

Kõrgem Kunstikool Pallas
Mööbliosakond

Akustilise kitarr prototüüp
Lõputöö

Siim Hendrikson
Juhendaja: Jaak Roosi

Tartu 2022

SISUKORD

| | |
|----------------------------------|----|
| SISSEJUHATUS | 3 |
| 1 AKUSTILINE KITARR | 4 |
| 2 DISAINIPROTSESS | 5 |
| 2.1 Lähtepunkt | 5 |
| 2.2 Disainilahendus | 6 |
| 2.3 3D-modelleerimine | 6 |
| 2.4 Materjalide valik | 9 |
| 2.4.1 Kõlakast | 9 |
| 2.4.2 Kael | 9 |
| 2.4.3 Roop ja sadulad | 10 |
| 3 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE | 11 |
| 3.1 Kõlakast | 11 |
| 3.2 Kael ja pea | 13 |
| 3.3 Roop ja sadulad | 15 |
| 3.4 Viimistlus | 16 |
| 3.5 Lõppmontaaž | 17 |
| 4 EKSPERIMENTAALNE OSA | 19 |
| 4.1 Katse ülesehitus | 19 |
| 4.2 Tulemused ja arutelu | 20 |
| KOKKUVÕTE | 22 |
| SUMMARY | 23 |
| KASUTATUD KIRJANDUS | 24 |
| LISAD | 25 |
| Lisa 1. Spetsifikatsioonid | 25 |
| Lisa 2. Tootefotod | 26 |

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö sündimisele andis tõuke autori frustratsioon kaubanduses pakutavate akustiliste kitarride suhtes, mille ehituses on kasutajamugavus prioriteetide rivi tagumisse otsa unustatud ning millele juba projekteerimisfaasis näib olevat kaasa pandud pideva remondi vajadus. See aga ei pea nii olema – on ka olulisemaid kriteeriume, kui ainult kitarride ehitamise lihtsus ja kuluefektiivsus.

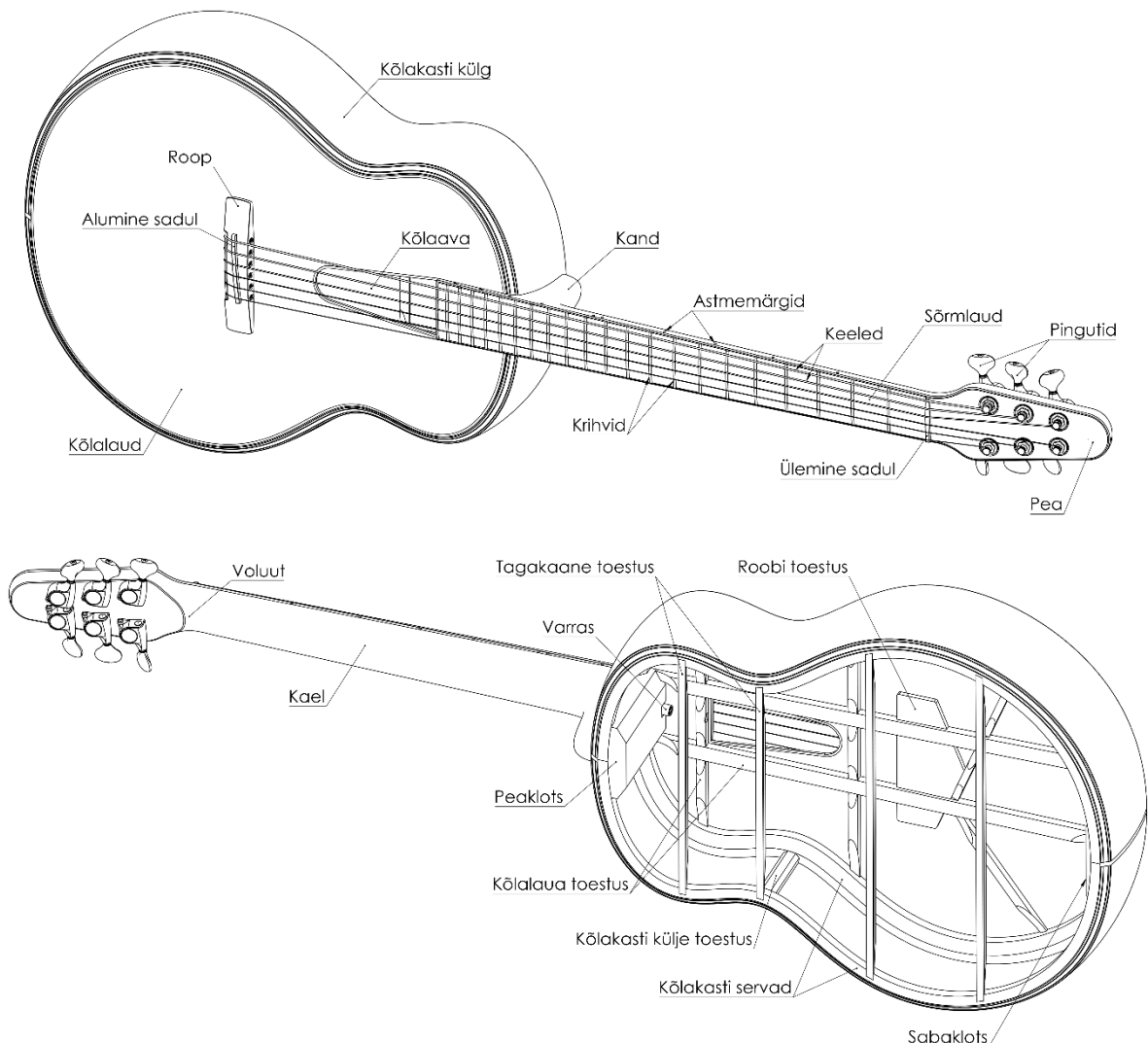
Lõputöö tulemusel valmib kõigepealt detailne 3D-mudel ning selle põhjal ka reaalne akustilise kitarride prototüüp, kus põhiohk on pandud instrumendi ergonoomikale ja konstruktsiooni vastupidavusele. Uuest küljest lähenetakse kitarride kõlakasti ehitusele ja pakutakse välja eksperimentaalne kõlalaua toetuse lahendus. Ära ei ole unustatud ka visuaalset poolt, mis katseeksemplarile kohaselt samuti omanäoline ja värske tehakse.

Kuna muusikariista põhifunktsioon on aga endiselt muusikat mängida, siis ei saa akustika poolt unarusse jätta. Prototüüpkitarride helipildile sõltumatu ja ausa hinnangu saamiseks korraldatakse pimekatse, kus valminud pill asub vastamisi nelja teise kaubanduses saadaoleva erinevatest hinnaklassidest akustilise kitarriga. Saadud tulemuste analüüsimisel loodetakse leida ka vastus küsimusele, kui palju üldse tehakse vahet erinevate kitarride kõlal ja seega, kuivõrd oluline on lõppkokkuvõttes parimate resonantsomadustega materjalide kasutamine.

Käesolevas töös antakse ka põhjalik ülevaade akustilise kitarride prototüübi valmistamise protsessist ning ühtlasi avatakse erinevate materjali- ja disainivalikute tagamaid. Lisaks näidatakse arvutisimulatsiooniga uudse kõlalaua toetuse eeliseid traditsioonilise variandi ees.

