

Opinnäytetyö (AMK)  
Muotoilun koulutusohjelma  
Tuotemuotoilu ja valmistus  
2011

Ossi Alisaari

# SÄHKÖKITARAMALLIN SUUNNITTELU MUSITEC TMI:LLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Muotoilun koulutusohjelma | Tuotemuotoilu ja valmistus

31.3.2011 | Sivumäärä 58

Ohjaaja: Tarmo Karhu

Tekijä: Ossi Alisaari

# SÄHKÖKITARAMALLIN SUUNNITTELU MUSITEC TMI:LLE

Opinnäytetyön tekijän tausta soitinrakentajana sekä turkulaisen Musitec Tmi:n tarve omalle sähkökitaramallille olivat tämän opinnäytetyön lähtökohtina. Työn tavoitteena oli suunnitella sähkökitaramalli Musitec Tmi:lle, joka oli työn toimeksiantaja. Lisäksi tavoitteena oli kartoittaa kotimaisten puulajien soveltuvuutta sähkökitaran materiaaleiksi. Toimeksiantaja tarvitsi kitarasta 3D-mallinnusohjelmalla piirretyt tiedostot, joiden pohjalta suurin osa kitaran muodoista voidaan myöhemmin työstää CNC-koneella.

Tutkimus tehtiin kvalitatiivisella menetelmällä, ja se oli luonteeltaan kuvailevaa ja kartoittavaa (Hirsjärvi ym. 2007, 151–157), koska sen tarkoituksena oli kuvailla ja kartoittaa kitaroissa yleisimmin käytettäviä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia. Toimeksiantajaa haastateltiin käyttäen tiedonhankintamenetelmänä teemahaastattelua. Lisäksi haastateltiin soitinrakennusalan ammattilaisia materiaalivalintojen tueksi. Haastatteluiden lisäksi tiedonhankinnassa käytettiin pääosin kirjallisia lähteitä, jotka käsittelivät sähkökitaroita, niiden valmistamista ja erilaisten puumateriaalien ominaisuuksia. Muotoiluprosessi eteni siten, että toimeksiantaja valitsi luonnoksista kitaramallin, josta valmistettiin hahmomallit, joiden perusteella lopullinen muoto löytyi.

Opinnäytetyön päätuloksena oli 3D-piirroksat uudesta sähkökitaramallista Musitec Tmi:lle. Sähkökitaran rungon ja kaulan materiaaleiksi valittiin kotimainen leppä. Merkittävä uudistus kitaran muotoilussa oli kitaran virituskoneistojen uudenlainen sijoittelu.

ASIASANAT:

sähkökitara, kitara, puulajit

Author: Ossi Alisaari

## DESIGNING AN ELECTRIC GUITAR MODEL TO MUSITEC LTD.

The luthier background of the writer of this Bachelor's thesis and Musitec Ltd.'s need for its own electric guitar model were the basis for this thesis. The objective for this thesis was to design an electric guitar to Musitec Ltd. and also to survey the suitability of Finnish wood as a material for an electric guitar. The client needed 3D-files of the guitar of which most of the guitar parts can be machined with a CNC-machine.

The research was made with a qualitative method which was describing and surveying (Hirsjärvi etc. 2007, 151–157), because the meaning of the research was to describe and survey the materials that are commonly used in guitar making and the qualities of those materials. The client was interviewed using a themed interview as a method for collecting data. In addition some professional luthiers were interviewed to collect some background information to be used as a support for the selection of the materials. Along with the interviews also literature about electric guitars and their manufacturing and the qualities of different kinds of Finnish wood were used to collect background data.

The design process proceeded so that a guitar model was first selected by the client from hand drawn sketches. Next the mock-up models were made of the selected model. The final shape of the guitar was found on the grounds of the mock-up models.

The main results of this thesis were the 3D-drawings of a new electric guitar model for Musitec Ltd. Finnish alder was selected as the material for the body and the neck of the guitar. The new way of positioning the tuning machines was a significant innovation in guitar design.

### KEYWORDS:

Electric guitar, guitar, wood

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 SÄHKÖKITARA</b>	<b>8</b>
2.1 Sähkökitaraan liittyvä käsitteistö	8
2.2 Historiaa	10
<b>3 TAVOITTEET JA TIEDONHANKINTA</b>	<b>13</b>
3.1 Opinnäytetyöni tavoitteet ja viitekehys	13
3.2 Tiedonhankintakysymykset ja -menetelmät	15
<b>4 TIEDONHANKINNAN TULOKSET JA TULOSTEN ANALYYSI</b>	<b>16</b>
4.1 Teemahaastattelun satoa	16
4.2 Materiaalikartoitus	23
<b>5 SÄHKÖKITARAN MUOTOILUPROSESSI</b>	<b>29</b>
5.1 Kitaramallin luonnostelu	29
5.2 Hahmomallien valmistus sekä niiden käyttö muotoilutyön apuna	36
5.3 Lavan muotoilu	43
5.4 3D-mallinnus	45
5.5 Tulokset	49
<b>6 POHDINTA</b>	<b>52</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>54</b>

# LIITTEET

Liite 1. Kitaramallin luonnoksia

Liite 2. 3D-mallinnettuja kuvia lopullisesta mallista

# KUVAT

Kuva 1. Sähkökitaran rakenne (mallina Fender Telecaster)	8
Kuva 2. Gibsonin Les Paul ja Fenderin Telecaster –sähkökitaramallit	12
Kuva 3. Syysuunnat ja liitostavat. Puun syyt on kuvattu punaisella värillä	18
Kuva 4. Kahdesta palasta valmistetun kaulan sahaus lankusta. Punainen katkoviiva kuvaa lapakulman sahausta.	18
Kuva 5. Kitaran kaulat. Kaulassa A ei ole lapakulmaa. Kaulassa B on lapakulma. Kielet on merkitty punaisella viivalla.	19
Kuva 6. Kielilinjat suorassa (A) ja epäsuorassa linjassa (B)	20
Kuva 7. Gibson-tyyppisen kaksiosaisen tallan säätö sivulta kuvattuna. Vasemmalla on kieltensidit ja oikealla talle	21
Kuva 8. Kaulan ja otelaudan poikkileikkaus. Syykuviot on esitetty punaisella värillä.	25
Kuva 9. Kahdesta palasta valmistettu kaula	26
Kuva 10. Stratocasterin mittoihin perustuva apuviivakuva. Siniset katkoviivat kuvaavat mikrofonien paikkoja. Punaiset viivat vasemmalta oikealle ovat talle, 21. otelautanauha, 12. otelautanauha sekä satula.	30
Kuva 11. Malli 1	31
Kuva 12. Malli 2	31
Kuva 13. Malli 3	32
Kuva 14. Malli 4	32
Kuva 15. Malli 5	33
Kuva 16. Malli 6	33
Kuva 17. Malli 7	34
Kuva 18. Mallit 8 ja 9	34
Kuva 19. Mallit A, B ja C ylhäältä alaspäin	35
Kuva 20. Laserilla leikatut piirtomallit	37
Kuva 21. Styroxista valmistettu hahmomalli viistetyillä reunoilla	39
Kuva 22. Styroksinen hahmomalli pyöristetyillä reunoilla	40
Kuva 23. Kaulakulma	41
Kuva 24. Kaulakulman mittaus	41
Kuva 25. Kaulan hahmomalli ja mikrofonin ura	42
Kuva 26. Kaulan kiinnitys runkoon	43
Kuva 27. Virituskoneistojen asetelun hahmottelu piirroksen avulla	44
Kuva 28. Lapamallit A ja B	45
Kuva 29. Mikrofonityypit vasemmalta oikealle: kaksikelainen Humbucker, yksikelainen P-90 sekä yksikelainen Fender-tyyppinen mikrofoni	46
Kuva 30. Mallinnettu runko. Kaulatasku 1, kontrollikolo 2, mikrofonin syvennys 3, kaksikelaisen mikrofonin korkeudensäätöruuvien kolot 4	47
Kuva 31. Mallinnettu kaula	48

Kuva 32. 3D-mallinnettu kitara	49
Kuva 33. Hahmomalli kitaralaukussa	50

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Viitekehys.	14
----------------------	----

# 1 JOHDANTO

Kun teini-ikäisenä kiinnostuin kitaran soitosta, huomasin, että sähkökitara on yksi rockmusiikin ilmaisuvoimaisimmista soittimista. Kiinnostukseni johti minut 2000-luvun alkupuolella opiskelemaan Ikaalisten käsi- ja taideteollisuusoppilaitokseen soitinrakennusta. Opintoihin kuului työharjoittelujakso, josta puolet suoritin Musitecissa, joka on Turun keskustassa sijaitseva soitinrakennusyritys. Musitec valmistaa asiakkailleen yksilöityjä sähkökitaroita ja bassoja sekä huoltaa erilaisia kielisoittimia kaikkialle Suomeen jo 20 vuoden kokemuksella (Kärnä 2010).

Kyseisen harjoittelujakson aikana tutustuin Tapani Kärnä'n yritykseen ja sen toimintatapoihin. Toisen puolen harjoittelustani suoritin Paimion Puupojilla. Siellä työnkuvaani kuului Ruokangas-sähkökitaroiden runkojen sekä kaulojen viimeistely ja pintakäsittely. Sen myötä opin sähkökitaroiden valmistamisesta entistä enemmän. Valmistuin Ikaalisista soitinrakentaja-artesaaniksi vuonna 2004. Tällä hetkellä teen opintojen ohella Musitecille alihankintana soitinten huoltotöitä päivän viikossa.

Useilla soitinrakentajilla on yksi tai useampi oma akustinen tai sähkökitaramalli. Tästä sain ajatuksen tarjota Kärnäälle mahdollisuutta käyttää muotoilua opiskelevan soitinrakentajan palveluksia Musitecin oman sähkökitaramallin suunnittelussa. Kärnä innostui ajatuksesta, ja näin ollen opinnäytetyöni toimeksiantajaksi tuli Musitec Tmi.

Minua kiinnostaa ympäristöystävällisten tuotteiden muotoilu, koska mielestäni jokaisella muotoilijalla on velvollisuus ajatella suunnittelemiensa tuotteiden ympäristövaikutuksia. Muotoilijoilla ja suunnittelijoilla on myös paremmat mahdollisuudet hidastaa luonnon rappeutumista kuin poliitikoilla, ekonomeilla, liikemiehillä ja jopa luonnonsuojelijoilla (Fuad-Luke 2002, 15). Tämän johdosta ehdotin Tapani Kärnäälle ympäristöystävällisen sähkökitaran suunnittelua, ja

hänkin innostui ajatuksesta. Kitarassa tultaisiin pääosin käyttämään Suomessa kasvavia puulajeja sekä myrkyttömiä pintakäsittelyaineita.

Yhteiskunnassa vallitseva kasvava kiinnostus ympäristöystävällisten tuotteiden valmistamiseen näkyy laajemminkin kitaroiden ja muiden soittimien valmistuksessa. Suuret soitinvalmistajat kuten Gibson, Martin, Fender, Taylor, Guild ja Yamaha, tekevät yhteistyötä Greenpeacen kanssa ja käyttävät soittimissaan FSC-sertifioituja puita (Who Is In? 2007). Tämän ”Music Wood Coalitionin” tavoitteena on rohkaista maanomistajia anomaan FSC-sertifikaattia, jonka avulla hakkuumenetelmät saattettaisiin sellaisiksi, että ne turvaisivat alueiden ikivanhojen metsien säilymisen ja samalla soitinpuiden saatavuuden tulevaisuudessakin (Smith 2007).

Suomessa on valmistajia, jotka käyttävät joissakin kitaramalleissaan pääosin kotimaisia puita. Landola, Lottonen Guitars Oy ja Versoul ovat esimerkkejä tällaisista kitaran valmistajista. Nämä valmistajat käyttävät kuitenkin ulkomaisia puita kitaroidensa otelautoissa. (Audiosal Oy 2002; Lottonen Guitars Oy 2011; Versoul 2011.) Haluaisin itse suunnitella kitaramallin, joka olisi täysin kotimaisista puista valmistettu.

Täysin uuden sähkökitaramallin suunnittelu on minulle uusi kokemus, koska aiemmat kitarat, jotka olen rakentanut, ovat olleet toisintoja vanhoista klassikkomalleista. Aiemmin valmistamieni vanhojen mallien avulla saadut kokemukset antavat varmasti hyvän pohjan uuden mallin suunnittelussa. On erittäin mielenkiintoista suunnitella soitin muotoilijan näkökulmasta.

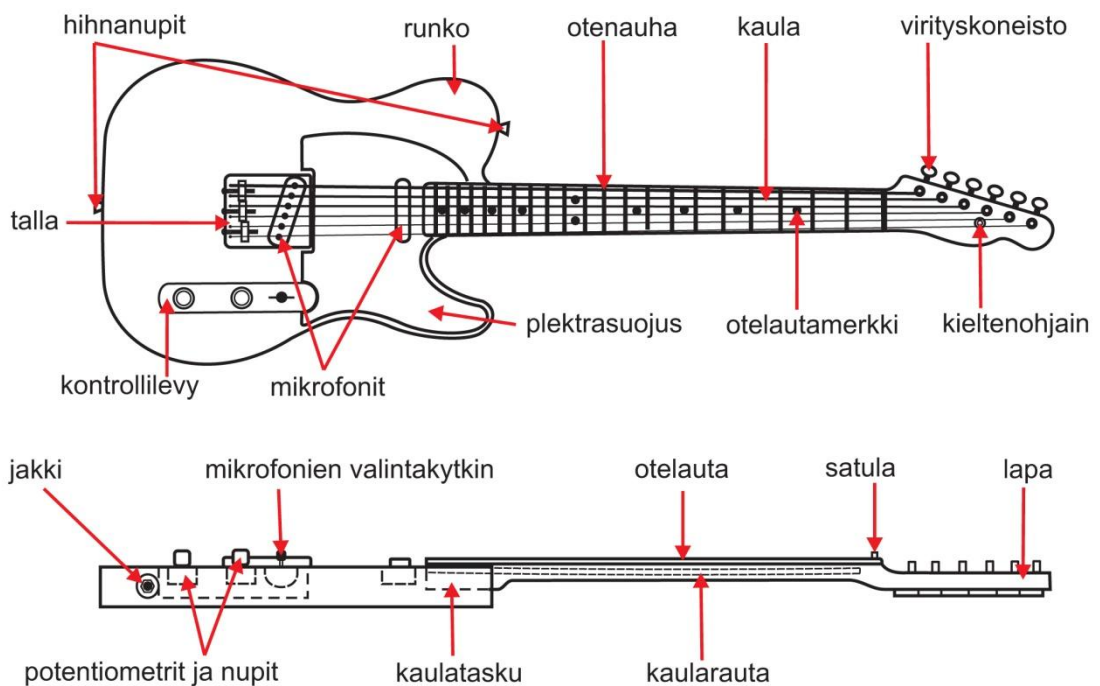


## 2 SÄHKÖKITARA

Tässä luvussa määrittelen sähkökitaraan liittyvää käsitteistöä sekä sähkökitaran historiaa lyhyesti. Kerron sähkökitaran materiaaleista seikkaperäisemmin. Havainnollistan edellämainittuja asioita sekä sanallisesti että kuvien avulla.

### 2.1 Sähkökitaraan liittyvä käsitteistö

Sähkökitaralla tarkoitetaan kitaraa, jonka ääntä vahvistetaan mikrofoneilla. Sähkökitarat voivat olla umpirunkoisia tai sellaisia, joiden runko on ontto, jolloin runko toimii kaikukoppana. Kaikukopallista kitaraa kutsutaan puoliakustiseksi sähkökitaraksi. Joissakin akustisissa kitaroissa on myös mikrofoni, jolloin niitä kutsutaan elektroakustisiksi. (Alakuha, Himanen & Koivuniemi 2006, 7.) Esitän kuvassa 1 sähkökitaran rakenteen.



Kuva 1. Sähkökitaran rakenne (mallina Fender Telecaster)

**Runko**, johon kiinnitetään mikrofonit ja säätimet, toimii kitaran äänen muodostajana yhdessä **kaulan** kanssa (Alakuha ym. 2006, 12).

**Kaulan** sisällä kulkee **kaularauta**, jonka avulla kaula saadaan pidettyä suorana kielten vetoa vastaan (Alakuha ym. 2006, 12).

**Otelauta** on jaettu puolisävelaskeliin sen pintaan upotetuilla otelautanauhoilla. Otelautaan upotetut **otelautamerkit** helpottavat sävelasteikkojen hahmotusta soitettaessa. (Alakuha ym. 2006, 12; Nuutinen 2010, 37.)

