz).

3.3.7 Grand Auditorium

Podobný modelu Orchestra. K přednostem tohoto modelu patří vyvážený zvuk, jehož odezva v nízkofrekvenčním pásmu je mohutnější než u předchozích tvarů. a je vhodný pro všechny možné styly.

Rozměry kytarového těla: délka – 600 mm, šířka – 400 mm, hloubka – 110 mm (French, 2022).

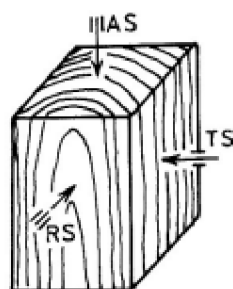


Obr. č. 27 – Kytara Grand Auditorium (imusicdata.cz).

3.4 Materiály pro akustické kytary

Dřevo je materiál s velmi dobrými akustickými vlastnostmi, díky nimž je vhodný pro výrobu dřevěných konstrukcí hudebních nástrojů, jako jsou housle, kytary a klavíry a další strunné nástroje. Též se používá ke zlepšení kvality akustických vlastností veřejných prostor (kina, divadla a koncertní sály). Má výhodu, že jeho zastoupení v přírodě je poměrně hojné a dá se poměrně snadno tvarovat pomocí základních pracovních nástrojů. Dřevo se od většiny umělých materiálů liší v mnoha ohledech, mimo jiné se o materiálu říká, že je anizotropní, což znamená, že jeho mechanické a fyzikální vlastnosti jsou značně odlišné v axiálním, tangenciálním a radiálním směru. Radiální směr (RS) je kolmý k růstovým letokruhům, tangenciální směr (TS) je kolmý k zrnům a axiální směr (AS) je rovnoběžný s vlákny (zrny), tj. po délce kmene stromu. Tuto anizotropii způsobuje buněčná struktura dřeva (Požgaj, 1993). Většina dřeva je tvořena dutými, tenkými, vřetenovitými buňkami, které jsou umístěny rovnoběžně v kmeni stromu. Celkové vlastnosti dřeva jsou určeny mikroskopickými vlastnostmi jednotlivých buněk, včetně jejich složení a struktury, fyzikálních a mechanických vlastností a jejich tvaru a vzájemných vazeb. Dřevo reaguje na okolní podmínky, kterým je vystaveno a přizpůsobuje se jim zejména prostřednictvím výměny vlhkosti, ke které mezi

dřevem a okolním vzduchem dochází. To je další zásadní vlastnost dřeva, která je pro hudební nástroje klíčová. Úroveň vlhkosti dřeva má významný vliv na materiálové charakteristiky, které jsou zásadní pro akustické vlastnosti dřeva, včetně hustoty, Youngova modulu, tlumení a sesychání. Dalším rozhodujícími faktorem při výběru vhodného dřeva je schopnost dřeva absorbovat nebo uvolňovat vlhkost, jak dlouho tento proces u dané dřeviny trvá v závislosti na okolním prostředí a jak vlhkost ovlivňuje jeho rozměrovou stabilitu a mechanické vlastnosti. Obecně platí, že rychlost sorpce vlhkosti klesá s rostoucí hustotou a obsahem extraktivních látek (Wegst, 2006).



Obr. č. 28 – Směry ve dřevě (Požgaj, 1993)

Při výrobě hudebních nástrojů je nejdůležitější volba materiálu, který má největší vliv na charakter z nástroje vycházejícího tónu. V našem případě se jedná o dřevo, používaného na hudební nástroje strunné. Při výběru vhodného dřeva pro výrobu akustické kytary, je třeba vzít v úvahu hlavně jeho druh, stáří a požadavky na konstrukci nástroje, kdy na jednotlivé části konstrukce volíme jiné materiály, jiné druhy dřeva podle toho, jakou má daný segment splňovat funkci, případně zvolit druh dřeva podle preferovaných představ o zvuku a vzhledu nástroje (Bucur, 2006; Wegst, 2006). Používáme např. dřeviny jehličnaté jako je rezonanční smrk, cedr, jedle nebo dřeviny listnaté jako je javor, lípa, topol, jasan (Pavílek a Irmann, 1968), ale samozřejmě i exotické dřeviny (eben, palisandr, mahagon). Před samotnou výrobou je jedním z nejdůležitějších operací sušení dřeva, z důvodu stabilizace jeho vlastností, aby hudební nástroj nereagoval s okolními povětrnostními vlivy a nedocházelo k jeho následné deformaci. Tento proces sušení je velmi zdlouhavý, ale nutný. Sušení dřeva v sušárnách může trvat až několik měsíců, kdy se dřevo zbavuje přebytečné vody volné a následně i vody vázané. Dřevo na hudební nástroje by mělo být vysušeno na 6 – 8 % vlhkosti. Po vysušení se dřevo umísťuje do klimatizovaných skladů, kde se po určitou dobu nechává, aby nedošlo k jeho mechanickému znehodnocení. Na obrázku níže jsou popsány nejznámější druhy dřevin, které se používají pro výrobu jednotlivých konstrukčních prvků (Požgaj, 1993).

Společný název	Druhy	Zkratka (použito na obr. 1)	Rodina	Používá	ρ (kg/m ³)	E (GPa)
Západní červená cedr	<i>Thuja plicata</i> Donn ex D. Don	RC	Cupressaceae	T	370	7.66
Engelmann smrk	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	NS	Pinaceae	T	385	9.44
Evropská smrk	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	ES	Pinaceae	T	405	9.70
Smrk sitka	<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	SS	Pinaceae	T	425	11.03
Červený smrk	<i>Picea rubens</i> Sarg.	RS	Pinaceae	T	435	10.76
Španělský cedr	<i>Cedrela odorata</i> L.	SC	Meliaceae	B&S, N	470	9.12
Středomoří cypřiš	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	MC	Cupressaceae	B&S	535	5.28
Javor velkolistý Honduras mahagon	<i>Acer macrophyllum</i> Push <i>Swietenia macrophylla</i> King	BM HM	Sapindaceae Meliaceae	B&S B&S, N, T	545 590	10.00 10.06
Západní Indián mahagon	<i>Swietenia mahogany</i> L.	WM	Meliaceae	B&S, N, T	600	9.31
Koa	<i>Acacia koa</i> A. Gray	KO	Fabaceae	B&S, T	610	10.37
Evropská javor	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	EM	Sapindaceae	B&S	615	9.92
Skalní javor	<i>Acer saccharum</i> subsp. <i>nigrum</i> (F. Michx.) Desmarais	RM2	Sapindaceae	B&S, F	640	11.17
Javor norský	<i>Acer platanooides</i> L.	NM	Sapindaceae	B&S	645	10.60
Skalní javor	<i>Acer saccharum</i> Marshall	RM1	Sapindaceae	B&S, F	705	12.62
Východoin dický palisandr	<i>Dalbergia latifolia</i> Roxb.	ER	Fabaceae	B&S, F	830	11.50
Brazilský palisandr	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Benth.	BR	Fabaceae	B&S, F	835	13.93
Cejlonský eben	<i>Diospyros ebenum</i> J. Koenig. ex Retz	CE	Ebenaceae	Br, F	915	14.07
Gaboonské ebenové dřevo	<i>Diospyros crassiflora</i> Hiern	GE	Ebenaceae	Br, F	955	16.89
Eben macassar	<i>Diospyros celebica</i> Bakh.	ME	Ebenaceae	Br, F	1,120	17.3

*Nomenklatura druhů a čeledí se řídí Seznamem rostlin. Použití: B&S = zadní deska a luby, Br = most, F = hmatník, N = krk, T = horní deska (rezonanční deska). Fyzikální vlastnosti dřeva z databáze dřeva, kromě případů, kdy je to uvedeno. ρ = hustota, E = modul pružnosti.

Obr. č. 29 – Tabulka s nejpoužívanějšími druhy dřevin a k nim přiřazené jednotlivé konstrukční prvky. (Bennet, 2016), (přeloženo, deepl.com).