1 AKUSTILINE KITARR

Akustiline kitarr on oma olemuselt lihtsalt seadeldis, mis vabastab keelte mõjutamisel neile antud kineetilise energia kuuldava, kontrollitud helina. Kitarrimängimisel võnkuma pandud keeled kannavad need võnkumised üle roobi ja sadulate kaelale ning kõlalauale. Neid võnkumisi kitarrim struktuur mitte ei võimenda, vaid muundab läbi resonantsi. Täpsed ja usaldusväärsed teoreetilised akustilised mudelid kitarrim kohta senini puuduvad ja seega toetub kitarrimiehitus jätkuvalt suurel määral traditsioonidele, intuitsioonile ja kogemustele. (Cumpiano & Natelson, 1994, p. 15)



Joonis 1. Akustilise kitarrim osad, tagakaas eemaldatud

2 DISAINIPROTSESS

2.1 Lähtepunkt

Akustilise kitarride disainimiseks andis tõuke autori pikaajaline huvi sellist tüüpi pillide järele, kuid alati olid takistuseks saanud mõningad akustilise kitarride ehituslikud probleemid, mis olid sundinud ära unustama igasugused mõtted kaubandusest saadaolevat instrumenti soetada.

Esimesed sellistest probleemidest on halb ergonoomia: traditsioonilise akustilise kitarride kõlakasti ehitus, kus kõlakasti küljed on ühendatud tagakaane ja kõlalauaga täisnurga all, annab tulemuseks kandiliste servadega kõlakasti. Need servad soonivad aga näiteks istuvas asendis mängides valusalt käsivarde, reide ja rindkeresse. Probleem on seda teravam, mida suurem on instrumendi kõlakast. Turul pakutav harvaesinev osaline lahendus on kitarride kõlakasti tagumise pauna ülemisele servale tehtav kaldserv sõrmitsemiskäe käsivarre mugavamaks toetamiseks. Siiski lahendab selline lähenemine vaid probleemi üht tahku. Sageli mõjub taoline lokaalne kaldserv ka instrumendi proportsioonidele imelikult.

Teine suurem probleem on kitarride keelte lakkamatust pingest tingitud kõlalaua ja üldisemalt kõlakasti deformatsioon. Nimelt hakkab roop, kuhu keeled kinnituvad ajapikku keerutama: tagumine ots hakkab kõlalauda tõstma, esimene ots lohku suruma. Sellele lisandub veel terve kõlalaua läbipaindumine kõlakasti keskmises, kitsaimas osas, kus asub lisaks konstruktsiooni nõrgestav kõlaava, mille tulemusel paistab justkui kõlalaua peale ulatuv sõrmlaua ots vajuks kõlaavasse. Probleem on positiivse tagasisidega: mida sügavamale kõlalaud kõlaava koha peal vajub, seda kõrgemale kõlaavast jäävad keeled ja seda suuremaks muutub jõuõlg ning seda suurema jõumomendiga deformeerivad keeled kõlalauda. Resultaadiks on kogu instrumendi geomeetria muutus, mille kompenseerimiseks piisab esialgu sadula madalamaks viilimisest, hiljem tuleb madalamaks teha juba roopi ning lõpuks osutub vajalikuks terve kael kõlakasti küljest eemaldada ning ühendustapp ümber teha, et pill taas toimivas geomeetrias kokku monteerida (Haze Guitars, 2020). Käesoleva lõputöö autorile ei tundunud selline situatsioon vastuvõetav, kui halvemal juhul kümnekonna aasta möödudes kitarride soetamisest, tuleb pill kapitalremonti viia.

2.2 Disainilahendus

Eelmises alapeatükis markeeritud probleemide lahenduseks tuli akustilise kitarril kõlakasti konstruktsioon ümber mõtestada. Parema ergonoomika tagamiseks otsustati kõlakasti servad teha kogu kõlakasti perimeetri ulatuses ühtlase kalde alla. Lisamugavuse saavutamiseks disainiti kõlakasti küljed lisaks painutusele veel ka kerge kumerusega – võte, mille varasemat kasutamist ei tuvastatud.

Kõlalaua deformeerumise vältimiseks disainiti eksperimentaalne kõlalaua toetus, kus põhiraskust kannavad kaks kitarrikeelte sihis kõlalaua täies pikkuses jooksvat tugiribi, mõttega lisada enim jäikust suurima mõjuva jõu suunas. Kogu kõlakastile lisavad täiendavat tugevust eelnevalt mainitud kumerad küljed, mis on keskosas kaks korda paksemad tavalise akustilise kitarril külgedest, ning kaldega servatükid, millel on märkimisväärne struktuuriline funktsioon. Samal ajal kui traditsioonilistel akustilistel kitarridel kasutatavatel *kerfed lining* servadel on ainsaks funktsiooniks suurendada liimipinda külgede ning kõlalaua ja tagakaane vahel, kuid millel puudub kandev ülesanne.

Kuna kitarril kõlakasti küljed tuli valmistada kumeruse andmiseks paksemast materjalist ei olnud võimalik painutada nn väljalõiget, mis annab parema juurdepääsu kõrgematele krihvidele. Et aga kõrgematele krihvidele ikkagi paremini ligi pääseks, otsustati kaela ja kõlakasti ühenduskoht nihutada 16. krihvi juurde, samas kui tavaliselt asub see akustilistel kitarridel kas 12. või 14. krihvi kohal. Ent kuivõrd prototüüpilli kõlakasti küljed on kumerad ja servad nurga all, siis ühineb kõlalaud kaelaga alles 17. krihvi juures.

2.3 3D-modelleerimine

Prototüüpkitarr kujundati täielikult raalprojekteerimisprogrammis SolidWorks (Joonis 2). Et akustilise kitarril disainimise juures on esmatähtis mitmed funktsionaalsed mõõtmed paika panna (milline on mensuur, kaela kaldenurk kõlakasti suhtes, roobi asukoht, pea kaldenurk kaela suhtes, kus paikneb toetus jne) ja alles seejärel vaadata, mis saab ergonoomikaga, esteetikaga ja kõige muuga, oli arvutiga mudeldamine mõõtevigade vältimiseks ja kogu protsessi optimeerimiseks parim lahendus. Tänu täpsele mudelile ja joonistele, kulges suuremate probleemideta ka hilisem prototüübi ehitamine, täpsete šabloonide ja rakiste valmistamine ning töö planeerimine. Lisaks andis SolidWorks programmi sisseehitatud simulatsioonipakett suurepärase võimaluse kõlalaua toetuse

tugevusanalüüsi teostamiseks, kus sai erinevaid geomeetriaid ja materjali dimensioone proovides ja läbi simuleerides optimaalset tuginõrestiku lahendust otsida. Lõpetuseks sai võrrelda klassikalise X-toestuse tugevust valitud eksperimentaalse toestusega.