Otelaudan päässä oleva **satula** määrää kielten korkeuden otelautanauhoihin nähden sekä kielten etäisyyden toisistaan (Alakuha ym. 2006, 12).

**Mikrofonissa** oleva magneetti havaitsee magneettikentässä tapahtuvan muutoksen, kun kieli värähtelee sitä näpäytettäessä. Magneetin ympärille kierretty käämilanka johtaa tästä syntyvän virtauksen johtoa pitkin vahvistimelle. Tämänkaltaiset magneettimikrofonit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään; yksikelaisiin ja kaksikelaisiin mikrofoneihin. Yksikelaisessa mikrofonissa käämilanka on kierretty magneettisten napapalojen ympärille. Tätä rakennetta kutsutaan kelaksi. Kaksikelaisessa mikrofonissa keloja on kaksi, jolloin mikrofonin tuottama ääni on voimakkaampi kuin yksikelaisen mikrofonin. (Trynka 1993, 155.)

**Mikrofonin valintakytkimellä** voidaan valita, mitä mikrofontia käytetään (Trynka 1993, 51).

**Potentiometreillä** soittaja voi säädellä kitarasta vahvistimelle lähtevän äänen voimakkuutta sekä äänenväriä (Trynka 1993, 155).

**Plektrasuojus** suojaa kitaran kantta. Usein plektrasuojus toimii myös mikrofonien, potentiometrien ja mikrofonikytkimen kiinnitysalustana. (Alakuha ym. 2006, 12.)

**Virityskoneistojen** avulla säädellään kitaran kielten kireyttä eli viritetään kielet haluttuun vireeseen.

**Tallan** avulla kielet kiinnittyvät kitaraan. Tallalla pystytään säätämään kielten korkeutta suhteessa otelautaan sekä säätämään kitaran hienoviritys kohdalleen. (Trynka 1993, 156.)

**Kielten ohjaimella** kompensoidaan liian loivaa kielten kulmaa satulalla.

**Hihnanupeilla** kitaraan voidaan kiinnittää hihna, jonka varassa kitara roikkuu kaulalla seisten soitettaessa.

**Jakkiin** voidaan yhdistää johto, jonka kautta kitaran tuottama ääni ohjataan vahvistimelle.

## 2.2 Sähkökitaran historiaa

Sähkökitara sai alkunsa 1920-luvulla, kun amerikkalaiset blues- ja jazzkitaristit halusivat tulla kuulluiksi orkesterin joukosta. Ensimmäiset putkivahvistimet alkoivat kehittyä 1920-luvun aikana. Samoihin aikoihin kitaristit asensivat akustisiin soittimiinsa gramofonin neuloja tai puhelimen mikrofoneja ja kytkivät ne radioon. Eräs heistä oli jazzkitaristi Lester Paul, joka tuli myöhemmin tunnetuksi nimellä Les Paul. Hän oli yksi merkittävimmistä sähkökitaran kehittäjistä. Aluksi Paul vahvisti kitaransa ääntä vanhempiensa radion avulla. Hän halusi kuitenkin suuremman palkkion toivossa tulla paremmin kuulluksi esiintyessään, joten hän hankki ensimmäisen kunnollisen vahvistimensa chicagolaiselta elokuvaprojektoreita valmistavalta yritykseltä vuonna 1931. (Trynka 1993,9–10.)

Nykyisin käytetyt magneettimikrofonit alkoivat kehittyä 1930- ja 1940-luvuilla. Ensimmäinen magneettimikrofonilla varustettu umpirunkoinen sähkökitara oli sveitsiläissyntyisen Adolph Rickenbacherin valmistama niin kutsuttu havaijityylinen kitara, jota pidettiin soitettaessa lappeellaan polvien päällä. Tämä kitara kehitettiin vuonna 1932. (Trynka 1993,19–20.)

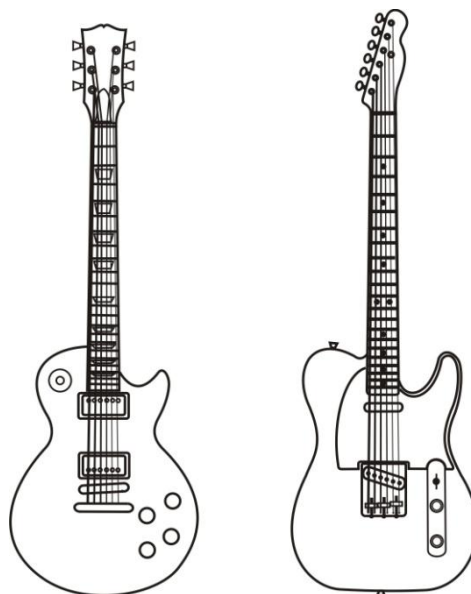
Ensimmäisiä espanjalaistyyliä sähkökitaroita tuli markkinoille 1930-luvulla National-, Epiphone- ja Gibson-yhtiöiltä. Nämä kitarat olivat onttokoppaisia, ja niihin oli asennettu magneettimikrofoni. (Burrluck 1996, 9.) Onttokoppaisesta

rakenteesta johtuen nämä kitarat olivat kuitenkin herkkiä kiertämään, kun käytettiin suurta äänenvoimakkuutta suurissa saleissa soitettaessa (Bacon & Hunter 2008, 26).

Näihin ongelmiin löytyi vastaus kitaranvalmistaja Fenderiltä, joka toi markkinoille vuonna 1950 ensimmäisen umpirunkoisen sähkökitaran. Mallin nimi oli Broadcaster, joka noin vuotta myöhemmin muuttui Telecasteriksi. Telecasteria (kuva 2) valmistetaan nykyäänkin lähes muuttumattomana. (Bacon & Hunter 2008, 26.)

Telecaster on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen, jotta sen valmistaminen olisi nopeaa ja tehokasta. Sen kaula on kiinnitetty ruuveilla runkoon, mikä mahdollistaa kaulan ja rungon valmistamisen erikseen, mikä taas helpottaa ja nopeuttaa tuotantoa. (Trynka 1993, 59.) Telecasterin kaula on valmistettu yhdestä puusta, eikä siinä ole erillistä otelautaa eikä lapakulmaa, kuten aikaisemmissa kitaramalleissa oli. Tällä tavoin on pystytty säästämään puumateriaalissa. (Burrluck 1996, 8–9.)

Muut valmistajat suhtautuivat aluksi vähätellen Fenderin Telecasteriin, mutta kun huomattiin, että se alkoi käydä kaupaksi, ilmestyi monilta muiltakin valmistajilta 1950-luvun loppuun mennessä omat umpirunkoiset kitaramallit. Yksi tärkeimmistä valmistajista oli Gibson, joka julkaisi jazzkitaristi Les Paulin nimeä kantavan umpirunkoisen mallin vuonna 1952. (Burrluck 2003, 8–9.) Esitän Gibsonin Les Paulin ja Fenderin Telecasterin kuvassa 2.



Kuva 2. Gibsonin Les Paul ja Fenderin Telecaster -sähkökitaramallit

Gibsonin Les Paul -malli (kuva 2) on myös umpirunkoinen, mutta se eroaa materiaaleiltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan huomattavasti Telecasterista. Les Paul on muodoiltaan ja rakenteeltaan paljon Telecasteria perinteisempi. Sen lapakulmalla varustettu kaula on liimattu kaarevakantiseen runkoon. Lapakulma on esitetty kuvassa 5 sivulla 19. Telecasterin runko valmistettiin kevyestä saarnista ja kaula vaahterasta, kun taas Gibson käytti aluksi rungossa sekä kaulassa mahonkia ja otelaudassa brasilialaista ruusupuuta. Myöhemmin Les Paulissa on alettu käyttää vaahteraa, joka on liimattu rungon kanteen. (Burrluck 2003, 9.)

1950-luvulla Fenderiltä ilmestyi monia uusia malleja, joissa käytettiin Telecasterista tuttuja ominaisuuksia. Vuonna 1954 Fender julkaisi Stratocaster-mallin, jossa oli parannettu sähkökitaran soitto-ominaisuuksia sekä tuotu uutena Fenderin oma tremolo-talla, jolla sointiin saadaan vibratoa painamalla talleen kiinnitettyä kampea runkoon päin. (Bacon & Hunter 2008, 28.) Stratocasterissa suurin osa elektroniikasta on kiinni yhdessä ja samassa plektrasuojuksessa. Tämä yksinkertaistaa kitaran valmistamista, korjaamista ja muuntelua. (Trynka 1993, 51.)

Vaikka soitinvalmistajien tekniikka ja soittimissa käytetty elektroniikka ovat kuudenkymmenen vuoden aikana kehittyneet, ovat 1950-luvun mallit, kuten Gibsonin Les Paul, Fenderin Telecaster ja Stratocaster, suosituimpia kitaramalleja nykyäänkin. Uudempien valmistajien mallit mukailevat näiden mallien muotoja ja muuntelevat niitä hieman erottuakseen alkuperäisistä. (Burrluck & Trynka 1993, 143–144.)

### 3 TAVOITTEET JA TIEDONHANKINTA

Tässä luvussa esittelen opinnäytetyöni viitekehysten, työni tavoitteen sekä käyttämäni tiedonhankintakäymykset, menetelmät ja aineistot. Teen tutkimukseni kvalitatiivisella menetelmällä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007, 156–157). Tutkimusmenetelmä sopii hyvin työhöni, koska tutkin yksittäistä ilmiötä. Tutkimukseni tulee olemaan luonteeltaan kuvailevaa ja kartoittavaa (Hirsjärvi ym. 2007, 151–155), koska sen tarkoituksena on kuvailla ja kartoittaa kitaroissa yleisimmin käytettäviä materiaaleja ja niiden ominaisuuksia. Täten pystyn valitsemaan kotimaiset puulajit, jotka soveltuvat mahdollisimman hyvin kitaran materiaaleiksi.

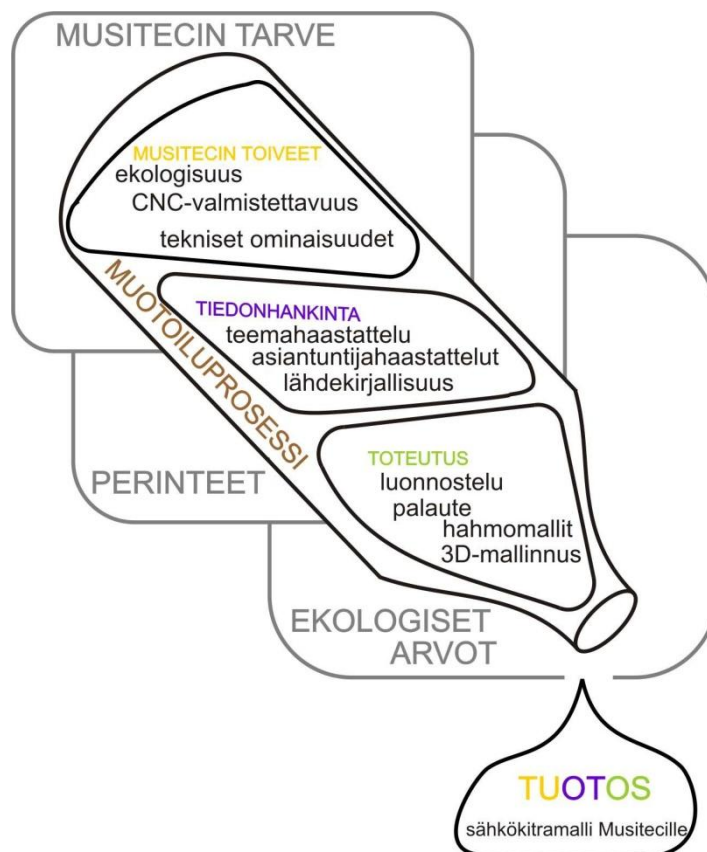
#### 3.1 Opinnäytetyöni tavoitteet ja viitekehys

Opinnäytetyöni pääasiallisena tavoitteena on suunnitella oma sähkökitaramalli Musitec Tmi:lle. Kitaran tulee olla teknisiltä ominaisuuksiltaan Musitecin toiveiden mukainen. Toimeksiantaja haluaa kitarasta 3D-mallinnusohjelmalla piirretyt tiedostot, joiden pohjalta suurin osa kitaran muodoista voidaan työstää CNC-koneella.

Koska Musitecin toiveena on, että kitaran materiaalit olisivat mahdollisimman ekologisia, asetan tavoitteeksi kotimaisten puulajien käytön. Tämän vuoksi opinnäytetyön toisena tavoitteena on kartoittaa kotimaisten puulajien soveltuvuutta sähkökitaran materiaaleiksi.

Kuvaan opinnäytetyön viitekehyksessä päätavoitteeseen eli valmiiseen kitaramalliin ja sen muotoiluprosessiin vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi esitän näiden

tekijöiden suhdetta toisiinsa ja lopputuotoksen aikaansaamiseksi vaadittavia vaiheita. Erittelen kunkin vaiheen kohdalla niiden tärkeimmät lopputuotokseen vaikuttavat sisällöt. Esittelen viitekehysten kuviossa 1.



Kuvio 1. Opinnäytetyöni viitekehys

Muotoiluprosessin taustalla vaikuttavat sähkökitaroiden rakentamiseen liittyvät perinteet, yhteiskunnassa suhteellisen laajalti ilmenevät ekologiset arvot ja Musitecin tarve oman kitaramallin kehittämiseksi. Varsinaisen prosessin lähtökohtana ovat Musitecin toiveet sähkökitaramallin ominaisuuksista. Tärkeimpinä tekijöinä ovat kitaran ekologisuus, CNC-valmistettavuus ja toimeksiantajan toiveet kitaran teknisistä ominaisuuksista. Muotoiluprosessi etenee seuraavaksi tiedonhankintavaiheeseen. Tiedonhankinnan keinoja ovat

toimeksiantajan teemahaastattelu, muiden soitinrakentajien asiantuntijahaastattelut sekä lähdekirjallisuuteen tutustuminen.

Seuraava vaihe prosessissa on käytännön toteutus. Tähän sisältyy kitaramallin luonnostelu, toimeksiantajalta saatava palaute ja sen pohjalta tehtävät valinnat, hahmomallien valmistaminen ja 3D-mallinnus. Pullon muoto kuvaa sitä, miten prosessin kaikki ainekset vaikuttavat toisiinsa ja niistä syntyy lopulta valmis tuotos eli sähkökitaramalli toimeksiantajalle.

### 3.2 Tiedonhankintakysymykset ja -menetelmät

Tässä työssä käytän tiedonhankintaan seuraavia kysymyksiä:

**1. Minkälainen on Musitecin toiveiden mukainen sähkökitara?**

**2. Mitkä kotimaiset puulajit soveltuvat parhaiten umpirunkoisen sähkökitaran materiaaleiksi?**

Perustelen tiedonhankintamenetelmien sekä aineistojen valintaa kumpaankin tiedonhankintakysymykseen erikseen.

Ensimmäinen tiedonhankintakysymys pyrkii etsimään rajoja ja suuntaviivoja muotoilullisiin kysymyksiin. Haastattelen toimeksiantajaa käyttäen tiedonhankintamenetelmänä teemahaastattelua. Tässä haastattelutyypissä keskustelu liikkuu melko vapaasti haastattelijan valitsemien aihepiirien ympärillä. (Hirsjärvi ym. 2007, 203.) Koska aihe on minulle entuudestaan erittäin tuttu, uskon osaavani hankkia suunnittelutyötä varten oleellista tietoa haastateltavalta.

Haastattelusta saamieni tietojen pohjalta luonnostelen Musitecille erilaisia kitaramallivaihtoehtoja, joista Tapani Kärnä saa valita mieleisensä mallin jatkokehittelyyn. Pyrin ottamaan toimeksiantajan toiveet huomioon muotoilutyön jokaisessa vaiheessa. Näin toimimalla kitarasta tulee Musitecin toiveiden mukainen.

Toinen tiedonhankintakysymys on noussut toimeksiantajan toiveesta, että kitaran materiaalit olisivat mahdollisimman ekologisia. Päädyimme



toimeksiantajan kanssa käyttämään kotimaisia puita, jotka sopivat ekologisuusajatteluun ulkomaisten puiden käytön sijaan.