3.5 Akustické vlastnosti

Tato kapitola se zabývá především akustickými vlastnostmi, zákonitostmi akustické kytary a pojmenováním jednotlivých akustických jevů, ke kterým při hře na kytaru dochází. Podrobněji popíše akustické a rezonanční vlastnosti materiálů pro výrobu hudebního nástroje, kterým je, jak už bylo řečeno, hlavně dřevo. Moderní akustická kytara má 6 strun laděných od nejhlubší po nejvyšší do tónů e2, a2, d3, g3, h3 a e4, každému tónu přísluší daná frekvence (82, 110, 147, 196, 247 a 330 Hz) (Rossing, 2010). Při naladění kytary platí, že vzdálenost sousedních strun od sebe činí pět půltónů = pět pražců. Stiskne-li se struna na pátém pražci, má

znít jako prázdná vyšší struna. Jedinou výjimku tvoří druhá a třetí nejtenčí struna h3 a g3, jejichž vzdálenost je dána pouze 4 půltóny (čtyřmi pražci).

3.5.1 Zvuk a tón

Zvukem se rozumí kmitání a mechanické vlnění určitého charakteru hudebně významného, které se šíří v čase určitou rychlostí v pružném prostředí za určité intenzity závislé na amplitudě vlnění a v určité frekvenci. Zvukové vlny se vytvářejí rozechvěním pružného tělesa v prostředí, kde jsou zachyceny a vnímány naším sluchovým orgánem jako zvukový vjem. Zvuky vzniklé nepravidelným chvěním většinou nemají periodický průběh a označují se jako zvuky nehudební. V takovém případě se může jednat o různé údery, rány, šramot, rachot apod. U zvuků mající periodický, ale i neperiodický průběh se jedná o hluk. Má-li však zvuk pravidelný, periodický průběh, považuje se za zvuk hudební čili tón, jehož časový průběh je dán sinusoidou (Geist, 2005). Vlastnosti tónu udává jeho výška, délka, intenzita a barva. Výška tónu je závislá na počtu kmitů chvějícího se tělesa za jednotku času. Počet kmitů za sekundu tvoří kmitočet neboli frekvenci, kdy jednotkou pro měření frekvence, tedy 1 cyklu za 1 sekundu, je 1 Hz (*Herz*). Převrácenou hodnotou tohoto kmitočtu je délka vlny neboli perioda, z čehož vyplývá, že čím je kmitočet vyšší, tím kratší je délka vlny (perioda) a naopak. Matematicky vyjádřeno:

$$f = \frac{1}{T}$$

f – frekvence

T – perioda

Intenzita tónu závisí na velikosti síly k rozechvění a na vlastnostech rezonujícího objektu. Čím větší je působící síla, tím větší je intenzita tónu. Barvu samotného tónu ovlivňuje několik faktorů:

- Materiál, ze kterého je chvějící se těleso vyrobeno (u kytary struna).
- Tvar a zpracování chvějícího se tělesa.
- Způsob rozechvění (u kytary například hra pomocí trsátka, či hra prsty).
- Materiál a zpracování tělesa ozvučného rezonujícího, které zároveň tón zesiluje (horní ozvučná deska kytary).
- U hudebních nástrojů strunných mají též vliv na výslednou barvu tónu rezonanční oblasti skříňky nástroje neboli korpus (Pilař a Šrámek, 1986).

Zjednodušeně řečeno, zvuk je zapříčiněn uspořádaným kmitavým pohybem molekul přenášeným působením sil, kterými na sebe molekuly navzájem působí, proto se zvuk šíří jedině v prostředí hmotném. Zvukové vlny lze zachytit s frekvencí 16 až 20 000 Hz. Zvuk jako jev vlnění lze charakterizovat například vlnovou délkou, amplitudou vlnění, frekvencí a rychlostí šíření.

$$c = \lambda \cdot f$$

c – rychlost šíření zvuku

λ – vlnová délka

f – frekvence

Dřevo vibruje za předpokladu působení periodických sil. Amplituda vibrací závisí na frekvenci působící síly. Při tzv. rezonančních nebo vlastních vibracích dřevo reaguje s maximální amplitudou vynucené vibrace. Ve dřevě můžou vznikat vibrace podélné, příčné a torzní. Při ukončení působení vnějších sil, které vibrace vyvolaly, se amplitudy vlnění snižují, až dojde k úplnému zklidnění tělesa. Nashromážděná energie tělesa se částečně rozptýlí radiací zvuku a zároveň vnitřním třením, které se přemění na teplo. Jestliže jsou vibrace volné a netlumené, radiace zvuku a vnitřní tření se projevuje poklesem amplitud dvou na sebe navazujících vibračních cyklů. Poměr těchto dvou amplitud nazýváme logaritmický dekrement útlumu, lze ho vypočítat jako:

$$\Lambda = \ln \frac{A_1}{A_2}$$

Tlumení vzniklé zvukovou radiací je závislé na poměru rychlosti šíření zvukových vln a hustoty dřeva. Kapacita tlumení dřeva je větší než u ostatních konstrukčních materiálů, z toho vyplývá, že dřevo si, co se týče akustických vlastností stojí velmi dobře (Gandelová a kol., 2009).

3.5.2 Rychlost šíření zvuku

Rychlost šíření zvuku se odvíjí od okolního prostředí a jeho podmínek a přesněji závisí na tlaku, teplotě a vlhkosti prostředí. Intenzita rychlosti šíření klesá s větším šířením do prostoru, kdy dochází k částečnému pohlcování v prostředí a odražení se na tělesech. Čím menší má dřevo hustotu a čím je modul pružnosti větší, tím větší je rychlost šíření, z čehož vychází vzorec:

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

c – rychlost šíření zvuku

E – Youngův modul pružnosti

ρ – hustota dřeva

Rychlost šíření zvuku v jednotlivých směrech (podélném, radiálním a tangenciálním) se liší přibližně v poměru $c_{\parallel} : c_{\perp r} : c_{\perp t} = 15 : 5 : 3$. Dále rychlost šíření závisí na druhu dřeviny, a proto má anizotropní charakter (Požgaj, 1993).

3.5.3 Akustický vlnový odpor

Akustickým vlnovým odporem nazýváme odpor působící proti zvukové vlně a vypočítáme ho ze součinu hustoty dřeva a rychlosti šíření zvukových vln nebo také ze součinu hustoty dřeva a Youngova modulu pružnosti.

$$Z = \rho \cdot c = \rho \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

V závislosti intenzity vyzařování na akustickém vlnovém odporu (Z) má dřevo n rozdíl od jiných materiálů zásadní akustické přednosti. K tlumení zvuku dochází v okolním prostředí vnitřním třením a vyzařováním samotnou radiací zvuku. Radiací způsobené tlumení závisí na poměru rychlosti šíření a hustoty dřeva. U rezonančních desek hudebních nástrojů se vyžaduje nízké tlumení způsobené vnitřním třením a vysoké tlumení způsobené radiací zvuku (Požgaj, 1993).

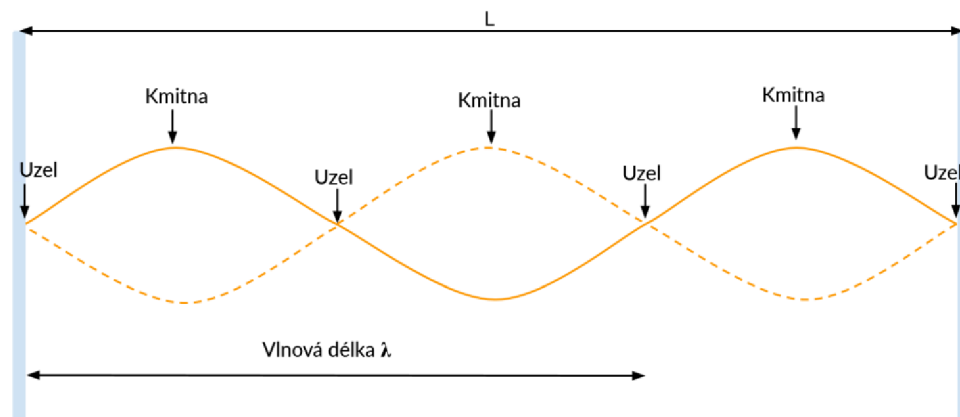
3.6 Akustické jevy spojené s kytarou

Základním zdrojem zvuku kytary je struna, u které platí tyto základní akustické vztahy:

- Čím je struna kratší, tím vyšší vydává tón.
- Čím má struna větší průměr (tloušťku), tím nižší vydává tón.
- Výška tónu na struně je přímo úměrná odmocnině ze síly, jíž je struna napínána.
- Výška tónu na struně je nepřímo úměrná odmocnině z hustoty struny.