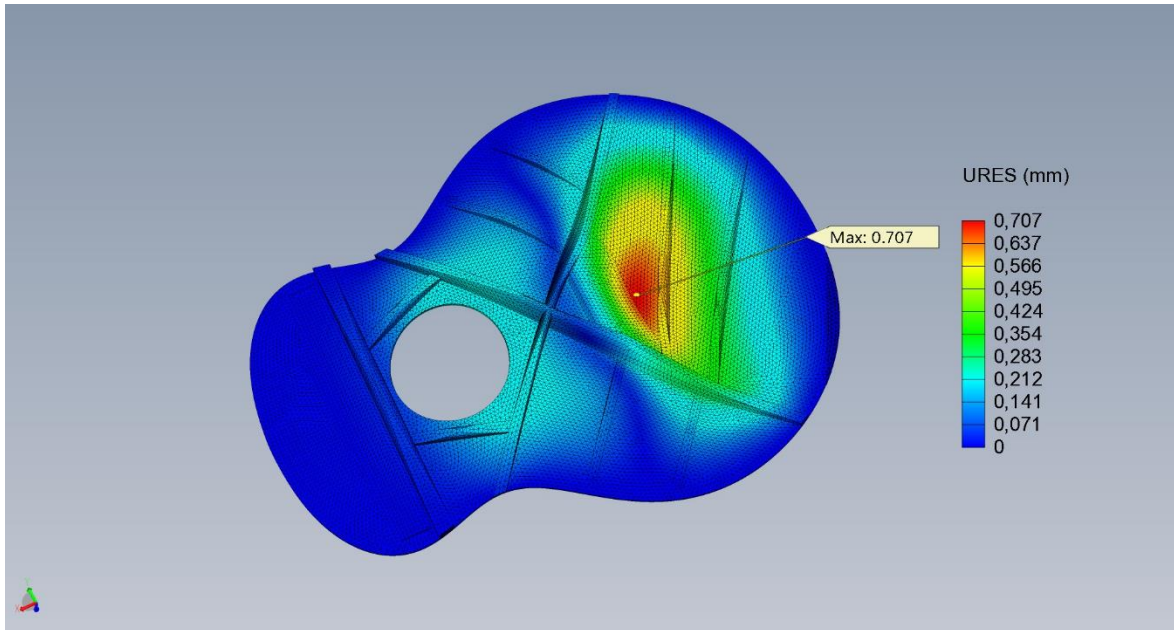
Joonis 2. Akustilise kitarr prototüübi 3D-mudel

Tugevusanalüüsis kasutati kõlalaua ja kõlalaua toestuse materjalina kuusele kõige lähedasemat SolidWorksi andmebaasis leiduvat materjali: balsapuud. Kuna antud analüüsi puhul ei olegi oluline määratud absoluutväärtus vaid ainult suhteline muutus, ei mõjuta materjali erinevus tulemuste asjakohasust. Üks oluline nüanss, mida teostatud analüüs siiski ei arvesta, on puidu anisotroopsus: SolidWorks ei tee vahet, kus on detailil otspuit, radiaal- või tangentsiaalpind. Samuti ei kajasta eritlus toestusribide liimühendusi ja kohti, kus puidukiud on läbi lõigatud ja seeläbi detail nõrgenenud. Nendest puudustest hoolimata kirjeldavad analüüsi tulemused siiski esimeses lähenduses üldpilti.

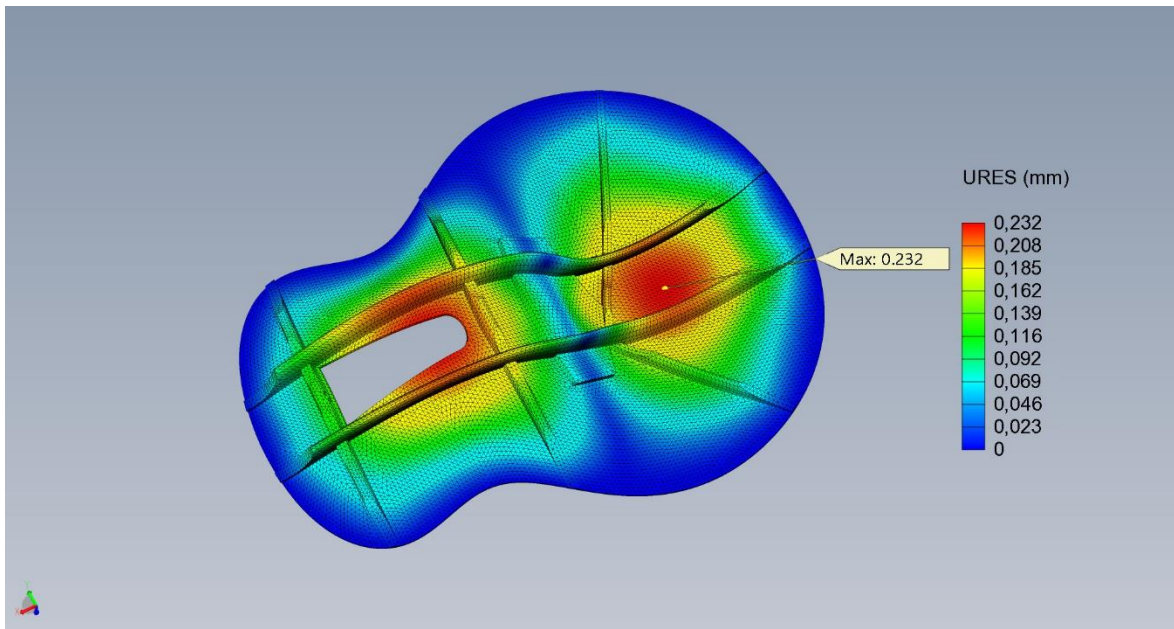
Joonistel 3 ja 4 kajastub lõplik võrdlussimulatsioon, kus roobile avaldati mõlemal juhul 900N suurust jõudu kitarr pea suunas ja analüüsiti saadud tulemusi. Ilmnes, et klassikalise X-toestuse puhul oli maksimaalne kõlalaua deformatsioon rohkem kui kolm korda suurem kui eksperimentaalse toestusega variandi puhul. Ühtlasi tuleb välja, et

eksperimentaalse toetusega kõlalaud on palju ühtlasemalt koormatud – deformeerivad jõud ei ole koondunud ühte väiksesse piirkonda.

Võib-olla on katsetoestik ka mõnevõrra üledimensioneeritud, olles 3,6% raskem kui X-toetus, kuid prototüüpkitarri autorile tundus mõistlik alustada konservatiivselt ja kui ajapikku selgub, et valmis pill kannatab koormust ilma nähtava deformeerumiseta, siis on tulevikus võimalik eksperimenteerida vähema toetusega.



Joonis 3. Klassikalise X-toetusega kõlalaua deformatsioon



Joonis 4. Prototüüpkitarri eksperimentaaltoetusega kõlalaua deformatsioon

2.4 Materjalide valik

Käesolevas lõputöös disainitud akustilise kitarr prototüübi valmistamiseks kasutatud materjalide valiku läbiv printsiip oli vältida sünteetiliste materjalide kasutamist, kus vähegi võimalik. Jättes kõrvale tarvitatud liimid ja viimistlusained, õnnestus sellest põhimõttest kinni pidada.

2.4.1 Kõlakast

Kitarri kõlakasti küljed ja tagakaas otsustati valmistada harilikust jalakast. Viimane pole küll levinud puit akustilise kitarr ehituses, kuid ei leidunud ühtegi mõjuvat põhjust, miks peaks jalakas kõlakasti ehituseks sobimatu olema. Kuna kõlakasti küljed olid planeeritud painutada tavalisest enam kui kaks korda jämedamast materjalist, osutus jalakas just sobilikuks valikuks, kuna see on erakordselt hästi auruga painutatav puiduliik (Stevens & Turner, 2006, pp. 6-8).

Käesoleva instrumendi valmistamiseks kasutatud jalakas on pärit Jõhvi pargist, kus see 2019. a alguses seenhaiguse tõttu langetati. Lõputöö autorile imponeeris mõte kasutada kohalikku eestimaist puitu kitarr valmistamisel, seda enam, et konkreetne materjal oli algselt määratud saama küttepuiduks, kuid nüüd oli võimalik puitu väärindada ja seda hoopis otstarbekamalt rakendada. Vähetähtis ei olnud ka asjaolu, et tänu seenhaigusele oli puit omandanud kohati omapäraseid mädaniku mustreid, mis lisasid valmis pillile iseloomu.