Käytän tiedonhankinnassa pääosin kirjallisia lähteitä, jotka käsittelevät kitaroiden valmistamista ja niiden valmistuksessa käytettyjen puumateriaalien ominaisuuksia. Tarkoitukseni on myös selvittää, minkälaisia ominaisuuksia perinteisillä ja yleisimmin käytetyillä soitinpuilla on. Näin saan materiaalia suomalaisten soitinpuiden soveltuvuuden kartoittamiseen ja pystyn perustellusti valitsemaan sopivat puulajit tuotteeseen. Aion tutustua kotimaisista puista kitaroita valmistavien yritysten tuotteisiin kirjallisten lähteiden avulla. Käytän myös kyseisten yritysten nettisivuja lähteinäni. Näin selvitän, minkälaisia malleja on jo markkinoilla ja miten niissä on käytetty kotimaisia materiaaleja.

Lähetän sähköpostia suomalaisille soitinrakentajille, jotka käyttävät kotimaisia puulajeja soittimissaan. Kysyn heiltä tärkeitä ja huomioon otettavia seikkoja asiantuntijahaastattelun muodossa etenkin sähkökitaran kaulan valmistamiseen liittyen.

## **4 TIEDONHANKINNAN TULOKSET JA TULOSTEN ANALYYSI**

Tämä luku käsittelee tiedonhankinnan tuloksia ja sitä, kuinka aion käyttää niitä muotoilutyön tukena. Esittelen ensin teemahaastattelun pohjalta esiin nousseita toimeksiantajan toiveita yksityiskohtaisesti. Sen jälkeen käsittelen materiaalien valintaan vaikuttavia tekijöitä. Vertailen kitaranvalmistajilta saamiini vinkkejä lähdekirjallisuudesta saamiini tietoihin eri puumateriaalien ominaisuuksista.

### **4.1 Teemahaastattelun satoa**

Seuraavassa kokoon Tapani Kärnän (4.1.2011) teemahaastattelun avulla saatua materiaalia muotoilutyön ja materiaalivalintojen tueksi. Kaikki tässä

luvussa käyttämäni viittaukset Kärnäen, eli toimeksiantajaan, pohjautuvat teemahaastatteluun.

Olen koonnut teemahaastattelussa (Kärnä 4.1.2011) esiin tulleet Musitecin toivomat ominaisuudet tähän alle. Käsittelen listan jälkeen toiveita ja niiden perusteluita tarkemmin.

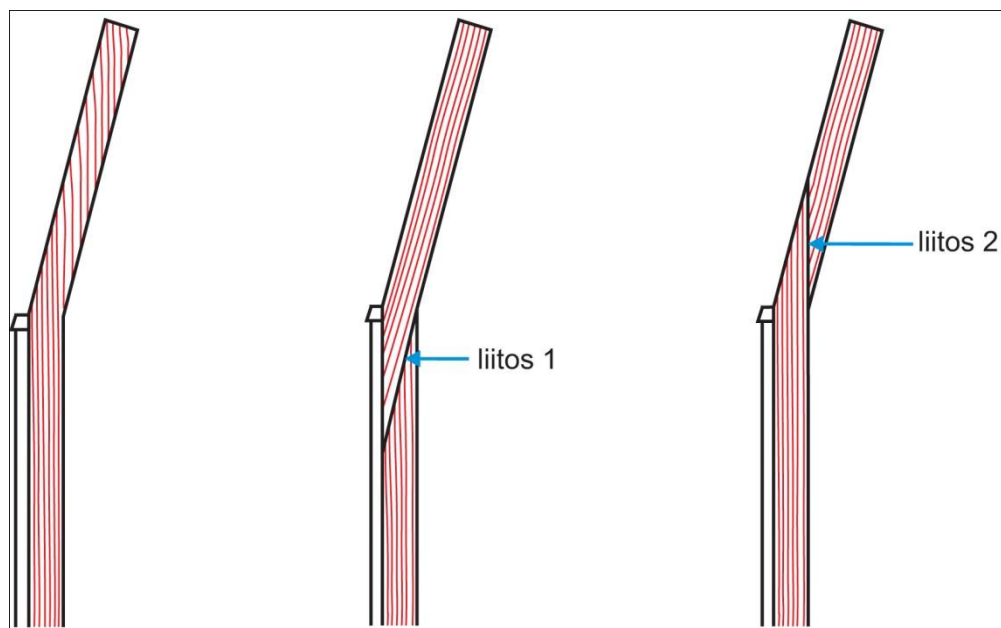
1. Kaulan puumateriaalien tulee olla tarkoin valittuja.
2. Lapakulman tulisi olla kohtuullinen.
3. Kielilinjojen tulisi kulkea mahdollisimman suoraan.
4. Tallalla ei saisi olla liian jyrkkää kielikulmaa.
5. Kitaran tulee mahtua normaalikokoiseen kitaralaukkuun.
6. Painon ei tulisi olla yli neljää kiloa.
7. Kitara ei saisi olla kaulapainoinen.
8. Otelaudassa olisi hyvä olla 24 nauhaa.
9. Kaulan liitoksen tulee olla mekaaninen.
10. Kitara tulisi valmistaa kotimaisista materiaaleista mahdollisuuksien mukaan.
11. Pintakäsittely tulisi tehdä vahoilla tai öljyillä.
12. Valmistuksen pitäisi olla kustannustehokasta.
13. Kitara pitäisi olla mahdollista valmistaa CNC-koneella.
14. Malliin voisi tuoda uutuusarvoa esimerkiksi uuden materiaalin avulla.

1. Kaulan puumateriaalien tulee olla tarkoin valittuja.

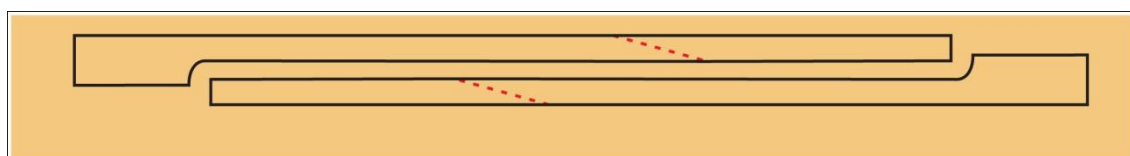
Haastattelussa Kärnä kertoi, että yleisin ongelma hänelle huoltoon tulevissa soittimissa on se, että kaula ei ole suora. Kaulan puumateriaalien huolellisella valinnalla vältetään haitalliselta puun taipumiselta. Jos kaula tullaan valmistamaan yhdestä palasta, tulisi puun olla sahattu säteen tai tangentin suuntaisesti (Nuutinen 2010, 34). Näin sahaamalla puun syykuvio saadaan kulkemaan pystyyn otelautaan nähden. Kun syyt kulkevat pystyssä, kaulapuu ei taivu kielten vedon vaikutuksesta yhtä herkästi, kuin jos syyt kulkisivat vaakatasossa otelautaan nähden.

Tehdasvalmisteisten kitaroiden kaulapuu sahataan usein yhdestä puusta. Tämä tapa on nopea, mutta kaula on kestäväntä valmistaa kahdesta palasta ja liimata lapa kaulakappaleeseen kiinni. Lavasta tulee kestävämpi, koska syyt saadaan

kulkemaan lavan suuntaisesti eikä kaulan suuntaisesti. Havainnollistan tätä kuvassa 3. Jos kitaran lapa saa iskun esimerkiksi kitaran kaatuessa selälleen, puu murtuu useimmiten syiden suunnassa. Päädyimme toimeksiantajan kanssa kuvassa 3 näkyvään liitostapaan numero 1 edellämainittujen kestävyysseikkojen vuoksi.



Kuva 3. Syysuunnat ja liitostavat. Puun syyt on kuvattu punaisella värillä. Kahdesta tai useammasta palasta liimatun kaulapuun ei tarvitse olla niin paksu kuin yhdestä puusta valmistetun, koska lapakulmallinen kaula voidaan sahata kuvan 4 osoittamalla tavalla. Samalla syntyy vähemmän materiaalihukkaa. (Cumpiano & Natelson 1987, 44.) Kuvassa 4 havainnollistan, miten kaulapalojen sahausuksessa vältetään materiaalihukkaa.

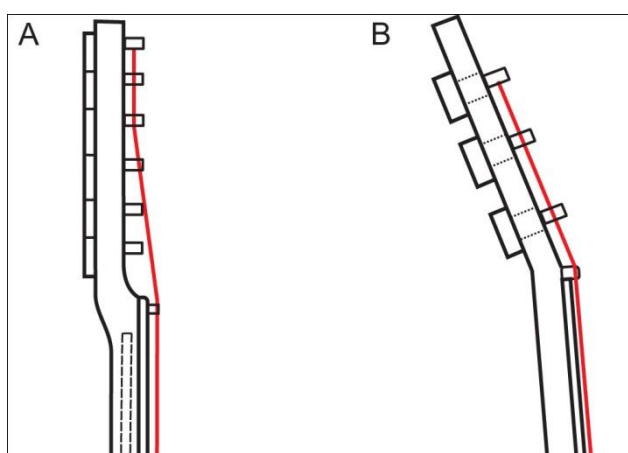


Kuva 4. Kahdesta palasta valmistetun kaulan sahaus lankusta. Punainen katkoviiva kuvaa lapakulman sahausta.

Sahausten jälkeen kaulapalat liimataan yhteen. Tämän jälkeen lapakulmaa varten tehdään kuvassa 4 katkoviivoin näkyvä sahaus.

2. Lapakulman tulisi olla kohtuullinen.

Sähkökitaroissa käytetään pääasiassa kahdenlaisia lapoja. Kuvassa numero 5 on esitetty Fender-tyyppinen kaula A, jossa ei ole lapakulmaa, ja Gibson-tyyppinen kaula B, jossa on lapakulma.



Kuva 5. Kitaran kaulat. Kaulassa A ei ole lapakulmaa. Kaulassa B on lapakulma. Kielet on merkitty punaisella viivalla.

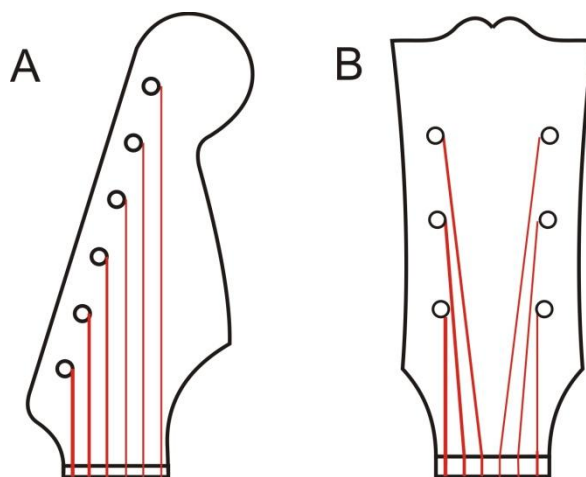
Kitaran lapakulma vaikuttaa kielen soinnin pituuteen. Jos lapakulma on liian pieni, saattavat kielet värähdellä satulan ja virityskoneiston väliseltä osalta, jolloin kielten soinnin pituus kärsii. Liian jyrkkä lapakulma saattaa aiheuttaa sen, että satulan ja kielten välille syntyy kitkaa. Tämä taas saattaa vaikeuttaa kitaran virittämistä ja sen vireessä pysymistä. (Trynka 1993,156.)

Opinnäytetyöni kitaraan pyrin löytämään lapakulman, joka olisi riittävän pieni, ettei satulalle synny liikaa kitkaa. Toisaalta sen tulee kuitenkin olla riittävän suuri, että kielet soivat mahdollisimman hyvin ilman, että lapaan asennetaan erillisiä kieltenohjaimia. Kieltenohjaimia joudutaan käyttämään useimmissa Fender-tyyppisissä kauloissa, joissa ei ole lapakulmaa. Lapakulman tulisi olla riittävä, mutta kuitenkin niin lievä, ettei se osu ensimmäisenä lattiaan kitaran kaatuessa. Haastattelussa Kärnä toi esiin, että hänen mielestään Gibsonin

käyttämä 14 asteen lapakulma on liian suuri. Hänen näkemyksensä mukaan lapakulma voisi olla noin kymmenen asteen luokkaa.

3. Kielilinjojen tulisi kulkea mahdollisimman suoraan.

Kuvassa 6 on havainnollistettu kielilinjojen eroavaisuuksia. Kun kielet lähtevät satulalta virityskoneistoille suorassa linjassa (lapa A), ne liukuvat satulan urissa esteettömämmin kuin sellaisissa kauloissa, joiden kielilinjat eivät kulje suoraan (lapa B).

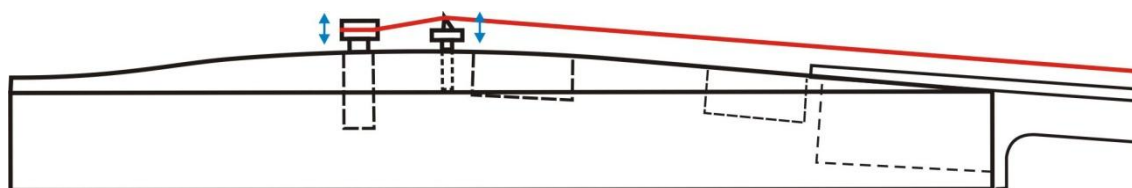


Kuva 6. Kielilinjat suorassa (A) ja epäsuorassa linjassa (B)

Kitaroissa, joissa kielilinjat eivät ole suorat, esiintyy Kärnän mukaan useammin vireongelmia. Tästä syystä pyrin muotoilemaan opinnäytetyöni kitaran lavan siten, että kielet tulevat kulkemaan suoraan satulalta virityskoneistoille.

4. Tallalla ei saisi olla liian jyrkkää kielikulmaa.

Toimeksiantajan mukaan myös tallalla oleva liian jyrkkä kielikulma saattaa aiheuttaa vireongelmia. Tästä syystä olen päättänyt käyttää kaksiosaista Gibson-tyyppistä tallaa, jonka ansiosta kielten kulmaa kieltenpitimeltä tallalle voi säätää haluttuun kulmaan kieltenpidintä nostamalla tai laskemalla. Havainnollistan tätä kuvassa 7.



Kuva 7. Gibson-tyyppisen kaksiosaisen tallan säätö sivulta kuvattuna. Vasemmalla on kieltenpidin ja oikealla talle

5. Kitaran tulee mahtua normaalikokoiseen kitaralaukkuun.

Kitaran mahtuminen normaalikokoiseen kitaralaukkuun on tärkeää siksi, että kitaraa varten valmistettava erikoiskokoinen laukku lisäisi kitaran hintaa huomattavasti. Tästä syystä päätimme toimeksiantajan kanssa pysyä mahdollisimman lähellä Fenderin Stratocasterin mittoja, koska se on yksi yleisimmistä käytetyistä malleista, jolloin myös kitaralaukkujen tarjonta on laajempi.

6. Painon ei tulisi olla yli neljää kiloa.

Kitara ei saisi painaa liikaa, koska sitä saatetaan kantaa kaulalla useita tunteja päivässä. Kärnän mukaan kitara ei saisi painaa yli neljää kiloa, koska silloin sitä saattaa olla epämukava soittaa seisaaltaan. Toisaalta hänen mukaansa liian kevyt kitara saattaa tuntua asiakkaasta liian heikkorakenteiselta.

7. Kitara ei saisi olla kaulapainoinen.

Jos kitara on kaulapainoinen, sitä joutuu kannattelemaan kaulalla liikkuvalla otekädellä. Tämä saattaa vaikeuttaa soittamista. Tästä syystä Stratocasterin mitoissa pysyminen on myös järkevää, koska siinä ylempi hihnanuppi on riittävän lähellä kahdettatoista otelautanauhaa, joten roikkuessaan kaulalla se pysyy automaattisesti vaakatasossa.

8. Otelaudassa olisi hyvä olla 24 nauhaa.

Mitä enemmän kitarassa on otelautanauhoja, sitä laajempi skaala ääniä saadaan aikaan. Jos otelaudassa on 24 nauhaa, voidaan yhdellä kielellä soittaa

kaksi oktaavia. Kun otelaudassa on 24 nauhaa, lisätään kitaran monikäyttöisyyttä.

#### 9. Kaulan liitoksen tulee olla mekaaninen.

Kitaran kaulaa on helpompi huoltaa tai sen voi helposti vaikkapa vaihtaa, jos kaula liitetään runkoon mekaanisesti eli ruuveilla. Tämä liitos on yksinkertaisempi ja nopeampi valmistaa kuin liimaliitos. (Trynka 1993, 155.) Tästä syystä päätimme toimeksiantajan kanssa käyttää opinnäytetyöni kitarassa ruuviliitosta liimaliitoksen sijaan.