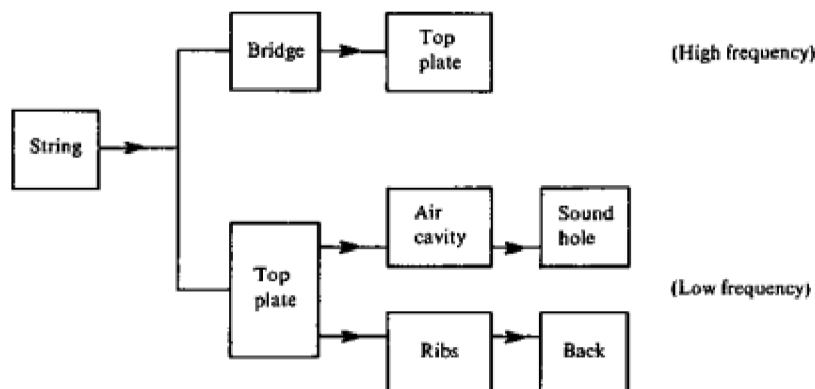
Struny kmitají kolmo na délku struny, tj. příčně, tudíž vlna vzniklá tímto kmitáním se nazývá vlnou příčnou. Aby struna kmitala, musí být upevněna na obou svých koncích, kdy při rozechvění kmitá nejen celá, ale i ve své polovině, třetině, čtvrtině atd., tím vzniká celá řada

půlvln (Geist, 2005). Tímto kmitáním vznikají dvě postupná vlnění o stejné amplitudě, frekvenci a směru kmitání bodů na téže úrovni proti sobě jdoucích stejnou rychlostí, které se nazývá **stojaté vlnění příčné**. Na rozdíl od vlnění postupného, kmitají při vlnění stojatém všechny body v řadě se stejnou fází, ale jde-li o velikost výchylky, ta je v každém bodě odlišná. Body, které mají maximální amplitudu kmitání, se označují jako kmitny, kdežto body s nulovou amplitudou kmitání jako uzly stojatého vlnění. Vzdálenost dvou sousedních kmiten se dvěma sousedními uzly se rovná vždy polovině vlnové délky. Jednotlivé kmitny se sousedními uzly jsou vzdálené o čtvrtinu vlnové délky (Syrův, 2013).



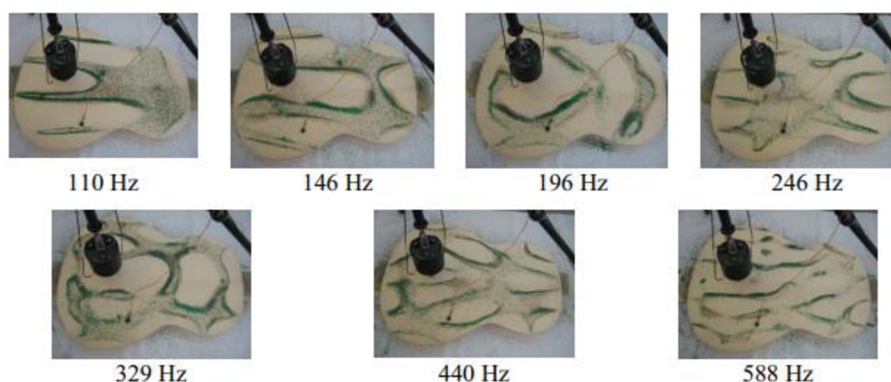
Obr. č. 30 – Stojaté vlnění (cdn.kastatic.org).

Kytaru lze považovat za určitý systém spřažených vibrátorů, kdy struny rozechvěné drnkáním vyzařují jen malé množství zvuku a působí skrze kobylku na vrchní ozvučnou desku, která následně předává energii vzdušnému prostředí uvnitř korpusu, žebřům a zadní desce. Vzniklý zvuk je poté vyzařován rozvibrovanou horní deskou a ozvučným otvorem (Rossing, 2010). Při vibracích o nižších frekvencích přenáší vrchní deska energii na zadní desku prostřednictvím žebřů a vzduchové dutiny. Při vysokých frekvencích je však většina zvuku vyzařována deskou vrchní.



Obr. č. 31– Přenášení vibrací vrchní deskou při nízkých a vysokých frekvencích (Fletcher a Rossing, 1998).

Desky kytary lze svými vlastnostmi přirovnat ke dvourozměrné tyči nebo membráně. Stejně jako tyč může přenášet tlakové, smykové a torzní vlny (Fletcher a Rossing, 1998). U desek nebo u membrán, které v konstrukcích hudebních nástrojů plní důležitou rezonanční funkci, dochází ke chvění při každém budícím kmitočtu a zvláště silné chvění nastává pouze při rezonančních frekvencích, které tvoří obecně harmonickou řadu. Poloha jednotlivých uzlů vlnění se zjišťuje posypáním desky jemným práškem, který při jejím chvění odskakuje z kmiten a hromadí se v uzlových čarách. Ke každé frekvenci se vztahuje jiný vzniklý obrazec uzlových čar. Zmíněné obrazce se nazývají **Chladniho obrazce** podle německého fyzika E. F. Chladniho, který bývá označován za zakladatele moderní akustiky. Tyto obrazce dosáhly nejrozšířenějšího uplatnění při určování frekvence rezonančních módů houslových a kytarových desek. (Syrový, 2013). Poloha jednotlivých uzlů vlnění se zjišťuje při výrobě vrchní desky, kvůli případnému uzpůsobení jejího tvaru za účelem získání určitých vlastností výsledného hudebního nástroje. Často dochází k úpravě ztenčením desky směrem k okraji. Zároveň Chladniho vzory poskytují během úpravy jakousi zpětnou vazbu výrobcům.



Obr. č. 32 – Chladniho obrazce (French, 2012).

Pro zjištění vibračních módů povrchu desky existuje ještě druhá novodobější metoda, a to metoda tzv. holografické interferometrie. Výsledkem je obrysová mapa výchylek povrchu z rovnováhy, získaná odrazem světla laseru od vibrování povrchu desky záznamem snímací kamery (French, 2012).

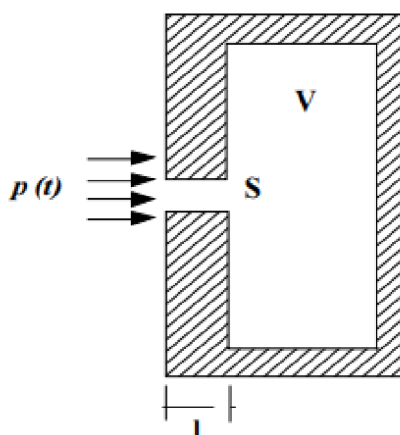


Obr. č. 33 – Metoda holografické interferometrie (compadre.org).

Vnitřní část korpusu kytary pracuje na principu tzv.

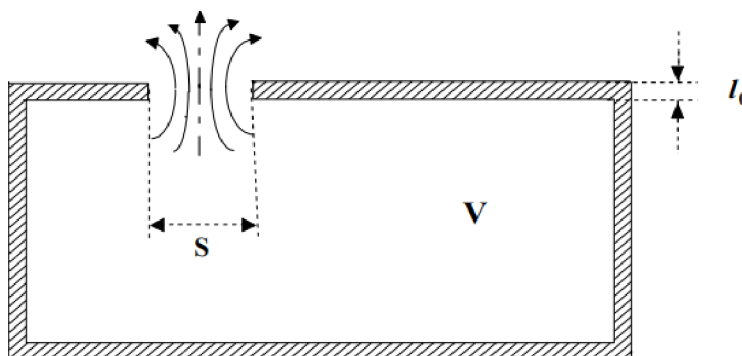
Helmholtzova rezonátoru tvořeného otevřenou nádobou s plynem, tedy vzduchem. Díky "pružnosti" vzduchu se jeho objem uvnitř otevřeného otvoru a v jeho blízkosti rozkmitá a rezonuje. Typickým příkladem pro představu může sloužit prázdná láhev. Foukání přes její horní hrdlo, vyvolá rozkmitání a následné stlačení vzduchu uvnitř a díky jeho pružnosti a snaze se rozpínat dochází při navracení zpět do původního objemu k vibracím a tvorbě zvuku. Obecně se dá říci, že Helmholtzův rezonátor je dutina s pevnou stěnou, která uzavírá objem vzduchu V , kdy dutina komunikuje s vnějším prostředím pomocí otvoru o délce l a povrchu S , ve tvaru kruhu, v jehož průběhu je vzduch v tělese uváděn do vibrací akustickým tlakem p . Rovnice pro výpočet frekvence Helmholtzova rezonátoru je:

$$f_H = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{lV}}$$



Obr. č. 34 – Rezonanční skříňka (Cuzzucoli a Garrone, 2020).