Suurema visuaalse põnevuse loomise huvides said detailide toorikud selliselt puidust välja saetud, et korruga jääks nähtavale nii heledam maltspuit kui ka tumedam lülipuit, kasutades nii ära puidu naturaalsel värvitoonide varieerumist.

Akustilise kitarr kõlalaua valmistamiseks kasutatakse reeglina erinevaid kuuseliike või seedrit (Cumpiano & Natelson, 1994, p. 93). Valik langes lõpuks alpi kuusele, mis on raskete kasvutingimuste tõttu väga tiheda süüga ja okaspuu kohta heade mehaaniliste tugevusnäitajatega ning parimate resonantsomadustega (Saarman & Veibri, 2006, p. 112). Lisaks hinnatakse seda ka ühtlaselt heleda värvitooni poolest.

2.4.2 Kael

Kitarr kaela materjaliks valiti suhkruvaher, eelkõige selle heade mehaaniliste omaduste, iseäranis suure tugevuse tõttu, mis on vajalik vältimaks kaela roomamist pideva pinge all, mida avaldavad kaelale kitarrikeeled (Hoadley, 2000, pp. 79, 95). Ka suhkruvahtra

puidu tonaalsus oli otsuse langetamisel kaalukas faktor, kuna jalaka maltspuiduline osa on vahtrast puidu toonilt praktiliselt eristamatu. Veel üks hea omadus, mis on suhkruvahtral võrreldes paljude teiste tugevate puiduliikidega just kitarriga kaela ehitamise seisukohast, on nimelt see, et vahtrapuidul ei ole suuri avatud poore. Sellised poorid tuleks enne viimistlemist veel täita spetsiaalse vaha või pahtliga, et saavutada täielikult sile pind, millel oleks meeldiv mängida.

Sõrmlaua tegemiseks otsustati kasutada gaboni eebenipuu, mis on akustilise kitarriga ehituses roosipuu kõrval selles rakenduses levinuimaid variante (Cumpiano & Natelson, 1994, p. 270). Just eebenipuu kasuks otsustamisel said lõpuks määravaks puhtalt esteetilised kaalutlused.

Krihvide materjali valikul oli peamiseks tingimuseks võimalikult väike hilisema hoolduse vajadus. Enamik kitarrikrihve valmistatakse melhiorist, mis on suhteliselt pehme metallisulam, tänu millele on sellest tehtud krihvitraadiga võrdlemisi kerge tööd teha (Cumpiano & Natelson, 1994, p. 271). Samal ajal aga on see pehmus põhjuseks, miks kitarrikrihvid kuluvad madalamaks ja lamedamaks, nõudes aja möödudes krihvide tasandamist ja uuesti profileerimist, kuni pideva kulumise tulemusel tuleb lõpuks krihvid sõrmlaual asendada. Säärase töömahuka hooldus- ja parandustsükli tõttu valiti antud kitarrile roostevabast terasest krihvid, mida on küll algselt keerulisem töödelda, kuid mille edasine hooldus seisneb nende mustusest puhastamises.

2.4.3 Roop ja sadulad

Akustilise kitarriga roop tehakse reeglina mõnest eebenipuu või roosipuu liigist (Sandberg, 2000, p. 115). Kuna sõrmlaua materjaliks oli valitud gaboni eebenipuu, siis otsustati roop valmistada visuaalse harmoonia huvides samast puudust.

Nii ülemise kui alumise sadula materjalidena sooviti vältida polümeerseid tehismaterjale ning selle kriteeriumi täitmiseks osutus sobivaks lehmalu. Et pleegitatud luu väljanägemine on liiga tehisklik ja äravahetamiseni sarnane plastikuga, läks naturaalse visuaali saavutamise eesmärgil kasutusse pleegitamata luu variant.

3 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE

3.1 Kõlakast

Kitarri prototüübi ehitus sai alguse kõlakasti külgede painutamisesest, kuna ei olnud täit veendumust, kas virtuaalselt üles joonistatud külgede vorm päriselus ka reaalsuseks õnnestub muuta. Seega tundus mõistlik kõige suurem küsitavus esimeses järjekorras selgeks teha.

Kõlakasti küljed saeti plangust välja järjestikku, et pärast raamatliites kokkuliimides küljed teineteist justkui peegeldaks. Seejärel jäeti 5,5 mm paksused küljetoorikud ööseks veega täidetud torusse. Järgmisel päeval mähibi esimene neist läbivettinud toorikutest fooliumisse ning kahe triikrauaga kuumutades aurutati see seestpoolt läbi ning pressiti kahepoolsesse vormi. Päeva lõpus võeti painutatud detail vormist välja ja eemaldati foolium ning seejärel suruti küljedetail kuivatusvormi, kus õhk pääses vabalt ringlema ja detail sai kuivada. Järgmisel päeval korrati sama protsessi teise küljetoorikuga. Juba kolme kuivamispäevaga olid küljedetailid sisuliselt saavutanud tasakaaluniiskuse.

Servadetailide lamineerimiseks vajalikud liistud lõigati samuti välja plangust järjestikku, et pärast lamineerimist jääks mulje, et tegemist on ühe monoliitse tükiga. Kuid enne kokkuliimimist kuivalt proovides oli siiski jalaka suurte pooride ja varieeruva puidu mustri tõttu selgelt aru saada, et tegemist on mitme erineva tükiga. Seepärast otsustati kõlakasti servadetailide nähtavas osas liimida 3 mm paksuste jalakaribade vahele 0,6 mm paksused vahtraspoonid ribad, samal ajal kui kõlalaua ja tagakaane alla varju jäävad servadetailide osad liimiti kokku 2 mm paksustest jalakaliistudest. Enne liimimist painutati liistud ligikaudsesse vormi spetsiaalse akustilise kitarri servade painutamiseks mõeldud kuuma painutusrauaga. Pärast liimimist saeti servadetailid jaapani saega pikkupidi pooleks ja peegeldati sarnaselt kõlakasti külgedega kitarri telgjoone suhtes.

Pärast servadetailide kõlakasti külge liimimist ühendati küljed pea- ja sabaklotsiga. Seejärel sai anda külgedele kumeruse ja servadele kalde, kasutades selleks liblikhõõvleid ja seal, kuhu nendega ligi ei pääsenud, rasplit. Lõplik vormimine toimus kaaplehega ning käsilihvimisega. Kuivõrd raamatliitetehnikas ühendatud külje- ja servadetailid ikkagi ühenduskohas puidusüü poolest pisut erinesid, otsustati liitekohtadesse lisada 4 mm laiused vahtratriibud.

Kõlakasti kõige kitsama koha peal liimiti kõlakasti külgedele täiendava garantiina läbipaindumise vastu põiktoed.

Kõlakasti ja kaela ühendus lahendati ahaneva kalasabakraadiga. Selleks tuli peaklotsi sisse peiteldada ahanev kraadisoon ning kuna kõlakasti küljed on kumerad, pidi külgedesse peiteldama lisaks kanna profiiliga pesa. See oli üks koht, kus kõlakasti külgede kumerus oluliselt prototüübi valmistamise protsessi komplitseeris.