#### 10. Kitara tulisi valmistaa kotimaisista materiaaleista mahdollisuuksien mukaan.

Meillä on toimeksiantajan kanssa yhteinen näkemys siitä, että kitara saisi olla mahdollisimman ekologinen materiaaleiltaan. Kun käytetään materiaaleja, jotka tulevat läheltä, vähennetään pitkien kuljetusten aiheuttamia ympäristöhaittoja (Fuad-Luke 2002, 276). Tästä syystä kotimaisten puulajien käyttö kitaran rungossa ja kaulassa on ekologisempaa kuin ulkomaisten puulajien. Jos kitaraa aletaan suunnitelmieni pohjalta valmistamaan, tavoitteena on hankkia puumateriaalit Turun seudulta.

On hyvä valita materiaaleja, joiden jalostaminen valmiiksi tuotteeksi vie mahdollisimman vähän energiaa. Esimerkiksi alumiinitonnin tuottaminen vaatii yli sata kertaa enemmän energiaa kuin puutonin tuottaminen. Useimmiten suoraan luonnosta saatavien materiaalien tuottaminen vaatii vähemmän energiaa kuin keinokekoisten materiaalien. (Fuad-Luke 2002, 276.) Tästä syystä ei mielestäni ole järkevää ainakaan ekologisista perusteista etsiä kitaran kaulan ja rungon materiaaleiksi puuta korvaavia keinokekoisia materiaaleja.

Metalliosat ja elektroniikka tullaan valitsemaan niin, että ne ovat mahdollisimman laadukkaita. Metall- ja elektroniikkaosissa on vaikea noudattaa kotimaisuusnäkökulmaa, koska niitä ei valmisteta Suomessa. Ainoastaan mikrofoneja valmistetaan Suomessa.

11. Pintakäsittely tulisi tehdä vahoilla tai öljyillä.

Kitaran pintakäsittely tullaan toimeksiantajan aloitteesta suorittamaan luultavasti luonnonvahalla, koska sen valmistus kuormittaa luontoa vähemmän kuin tavallisesti käytetyn 2-komponenttilakan. Kärnäällä on hyviä kokemuksia vahan käyttämisestä pintakäsittelyaineena. Toisaalta lakka kestäisi kulutusta ehkä paremmin kuin vaha ja saattaisi siten olla kestävämpi vaihtoehto.

12. Valmistuksen pitäisi olla kustannustehokasta.

Toimeksiantaja toivoo kitaran valmistuksen olevan kustannustehokasta, eli soittimeen ei toivota monimutkaisia rakenteellisia ratkaisuja. Tämä tukee myös ekologisuusnäkökulmaa, koska mitä yksinkertaisempaa muotoilua käytetään, sitä paremmin voidaan välttää materiaalihukkaa (Mackenzie 1991, 77). Gibson-tyyppisen tallan asennus viimeistelyyn runkoon on yksinkertaista ja nopeaa. Asennus vaatii vain neljä runkoon porattua reikää tallan ja kieltenpitimen holkkeja varten.

13. Kitara pitäisi olla mahdollista valmistaa CNC-koneella.

Kitaran valmistuksessa tullaan käyttämään CNC-konetta. CNC-kone (Computer Numerical Control) on tietokoneella ohjattava työstökone. Kitaran raakatyöstö tehdään mahdollisimman pitkälle puuntyöstöön tarkoitettulla CNC-jyrsinkoneella, minkä jälkeen kitara viimeistellään ja kootaan käsityönä Musitecin tiloissa.

14. Malliin voisi tuoda uutuusarvoa esimerkiksi uuden materiaalin avulla.

Aion kartoittaa otelaudassa perinteisesti käytetyille ruusu- ja ebenpuulle mahdollisia korvaavia materiaaleja. Otelaudan materiaalien valitseminen on erittäin hankalaa, koska toimeksiantajan kokemuksen mukaan monet soittajat eivät pidä lakatusta otelaudasta. Tällöin otelautaan valittavan puun tulisi olla niin kovaa, ettei sitä tarvitsisi lakata. Vaahteraiset otelaudat joudutaan yleensä lakkaamaan, jotta ne kestävät paremmin kulutusta. Ruusu- ja ebenpuisia otelautoja ei tarvitse lakata, koska ne kestävät kovuutensa ansiosta hyvin kulutusta. Öljyäminen riittää ruusu- tai ebenpuisten otelautojen pintakäsittelyksi.



## 4.2 Materiaalikartoitus

Tässä luvussa kerron yleisimmistä sähkökitaran rakentamisessa käytetyistä materiaaleista. Samalla vertailen kotimaisten puulajien soveltuvuutta sähkökitaran rakentamiseen ja esittelen tunnettujen soitinrakentajien näkemyksiä edellä mainitusta. Lähteinä käytän pääasiassa soitinrakennus- ja puualan kirjallisuutta sekä suomalaisilta kitaranvalmistajilta sähköpostitse saamaani tietoa kotimaisten puulajien käyttömahdollisuuksista. Kitaran osat olen esitellyt luvussa 2.1 ja kuvassa 1 sivulla 8.

Rungon yleisimmät materiaalit ovat leppä, saarni, mahonki ja vaahtera. Joissakin tapauksissa rungossa voidaan käyttää useampaa eri puulajia, kuten Gibsonin Les Paulissa, jossa rungon pohja on mahonkia ja kansi vaahteraa. (Alakuha ym. 2006, 74–75.) Tunnettu suomalainen soitinrakentaja Jussi Alakuha (Alakuha ym. 2006, 74–75) mainitsee, että rungon rakentamisessa voidaan käyttää suomalaisista puista terva- ja harmaaleppää. Ikaalisten soitinrakennuslinjan opettaja Anssi Nuutisen (2010, 82) mukaan runko voidaan valmistaa yhdestä palasta, mutta usein niin leveän lankun löytäminen on vaikeaa, joten yleisimmin rungot liimataan kahdesta tai kolmesta palasta.

Rungon materiaalina kotimainen leppä on osoittautunut omienkin kokemuksieni pohjalta varsin toimivaksi materiaaliksi. Kärnä on myös käyttänyt leppää useiden bassojen ja sähkökitaroiden runkomateriaalina hyvällä menestyksellä.

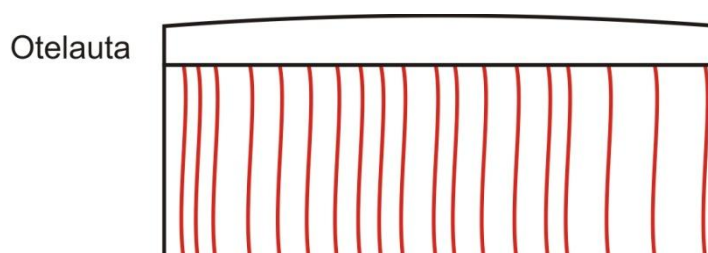
Kaula valmistetaan useimmiten vaahterasta tai mahongista (Alakuha ym. 2006, 74–76). Suomalaisista puista pihlajaa ja keskipainoista koivua voi mukaan kokeilla kaulapuiksi (Alakuha ym. 2006, 76). Kun ehdotin toimeksiantajalle kaulan materiaaliksi koivua, hän suhtautui koivuun hieman ennakkoluuloisesti. Kärnän mielestä koivu antaa soittimelle liian maalaismaisen vaikutelman. Nuutinenkaan (2010, 34) ei suosittelen koivun käyttöä kaulapuuna sen suurehkon kosteuselämisen johdosta.

Pihlajan kovuus on mukaan vaahteran luokkaa (Alakuha 2006, 76). Nuutisen (2010, 37) mukaan kotimaista vaahteraa voi käyttää kaulapuuna, mutta vaahtera ei hänen näkemyksensä mukaan kasva Suomessa riittävän suureksi,

joten laadukkaita kaulapuita on vaikea löytää. Kotimaisessa vaahterassa esiintyy myös paljon ydinpuun värivikaa, kertoo Nuutinen (2010, 37).

Helsinkiläinen soitinrakennusyritys Versoul käyttää kitaroissaan ulkomaisten puiden lisäksi kotimaisia puulajeja. Versoulin malleissa käytetään lämpökäsiteltyä haapaa, poppelia sekä leppää. (Vesa 2009, 107.) Versoul käyttää Henry-sähkökitaramallinsa kaulan materiaaleina vaahteraa ja haapaa (Versoul 2011a).

Versoulin omistaja Kari Nieminen on aloittanut kitaran rakennuksen jo 1960-luvulla (Nieminen 1995, 15). Hän perusti Versoulin vuonna 1994. Vuonna 1998 hänet valittiin vuoden teolliseksi muotoilijaksi. Nykyään Versoulin kitaramalleja myydään mm. Amerikassa, Japanissa ja Euroopassa. (Versoul 2011a.) Lähetin Niemiselle sähköpostia ja tiedustelin, minkälaisia seikkoja tulee ottaa huomioon, jos aikoo käyttää haapaa sähkökitaran kaulapuuna. Niemisen mukaan haapa toimii hyvin kitaroiden ja bassojen kaulapuuna, mutta puuaihion valinnassa tulee olla huolellinen. Puuaineksen tulisi Niemisen mukaan olla mahdollisimman kuivaa ja tiheäsyistä. Aihion syysuunnan tulisi olla pystysuorassa otelautaan nähden. (Nieminen 2011b.) Tätä havainnollistan alla olevassa kuvassa 8.



Kuva 8. Kaulan ja otelaudan poikkileikkaus. Syykuviot on esitetty punaisella värillä.

Haavan kuivaaminen on hankalaa, koska se pyrkii kiertymään kuivuessaan. Haapaa työstettäessä siitä nousee pintaan pieniä tikkuja, jotka hankaloittavat puun hiontaa ja pintakäsittelyä. (Loukola 2001, 166.)

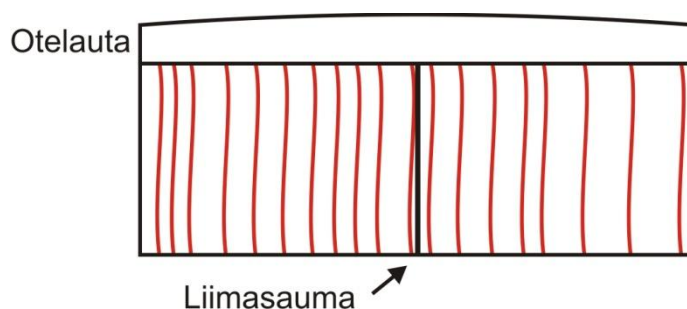
Haapalankun kierteisyyden pystyy Niemisen (2011b) mukaan havaitsemaan halkaisemalla lankun. Laminointitekniikalla, eli ohuita levyjäisiä paloja yhteen

liimaamalla, valmistettu aihio on Niemisen (2011b) kokemusten mukaan yhdestä palasta valmistettua aihiota stabiilimpi.

Suomalainen Lottonen Guitars käyttää kitaroissaan kotimaista leppää ja haapaa (Vesa 2009, 73). Juha Lottosen mukaan leppää on helppo työstää, koska sen puuainne on tasaista eikä se vääntyile (Kimmo 2007).

Juha Lottonen on rakentanut soittimia ammatikseen 1990-luvun alusta lähtien. Hän valmistaa, huoltaa ja korjaa erilaisia kielisoittimia. (Vesa 2009, 70.) Lottonen valmistaa muun muassa muotoilija Eero Aarnion suunnittelemaa Copacabana-sähkökitaraa (Lottonen 2011a).

Lähetin Lottonen Guitarsille sähköpostia ja kysyin mahdollisia vinkkejä lepän käyttöön kaulapuuna, koska lepän käytöstä kitaran kaulamateriaalina ei minulla eikä Kärnällä ollut aiempaa kokemusta. Juha Lottonen (2011b) kertoi käyttäneensä leppää kitaroidensa kaulapuuna noin kuudentoista vuoden ajan, eikä tuolla aikavälillä ollut ilmennyt minkäänlaisia puun elämisestä johtuvia ongelmia. Hän kertoi valmistavansa leppäkaulat kahdesta yhteen liimatusta palasta, joiden syyt kulkevat pystysuoraan otelautaan nähden. (Lottonen 2011b.) Tätä havainnollistan kuvassa 9. Kahdesta palasta valmistetun kaulan etu on myös se, että palat ikäänkuin vastustavat toistensa liikkeitä.



Kuva 9. Kahdesta palasta valmistettu kaula

Kun kysyin Lottoselta (2011b) leppäkaulojen jäykkyydestä, hän kertoi, ettei hänen mielestään kauloihin tarvita vaahtera- ja mahonkikauloissa käytettyä normaalia kaularautaa vahvempaa jäykistystä. Tervaleppä ei kierry eikä halkeile kuivattaessa kovinkaan paljon, ja sen työstettävyys ja pintakäsittely on helppoa. Harmaalepän ominaisuudet ovat hyvin samankaltaiset kuin tervalepän.

Harmaaleppä on hieman tervaleppää pehmeämpää ja kevyempää. (Loukola 2001, 168.)

Otelaudan materiaaleina käytetään yleensä ruusupuuta, vaahteraa tai ebenpuuta. Kovuutensa ansiosta ne kestävät hyvin kulutusta. (Trynka 1993, 154.) Useimmissa sähkökitaroissa on erillinen otelauta. Tästä poikkeuksena ovat jotkut Fenderin kitaramallit, joiden kaulat valmistetaan yhdestä vaahteralankusta. (Nuutinen 2010, 37.)

Toimeksiantaja ehdotti otelaudan materiaaliksi pihlajaa. Pihlaja on puuaineeltaan kovaa, sitkeää ja melko taipuisaa. Sen kuivaus on vaivatonta, koska puu ei kierry tai halkeile kovinkaan voimakkaasti. Pihlajan kosteuseläminen on kuitenkin melko voimakasta. (Fagerstedt, Pellinen, Saranpää & Timonen 1996, 118.) Otelaudan materiaalin tulisi olla mahdollisimman vakaata, ettei epäsuotuisaa taipumista tapahtuisi. Kesän ja talven ilmastokosteuserot ovat Suomessa melko suuret, jolloin puumateriaali elää herkästi ja aiheuttaa täten soittimien kaulojen taipumisia.

Pihlaja kutistuu kuivuessaan hyvin paljon. Pihlajan puuaines on käytännön kokemuksien pohjalta puusepäntöiden kannalta haastavaa. (Maasalo 1986, Kärkkäinen 2007, 201 mukaan.) Jos aikoo käyttää pihlajaa otelautamateriaalina, tulee puun siis olla mahdollisimman kuivaa valmistusvaiheessa.

Kärnän toivomaa kitaran uutuusarvoa voitaisiin saada valitsemalla otelautaan Coriania, joka on DuPontin kehittämä komposiittimateriaali, jonka koostumuksesta 2/3 on luonnon mineraaleja ja 1/3 akryyliä ja pigmenttejä. Coriania saa valmiina 4–19 mm paksuna levynä. (DuPont 2010.) Otelautaihion paksuus tulee olemaan 6 mm, joten levyä ei tarvitsisi työstää ohuemmaksi. Corian saattaisi mahdollisesti olla sopiva materiaali kitaran otelautaan, jos puumateriaaleista ei löydy sopivaa vaihtoehtoa.

Toinen uutuusarvoa tuova materiaali voisi olla Durat. Se on suomalainen ekologinen massiivimateriaali, josta 30 % on uusiomuovia. Aine on

sataprosenttisesti kierrätettävissä. (Durat 2011.) Durat saattaisi olla sopiva otelautamateriaali, koska sitäkin saa 6 mm paksuna levytavarana.

Kerroin sähköpostissani Lottoselle, että etsimme sopivaa materiaalia myös otelautaan ruusu- ja ebenpuun tilalle ja että olen harkinnut kotimaista Duratia otelaudan materiaaliksi. Lottonen kertoi kokeilleensa Duratia koko kitaran materiaaliksi, mutta hän oli todennut sen sopimattomaksi materiaaliksi, koska sen lämpölaajeneminen oli melkoisen voimakasta. Tästä johtuen kaulasta oli tullut liian eläväinen lämpötilojen vaihtelun myötä.

Jos edellä mainituista materiaaleista mikään ei sovellu akustisilta ominaisuuksiltaan ruusu- tai ebenpuun korvaajaksi, tullaan otelaudassa luultavasti käyttämään FSC-sertifioitua ruusupuuta.