Jelikož vlastní frekvence nezávisí na tvaru objemu vzduchu, lze tento vzorec použít i pro složitější tvary, jako je tělo kytary. Rezonátor kytary (korpus) je srovnatelný s tenkostěnnou obdélníkovou skříňí s kruhovým otvorem o daném povrchu S a délce l_0 na horní desce, díky kterému komunikuje objem vzduchu V uvnitř nástroje s vnějším prostředím (Cuzzucoli a Garrone, 2020).



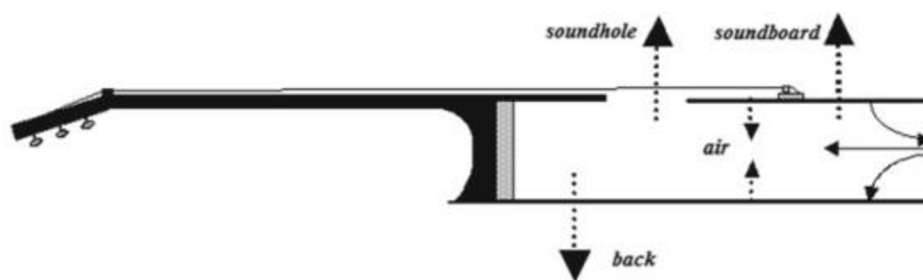
Obr. č. 35 – Tenkostěnná obdélníková skříňka srovnatelná s rezonátorem kytary (Cuzzucoli a Garrone, 2020).

Rozdíl kytary od lahve spočívá ve velmi malé tloušťce rezonančního otvoru v poměru k velikosti jeho průměru. Aniž bychom zacházeli do podrobností výpočtu, rezonanční frekvence Helmholtzova rezonátoru pro kytaru je formulována jako:

$$f_H(\text{kytara}) = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi r^2}{V \left(l_0 + \frac{\pi}{2} r \right)}}$$

Kdy se výpočet $l_0 + \frac{\pi}{2} r =$ efektivní tloušťce krku (Cuzzucoli a Garrone, 2020).

Helmholtzův rezonátor je jedním z příkladů akustické soustavy se soustředěnými prvky (parametry). Kdežto například napnutá struna, membrána či ozvučná deska, které se řadí do soustav s prvky rozprostřenými, jsou odlišné akustické soustavy, protože u nich není možné soustředit hmotnosti a poddajnosti do jednoho bodu v případě výpočtu např. vlastních kmitů soustavy (Srový 2013). Rezonátor kytary plní dvě základní úlohy, kdy na jedné straně přeměňuje přijatou energii strunou na akustický tlak, čímž uvádí své plochy do pohybu a na straně druhé se v něm "filtrují" příslušné harmonické složky. Tyto dvě funkce spolu navzájem souvisejí a to kvůli rezonančním vlastnostem a přeměně elastické energie na zvukovou. Síla, kterou struna prostřednictvím kobylky přenáší na rezonátor, uvádí horní rezonanční desku do pohybu. Kmitání rezonanční desky vytváří akustický tlak jak v okolním prostředí, tak uvnitř kytarového těla. Vzduch se uvnitř těla rozpíná a tím dochází k rozvibrování i desky zadní. Zadní deska opětovně předává vibrace zpět vzduchu uvnitř korpusu, který následně vychází skrz ozvučný otvor nástroje. Luby a krk, ty rezonátor příliš neovlivňují (Cuzzucoli a Garrone, 2020).

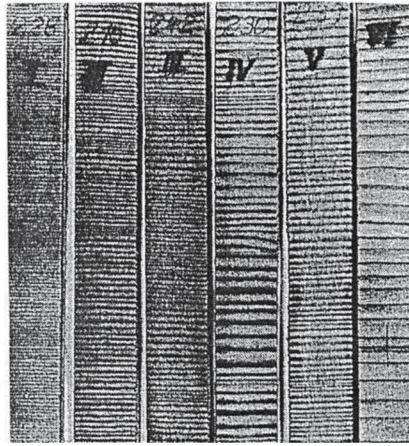


Obr. č. 36 – Rezonátor kytary (Cuzzucoli a Garrone, 2020).

3.7 Rezanční vlastnosti dřeva

K přednostem a zároveň k nutným parametrům, které musí rezonanční dřevo splňovat patří jeho jednoduchá rovnoměrná stavba, nízký obsah pryskyřice a nesmí obsahovat žádné vady jako například suky, trhliny apod. Nejdůležitější je ovšem rovnoměrnost, rovnovláknost a nízká hustota let. Šířka letokruhu by se měla pohybovat s menším podílem letního dřeva oproti jarnímu. Pro výběr a zkoumání rezonančního dřeva, ať už se jedná o stojící strom nebo výřez, je třeba mít řadu zkušeností a obvykle je třeba vyhodnotit celý soubor vlastností. U stojících stromů se hodnotí rovný (málo sbíhavý), válcovitý, pravidelný kmen 5 až 6 metrů dlouhý (Ille, 1968). Výběr například smrkového rezonančního dřeva pro vrchní desku kytary se provádí pečlivě, podle jasně určených stanovených pravidel. Požadavky na pravidelnost struktury rezonančního dřeva u kytary nejsou tak přísné jako u houslí. Poněvadž u kytary není taková velikost pnutí strun a její horní deska je plochá na rozdíl od houslí s vydutou

vydlabávanou deskou. Rezonanční dřevo pro tyto nástroje se liší v rozdílných požadavcích na jeho tuhost. Výrobci strunných hudebních nástrojů musí klást velký důraz na vzor a hustotu letokruhů, což se nejlépe pozoruje na příčném řezu, kde lze dobře identifikovat šířku a podíl jarního dřeva (Bucur, 2006).



Obr. č. 37 – Příčný řez rezonančním dřevem různé kvality (Bucur, 2006).

I dřevo pro kytary, II dřevo pro housle, III dřevo pro klavíry, IV dřevo pro ostatní smyčcové nástroje (viola, violoncello atd.), V dřevo pro jiné použití než hudební nástroje, VI dřevo pro stavebně truhlářské výrobky) (Bucur, 2006).

Jehličnaté dřevo je pro rezonanci obzvláště vhodné, protože má jednoduchou anatomickou strukturu, buňky uspořádané v pravidelných řadách a z 90 % se skládá pouze z jednoho typu buněk (tracheid). Těmto požadavkům nejlépe vyhovuje již zmíněný smrk.

Základní specifikace a požadavky na strukturu rezonančního dřeva:

- nízká objemová hmotnost (400-500 kg/m³)
- úzké letokruhy (1,0-2,0 mm)
- nízký podíl letního dřeva (max. 20%)



a)

b)

Obr. č. 38 – Radiální řez – rezonanční smrk (cbaul-cdnwnd.com), b) Radiální řez – smrk pro ostatní zpracování (fraxinus.mendelu.cz)

Přírodní růstové podmínky pro růst rezonančního dřeva jsou příznivé v polohách s vyšší nadmořskou výškou, kde se tvrdost vnější části letokruhu během vývoje na konci vegetačního období snižuje (letní dřevo). Tyto zeměpisné polohy s nadmořskou výškou s výskytem růstu rezonančního dřeva mohou být různé, záleží na regionu a horských oblastech (např. Alpy 1000 – 1990 m n. m, Karpaty 700 – 1200 m n. m., v České republice 600 m n. m. a výše.) (Hrivňák, 1996). Ve stromech rostlých v těchto polohách se dřevo vhodné pro rezonanci tvoří až v 90 letech svého růstu, přičemž do potřebné hranice počtu letokruhů na určitou šířku se může tvořit 32 let s celkovým věkem stromu 122 let. Tato hranice je dána maximálním počtem 4 letokruhů na 1 cm šířky a nejmenší přípustné vrstvy rezonančního dřeva 8 cm. Produkce rezonančního dřeva střední jakosti trvá 150 – 160 let, kdy tato doba odpovídá 6 letokruhům na 1 cm šířky a 10 až 12 cm široké vrstvy rezonančního dřeva (Požgaj, 1993).