Kõlalaud plaaniti valmistada 2 mm paksune, mis on akustilise kitarril kõlalaua paksuse alampiir (Cumpiano & Natelson, 1994, p. 104). Toormaterjal saabus Saksamaalt keskeltläbi 4 mm paksuste toorikutena. Esimese asjana servati need pika tallaga käsihöövliga, liimiti raamatliites plaadiks ning lõigati lintsaega välja umbkaudne kõlalaua kuju. Et sellist õhukest ja painduvat plaati lõplikku mõõtu hõoveldada osutus mõõdapäasmatuks ehitada töökoja tolmuimeja pealt töötav väike vaakumlaud, mis võimaldas nii kõlalaua kui ka tagakaane täpset dimensioneerimist. Kogu tagakaane töötlus toimus sarnaselt kõlalauale, ainult et toormaterjal tuli jalakaplangust välja saagida. Tagakaane raamatliide lahendati selliselt, et kaane keskel jookseb läbi kontrastne maltspuidu triip.

Lõplikus mõõdus kõlalaud ja tagakaas lihviti ketas- ja ostsilleeriva spindliga lihvijaga korrektsesse kujusse ning servati 2 mm vahtraribaga. Seejärel lihviti mõlema plaadi servad umbes 20 mm kauguselt kergelt kumeraks.

Eksperimentaalse kõlalaua toetuse tõttu ei olnud võimalik teha traditsioonilist ümmargust kõlaava, selle asemel disainiti kõlaava sõrmlaua jätkuna, jätkates ühtlasi ka sõrmlaua raamimise motiivi. Kõlaava ümber liimiti seega 2 mm vahtraliist, mis samal ajal annab kõlaavale juurde tugevust ja aitab ära hoida võimalikku kõlalaua lõhenemist. Kõlaava ümbritsevat rosetti otsustati mitte lisada, jäädes tagasihoidliku puhta joone juurde.

Kuusest valmistatud tagakaane toetus koosneb neljast ristisuunas tagakaanele liimitud ribist. Ribidele anti väikese käsihöövliga paraboolne profiil, otstest lõigati need peitliga kaarjalt 2 mm kõrguseks ning seejärel peiteldati kõlakasti servadesse nendele vastavad pesad. Nõnda välditakse võimalust, et tugiribid saaksid mõne löögi tagajärjel tagakaane küljest otstest liimist lahti kooruma hakata.

Kõlalaua toetus, mis on samuti kuusest, ühendati omavahel pooltappidega. Esimesena liimiti paika roobi toetus ning risti- ja diagonaalsuunalised ribad, viimasena kaks pikisuunalist põhituge. Ribid vormiti sarnaselt tagakaane tugele ja ka otsad tapiti analoogselt kõlakasti servade sisse (Foto 1).



Foto 1. Akustilise kitarrilise prototüüp ilma tagakaaneta

Erandlikult liimiti tagakaas ülejäänud kõlakasti külge Titebond Hide Glue'ga, mis on pöörduv liim, et tulevikus oleks vajadusel võimalik tagakaas lahti aurutada ja kõlakasti sisse pääseda.

3.2 Kael ja pea

Prototüüpkitarrilise kael otsustati valmistada võimalusel ühes tükis, et tagada katkematu puidusüü jooks ning vältida liimijooni. Ainsana tuli liimühendust kasutada kaela kanna juures, kuid kuna kokkuliimitud tükid olid lõigatud samast toorikust, õnnestus saavutada üsna märkamatu liide.

Kitarrilise sõrmlaud liimitakse tavaliselt kaela peale ning olenevalt pillist kas raamitakse kontrastse plastikribaga, kaelaga samast puidust ribaga või jäetakse servad raamimata. Antud pillil otsustati kasutada teist varianti, kuid juba mainitud liimijoonete vältimise eesmärgil uputati sõrmlaud kaela sisse. Selleks freesiti vastava rakise järgi kaelatoorikusse 7 mm sügavune pesa, mille nurgad peiteldati teravaks. Pesasse lükati samasse profiili lõigatud sõrmlaua toorik ning liimiti kinni. Kuna nii sõrmlaud kui ka vastav pesa on koonduva profiiliga, mis end kokku lükates kinni poovad, õnnestus sõrmlaua külgi vähehaaval käsihöövliga korrigeerides saavutada väga täpne ühendus. Sõrmlaua alumisse otsa, kust sõrmlaud pesasse lükati, tuli hiljem lisada vahtrast eerungliites liist, mis lõpetas sõrmlaua raamimise. Sõrmlaua külgedele lisati 2 mm läbimõõduga pärlmutrist astmemärgid, mis muidu jäävad üsna silmatorkamatuks, kuid mis kitarrilise mängides on siiski selgesti

leitavad. Sõrmlaua peale otsustati astmemärke mitte lisada, hoidmaks ära liigset visuaalset müra.

Ühes tükis kitarrri kaela ja pea konstruktsioon on tavaliselt problemaatiline, kuna kitarrri pea on kaela suhtes nurga all, aga puidusüü jookseb sirgelt piki kaela ja seega viltu pea suhtes. See tähendab, et peasos on puidukiud läbi lõigatud ning kitarrri pea võib löögi või kukkumise tulemusel lihtasti puruneda. Selle vältimiseks on pea pealmise pinna sisse uputatud eebenipuust plaat sarnaselt kõlalauaga, mis nii tugevdab pead kui ka jätkab raamitud kõlalaua motiivi.

Puit üksinda ei ole piisavalt jäik, et vastu pidada kitarrri keelte pikaajalisele pingele. Ilma täiendava abita painduks kael ajapikku kõveraks ja keeled jääksid kõlalauast liiga kaugemale. Selle paindumise ärahoidmiseks paigaldatakse kitarrri kaela sisse kõlalaua alla terasest pingutusvarras, mida reguleerides saab kaela tagasi lamedamaks väänata. Antud kitarrri puhul freesiti kaela sisse rakise abil varda jaoks pesa ning korrigeeriti kanali sügavust keskmises osas põhjahöövliga täpseks. Valitud varras on nn Martini stiilis ehk pingutusvarras paikneb alumiiniumist u-kanalis, mis liimiti epoksiidvaiguga kaela sisse. Sisseliimitud alumiiniumkanal lisab ühtlasi kaelale täiendavat jäikust ja stabiilsust, mis oli üheosalise kaela tõttu vajalik.

Enne sõrmlaua kaela külge liimimist tuli jaapani saega sõrmlaua sisse lõigata krihvisooned. Eesmärk oli jätta krihvid kummastki otsast 1 mm kitsamad kui kitarrri kael, seega ei tohtinud krihvisooned ulatuda läbi sõrmlauda raamiva liistu. Seejärel hööveldati sõrmlaud käsihöövliga õigesse kõrgusesse ning anti sellele sobiv raadius, mis sõltub pillimängija isiklikust eelistusest. Konkreetse instrumendi puhul oli selleks 9,5 tolli. Samuti pidi krihvid enne sõrmlaua sisse surumist, mis toimus spetsiaalse rakise abil puurpingis, õigesse pikkusesse lõikama ning viiliga krihvioletele soovitud ümarad profiilid andma. Pärast mida toimus rihtlata külge liimitud liivapaberiga krihviolete tasandamine. Edasi taastati spetsiaalse nõgusa viiliga krihviolete ümar profiil ning lõpuks poleeriti krihvid minifreesi abil.