**Plektrasuojukset** valmistetaan useimmiten monikerroksisesta akryylista. Usein näkyviin jäävä pinta on selluloidia. Selluloidi on selluloosasta valmistetun nitroselluloosan ja kamferin yhdiste (Wikipedia 2011). Plektrasuojuksen materiaaliksi voisi myös käyttää Coriania, sillä 4 mm:n paksuinen Corian-levy olisi vahvuudeltaan sopivaa. Corianin käyttö voisi olla hyvä ratkaisu varsinkin, jos otelauta valmistettaisiin samasta materiaalista. Tämä voisi tuoda kitaraan yhtenäistä ilmettä. Corianin valintaa puoltaisi sekin, että materiaalin värivalikoima on melko laaja.

**Satulan** materiaalina on perinteisesti käytetty luuta. Monet uudemmat satulat valmistetaan grafiitista tai teflonpohjaisesta liukkaasta materiaalista. (Trynka 1993, 156.) Gibson käyttää monissa malleissaan satulan materiaalina Coriania (Gibson 2011).

Edellä mainittujen seikkojen perusteella olen päätenyt seuraavanlaisiin pohdintoihin: Haavan käyttö soitinpuuna tuntuu asiantuntijoiden kommenttien perusteella olevan jonkin verran ongelmallisempaa kuin lepän. Etenkin haavan suuri kiertymisherkkyys vaikuttaa heikentävästi haavan käyttöön. Haapa on myös leppää pehmeämpää, joten haapa saattaa olla pehmeytensä vuoksi turhan ongelmallinen materiaali sähkökitaran runkoon ja kaulaan, kun kitara tullaan pintakäsittämään luonnon vahalla, joka ei ole yhtä kovaa kuin lakka.

Leppää käytetään rungon materiaalina Fendereissä ja monien muiden valmistajien kitaroissa, joten kotimaisen lepän käyttö rungon materiaalina tuntuisi olevan varma ratkaisu. Lottosen kokemukset lepän käytöstä kaulapuuna olivat vähintäänkin rohkaisevia. Lisäksi tieto siitä, ettei leppä kierry kuivauksen aikana kovinkaan paljon, sai minut vakuuttuneeksi siitä, että leppää kannattaa ehdottomasti kokeilla sähkökitaran kaulapuuna.

Edellämainittujen seikkojen valossa esitin toimeksiantajalle kitaran rungon ja kaulan materiaaleiksi kotimaista leppää. Kärnä piti leppää hyvänä ratkaisuna. Näin ollen sekä kaula että runko tullaan valmistamaan lepästä.

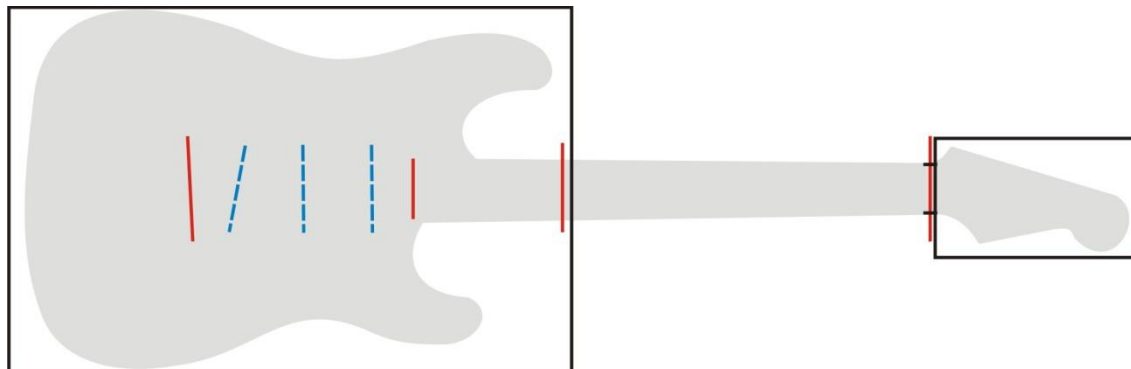
## 5 SÄHKÖKITARAN MUOTOILUPROSESSI

Tässä luvussa kuvailen Musitecin toivomuksia vastaavan sähkökitaramallin muotoiluprosessia vaiheittain. Alun luonnosteluvaiheesta etenen hahmomallien valmistamiseen. Tämän jälkeen kerron tarkemmin vielä kitaran lavan muotoilusta. Lopuksi kuvailen 3D-mallinnusprosessin etenemistä ja työn lopputulosta.

### 5.1 Kitaramallin luonnostelu

Aloitin varsinaisen muotoilutyön luonnostelemalla paperille mahdollisia kitaran malleja. Esittelen luonnoksia liitteessä 1. Alussa pyrin tuottamaan mahdollisimman paljon erilaisia ideoita ilman, että kiinnitin huomiota niiden teknisiin ratkaisuihin ja mittasuhteisiin. Luonnostelutyön edetessä huomasin kuitenkin, että paperille piirtyi melko perinteisen muotoisia soittimia. Tämä johtui ehkä siitä, että aihepiiri on minulle niin tuttu. Tämä sopi myös hyvin yhteen Musitecin aikaisemmin rakentamien mallien kanssa, jotka ovat olleet asiakkaiden toivomuksesta enimmäkseen uusintoja vanhoista klassikkomalleista. Toimeksiantaja kertoi, että hän pitää perinteisten 1950- ja 1960-luvun kitaroiden muotoilusta, joten en lähtenyt luonnostelemaan näistä malleista suuresti poikkeavia kitaroita.

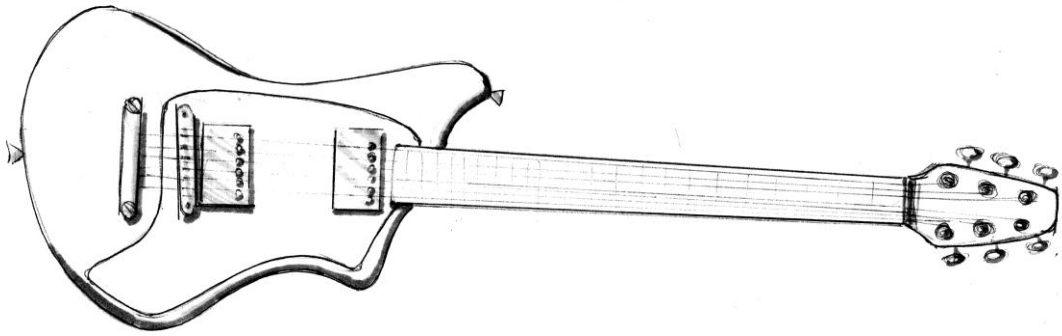
Seuraavaksi piirsin tietokoneella apuviivapiirroksen. Tulostin piirroksen, jotta pystyin asettamaan sen läpinäkyvän piirustuspaperin alle, johon luonnostelin erilaisia kitaran muotoja. Kuva 10 esittää kyseistä apuviivapiirrosta.



Kuva 10. Stratocasterin mittoihin perustuva apuviivakuva. Siniset katkoviivat kuvaavat mikrofoniin paikkoja. Punaiset viivat vasemmalta oikealle ovat tallan, 21. otelautanauha, 12. otelautanauha sekä satula.

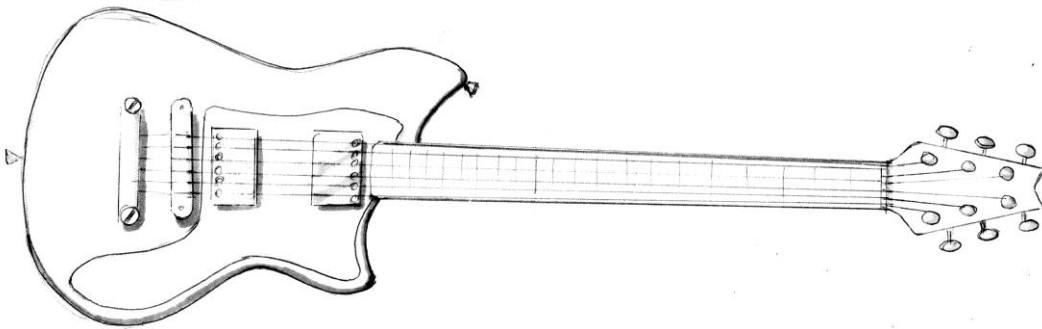
Apuviivakuvan mitoitus perustuu Fenderin Stratocasterin mittoihin, koska useimpien suorakaiteen muotoisten kitaralaukkujen mitoitus on Stratocasterille sopiva. Olen havainnut erilaisia kitaramalleja kokeillessani, että Stratocasterin mittasuhteissa on kaikki niin sanotusti kohdallaan. Sitä on hyvä soittaa seisaaltaan ja se pysyy hyvin polvella, kun soitetaan istuen.

Pyrin valitsemaan luonnoksista jatkokehittelyyn malleja, jotka voisivat mahdollisesti olla Musitecin toiveiden mukaisia. Päädyin tarkentamaan paperille seitsemää mallia sellaisiksi, että mallit voisivat täyttää toimeksiantajan toiveet. Piirsin mallit erillisille papereille, jotka numeroin. Numerointi helpotti keskustelun tuloksena saadun palautteen muistiinkirjoittamista ja keskustelun tulosten analysoimista. Jätin tässä vaiheessa avoimeksi runkomallien reunojen pyöristykset sekä kevennykset, koska halusin toimeksiantajan kiinnittävän tässä vaiheessa enemmän huomiota runkojen ja lapojen muotoon kuin yksityiskohtaisempiin ominaisuuksiin. Niihin oli mielestäni parempi kiinnittää huomiota vasta, kun oltaisiin päädytty yhteen tiettyyn malliin. Seuraavassa käsittelen palautetta, jota Kärnä antoi piirroksia tarkastellessaan palaverissamme 13.1.2011.



Kuva 11. Malli 1

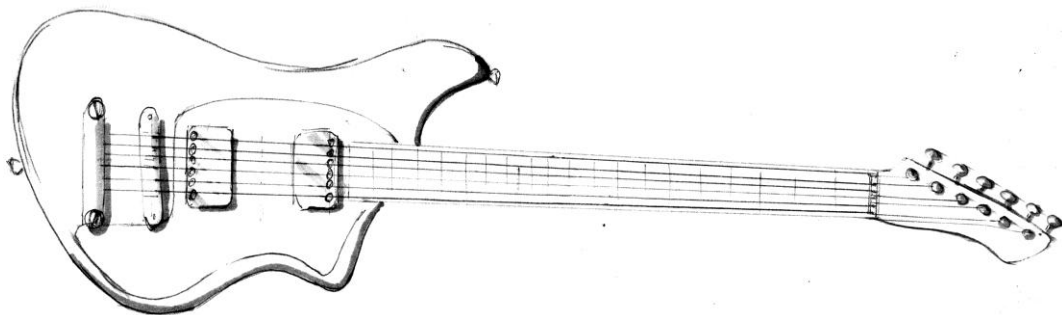
Kuvassa 11 olevan malli 1:n lavasta Kärnä ei pitänyt. Sen muoto oli hänen näkemyksensä mukaan liian kömpelö, ja se muistutti hänestä liikaa akustisen kitaran lapa. Olin hakenut lapaan mahdollisimman yksinkertaista muotoa, joka olisi nopea valmistaa. Mallin runko sen sijaan oli enemmän toimeksiantajan mieleen, vaikka ulkomuodon kaaret eivät olleet hänen mielestään vielä riittävän yhtenäisiä.



Kuva 12. Malli 2

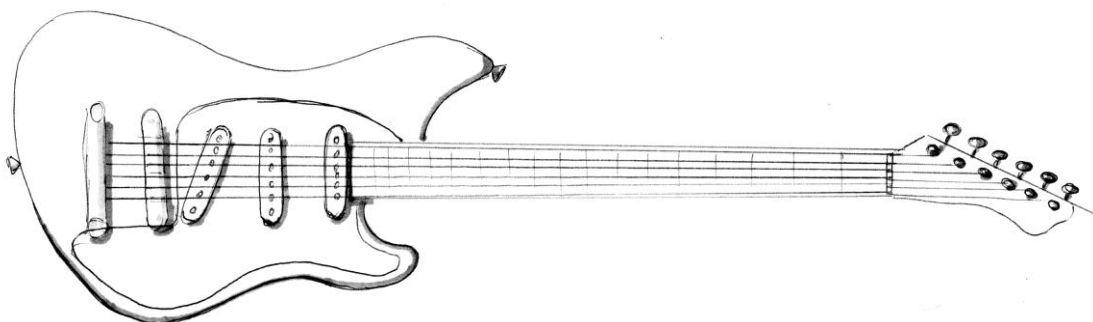
Kuvassa 12 on malli 2, jonka lapa ei ollut Kärnäns mielestä toimivan näköinen, koska kielilinjat eivät olleet suorat. Rungossa ei ollut Kärnäns mielestä mitään vikaa, mutta se ei kuitenkaan tavanomaisuudestaan johtuen puhutellut häntä millään tavalla.





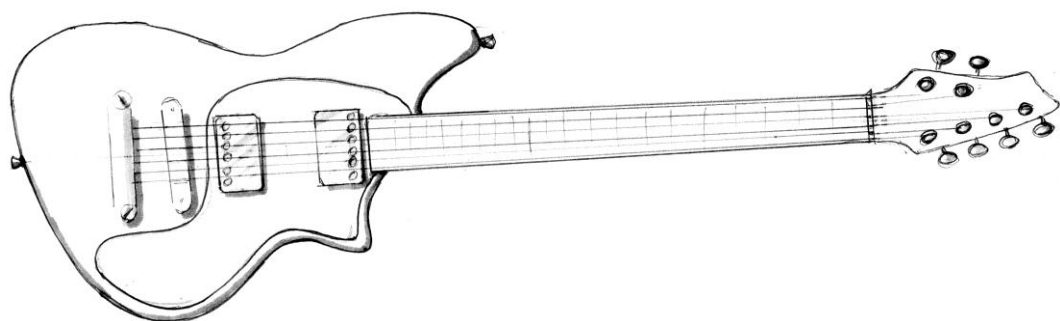
Kuva 13. Malli 3

Kärnä piti kuvassa 13 olevan malli 3:n lavasta, koska kielilinjat menivät Fender-tyyppisesti suoraan, mikä oli hänen alkuperäisen toiveensa mukaista. Runkokin oli toimeksiantajan mieleen.



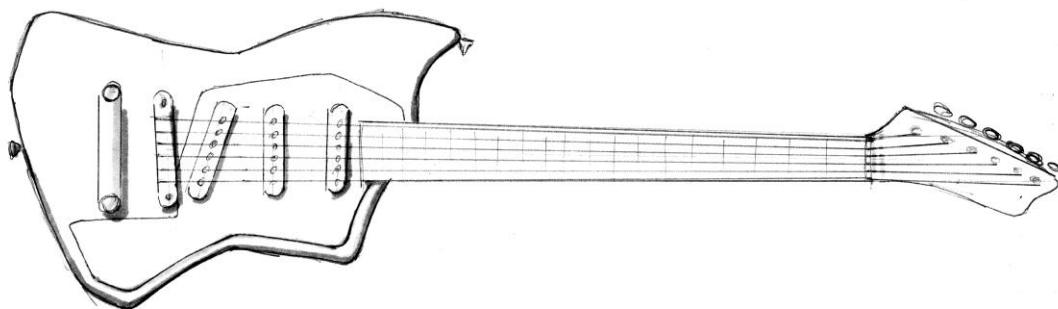
Kuva 14. Malli 4

Kuvassa 14 oleva malli 4 oli lähes samanlainen kuin malli 3. Erotukseksi edellisestä mallista tähän malliin oli lisätty sarvi rungon alaosaan. Tämä mallin muodot eivät olleet Kärnänsä mukaan tasapainossa.



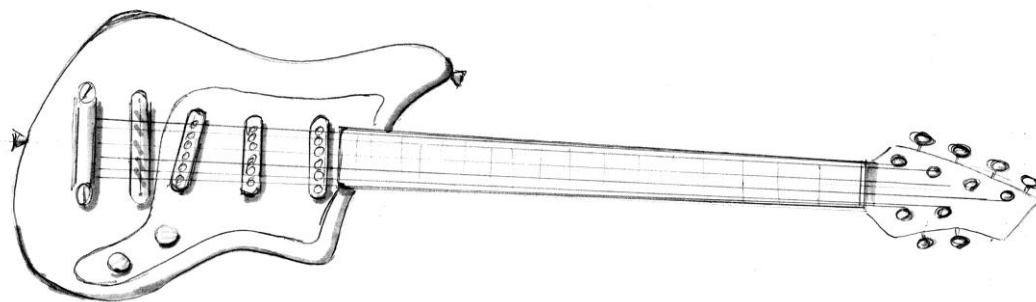
Kuva 15. Malli 5

Kuvassa 15 olevan malli 5:n runko oli Kärnän mielestä outo, eikä se siksi miellyttänyt häntä. Rungon muodot poikkesivat aika paljon perinteisistä malleista. Lavasta Kärnä piti, mutta ei niin paljon kuin malli 3:n lavasta.