Rezonanční vlastnosti dřeva se zakládají na jeho rezonančních frekvencích a uplatňují se v charakteristice visko-elastických vlastnostech dřeva. Rezonance dřeva je jakási schopnost dřeva zesilovat zvuk bez zkreslení a lze ji stanovit na základě přímého nebo nepřímého měření rychlosti šíření pružných vln ve dřevě. Máme-li těleso ve tvaru tyče, můžeme docílit vyvolání podélného, příčného nebo torzního kmitání. Ve všech částech dřeva může dojít k maximální deformaci způsobenou určitým odpovídajícím frekvencím. Tyto frekvence jsou funkcí rozměru tělesa, jeho hustoty, elastických vlastností, vlhkosti a teploty tělesa a tvaru kmitání. Vnější mechanická energie způsobující rozkmitání daného tělesa se z části vnitřním třením přeměňuje na teplo, ale částečně i vyzařuje do okolí v podobě zvukové energie. Jako rezonanční dřevo lze označit takové dřevo, ve kterém dochází k nízkému tlumení vnitřním třením a o to vyšší radiace zvuku dosahuje. Ukazatelem rezonančních vlastností dřeva je akustická konstanta a dřevo má

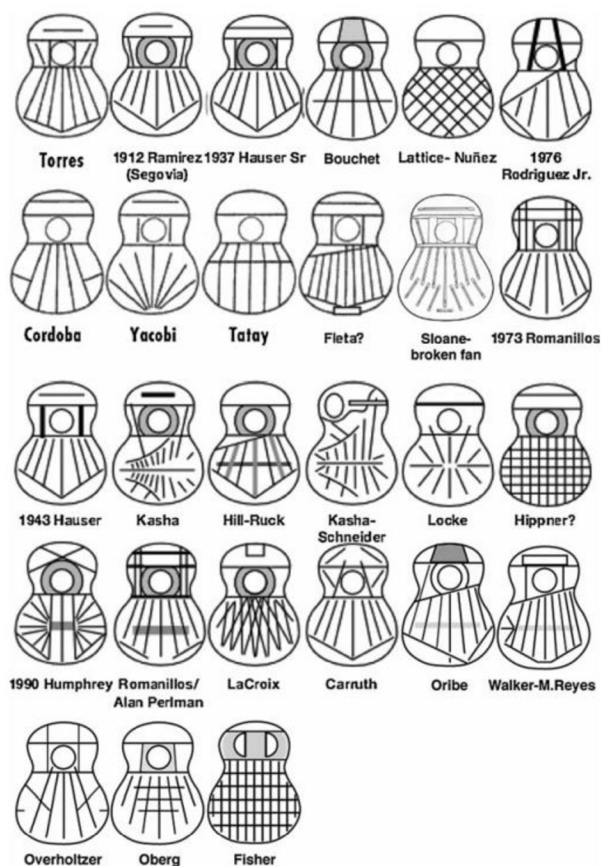
dobré rezonanční vlastnosti v případě, že tato akustická konstanta je $K > 12 \text{ (m}^4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$.
Vhodným rezonančním dřevem na výrobu hudebních nástrojů, které této konstanty dosahuje, je např. již zmíněný smrk (Gandelová a kol., 2009).

4 Výsledky a diskuse

Z analýzy literárního rozboru je zřejmé, že bez použití materiálů s rezonančními vlastnostmi na výrobu hudebního nástroje, jeho konstrukční řešení zcela ztrácí svůj význam. Poté u konstrukce akustické kytary a jejích dopadů na akustické vlastnosti, není možné dosáhnout potřebných požadavků na zvuk nástroje. Horní ozvučná deska nepřejímá a nezesiluje slabé zvukové vlny vzniklé chvěním strun. Celý proces vyzařování vzduchu z korpusu s harmonickými složkami zvuku na principu práce helmholtzova rezonátoru tedy postrádá smysl. Zkrátka za použití běžného dřeva místo rezonančního nelze akustickou kytaru sestavit v požadovaném ladění jednotlivých strun.

Určité rozepře, ale nastávají i u rezonančních dřevin. Například zmiňovaný smrk Sitka je již dlouhodobě využívaným dřevem pro výrobu vrchní ozvučné desky a to pro svou pevnější strukturu a především rychlý růst (Bennett, 2016). Zároveň (Sandberg, 2000) uvádí, že někteří loutnaři jsou toho názoru, že postrádá tónové vlastnosti jiných kvalitnějších dřevin, kupříkladu dřeva smrku Appalačského, či Engelmanna. Dále se objevují tvrzení týkající se porovnání cedru se smrkem. Vrchní ozvučné desky vyrobené z cedru na novějších typech kytary se vyznačují brilantnějším a barevnějším tónem, než u desek vyrobených ze smrku (Bennett, 2016). Na druhé straně se obecně tvrdí, že u rezonančních desek smrku na rozdíl od cedrových, zraje zvuk se stářím smrkového dřeva a barva tónu se neustále vyvíjí (Sandberg, 2000). U dřevěných materiálů používaných na ostatní nerezonanční konstrukční prvky nástroje, se uvedené literární zdroje značně shodují. Při porovnávání materiálů na výrobu akustických kytar je třeba vzít do úvahy letitý rozdíl vydání těchto publikací, kdy (Bennett, 2016) se zabývá spíše využitím nových dřevin z důvodu úbytku dřevin tradičních stále vzácnějších.

Co se týče konstrukčního řešení akustické kytary, za velice diskutabilní se považuje žebrování desek korpusu, zejména u desky horní. Každá konstrukce má žebrování rozdílné závislé na druhu a typu kytary, přičemž žebrování každého výrobce skýtá své výrobní tajemství skrývající se v jeho přepětí na ozvučnou desku. Literární rešerše obsahuje základní typy žebrování a jeho rozdílnost popisuje spíše mezi kytarami klasickými a kytarami s kovovými strunami. Diskuze je obohacena o další druhy žebrování uvedená v publikaci (Bucur, 2016).



Obr. č. 39 – Příkladů žebrování na ozvučné desce patentovány svými kytarovými konstruktéry (Bucur, 2016)

Různé způsoby provedení skýtá i vyztužení kytarového krku proti zmiňovanému průhybu, kdy každý výrobce má svůj způsob mechanického zpevnění. Jako za příklad stojí uvést výztuha firmy Furch Guitars nebo výztuha Procházka Guitars.



Obr. č. 40 – Výztuha krku kytary Furch 1 – kovová tyč, 2 – karbonová trubice do které se tyč umísťuje (karbon pevnost), 3 – Hliníková vložka patky (furchguitars.com).



Obr. č. 41 – Výztuha krku kytary Procházka guitars (guitar-makers.com)

Jednotlivé specifické konstrukce kytar nelze porovnávat pro různorodost konstrukčního řešení. Výrobci kytar vyrábí stejné druhy konstrukcí například typu dreadnought, jumbo, grand concert, grand auditorium, ale kytary jsou odlišné zejména za použití jiných materiálů při jejich zhotovení. Každý výrobce má jednotlivé řady těchto druhů pod odlišnými názvy a velké množství rozdílných kvalitativních tříd napříč jejich spektrem.

Při ekonomickém zhodnocení zpracovaného v podobě cenového srovnání práce porovnává ceny jednoho stejného produktu ve více distribučních kanálech. Cenové srovnání je provedeno na základě cenových vzorků produktu a srovnává ceny akustické kytary v České republice s cenami okolních sousedních států (Německo, Polsko, Slovensko, Rakousko). Produktem pro cenové srovnání je typ akustické kytary MARTIN D-10E vyrobené jedním z největších výrobců a vývozců akustických kytar na světě a to továrnou C. F. Martin & Company se sídlem v USA.



Obr. č. 42 – Akustická kytara Martin D-10E (img.kytary.com).