Pea kuju disainiti võimalikult väike, et vähendada massi ja seega kitarrri pead mängides allasuruvat jõudu, seda enam, et kaela ja kõlakasti ühenduskoht on nihutatud peast pisut kaugemale, mistõttu on jõuõlg pikenenud. Ühtlasi tuli pea vormi kujundamises silmas pidada, et keeled jookseksid sadulast pingutiteni võimalikult sirgelt, mis vähendab võimalust, et keeled hakkavad sadula soontesse kiiluma, halvendades nõnda pilli hääles püsimist (Fliegler, 1994, p. 31). Prototüüpkitarrri ümarate vormidega ei harmoniseerunud

klassikaline tasapinnaline kitarriga pea. Seetõttu sai pea pealmisele pinnale liblikhõõvli ja kaaplehega antud kõlalauale sarnane raadius ning külgedele kaela profiiliga riimuv kumer kalle. Kumera pealispinna tõttu tuli pingutite avadele puurida täiendav faas, et pingutite seibid osaliselt pea sisse uputada.

Kaela profiili tegemisel ei võetud eeskujuks ühte kindlat üldlevinut varianti, vaid siht oli saavutada meistri käele sobiv vorm. Selleks raspeldati esimese ja kaheteistkümnenda krihvi kohal ligikaudne profiil kaelale valmis ning seejärel eemaldati ülejäänud materjal nende kohtade vahel liimeistri ja liblikhõõvlitega. Lõpptulemus sarnaneb enim C-profiiliga. Kaela kõige kitsamasse ja seega kõige nõrgemasse kohta ehk ülemise sadula kohale jäeti lisamaterjali, millest vormiti rasplitega tugevust andev voluut. Kaela kand vormiti sarnaselt rasplitega antud pillile juba iseloomulikku ümarasse vormi.

3.3 Roop ja sadulad

Akustilise kitarriga prototüübi roop otsustati teha võimalikult väike, et vähendada kõlalaua üldist massi. Selleks kasutati akustiliste kitarride puhul praktiliselt tundmatut *wraparound* roobi disaini, kus keeled lükatakse läbi roobi kaela poolt ning pööratakse seejärel tagasi üle roobi ja alumise sadula (Foto 2). Minimalistliku vormiga roop hõõveldati toorikust välja käsihõõvliga ning sadula pesa uuristati sisse peitlitega, samamoodi nagu ka ülemise sadula pesa kaelas. Keelte avad puuriti läbi roobi nii, et avad järgivad roobi kumerat profiili, mis omakorda peegeldab kaela raadiust. Kuna väikesel roobil on ka väike liimipind kõlalauaga, siis kinnitati sadul läbi kõlalaua roobi toetuse külge veel lisaks nelja 3 mm läbimõõduga vahtratihvtiga. Kaks neist paigutati võimalikult roobi tagumise serva lähedale, et aidata paremini vastu panna rotatsioonilistele jõududele. Parima liimühenduse saamiseks puhastati eebenipuust roop eelnevalt naturaalsest õldestatsetooniga. Sarnaselt käituti ka teiste eebenipuust detailidega.

Lehmaluust sadulad viiliti esmalt õigesse laiusesse ja kõrgusesse ning seejärel viililti spetsiaalsete sadulaviilidega sisse keelte sooned. Ühtlase läbiva joone hoidmiseks otsustati ülemine sadul analoogselt krihvidega süvistada kõlalaua sisse nõnda, et sadula otsad lõppevad 1 mm enne sõrmlauda ära ja sõrmlaua vahtrast serv läheb katkematult üle pea servaks.

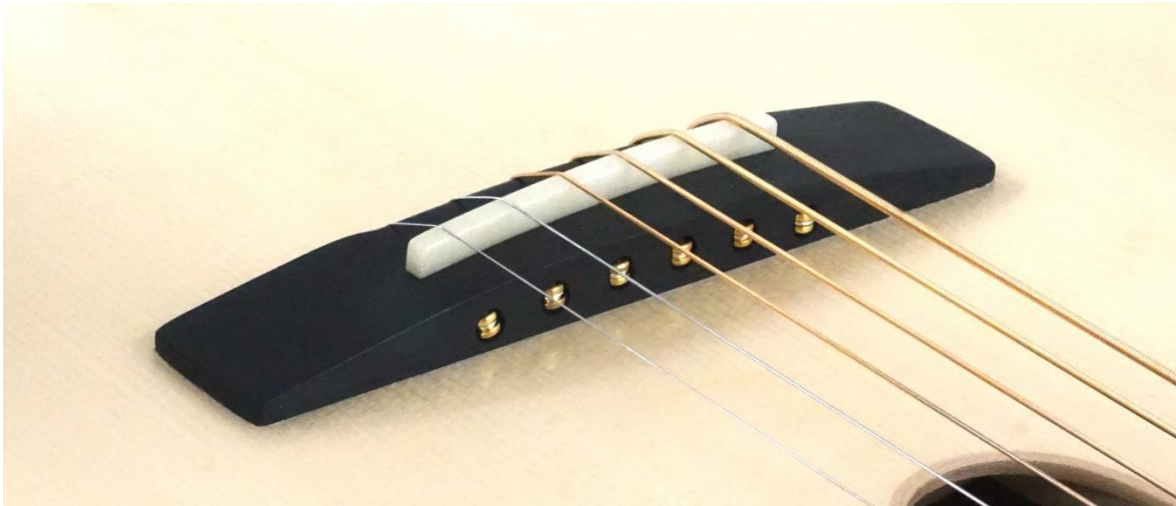


Foto 2. Akustilise kitarriprototüübi roop

3.4 Viimistlus

Peamiseks viimistlusvahendiks valiti Rustinsi Danish Oil, mis oma põhiolemuselt on sünteetilise vaiguga modifitseeritud tungaõli. Selle toote kasuks otsustamisel said määravaks viimistletud puidu meeldiv siidine pind, väljapeetud sügav satiinmatt läige, tungaõli võime sügavale puitu imenduda ning seeläbi puitu kaitsta, hea omadus viimistlust vajadusel tulevikus kerge vaevaga parandada ja varasemad positiivsed kogemused kõnealuse tootega.

Kõlalauda viimistlemiseks ei peetud Danish Oili pakutavat kaitset piisavaks. Kuna kõlalaud saab suurt koormust ning on valmistatud suhteliselt pehmest alpi kuusest, mis kergesti kriimustub, eriti mediaatoriga mängu korral, nähti vajadust kõlalauda katta tugeva kelmet moodustava viimistlusega. Selleks viimistluseks valiti Sayerlacki firma kahekomponentne kruntlakk TU0054 koos kahekomponentse kattelakiga TZ70/90 ja kõvendiga TH0790. Viimast lisati kattelakile kahekordne tavaline kogus, tugevama kelme moodustumiseks. Konkreetsete toodete valikul sai määravaks nende minimaalne kolletumine ajas, mis laseb heledal alpi kuusel ülejäänud kitarrist esile tõusta. Kvaliteetseima tulemuse saavutamiseks kanti lakk peale lakipüstoliga. Et pilli konstruktsioon oli disainitud selliselt, et kõlalauda sai eraldi enne pealeliimimist lõpuni valmis teha, osutus säärane mitme viimistluse kasutamine kõlakasti erinevatel osadel ka probleemivabaks. Lisakaitse ja puutele meeldiva pinna saamiseks ühtlustati lakitud pind nr. 0000 terasvillaga ning kaeti Liberon Black Bison värvitu antiikvahaga ja poleeriti.

Sõrmlaud ja roop, mis valmistati eebenipuust jäetakse sageli akustilistel kitarridel viimistlemata, kuna eebenipuit ise sisaldab naturaalselt palju õlisid. Siiski kasutatakse vahel nende liigse kuivamise ja võimaliku pragunemise vältimiseks mittekuivavaid õlisid, peaaesjalikult sidruniõli (Paul Bothner Music, 2019). Kuna antud pilli hoiustatakse edaspidi keskküttega korteris, peeti vajalikuks kütteperioodi liigse kuivuse eest kaitseks kõnealused detailid viimistleda kameeliaõliga, mis on samuti mittekuivav looduslik õli.