Kuva 16. Malli 6

Tätä mallia Kärnä piti liian epämääräisen muotoisena. Kulmikkuus ja kaaret eivät sopineet hänen mielestään yhteen. Lapa oli lähes sama kuin malli 3:ssa, joten se miellytti häntä.

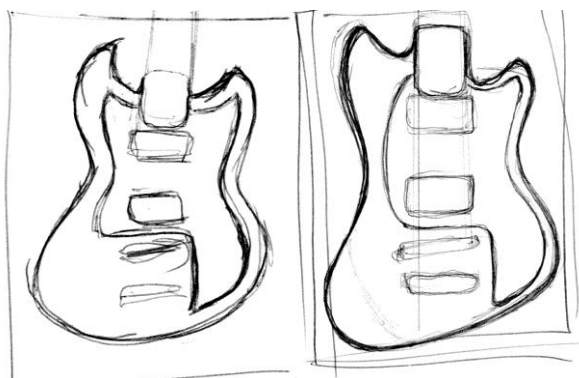


Kuva 17. Malli 7

Kuvassa 17 esitetyn malli 7:n rungon eteenpäin menevästä muodosta Kärnä piti. Lapakin miellytti häntä.

Seuraavaksi pyysin Kärnää valitsemaan seitsemästä mallista sellaiset, joita hän olisi valmis kehittämään eteenpäin. Runkovaihtoehdoista päädyttiin malleihin 1 ja 7 ja lapavaihtoehdoista malleihin 4, 7 ja 5.

Näytin Kärnäälle vielä luonnosnippuani, jossa oli kaikki epämääräisimmätkin ideat, jos sieltä sattuisi löytymään malli, joka olisi miellyttävä. Luonnoksista löytyikin kaksi mallia, jotka kiinnostivat toimeksiantajaa. Mallit 8 ja 9 ovat kuvassa 18.



Kuva 18. Mallit 8 ja 9

Sovimme, että piirrän seuraavaan tapaamiseen mennessä kolme runko- ja lapamallia, joista molemmista valitsemme yhden mallin jatkokehitykseen. Esittelen nämä uudet kitaramallit kuvassa 19.



Kuva 19. Mallit A, B ja C ylhäältä alaspäin

Pyrin yhdistämään eri runko- ja lapamallit niin, että ne sopisivat keskenään hyvin yhteen. Lisäsin luonnoksiin väriä, jotta kitaroiden muodot tulisivat paremmin esiin valkoisesta paperista. Piirsin luonnokset edellisiä huolellisemmin, jotta niiden äärivivat olisivat selkeämmät. Näin toimeksiantaja sai tarkemman kuvan esimerkiksi mallien kaarista.

Malli A perustuu runkomalleihin 8 ja 9, jotka löytyivät viimeisenä luonnosnipusta. Tämän kitaran lapa on mallista 5. B-mallin runko ja lapa ovat malli 7:n luonnoksesta. Runkoon on piirretty aiemmasta poiketen kaksikelaiset mikrofonit. C-mallin runko on uusi versio mallin 1 rungosta ja lapa on mallista numero 4.

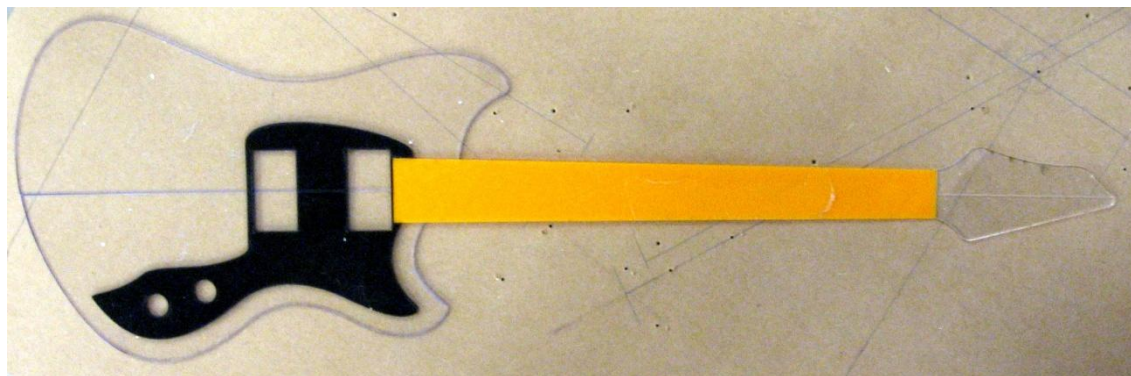
Kärnä piti jokaisesta mallista, mutta valitsi mallin A, joka oli hänestä parhaiten tasapainossa, ja jonka muoto ei tuonut heti mieleen jotakin tiettyä aiemmin

valmistettua mallia, vaikka hän näkikin siinä jotakin tuttua. A-mallin runko on sekoitus luonnoksista 8 ja 9. Runkoon on mietitty alustavasti potentiometriä ja mikrofoni kytkimen mahdolliset paikat. Ylä- ja alasarviin on lisätty terävyyttä, josta toimeksiantaja piti. Lavan muoto ja virityskoneistojen sijoittelu mahdollistavat suorat kielilinjat ilman, että kaikki koneistot ovat lavan toisella puolella. Näin lavasta saadaan lyhyempi, jolloin lapakulma voi olla suurempi kuin pidemmässä lavassa. Pidempi lapa osuu kaatuessaan maahan helpommin kuin lyhyt. Tällöin kitaran kaula saattaa katketa.

## 5.2 Hahmomallien valmistus sekä niiden käyttö muotoilutyön apuna

Päätin valmistaa valitusta kitaramallista luonnollisen kokoisen hahmomallin, jotta sen mittasuhteita olisi helpompi hahmottaa. Yhden tai useamman hahmomallin avulla voi helposti ja nopeasti kokeilla erilaisia teknisiä ratkaisuja sekä ulkonäköön vaikuttavia seikkoja, kuten erilaisia viisteitä ja pyöristyksiä. Lopullisen kokoisesta kappaleesta huomaa mielestäni sen ongelmakohdat ja hyvät ominaisuudet paremmin kuin esimerkiksi tietokoneella piirretystä kolmiulotteisesta mallista. Hahmomallin avulla pyrin tekemisen kautta tarkastelemaan rungon ja kaulan liitoksen mitoitus.

Piirsin tietokoneella rungon, plektrasuojuksen, otelaudan sekä lavan muodot. Käytin apuna mallista A skannattua käsin piirrettyä luonnosta. Tietokonepiirros mahdollisti piirtomallineiden leikkaamisen pleksilevystä laserleikkurilla. Piirtomallineet on esitelty alla olevassa kuvassa 20. Piirsin plektrasuojukseen mikrofoni kohdalle kaksikelaisille mikrofoneille sopivat aukot, potentiometriä paikat sekä rungon alasarven kohdalle reiän mikrofoni valitsinta varten.



Kuva 20. Laserilla leikatut piirtomallit

Toimeksiantajan haastattelusta kävi ilmi, että hänellä ei ole mensuurin<sup>1</sup> suhteen rajoituksia. Hänelle sopi yhtä hyvin Fenderin käyttämä 25 ½ tuuman (648 mm) kuin Gibsonin käyttämä 24 ¾ tuuman (615,95 mm) mensuuri tai jokin edellä mainittujen välistä. Ajattelin, että kaulasta saattaisi tulla liian pitkä 25 ½ tuuman mensuurilla, varsinkin kun Kärnän toiveena oli, että otelaudassa olisi 24 otelautanauhaa yleisemmin käytetyn 21:n tai 22:n sijaan. Olen huomannut, että kielen pituus tallalta satulalle vaikuttaa kielen jäykkyyteen. Olen todennut, että mitä lyhyempi kitaran mensuuri on, sitä kevyempi soittotuntuma kitarassa on, koska tällöin kielten venyttäminen on kevyempää. Tästä johtuen päädyin käyttämään Gibsonin 24 ¾ tuuman (615,95 mm) mensuuria, jotta soittotuntuma saataisiin kevyeksi.

Kävin Musitecissa 17.1.2011 näyttämässä laserilla leikattuja piirtomalleja Kärnäälle. Hän piti niitä onnistuneina muuten, mutta lavan muotoon hän ei sittenkään ollut tyytyväinen. Hänestä lavan muoto oli kuitenkin hieman liian tavallisen näköinen. Toimeksiantaja toivoi lapaan jonkilaista uudenlaista oivallusta.

Runkoa hän piti hivenen pienen näköisenä, mutta arveli sen johtuvan mallin materiaalien paksuudesta. Pleksilevyt olivat vain 3 millimetriä paksuja. Sain kuitenkin Kärnän vakuutettua siitä, että paksummasta materiaalista valmistetusta hahmomallista saa paremman kuvan rungon mittasuhteista, ja

<sup>1</sup> Mensuurilla tarkoitetaan kielen soivaa pituutta eli teoreettista etäisyyttä satulalta tallalle (Nuutinen 2010, 226).

niin päätimme olla muuttamatta rungon kokoa ennen, kuin hahmomallit olisivat valmistuneet.

Totesimme, että mallissa olevien mikrofoneille suunniteltujen paikkojen etäisyys toisistaan oli melko lyhyt. Tämä johtui siitä, että kaulassa oli 24 nauhaa. Useimpien sähkökitaramallien otelautoissa on 21 tai 22 otelautanauhaa. Mitä enemmän otelaudassa on nauhoja, sitä lyhyemmäksi jää viimeisen otelautanauhan ja tallan välinen tila. Mikrofonin tuottamaan äänenväriin vaikuttaa sen sijainti kiraran rungossa, eli mitä lähempänä mikrofoni on tallaa, sitä kirkkaamman äänen se tuottaa. Kaulaa lähemmäs mentäessä ääni tummuu. (Trynka 1993, 155.) Mikrofonien tuottamien äänien värit eivät välttämättä eroa riittävästi toisistaan, jos mikrofonit ovat kovin lähellä toisiaan.

Mikrofonien sijoittelun ongelmista johtuen piirsin uudet otelaudan ja plektrasuojuksen piirtomallit 25 tuuman eli 635 millimetrin mukaan. Ensimmäisessä otelautamallissa otelauta jatkui rungon päässä 12 mm 24. nauhan jälkeen. Uuteen malliin lyhensin viimeisen otelautanauhan jälkeisen mitan kolmeen millimetriin. Tämä mahdollisti mikrofoneille pidemmän etäisyyden toisistaan.

Päätin valmistaa rungon hahmomallin Styrox-levystä, koska aiempien kokemusteni pohjalta tiesin, että sitä on helppo ja nopea työstää. Piirsin piirtomallineiden avulla rungon ulkomuodon Styrox-levyyn, josta leikkasin muodon vannesahalla irti. Styroxinen hahmomalli on esitelty kuvassa 21.



Kuva 21. Styroxista valmistettu hahmomalli viistetyillä reunoilla

Kärnän haastattelussa ilmeni, että hän halusi mallista enemmän Fender- kuin Gibson-tyyppisen. Koska suurin osa Fenderin kitaramallien rungoista on 45 mm paksuja, leikkasin rungon kahteen osaan keskiviivaa pitkin, jotta pystyin ohentamaan 50 mm paksun Styrox-levyn haluttuun 45 millimetriin. Tämän jälkeen teippasin rungonpuolikkaat yhteen ja viimeistelin pystynauhahiomakoneella rungon muodot piirtomallien avulla piirrettyjä viivoja pitkin. Seuraavaksi hioin runkoon kuvassa 21 näkyvät viisteet. Valmistin toisen rungon samalla tavalla kuin edellä mainitun mutta hioin viisteiden tilalle pyöristykset, jotta voisin kysyä toimeksiantajan mielipidettä runkojen ulkonäöstä. Runko pyöristetyin reunoin on esitetty kuvassa 22.



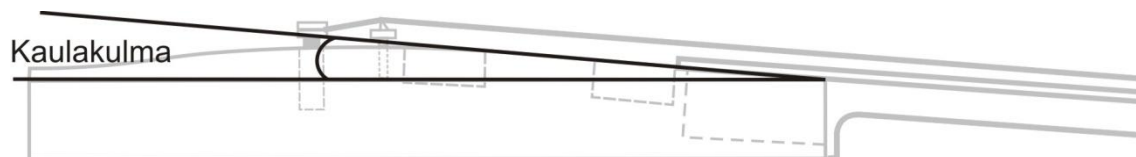


Kuva 22. Styroksinen hahmomalli pyöristetyillä reunoilla

Toimeksiantaja piti yhtä paljon niin viistetystä kuin pyöristetystäkin runkomallista. Koska viisteiden ja pyöristysten tekeminen tapahtuu käsityömenetelmin, päätimme jättää valinnan vielä tässä vaiheessa avoimeksi. Pyöristys tai ura toteutetaan käsijyrsinkoneella, joten erilaisia teriä, joilla saadaan aikaan erimuotoisia leikkauksia, on saatavilla monenlaisia. Kärnä ei enää maininnut rungon koosta mitään, joten tulkitsin, että se ei enää näyttänyt hänestä liian pieneltä.

Etenkin rungon ja kaulan liitoksen mittojen tarkastelua varten minun oli syytä valmistaa myös kaulasta lopullisen kokoinen mallikappale. Valmistin kaulan sivuprofiilimallin lastulevystä. Piirsin sivuprofiilimalliin 10 asteen lapakulman, jotta kaula olisi toimeksiantajan toiveiden mukainen. Tämän jälkeen piirsin lastulevymallin avulla kaulan sivuprofiilin mäntylankkuun, josta sahasin ulkomuodon ja viimeistelin kaulan hiomalla sen mahdollisimman lähelle lopullisia mittoja. Näin sain valmistettua kaulan nopeasti yhdestä puusta.

Sahasin samalla 6 mm paksusta lastulevystä otelaudan mallin, jotta pystyin tarkastelemaan kaulakulman suuruutta. Kaulakulmasta puhuttaessa tarkoitetaan kulmaa, jolla kaula on liitetty runkoon. Tätä on havainnollistettu kuvassa 23.



Kuva 23. Kaulakulma

Gibson-tyyppinen tallela vaatii jonkinasteisen kaulakulman. Pystyin mittaamaan tarvittavan kulman suuruuden hahmomalleja apuna käyttäen. Asetin kaulan rungossa olevaan kaulataskuun ja pistin kaulan päälle lastulevystä valmistamani otelautamallin, jotta kaulan paksuus vastaisi valmista kaulaa. Kaulakulman mittaus on havainnollistettu kuvassa 24. Kun kulma oli riittävän suuri, mittasin sen astemitalla. Kahden asteen kulma osoittautui riittäväksi.



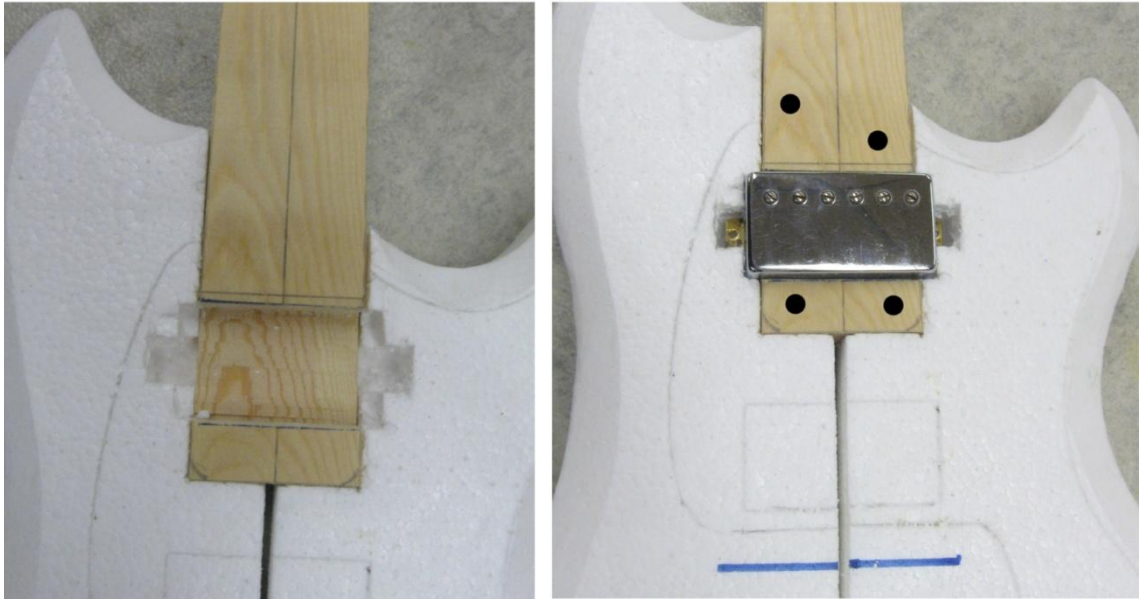
Kuva 24. Kaulakulman mittaus

Päätin kokeilla kaulaan normaalia pulttiliitosta pidempää liitosta, joka mahdollistaisi sen, että soittaminen ylemmiltä otelautanauhoilta olisi mahdollisimman esteetöntä. Pitkästä liitoksesta johtuen sahasin kaulapuuhun 15 mm syvyisen uran mikrofonin asennusta varten. Ura näkyy kuvassa 25.