C. F. Martin & Company na svém internetovém portálu tento typ kytary uvádí v ceně \$949.00 (20 496,- Kč), (martinguitar.com). Tato firma nevede vlastní prodej svých hudebních nástrojů, nýbrž využívá obchodní síť vybraných distributorů. Ze strany firmy se jedná o tzv. nepřímý prodej přes zprostředkovatele. Znamená to, že veškeré náklady s provozem obchodní

sítě se přenášejí na obchodníky, kteří si na ceně produktu stanoví svoji vlastní provizi. Na internetových stránkách firmy lze vyhledat jednotlivé distributory a jejich obchody (martinguitar.com). K porovnávání cen v České republice a cen v okolních sousedních zemích práce uvažuje vždy se třemi prodejci za účelem získání dat o cenové relaci, ve které se daný typ kytary v dané zemi pohybuje. Vyjímaje Slovenska, kde se vybraná kytara nachází jen v jedné prodejně a jinak si ji je možné objednat z České republiky z obchodního řetězce Kytary.cz skrze slovenský e-shop. Data jsou zaznamenány v níže uvedené tabulce č. 1. Srovnávané prodejní ceny, jsou uvedeny s DPH, poněvadž se jedná o ceny určené spotřebiteli.

Tab. č. 1 – Cenové srovnání cen akustické kytary MARTIN D-10E v České republice s cenami okolních sousedních států (Německo, Polsko, Slovensko, Rakousko).

Země distributora	Prodejní cena v zemi distributora	Prodejní cena po přepočtu na české koruny.
Česká republika		
Kytary.cz	-	27 290,- Kč
Huml mucic	-	27 290,- Kč
Melody Voříšek s.r.o.	-	27 900,- Kč
Německo		
Musikhaus Thoman	1166 €	27 390,- Kč
Music station Piano Werner	1179 €	27 695,- Kč
J&M MUSIKLAND	1179 €	27 695,- Kč
Polsko		
ELPA music room	5890 zł	29 627,- Kč
Sklep Muzycny Abix	5499 zł	27 660,- Kč
Sklep Muzycny PASJA	4946 zł	24 878,- Kč
Slovensko		
Melody Shop	1179 €	27 695,- Kč

Rakousko		
SAM Music	1199 €	28 165,- Kč
Klangfarbe acoustics	1185 €	27 837,- Kč
KEY-WI MUSIC GmbH	1149 €	26 990,- Kč

(kytary.cz), (humlmusic.cz), (melodie-hudebniny.cz), (thomann.de), (music-station.de), (musikland-online.de), (elpa.info.pl), (abixmusic.pl), (sklep-muzyczny.com.pl), (melodyshop.cz), (sam-music.at), (klangfarbe.com), (keywi.com).

Z průzkumu cen a ze získaných výše uvedených dat je patrné, že ceny v České republice se pohybují v relaci 27 290 Kč – 27 900 Kč, v Německu 27 390 Kč – 27 695 Kč, v Polsku 24 878 Kč – 29 627 Kč, na Slovensku 27 695 Kč a v Rakousku 26 990 Kč – 28 165 Kč. Na základě těchto dat se dá říci, že akustické kytary Martin typu D-10E se prostřednictvím distribučních kanálů prodávají nejlevněji v Polsku za cenu 24 878 Kč.

V případě úvahy u českého spotřebitele je otázkou, zda se mu jako zákazníkovi daná koupě nástroje vyplatí. Prodejce Sklep Muzyczny PASJA uvádí cenu dopravy zdarma nad 250 zł (1258 Kč), tudíž za dopravu zákazník kupující tento hudební nástroj nic neplatí. Srovnání nejlevnější ceny akustické kytary MARTIN D-10E v Polsku (24 878 Kč) s nejlevnější cenou akustické kytary v České republice (27 290 Kč) zůstává totožné viz. tabulka č. 2.

Při převádění zahraničních měn na českou korunu práce vychází z měnových kurzů stanovených Českou národní bankou (ČNB) s platností pro 31.3.2023 v pořadí: 65 Kurz EMN EU

Tab. č. 2 – Měnové kurzy stanovené ČNB ke 31.3.2023 v pořadí: 65 Kurz EMN EU

EMU	euro	1	EUR	23,490 Kč
Polsko	zlotý	1	PLN	5,030 Kč
USA	dolar	1	USD	21,598 Kč

(cnb.cz)

5 Závěr

Tato bakalářská práce byla zaměřena na analýzu literárního rozboru a detailní popsání konstrukčního řešení akustických kytar a jednotlivých konstrukčních prvků, které svým provedením ovlivňují výsledné akustické vlastnosti, které činí hudební nástroj znějícím a hratelným. Výsledné konstrukční řešení akustických kytar je velice variabilní na základě inovací a neustálého vývoje nástroje jednotlivými výrobci. Pro neustálé možné modifikace konstrukce, ať už se jedná o zdokonalování vlastností mechanických, jako je větší pevnostní stabilizace krku nebo úprav sestav žebrování a jeho přepětí na ozvučnou rezonanční desku. Dá se s jistotou říci, že vývoj akustické kytary ještě zdaleka nebyl ukončen, jako je tomu například u houslí.

Výsledky vyplývající z akustických vlastností nástroje jsou dány fyzikálními a mechanickými vlastnostmi materiálů použitých při výrobě konstrukčního řešení akustické kytary. Z analýzy literárních zdrojů vyplývá, že dochází k zaměňování dlouhodobě vyzkoušených materiálů pro rezonanční ozvučné desky z důvodu snižování dostupnosti vzácných ohrožených dřevin. Tyto dřeviny jsou nahrazovány novými testovanými dřevinami. Kvalitních vysokohorských rezonančních stromů ubývá, protože tvorba rezonančního dřeva trvá desítky až stovky let a nelze ho uměle pěstovat. Roste pouze ve svém přirozeném prostředí. Těmito stromy mohou být například rezonanční smrky Engelmannovy nahrazovány rozšířenějším rychle rostoucím rezonančním smrkem Sitkou. Na první pohled se může zdát, že snad výběr méně kvalitního materiálu je volen na úkor vlastností nástroje, ale v zásadě se nejedná o markantní rozdíly, poněvadž na konstrukční dřevo akustických kytar nejsou tak přísné parametry jako na konstrukční materiál pro housle.

Z průzkumu cen a zpracování cenového srovnání bylo zjištěno, že se ceny v České republice pohybují v relaci 27 290 Kč – 27 900 Kč, v Německu 27 390 Kč – 27 695 Kč, v Polsku 24 878 Kč – 29 627 Kč, na Slovensku 27 695 Kč a v Rakousku 26 990 Kč – 28 165 Kč. Na základě těchto cen akustické kytary Martin typu D-10E se prostřednictvím distribučních kanálů prodávají nejlevněji v Polsku za cenu 24 878 Kč.

Závěrečná práce může poskytovat odborný souhrn literárních poznatků o akustické kytáře, který pojednává o samotném historickém vývoji, o stavbě kytarového těla, o tvorbě zvuku akustické kytary a z jakých materiálů je tento soubor konstrukčních komponentů vyroben.

6 Seznam použité literatury

- Allan, A. (2008). *The Art of Guitar Making*. The gilvary press. ISBN: 978-0-9560504-0-3.
- Bacon, T. (2010). *Všechno o kytarách*. 3., české vydání. Praha. ISBN: 978-80-7237-428-1.
- Bennett, B. C. (2016). The Sound of Trees: Wood Selection in Guitars and Other Chordophones, *Economic Botany*, 70(1), 49–63. DOI://doi.org/10.1007/s12231-016-9336-0.
- Bláha, V. (2012). *Dějiny kytary s přihlédnutím k literatuře nástroje*. V Brně: Janáčkova akademie múzických umění. ISBN: 97 8-80 -7 460-020-3
- Bucur, V. (2006). *Acoustics of wood*, Springer Series in Wood Science, Springer. ISBN: 978-3-540-30594-1.
- Bucur, V. (2016). *Handbook of Materials for String Musical Instruments*. Springer International Publishing Switzerland. ISBN: 978-3-319-32078-6
- Cuzzucolli, G. a Garrone, M. (2020). This Springer imprint is published by the registered company Springer Nature Switzerland AG. ISBN: 978-3-030-32991-4
- Fletcher, N. H. a Rossing, T. D. (1998), *The Physics of Musical Instruments*, Springer New York. DOI://doi.org/10.1007/978-0-387-21603-4_22.
- Forbes, B. (2013). *Acoustic Guitar Making: How to Make Tools, Templates, and Jigs*. ISBN: 978-1492206446.
- French, M. (2012). *Technology of the Guitar*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. ISBN: 978-1-4614-1920-4
- French, M. (2022). *Acoustic Guitar Design*. Springer Nature Switzerland AG. ISBN: 978-3-030-89380-4.
- Gandelová, L.; Horáček, P. a Šlezingerová, J. (2009). *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-312-2.
- Geist, B. (2005). *Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi*. Praha: Muzikus. ISBN isbn:80-86253-31-7.