3.5 Lõppmontaaž

Viimases järjekorras monteeriti külge Gotoh firma pingutid, mis said valitud nii kvaliteedi, viimistluse kui ka vormi järgi. Pingutid paigutati tagurpidi, vasakul pool pead asuvad parema poole pingutid ja vastupidi, selleks et need saaks nõnda väiksel peal soovitud nurga alla keerata. Pingutite tagurpidisest paigutusest põhjustatult tuleb prototüüppillil keeli reguleerides pinguteid keerata vastupidi harjumuspärasele suunale. Ehitusprotsessi lõpetas keelte pealepanek, millega oli eksperimentaalse akustilise kitarr prototüüp valmis (Foto 3).



Foto 3. Akustilise kitarrı prototüübi eestvaade (Henri Tabur)

4 EKSPERIMENTAALNE OSA

4.1 Katse ülesehitus

Uurimaks, kuidas valminud eksperimentaalse akustilise kitarriga kõla kannatab võrdlust kaubanduses pakutavate klassikalise lähenemisega konstrueeritud pillidega, sai koostatud ja läbi viidud pimekatse. Pimekatses lasti katsealustel kuulata viie erineva akustilise kitarriga linti mängitud sama viisijuppi ning paluti need pärast kitarriga kõla järgi pingeritta seada. Katses kasutatavad kitarrid asetati erinevatesse hinnaklassidesse ning erinesid selgesti kasutatud materjalide poolest. Esindatud olid lisaks prototüüpillile alates kallimast: Taylor 214ce, Norman Protégé B18, Yamaha F310 ja tundamtu Williams.

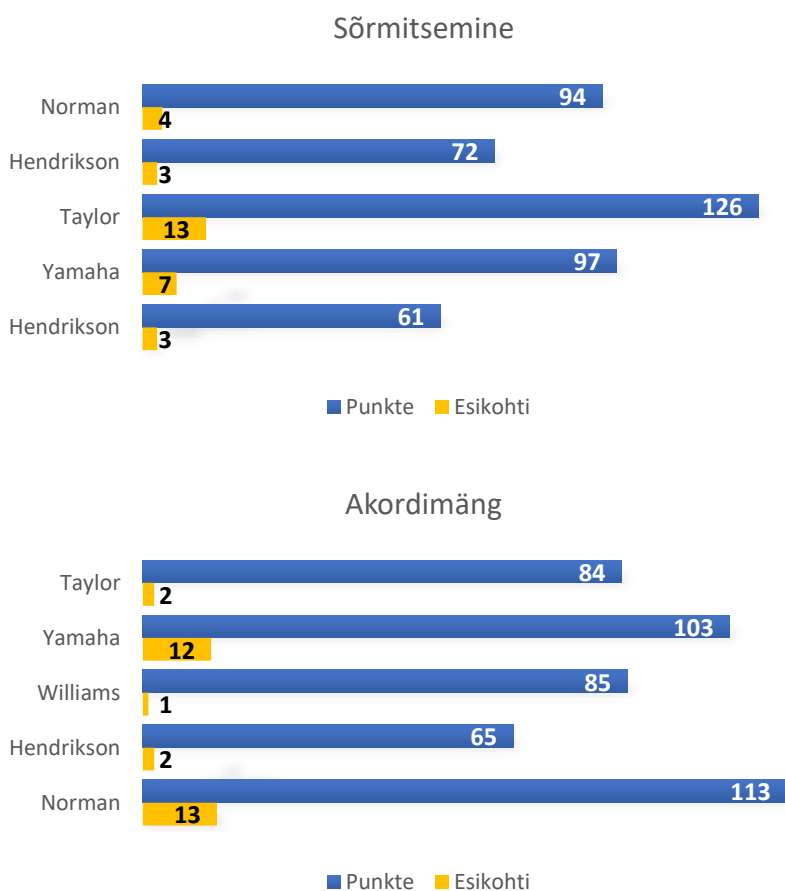
Esimeses katse pooles oli viisijupp sisse mängitud sõrmitsemise tehnikas, teises pooles oli kasutatud mediaatorit ja esitatud akordimängu. Mõlemal juhul oli kasutatud pillide järjekord erinev. Et katsealuste tähelepanu ei hajuks ja esimeste kuulnud kitarride kõla ei oleks enne viimaste kuulmist ära ununenud, said katsed tehtud võimalikult lühikesed. Samas, et kitarride tämber ja iseloom selgesti välja joonistuks, pidid heliklipid olema piisava pikkusega. Sellest tulenevalt, kujunes sõrmitsemise tehnika katseklipp kokku minutiliseks ja akordimängu oma kaheminutiliseks. Kui ühe kuulamisega ei olnud selge pingerida välja kujunenud, võisid katses osalejad soovi korral klippe veel kord üle kuulata.

Ühtlasema tulemuse saavutamiseks toimus lindistamine Kõrgema Kunstikooli Pallas helistuudios ning kitarride salvestamisel kasutati professionaalse kitarristi abi. Muutujate vähendamiseks kasutati katse läbiviimisel helifailide taasaesitamiseks kõikidel juhtudel sama tehnikat: Olympus LS-P1 helisalvestit ja Beats A1746 kõrvaklappe. Võimaliku teadliku või alateadliku erapoolikuse vältimiseks ei olnud katsealused varem kuulnud lõputöö käigus valminud kitarriga, ega teadnud selle kõla.

Lisaülesandena sai uuritud, kuidas inimesed üldse teevad vahet erinevate akustiliste kitarride kõlal. Selle tarbeks oli esimeses katse pooles Williams välja jäetud ja prototüüpill esindatud kaks korda. Soov oli näha, kas sama pilli kõla asetatakse pingereas järjestikku, või mahub nende vahele teisi kitarrid, mis näitaks, et instrumentidel ei olnud lihtsasti võimalik heli järgi vahet teha.

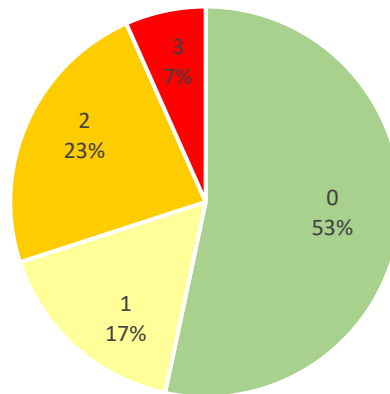
4.2 Tulemused ja arutelu

Akustika pimekatses osales ühtekokku 30 katsealust. Kitarridele anti punkte viiepalliskaalal, kus 5 oli kõrgeim hinne. Jooniselt 5 nähtub, et kuigi vahed erinevate kitarride vahel ei ole suured ja pingeread on mõlema katse korral erinevad, siis prototüüpkitarr platseerus mõlemal juhul siiski viimaseks. Samas saavutasid kõik kitarrid mõlemas katseosas esikohti, mis näitab, et maitseid on erinevad. Palju oleneb, ka sellest, kes mida kõla juures hindab. Kas oluliseks peetakse kõla selgust või mahedust, kas seda, et kõrged ja madalad helid oleks tasakaalus või meeldib hoopis mahlakas bass jne. Huvitava ääremärkusena võib täheldada, et sõrmitsemises parima tulemuse teinud Taylorit hinnati akordimängus poeinstrumentidest kõige kesisemaks, jäädes napilt alla isegi katse soodsaimale, orienteerivalt tuhat eurot odavamale, Williamsile. See tulemus näitab veelkord, et mõne pilli tugevused tulevadki paremini esile, ja nõrkused jäävad rohkem varju, teatud mängutehnikate ja muusikažanrite juures.