Kuva 25. Kaulan hahmomalli ja mikrofonin ura

Useimmissa ruuvikiinnitteisissä kitaroissa kaula päättyy ennen mikrofonille jyrskyttä koloa. Normaalia pidemmällä liitoksella pyrin myös hakemaan sointia, joka olisi liimaliitoksen ja normaalin noin 78 mm pitkän ruuviliitoksen tuottaman äänen välillä, jotta kitaran sointi olisi sopiva mahdollisimman monille eri musiikkityyleille. Monet kitaranrakentajat ovat sitä mieltä, että ruuviliitos tuottaa nopeammin heräävän äänen kuin liimaliitos, joka taas tuottaa tasapainoisemman ja pidemmän soinnin (Trynka 1993, 155). Edellämainittu vastaa myös toimeksiantajan käsityksiä kaulan liitoksen vaikutuksista kitaran sointiin. Uskon, että normaalia pidemmällä liitoksella kielten värähtely saadaan kulkeutumaan rungolle lyhyempää liitosta paremmin.



Kuva 26. Kaulan kiinnitys runkoon

Kaula kiinnittyy runkoon neljällä ruuvilla kuvassa 26 näkyvän mikrofonin ylä- ja alapuolelta. Ruuvit kiinnittyvät kaulapuuhun rungon takapuolelta kuvassa näkyvien mustien pisteiden osoittamista kohdista.

Hahmomallien avulla pystyin tunnustelemaan kitaran mitoitusta ja sitä, miltä se tuntui istuvassa soittoasennossa. Mitoitus tuntui miellyttävältä. Sormet ylettyivät ylimmille otelautanauhoille vaivattomasti, koska alasarven soololovi oli riittävän syvä. Kitara tuntui asettuvan polvelle mukavasti. Kokeilua haittasi hieman se, että kaula painoi virituskoneistoiheen huomattavasti enemmän kuin styroxinen runko. Tästä syystä kitaran painon jakautumista rungon ja kaulan välillä oli vaikea arvioida.

### 5.3 Lavan muotoilu

Ennen kaulan mallin lopullista muotoilua minun piti palata suunnittelemaan uudenmallista lapa, joka miellyttäisi toimeksiantajaa. Kärnä toivoi lapaan jonkinlaista uutta näkökulmaa. Tehtävä tuntui aluksi melko mahdollottomalta, koska suorat kielilinjat rajoittavat huomattavasti virituskoneistojen sijoittelua ja sitä kautta myös lavan muotoilua.

Lavan uudelleenmuotoilu ei vaatinutkaan ennakko-odotuksista huolimatta suuria ponnistuksia. Piirsin otelaudan piirtomallin avulla paperille luonnollisen kokoisen otelaudan ja kielilinjat niin, että ne jatkuivat otelaudan yli lavan puolelle. Tämän jälkeen sijoittelin kitaran virityskoneistoja paperille eri järjestyksiin kuvan 27 osoittamalla tavalla.

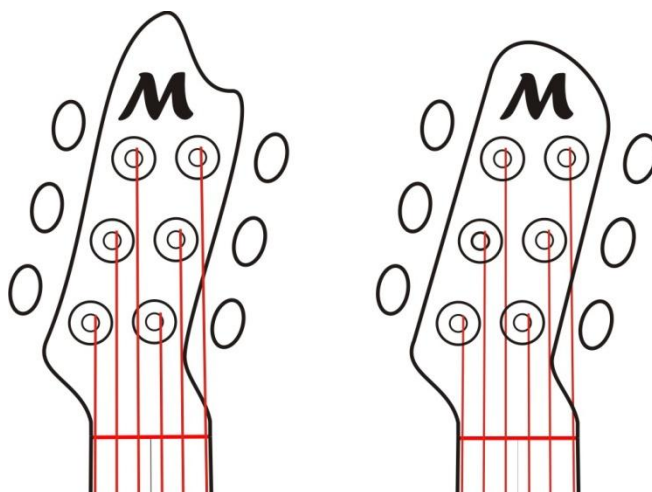


Kuva 27. Virityskoneistojen asettelun hahmottelu piirroksen avulla

Uuden lapamallin virityskoneistot on sijoitettu niin, että lavan molemmilla puolilla on kolme koneistoa, kuten tavallisesti, mutta kielten viritysjärjestys poikkeaa tavanomaisesta lavasta. Tässä lavassa kielten viritysjärjestys on molemmin puolin alhaalta ylöspäin kulkeva, kun se tavallisesti kiertää lavan ympäri myötäpäivään. Ensin mainitun kaltaista virityskoneistojen asettelua en ole nähnyt muiden valmistajien käyttävän. Kuvassa 27 esitetty virityskoneistojen sijoittelu mahdollistaa sen, että kielilinjat menevät suoraan ja lapa on kooltaan pieni.

Piirsin tietokoneella kaksi muodoiltaan toisistaan poikkeavaa lapamallia, joiden virityskoneistojen sijoittelut perustuivat paperille hahmottelemani kuvan 27 malliin. Kaksi uutta lapamallia on esitelty kuvassa 28. Malliin A hain samantyyllisiä kaaria kuin rungossa, jotta lapa olisi yhtenäisen näköinen rungon kanssa. Lapamallin B muotoilin suoralinjaisemmaksi, jotta sen valmistus olisi mahdollisimman yksinkertaista. Molemmissa malleissa virityskoneistojen

sijoittelu on sama. Piirsin lapaan M-logon, jota Musitec käyttää valmistamissaan soittimissa.



Kuva 28. Lapamallit A ja B

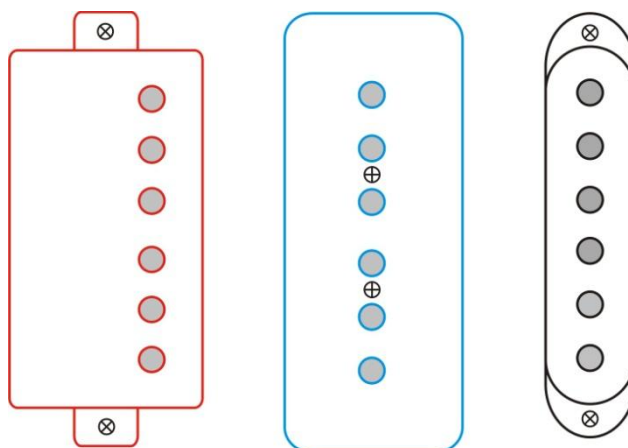
Lähetin Kärnäälle sähköpostilla kuvat, joissa oli kuvattu koko kitara lapamalleilla A ja B varustettuna. Kärnä piti enemmän mallista A, koska se oli hänen mielestään vauhdikkaamman näköinen kuin malli B. Malli A sopi hänen mielestään paremmin yhteen rungon kanssa.

#### 5.4 3D-mallinnus

Kun kitaran lopullinen ulkomuoto oli valittu, seuraava työvaihe oli koko kitaran mallinnus 3D-mallinnusohjelmalla. Koska kitaran muodot ja mikrofoneja, kaulaa sekä elektroniikkaa varten tulevat upotukset jyrsitään CNC-koneella, oli syytä määrittää tarkat mitat kitaran jokaiseen osaan.

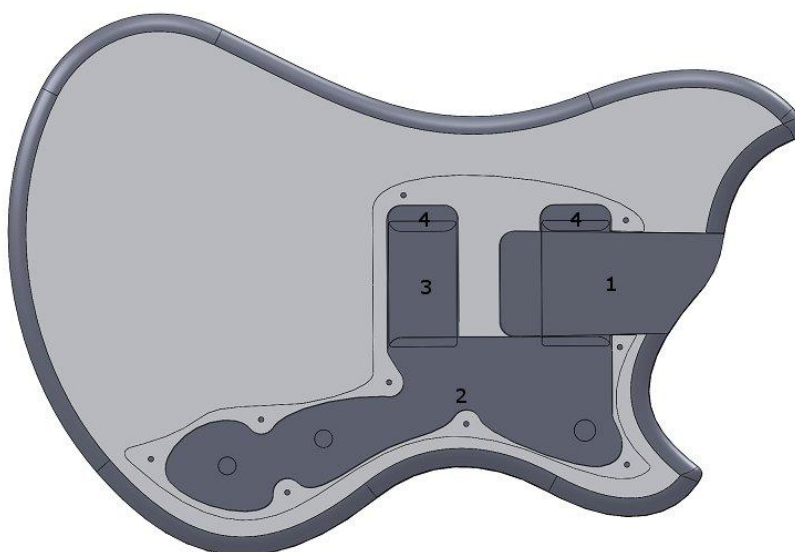
Plektrasuojuksen alle jyrsitään mikrofoneja, potentiometrejä sekä mikrofonivalitsinta varten syvennykset. Koska kitaran tulee olla mahdollisimman muunneltava ja monikäyttöinen, on tärkeä mitoittaa syvennykset niin, että syvennyksissä on riittävästi tilaa erikokoisille mikrofonimalleille sekä elektroniikkakomponenteille. Tästä syystä mittasin yleisimpiä mikrofonimalleja, jotta voisin suunnitella toimivan ja riittävän monipuolisen syvennyksen. Yleisimmin käytettyjä mikrofonimalleja ovat kaksikelaiset humbuckerit, P-90-tyyppiset yksikelaiset sekä Fender-tyyppiset

yksikelaiset mikrofonit. Kuvassa 29 on esitelty edellä mainitut mikrofonityypit. Mittauksissa ilmeni, että P-90-mikrofoni vaatii eniten tilaa pituussuunnassa (86 mm) ja kaksikelainen humbuckermikrofoni leveysuunnassa (38 mm). Fender-tyyppiset yksikelaiset mikrofonit ovat edellä mainittuja malleja hieman pienemmät.



Kuva 29. Mikrofonityypit vasemmalta oikealle: kaksikelainen **Humbucker**, yksikelainen **P-90** sekä yksikelainen Fender-tyyppinen mikrofoni

Koska ainoastaan P-90-mikrofoni kiinnitetään suoraan runkoon, mitoitin mikrofonien jrsintöjen syvyyden niiden mukaan. Mikrofonikolojen syvyydeksi riittää 15–20 mm. Kaulamikrofonin jrsinnän syvyyden määrää kaulapuuhun jrsittävän uran syvyys, joka tulee olemaan 15 mm syvä. Tästä johtuen suunnittelin mikrofonien jrsinnöille tilan, joka on kooltaan 88 mm x 40 mm x 20 mm. Kaksikelaisten mikrofonien päissä olevat korkeudensäätöruuvit vaativat 35 mm syvät kolot, jotka on esitetty kuvassa 30.



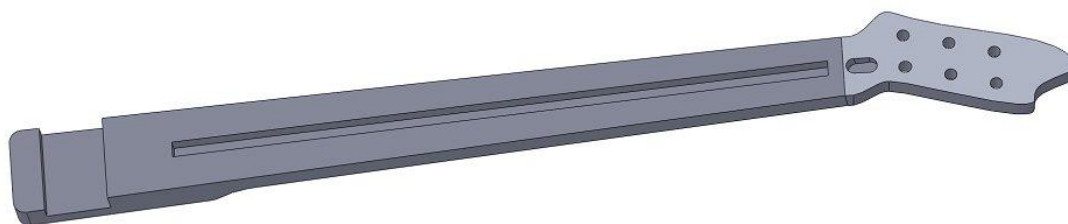
Kuva 30. Mallinnettu runko. Kaulatasku 1, kontrollikolo 2, mikrofonin syvennys 3, kaksikelaisen mikrofonin korkeudensäätöruuvien kolot 4

Kitaran runkoon tulee kaksi tai kolme potentiometriä sekä mikrofonivalitsin. Jakki voidaan sijoittaa joko plektrasuojukseen tai rungon sivuun. Gibson-tyyppinen kolmiasentoinen mikrofonivalitsin vaatii 33 mm syvän kolon. Fender-tyyppinen mikrofonivalitsin vaatii 38 mm syvyyttä mahtuakseen plektrasuojuksen alla olevaan koloon. Koska tulevat asiakkaat voivat halutessaan vaikuttaa kitaran kytkimien ja potentiometriä valintaan ja sijoitteluun, päätin mitoittaa koko kontrollikolon 38 mm syväksi mikrofonien tilaa lukuun ottamatta. Näin elektroniikalle jää varmasti riittävä tila plektrasuojuksen alle.

Mittauksien jälkeen aloitin mallinnustyön hahmomalleja varten tekemieni piirrosten pohjalta. Kopioin rungon, plektrasuojuksen sekä kaulan mitat ja muodot suoraan tietokoneella piirtämistäni 2D-piirroksista, jotta sain pidettyä mitat muuttumattomina. Aloitin mallintamisen rungosta, johon liitin plektrasuojuksen sekä tarvittavat upotukset. Upotukset on havainnollistettu yllä olevassa kuvassa 30. Mallinsin runkoon 10 mm:n säteellä olevat pyöristykset, jotta pystyin tarkkailemaan plektrasuojuksen alareunan muotoja suhteessa pyöristyksiin. Tämän jälkeen muotoilin plektrasuojuksen alaosan kaaria niin, että ne tulivat rungon muotojen kanssa symmetrisemmiksi.



Seuraavaksi mallinsin kaulan, johon tuli 10 asteen lapakulma, sekä jysintäkolo kaularaudalle. Mallinsin kaularaudan säätöä varten kolon lapaan, koska rungon puolella säätö tulisi liian monimutkaiseksi. Tällöin plektrasuojus mikrofoneineen jouduttaisiin poistamaan kaularaudan säätöä tehdessä. Mallinnettu kaula on esitelty kuvassa 31.



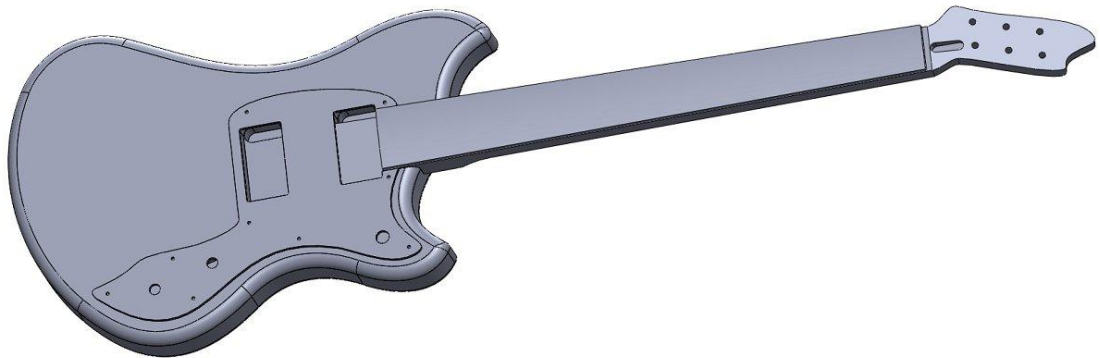
Kuva 31. Mallinnettu kaula

Lavassa olevien virityskoneistojen reikien koko riippuu siitä, minkälaiset virityskoneistot kitaraan tullaan valitsemaan. Ehdotin toimeksiantajalle Gotoh-valmistajan Stealth-virityskoneistoja, joiden mukaan mitoitin lavassa näkyvät reiät. Stealth-koneistot ovat Gotohin esitteen mukaan maailman pienimmät, ja ne ovat huomattavasti kevyemmät kuin normaalikokoiset koneistot. Näin kitaran kaulapainoisuutta voidaan vähentää. Stealth-koneistojen valmistukseen tarvitaan lähes puolet vähemmän materiaalia kuin normaalikokoisten koneistojen valmistukseen, ja ne valmistetaan myös suurimmaksi osaksi kierrätettävistä materiaaleista. (Gotoh 2010.) Edellä mainitut seikat tukevat myös ekologisuusnäkökulmaa.