- Gerken, T. (2005). Acoustic guitar: An historical look at the composition, construction, and evolution of one of the world's most beloved instruments (1st ed), Hal Leonard. ISBN: 9780634079207.
- Hrivňák, Š. (1996). Vyhledávanie a určovanie rezonančného dreva, *Drevo*, roč. 51.
- Ille, R. (1968). Ozvučné drevo smrku, Sborník VLÚ VŠZ v Praze.
- Pavílek, S. a Irmann, K. (1968). Stavba hudebních nástrojů. Státní pedagogické nakladatelství.
- Pilař, V. a Šrámek, F. (1986). Umění houslařů. Praha: Panton.
- Požgaj, A. (1993). Štruktúra a vlastnosti dreva, Bratislava: Príroda.
- Rossing, T. D. (2010). Science of string instruments, Springer New York Dordrecht Heidelberg London. ISBN: 978-1-4419-7109-8
- Sandberg, L. (2000). The acoustic guitar guide: Everything you need to know to buy and maintain a new or used guitar —2nd ed., rev. and updated. ISBN: 1-55652-418-8.
- Syrový, V. (2013). Hudební akustika. 3., dopl. vyd. V Praze: Akademie múzických umění. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN isbn978-807-3312-978.
- Wegst, U. G. K. (2006). Wood for sound. *American Journal of Botany*, *American Journal of Botany*. DOI://doi.org/10.3732/ajb.93.10.1439

Seznam online zdrojů

musikland-online.de. [online]. [cit. 2023-3-230]. Dostupné z: <https://www.musikland-online.de/Martin-D-10E-02-Westerngitarre/products/madwf499704/>

lutesandguitars.co.uk. [online]. [cit. 2023-1-15]. Dostupné z: <http://www.lutesandguitars.co.uk/images/Guitar2.jpg>

kytara.tode.cz. [online]. [cit. 2023-1-15]. Dostupné z: <http://kytara.tode.cz/wp-content/uploads/2015/12/P0177-150x150.jpg>

kytara.tode.cz. [online]. [cit. 2023-1-15]. Dostupné z: http://kytara.tode.cz/wp-content/uploads/2015/12/deska_hlinena-150x150.jpg

kytara.tode.cz. [online]. [cit. 2023-1-15]. Dostupné z: <http://kytara.tode.cz/wp-content/uploads/2015/12/troubadour-150x150.jpg>

lutesandguitars.co.uk. [online]. [cit. 2023-1-15]. Dostupné z: <http://www.lutesandguitars.co.uk/images/Oth%20Guitar%201993.jpg>

manahuna.cz. [online]. [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: https://www.manahuna.cz/fotky20086/fotos/_vyr_2284SP-F-30106.png

imusicdata.cz. [online]. [cit. 2023-2-10]. Dostupné z: <https://imusicdata.cz/InShop/Layout/Assets/Images/info/pruvodci/jak-vybrat-akustickou-kytaru/jak-vybrat-akustickou-kytaru-6.jpg>

<https://kytaristka.cz>. [online]. [cit. 2023-2-12]. Dostupné z: <https://squidex.motvicka.cz/api/assets/kytaristka/211282-8eca660fd457d5c3c0f8a7bdb20f941b.jpeg?width=688>

imusicdata.cz. [online]. [cit. 2023-2-12]. Dostupné z: <https://imusicdata.cz/InShop/Layout/Assets/Images/info/pruvodci/jak-vybrat-akustickou-kytaru/jak-vybrat-akustickou-kytaru-3.jpg>

img.fruugo.com. [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: https://img.fruugo.com/product/9/06/158010069_max.jpg

img.fruugo.com. [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: https://img.fruugo.com/product/6/51/525537516_max.jpg

guitar-makers.com. [online]. [cit. 2023-2-18]. Dostupné z: <https://www.guitar-makers.com/images/krk.jpg>

imusicdata.cz. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://imusicdata.cz/InShop/Catalogue/Products/Pictures/Big/CORT-AC200NAT-02.jpg>.

imusicdata.cz. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://imusicdata.cz/InShop/Catalogue/Products/Pictures/Big/CORT-AC200NAT-02.jpg>.

guitaristnextdoor.com. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://guitaristnextdoor.com/wp-content/uploads/2022/03/Different-Guitar-Bridge-Types.png>

wikimedia.org. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Acoustic_guitar_bridge.jpg

skytarou.cz. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <http://www.skytarou.cz/obr/okytare/popiskyt.jpg>

casopismuzikus.cz. [online]. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: https://www.casopismuzikus.cz/sites/default/files/styles/t10/public/images/2012-06/95496_big.jpg?itok=5_cah5pg

cdn.kastatic.org. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: <https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/335680b3dd0059a73ce626ec7137349764ab02b8.png>

furchguitars.com. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: <https://furchguitars.com/wp-content/uploads/2018/11/boards-min-2-1-1500x1000.png>

guitar-makers.com. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: https://www.guitar-makers.com/images/zebra_klasika.jpg

guitar-makers.com. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: <https://www.guitar-makers.com/www/krk.php>

guitar-makers.com. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: https://www.guitar-makers.com/images/zebra_x.jpg

music-city.cz. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: <https://www.music-city.cz/upload/images/2cd7c52f-7a99-4848-ba11-e86a703aacc4.png>

furchguitars.com. [online]. [cit. 2023-2-22]. Dostupné z: http://furchguitars.com/wp-content/uploads/2018/08/101_14-cnr-neck-1000x329.png

fraxinus.mendelu.cz. [online]. [cit. 2023-2-23]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/obr/sm_r_600.jpg

cbaul-cdnwnd.com. [online]. [cit. 2023-2-25]. Dostupné z: https://996f4e2489.cbaul-cdnwnd.com/d4d148564edc475cdfb560c510b88e34/200001228-a7efda8ed0/material_smrkevr.jpg

kytaristka.cz. [online]. [cit. 2023-2-28]. Dostupné z: <https://squidex.motvicka.cz/api/assets/kytaristka/fender-pm-2-standard-parlour-guitar-natural-paramount.jpg?width=688>

music-city.cz. [online]. [cit. 2023-3-05]. Dostupné z: <https://www.music-city.cz/upload/images/50aa8a97-de7f-40c8-8c73-8d514fc6c3e4.png>

imusicdata.cz. [online]. [cit. 2023-3-05]. Dostupné z: <https://imusicdata.cz/InShop/Layout/Assets/Images/info/pruvodci/jak-vybrat-akustickou-kytaru/jak-vybrat-akustickou-kytaru-5.jpg>

compadre.org. [online]. [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: https://www.compadre.org/osp/EJSS/4520/T11_Strings/guitarholagram.jpg

furchguitars.com. [online]. [cit. 2023-3-12]. Dostupné z: <https://furchguitars.com/wp-content/uploads/2022/02/green-sm-1-01-1300x860.jpg>

hlavacekguitars.cz. [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://www.hlavacekguitars.cz/podkategorie_foto/velky_detail%20rozeta.jpg

furchguitars.com [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://furchguitars.com/wp-content/uploads/2020/08/yellow-omc-sr-1_01-1300x860.jpg

nandelle.files.wordpress.com. [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://nandelle.files.wordpress.com/2017/02/snc3admek286.jpg?w=550&h=550&crop=1>

media.istockphoto.com. [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://media.istockphoto.com/id/505795518/fr/vectoriel/ensemble-de-guitare-cou-manche-de-guitare-et-headstock.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=wPOe36u6zDwt7sIriBJ4KIXk9I9W10btHovt7dp1DXY=>

martinguitar.com. [online]. [cit. 2023-3-25]. Dostupné z: <https://www.martinguitar.com/stores?postalCode=339%2001>

martinguitar.com. [online]. [cit. 2023-3-25]. Dostupné z: <https://www.martinguitar.com/guitars/road-series/D-10E.html>

elpa.info.pl. [online]. [cit. 2023-3-28]. Dostupné z: <https://elpa.info.pl/pl/p/Martin-D-10E/4955>