Joonis 5. Pimekatses kitarridele antud punktid ja esikohtade arv

Paljudele katsealustele valmistas raskusi akustiliste kitarride eristamine helisalvestiste põhjal. Jooniselt 6 paistab välja, et ligemale pooltel juhtudel ei paigutatud ühe pilli kahte sama salvestust pingereas järjestikku ja seitsmel protsendil juhtudest hinnati prototüüpilli samaaegselt nii kõige parema kõlaga kui ka kõige kehvema kõlaga kitarriks.



Joonis 6. Esimeses katsepooles pingereas prototüüpkitarri salvestuste vahele mahtunud instrumentide arv

Antud lõputöö raames teostatud akustika pimekatse näitab, et valminud akustilise kitarr prototüübil ei ole universaalselt imponeeriv kõlapilt, kuid sel on siiski teatud spetsiifiline sarm. Prototüübi idee tõestuse seisukohast võib lugeda tulemuse rahuldavaks. Samas ei oleks üldse mõtet erinevatel kitarridel, ja laiemalt keelpillidel nagu mandoliin või balalaika, kui oleks olemas üks õige ja hea kitarr standardkõla. Edasise eksperimenteerimise käigus kõlalaua toetuse täpse geomeetria ja kõlakasti materjalidega püsib aga jätkuvalt võimalus prototüüpilli akustikat edasi arendada.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli disainida eeskujuliku mängumugavuse ja tugeva konstruktsiooniga akustilise kitarr prototüüp. Selle eesmärgi saavutamiseks alustati kõigepealt raalprojekteerimisega, mille käigus leiti sobivad lahendused kitarr kõlakasti kandiliste servade pehendamiseks, külgede kumeraks muutmiseks ja kogu kõlakasti ehituse vastupidavamaks konstrueerimiseks. Tugeva konstruktsiooni saavutamiseks ei tuginetud ainult intuitsioonile, vaid viidi läbi ka arvutisimulatsioonid, et leida optimaalne lahendus. Lõpliku kõlalaua toetuse variandi deformatsioon oli simulatsioonis kolm korda väiksem kui traditsioonilise versiooni puhul.

Digitaalmaailmas valminud 3D-mudeli põhjal ehitati järgmise sammuna valmis ka reaalne instrument, mille abil kummutati kahtlusi väljatöötatud disaini toimivuse ja teostatavuse koha pealt. Valmistamisprotsessi käigus ilmnis ka mõningaid aspekte, mida tulevaste mudelite puhul lihtsustada või muuta, näiteks tasub kaaluda kitarr kaela ja kõlakasti ühenduse ümberdisainimist.

Uudse kõlakasti konstruktsiooniga prototüüpkitarr kõlaomaduste uurimiseks läbiviidud akustika pimekatse andis kasulikke tulemusi. Selgus, et kuigi enamiku katsealuste hinnangul ei olnud selle pilli kõla parimate killast, leidis siiski ka neid, kellele just selline teistmoodi ja võib-olla pisut harjumatu kitarr tämber just imponeeris. Samal ajal selgus, et teatud protsendi inimeste jaoks ei ole erinevate kitarride kõlapildid usaldusväärselt eristatavad.

Kindlasti on veel ruumi täiendada ja peenreguleerida antud lõputöö käigus valminud kitarr akustilisi omadusi. Kõlalaua toetuse täpse geomeetria ja kõlakasti materjalidega eksperimenteerides, võib resultaat olla akustiliselt äraarvamatu.

SUMMARY

Acoustic Guitar Prototype

The aim of this thesis was to design an acoustic guitar prototype that was more comfortable to play and more resistant to warping than those models found in stores, as it had long been a wish of the author to acquire an acoustic guitar, but the unergonomic shape and fragile construction of traditional steel string acoustics had been a sticking point.

To that end this new acoustic guitar was designed with bevelled edges to make the guitar more pleasant to hold especially when playing seated. The sides of the guitar were also reimagined to have a shallow curve across their profile. Experimental guitar top bracing was devised in order to make the top be more able to retain its shape under the constant strain of the strings.

With the help of computer-aided design software a detailed 3D-model was first produced. This model was used to make accurate templates and to visualise and plan the whole building process of the prototype. In addition to that it was also possible to use this model to analyse the bracing pattern for deformation when acted upon by an equivalent force to that of the guitar strings in real life. It was found that the top with experimental bracing deformed three times less than a top with traditional x-bracing.

In order to gauge the sound quality of the acoustic guitar prototype a blind test was conceived where test subjects were asked to rate the tone of different acoustic guitars. Although the prototype guitar came in last place in this test, it still received top marks from some participants showing that while it does not have a universally liked timbre, it still had some specific appeal. The test also revealed that a not insignificant percentage of people cannot reliably distinguish between the tones of different acoustic guitars.

The opportunity now presents itself to fine adjust the design and build upon this work. Further experimentation with the precise geometry of the bracing and the materials of the guitar body may yield unpredictable acoustic results in the future.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Cumpiano, W., & Natelson, J. (1994). *Guitarmaking, tradition and technology*. San Francisco: Chronicle Books.
- Fliegler, R. (1994). *The complete guide to guitar and amp maintenance*. Milwaukee: Hal Leonard Corporation.
- Haze Guitars. (2020). *Neck reset - the theory*. Retrieved 5 31, 2022, from Haze Guitars: <https://hazeguitars.com/blog/neck-reset-introduction>
- Hoadley, R. (2000). *Understanding wood : a craftsman's guide to wood technology*. Newtown: Taunton Press.
- Paul Bothner Music. (2019). *Guitar maintenance tips: when to oil your fretboard*. Retrieved 05 31, 2022, from Bothners: <https://bothners.co.za/guitar-maintenance-tips-when-to-oil-your-fretboard/>
- Saarman, E., & Veibri, U. (2006). *Puiduteadus*. Tartu: Eesti Metsaselts.
- Sandberg, L. (2000). *The acoustic guitar guide: everything you need to know to buy and maintain a new or used guitar*. Chicago: Chicago Review Press.
- Stevens, W., & Turner, N. (2006). *Solid and laminated wood bending*. Amsterdam: Fredonia Books.

LISAD

Lisa 1. Spetsifikatsioonid

| | |
|----------------------|------------------|
| Kõlalaud | Alpi kuusk |
| Kael | Suhkruvaher |
| Tagakaas ja küljed | Harilik jalakas |
| Sõrmlaud | Gaboni eebenipuu |
| Roop | Gaboni eebenipuu |
| Ülemine sadul | Pleegitamata luu |
| Alumine sadul | Pleegitamata luu |
| Krihvid | Roostevaba teras |
| Krihvide arv | 21 |
| Pingutid | Gotoh SGL510Z-L5 |
| Mensuur | 630 mm |
| Ülemise sadula laius | 43,8 mm |
| Sõrmlaua raadius | 241,3 mm |
| Kaela profiil | C |
| Mass | 2,04 kg |
| Värv | Naturaalne |

Lisa 2. Tootefotod



Foto 4. Akustilise kitarr prototüübi tagantvaade (Henri Tabur)



Foto 5. Akustilise kitari prototüübi poolprofiil (Henri Tabur)



Foto 6. Akustilise kitarrilise prototüübi kõlalaua detailvaade (Henri Tabur)