<https://sklep-muzyczny.com.pl>. [online]. [cit. 2023-3-28]. Dostupné z: <https://sklep-muzyczny.com.pl/MARTIN-D10E-GITARA-ELEKTRO-AKUSTYCZNA>

melodyshop.cz. [online]. [cit. 2023-3-28]. Dostupné z: <https://www.melodyshop.cz/elektroakusticke-kytary-typu-dreadnought/martin-d-10e/>

abixmusic.pl. [online]. [cit. 2023-3-29]. Dostupné z: https://abixmusic.pl/pl_PL/products/2330086?query_id=2

sam-music.at. [online]. [cit. 2023-3-29]. Dostupné z: <https://sam-music.at/Saiteninstrumente-Amps-Zubehoer/Westerngitarren/Martin-D-10E-02-RoadD-Fi-Sapele-FI-Sonitone.html?listtype=search&searchparam=D-10%20E>

klangfarbe.com. [online]. [cit. 2023-3-28]. Dostupné z: https://www.klangfarbe.com/Shop/Artikel/Martin_D10E02_Westerng_Dread._Sitka_FichteSap_PU_Road_Series.html

keywi.com. [online]. [cit. 2023-3-29]. Dostupné z: <https://www.keywi.com/produkt/martinguitars-d-10e-02/>

img.kytary.com. [online]. [cit. 2023-3-30]. Dostupné z: https://img.kytary.com/eshop_cz/stredni_v4/na/636948368809270000/113e427a/64662880/martin-d-10e-sitka-top.jpg

thomann.de. [online]. [cit. 2023-3-30]. Dostupné z: https://www.thomann.de/cz/martin_guitars_d_10e_02_sitka_sapele.htm

music-station.de. [online]. [cit. 2023-3-30]. Dostupné z: <https://www.music-station.de/Martin-Guitars-D-10E-02/MARD10E>

klangfarbe.com. [online]. [cit. 2023-3-30]. Dostupné z: https://www.klangfarbe.com/Shop/Artikel/Martin_D10E02_Westerng_Dread._Sitka_FichteSap_PU_Road_Series.html

cnb.cz. [online]. [cit. 2023-3-31]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/financni-trhy/devizovy-trh/kurzy-devizoveho-trhu/kurzy-devizoveho-trhu/>

Seznam obrázků

Obr. č. 1 – Hudební luk ze sbírek národního muzea v Praze, (Bláha, 2012).....	12
Obr. č. 2 – Část reliéfu na hliněné desce ze sumerského Nipperu, cca 2500 př. n. l., Philadelphia Museum of Art, (Bláha, 2012).....	12
Obr. č. 3 – Nejstarší známý dochovaný strunný hudební nástroj s krkem z doby cca 1500 př. n. l. z Egypta, (Bláha, 2012)	13
Obr. č. 4 – a) Chetitská kytara cca z 1800 př. n. l., (kytara.tode.cz); b) Nástroj zvaný kithara ze starověkého Řecka, (kytara.tode.cz)	13
Obr. č. 5 – Koptická kytara z let 300 – 700 n. l., (Bláha, 2012).....	14
Obr. č. 6 – Trubadúři (kytara.tode.cz)	15
Obr. č. 7 – Renesanční kytara (www.lutesandguitars.co.uk).....	16
Obr. č. 8 – Barokní kytara (www.lutesandguitars.co.uk)	17
Obr. č. 9 – Klasická kytara z 19. století (classicalguitarmagazine.com)	18
Obr. č. 11 – Schéma akustické kytary (skytarou.cz)	20
Obr. č. 12 – a) Korpus klasické kytary bez zadní desky (nandelle.files.wordpress.com), b) Korpus kytary s kovovými strunami (casopismuzikus.cz)	21
Obr. č. 13 – Ohýbání a tvarování napařených plastifikovaných lubů (Bennett, 2016)	23
Obr. č. 14 – a) Vějířovité žebrování přední ozvučné desky klasické kytary (guitar-makers.com), b) Žebrování přední ozvučné desky do kříže (X) kytary s kovovými strunami (guitar-makers.com).....	24
Obr. č. 15 – Žebrování přední ozvučné desky a zadní desky kytary Furch s kovovými strunami (furchguitars.com).....	25
Obr. č. 16 – a) Rozeta z plastické hmoty(fruugo.cz), b) Rozeta zhotovená zdobnou technikou intarzie (hlavacekguitars.cz)	26
Obr. č. 17 – a) Kobylka kytary s kovovými strunami (guitaristnextdoor.com), b) Kobylka klasické kytary (wikimeia.org).	27
Obr. č. 18 – Výztuha krku kytary (www.manahuna.cz).....	28
Obr. č. 19 – Krk kytary bez hmatníku a bez osazení mechanikou (img.fruugo.com).	28
Obr. č. 20 – Hmatník s vykládanými intervalovými značkami (media.istockphoto.com).	30
Obr. č. 21 – a) Hlavice s okénky (imusicdata.cz), b) Hlavice bez okének (furchguitars.com)	31
Obr. č. 22 – Klasická kytara (kytaristka.cz).	32
Obr. č. 23 – Kytara Jumbo (imusicdata.cz).	32
Obr. č. 24 – Kytara Dreadnought (music-city.cz).....	33
Obr. č. 25 – Kytara Parlor (kytaristka.cz).....	33
Obr. č. 26 – Kytara Grand Concert s výřezem na těle kytary (music-city.cz).....	34
Obr. č. 27 – Kytara OOO/OM (imusicdata.cz).....	34
Obr. č. 28 – Kytara Grand Auditorium (imusicdata.cz).	35
Obr. č. 29 – Směry ve dřevě (Požgaj, 1993).....	36
Obr. č. 30 – Tabulka s nejpoužívanějšími druhy dřevin a k nim přiřazené jednotlivé konstrukční prvky. (Bennet, 2016), (přeloženo, deepl.com).	37
Obr. č. 31 – Stojaté vlnění (cdn.kastatic.org).	41

Obr. č. 32– Přenášení vibrací vrchní deskou při nízkých a vysokých frekvencích (Fletcher a Rossing, 1998).	42
Obr. č. 33 – Chladního obrazce (French, 2012).....	42
Obr. č. 34 – Metoda holografické interferometrie (compadre.org).	43
Obr. č. 35 – Rezonanční skříňka (Cuzzucoli a Garrone, 2020).	44
Obr. č. 36 – Tenkostěnná obdélníková skříňka srovnatelná s rezonátorem kytary (Cuzzucoli a Garrone, 2020).	44
Obr. č. 37 – Rezonátor kytary (Cuzzucoli a Garrone, 2020).	45
Obr. č. 38 – Příčný řez rezonančním dřevem různé kvality (Bucur, 2006).	46
Obr. č. 39 – Radiální řez – rezonanční smrk (cbaul-cdnwnd.com), b) Radiální řez – smrk pro ostatní zpracování (fraxinus.mendelu.cz)	47
Obr. č. 40 – Příklady žebrování na ozvučné desce patentovány svými kytarovými konstruktéry (Bucur, 2016).....	50
Obr. č. 41 – Výztuha krku kytary Furch 1 – kovová tyč, 2 – karbonová trubice do které se tyč umísťuje (karbon pevnost), 3 – Hliníková vložka patky (furchguitars.com).	50
Obr. č. 42 – Výztuha krku kytary Procházka guitars (guitar-makers.com)	51
Obr. č. 43 – Akustická kytara Martin D-10E (img.kytary.com).....	51

Seznam tabulek

Tab. č. 1 – Cenové srovnání cen akustické kytary MARTIN D-10E v České republice s cenami okolních sousedních států (Německo, Polsko, Slovensko, Rakousko).	52
Tab. č. 2 – Měnové kurzy stanovené ČNB ke 31.3.2023 v pořadí: 65 Kurz EMN EU.....	53