Mallinsin vielä otelaudan, jonka pintaan mitoitin pyöristyksen, jonka säteen pituus on 9,5 tuumaa eli 241 mm. Tämän pituinen säde on useissa Fenderin otelautoissa hyvin yleinen. Tämän jälkeen liitin osat yhteen.

## 5.5 Tulokset

Opinnäytetyön tuloksena on 3D-mallinnus koko kitarasta sekä ehdotukset mahdollisiksi kitaran materiaaleiksi. 3D-mallinnus kitarasta on esitetty kuvassa 32. Liitteessä 2 on esityskuvat sekä mahdolliset värivaihtoehdot valmiista mallista.



Kuva 32. 3D-mallinnettu kitara

Toimeksiantaja toivoi, että kaulan puumateriaalien tulisi olla tarkoin valittuja. Kaulan puumateriaaliksi valittiin leppä. Kaula tullaan valmistamaan kahdesta tai useammasta palasta, niin että puun syyt kulkevat otelautaan nähden pystyyn. Näin kaulasta tulee riittävän jäykkä. Kun kaula valmistetaan useammasta palasta, pystytään myös ehkäisemään puun epäsuotuisaa taipumista. Kaulan materiaaliksi valittiin leppä.

Musitecin toive oli, että lapakulman tulisi olla kohtuullinen. Valitsin kitaraan 10 asteen lapakulman, joka ei ole yhtä jyrkkä kuin Gibsoneissa, joissa Kärnän mukaan esiintyy usein vireongelmia. Lisäksi lapakulma valmistetaan yhdessä toimeksiantajan kanssa valitsemallamme tavalla, joka esiteltiin kuvassa 3 sivulla 18.

Kärnä toivoi, että kielilinjat menisivät mahdollisimman suoraan niin satulalta virityskoneistoille kuin myös tallan päässä. Suunnittelemissani kitarassa kielilinjat menevät satulalta virityskoneistoille suorassa linjassa, vaikka virityskoneistot on sijoitettu lavan molemmille puolille. Kaksiosaisen tallan valinta mahdollistaa kielikulman säädön tallan päässä.

Yksi toimeksiantajan toiveista oli, että kitaran tulisi mahtua normaalikokoiseen kitaralaukkuun. Tämä tavoite täyttyi, koska käytin kitaran mittojen pohjana Fenderin Stratocasteria, joka on yksi yleisimmin käytetyistä kitaramalleista. Olen kuvannut 1:1 kokoisten hahmomallien sopivuutta normaaliin suorakaiteenmuotoiseen kitaralaukkuun alla olevassa kuvassa 33.



Kuva 33. Hahmomalli kitaralaukussa

Toimeksiantaja halusi myös, ettei kitara painaisi yli neljää kiloa. Todennäköisesti valmis kitara ei tule painamaan yli neljää kiloa, koska runko on kooltaan melko pieni ja sen puumateriaalit ovat kevyitä. Kitara ei saisi olla toimeksiantajan mukaan myöskään kaulapainoinen. Uskon, että kitara tulee olemaan hyvin tasapainossa, koska kitaran mittasuhteet perustuvat Fenderin Stratocasteriin, joka on kokemukseni mukaan hyvin tasapainoinen kitara niin istuen kuin seistenkin soittaessa. Kevyiden Gotohin Stealth-virityskoneistoiden valinnalla kaulan sekä samalla koko kitaran paino saadaan tavallista pienemmäksi.

Toimeksiantaja oli sitä mieltä, että otelaudassa voisi olla 24 otelautanauhaa. Näin ollen suunnittelin kaulan niin, että siihen oli mahdollista asentaa toivotut 24 otelautanauhaa. Kitarassa toteutui lisäksi toimeksiantajan haluama mekaaninen kaulaliitos.

Kitaran materiaalien kotimaisuus ja sitä kautta niiden ekologisuus toteutuu suunnittelemassani kitaran rungossa sekä kaulassa hyvin. Otelaudan

materiaalien valinta jää kuitenkin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, koska eri materiaalien toimivuutta on vaikea ennustaa ilman käytännön kokeiluja eli tässä tapauksessa prototyyppien soittotestausta. Kitaran metalliosissa joudutaan käyttämään ulkomailta valmistettuja osia. Mikrofonien valintaan kitaran ostaja voi itse vaikuttaa, joten niiden valmistusmaata on tässä työssä mahdoton päättää. Kitara tullaan pintakäsittelemään vahalla toimeksiantajan toiveiden mukaisesti. Vahan kestävyyttä päästään tarkastelemaan prototyyppien kokeilun avulla.

Toimeksiantajan toiveena oli, että soittimen valmistus olisi mahdollisimman kustannustehokasta, eli kitaran rakenteellisten ratkaisuiden tulisi olla yksinkertaisia. Tämä toteutuu kitaran rungossa erittäin hyvin, koska kaikki elektroniikkaosat tullaan kiinnittämään plektrasuojukseen, jolloin kaikki jyrsinnät tulevat rungon kanteen, jolloin runkoa ei tarvitse työstön aikana kääntää. Lisäksi kaksiosaisen Gibson-tyyppisen tallan asennus on hyvin nopeaa ja yksinkertaista. Toisaalta kaulan rakenne vaatii monta työvaihetta, koska se tullaan liimaamaan kahdesta palasta. Tällä tavalla valmistetulla kaulalla voidaan kuitenkin välttää materiaalihukkaa ja kaulan rakenteesta tulee mahdollisimman kestävä.

Toimeksiantaja toivoi, että kitara olisi sellainen, että se voitaisiin valmistaa mahdollisimman pitkälle CNC-tekniikalla. Lähetin sähköpostilla 3D-kuvat kitarasta Kärnäälle ja tiedustelin, ovatko kitaran muodot CNC-koneella toteutettavissa. Kärnä lähetti kuvat edelleen henkilölle, joka tulee suorittamaan koneistuksen. Hän vahvisti, että kitara voidaan työstää CNC-koneella ongelmitta.

Toimeksiantajan toive uutuusarvosta toteutuu tässä työssä lähinnä muotoilullisten ratkaisujen kohdalla. Uudenlainen lavan virityskoneistojen sijoittelu sekä lavan ja rungon muotoilu tuovat kitaraan uutuusarvoa. Otelaudan materiaalivalinta saattaa myös aikanaan lisätä kitaran uutuusarvoa.

## 6 POHDINTA

Tässä luvussa arvioin opinnäytetyöni onnistumista työlle asetettuihin tavoitteisiin nähden. Arvioin myös tiedonhankintamenetelmien avulla saatua aineistoa ja sen hyödynnettävyyttä tässä muotoilutyössä. Lisäksi arvioin työni merkityksellisyyttä toimeksiantajalle sekä itselleni.

Työni tavoitteena oli suunnitella Musitec Tmi:lle yrityksen toiveiden mukainen sähkökitaramalli. Kitarasta tuli piirtää 3D-malli, jonka pohjalta kitara voidaan valmistaa CNC-tekniikalla. Lisäksi kitaran puumateriaalien tuli olla kotimaisia. Päätuloksina oli, että sähkökitara tulee olemaan malliltaan sekoitus perinteisiä ja moderneja muotoja ja että sen runko ja kaula tullaan valmistamaan kotimaisesta lepästä. Eriyisen merkittävänä uudistuksena pidän virityskoneistojen poikkeuksellista sijoittelua. Kitaran valmistaminen CNC-tekniikalla onnistuu myös odotusten mukaisella tavalla.

Menetelminä työssäni käytin toimeksiantajan teemahaastattelua sekä muiden soitinrakentajien sähköpostihaastattelua. Lisäksi kartoitin lähdekirjallisuuden avulla eri materiaalivaihtoehtojen soveltuvuutta sähkökitaran materiaaleiksi kokeneiden soitinrakentajien ja puualan asiantuntijoiden näkökulmasta. Sain paljon arvokasta ja hyödyllistä tietoa muotoilutyöni pohjaksi toimeksiantajan haastattelusta. Toimeksiantajan toiveina olleiden ominaisuuksien avulla sain rajattua muotoilutyötä juuri sopivasti niin, että minulle jäi vapauksia päättää monista asioista itse. Näin mielenkiinto lopputyön tekemiseen säilyi loppuun asti. Kirjallisista lähteistä sekä asiantuntijoita haastatteleamalla sain paljon tukea kitaran materiaalien valintaan. Lottosen ammatillinen kokemus ja materiaalien tuntemus olivat ratkaisevia kaulan ja rungon puumateriaalien lopullisessa valinnassa.

Uskon, että suunnitelmani antavat toimeksiantajalle hyvän pohjan prototyypin valmistamiselle, vaikka valittujen materiaalien soveltuvuus sekä niiden vaikutukset kitaran sointiin selviävätkin vasta, kun prototyyppiä päästään testaamaan käytännössä. Uusien otelautamateriaalien soveltuvuuden voi lopullisesti todeta vasta valmistamalla koekauloja eri materiaaleista ja

testaamalla niitä käytössä sekä tarkastelemalla pidemmällä aikavälillä niiden reagointia kielten vetoon ja ilman lämpötilojen sekä kosteusolosuhteiden vaihteluun. Uusista otelautamateriaaleista saisiikin uuden tutkimuksen aiheen. Joka tapauksessa Musitec Tmi on nyt saanut ensimmäisen oman kitaramallinsa, joka voi olla alkuna oman malliston valmistamisessa.

Tämä opinnäytetyöprosessi oli minulle merkityksellinen, koska sain kehittää kokonaan uuden sähkökitaramallin uusine innovaatioineen. Kitarasta tuli lisäksi muodoiltaan juuri sellainen, jota voisin mielelläni itsekin soittaa. Materiaalien toimivuutta sähkökitarassa on kuitenkin vaikea ennustaa ennen valmiin prototyypin kokeilua. Toivon olevani mukana prototyypin kehitystyössä, joka seuraa luonnollisena jatkona nyt tehdyille suunnittelutyölle. Odotan mielenkiinnolla eri otelautamateriaalien toimivuuden testaamista.

## LÄHTEET

Ala-Kuha, J.; Himanen, R. & Koivuniemi, M. 2006. Suomalainen kitarakirja. Tallinna: Alfamer Kustannus Oy.

Audiosal Oy 2002. Landola – No More Headaches from Tuning. Viitattu 15.3.2011. Saatavissa: [www.landola.fi](http://www.landola.fi)

Bacon, T. & Hunter, D. 2008. Sound and Construction. Teoksessa Quinn, P. (toim.) Totally Guitar - The Definite Guide. London: Outline Press Ltd., 8–41.

Burrluck, D. 1996. Construction. Teoksessa Bacon, T. (toim.) Classic Guitars of the Fifties. London: Miller Freeman Books, 8–15.

Cumpiano, W. R.; Natelson, J. D. 1987. Guitarmaking. Tradition and Technology. San Francisco: Chronicle Books.

DuPont 2010. Corian-tietoa. Viitattu 8.3. 2011. Saatavissa: [http://www2.dupont.com/Corian/fi\\_FI/about\\_corian/about\\_corian.html](http://www2.dupont.com/Corian/fi_FI/about_corian/about_corian.html)

Durat 2010. Durat-kierrätetty kestävä. Viitattu 8.3. 2011. Saatavissa: <http://www.durat.fi/#/etusivu>

Fagerstedt, K.; Pellinen K.; Saranpää, P. & Timonen, T. 1996. Mikä puu - mistä puusta. Helsinki: Yliopistopaino.

Fuad-Luke, A. 2002. The Ecodesign Handbook. A Complete Sourcebook for the Home and Office. London: Thames & Hudson Ltd.

Gibson 2011. Sg '61 reissue. Viitattu 8.3.2011. Saatavissa: <http://www2.gibson.com/Products/Electric-Guitars/SG/Gibson-USA/SG-61-Reissue/Specs.aspx>

Gotoh 2010. Stealth. The worlds smallest Tuning-key. Esite. Gotoh Japan.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Tammi, Jyväskylä. julkaisut.

Kimmo, K. 2007. Suomalainen puu soi arvokitarassa. Suomen metsäyhdistys ry. Viitattu 9.1.2011 Saatavissa: <http://www.forest.fi/smyforest/forest.nsf/allbyid4/681876DC9B63A106C225739C0028ED01#popUpPic>

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Karisto.

Kärnä, Tapani 2010. Musitec [verkkodokumentti]. Viitattu 1.11.2010. Saatavissa: <http://www.musitec.fi/index.php?pageid=7&lang=fi>

Kärnä 2011. Teemahaastattelu. 4.1.2011. Haastattelija Ossi Alisaari.

Loukola, S. 2001. Puusta pitkään. Puutuotteiden suunnittelu ja valmistus. Jyväskylä: Gummerus.

Lottonen Guitars Oy 2011a. Viitattu 15.2.2011. Saatavissa: <http://www.lottonen.com/kuvagalleria.html>

Lottonen, J. 2011b. Re: Leppäpuusta kaulaksi? [Sähköpostiviesti.] Vastaanottaja Ossi Alisaari. Lähetetty 12.1.2011.

Mackenzie, D. 1991. Green Design. Design for the Environment. London: Laurence King Publishing.

Nieminen, R. 1995. Soiva puu. Soitinrakentajia suomesta. Jyväskylä: Suomen kotiteollisuusmuseo.

Nuutinen, A. 2010. Puumateriaalit. Teoksessa Nuutinen, A.; Eriksson, T.; Jaakkonen, P. & Reinikka, T. (toim.) Sähkökitaran rakentaminen. Saarijärvi: Korpi Instruments, 34–37.

Smith, S. 2007. Taylor, Gibson, Martin and Fender team up with Greenpeace to promote sustainable logging. Greenpeace. Viitattu 14.1.2011. Saatavissa: <http://www.greenpeace.org/usa/en/media-center/news-releases/taylor-gibson-martin-and-fen>

Trynka, P. toim. 1993. The Electric Guitar. An illustrated history. San Francisco: Chronicle Books.

Versoul 2011a. Materials. Viitattu 9.1. 2011. Saatavissa: <http://www.versoul.com/instruments.php?sid=00011>

Versoul 2011b. Haapapuusta kaulaksi? [Sähköpostiviesti.] Vastaanottaja Ossi Alisaari. Lähetetty 19.1.2011.

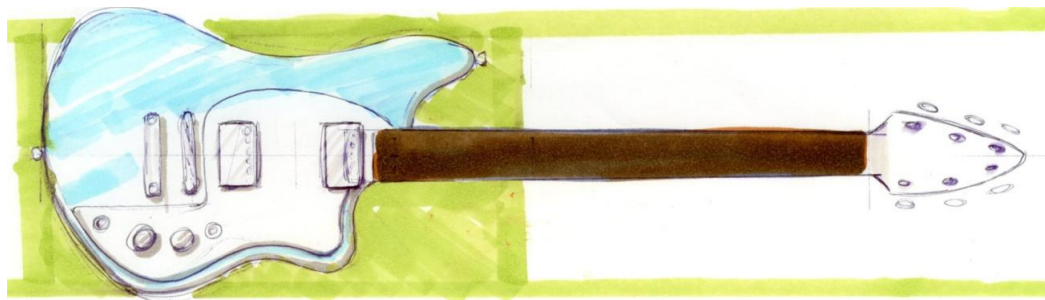
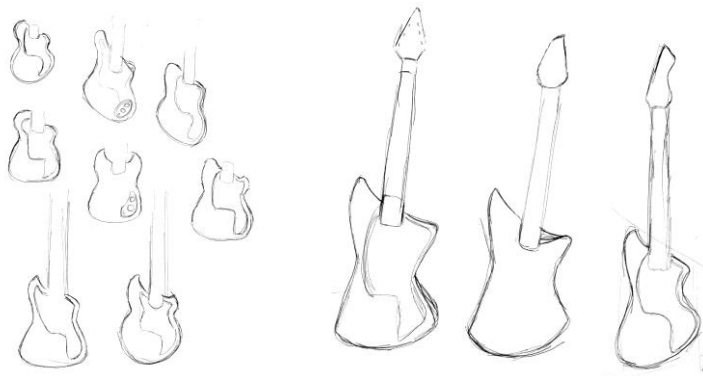
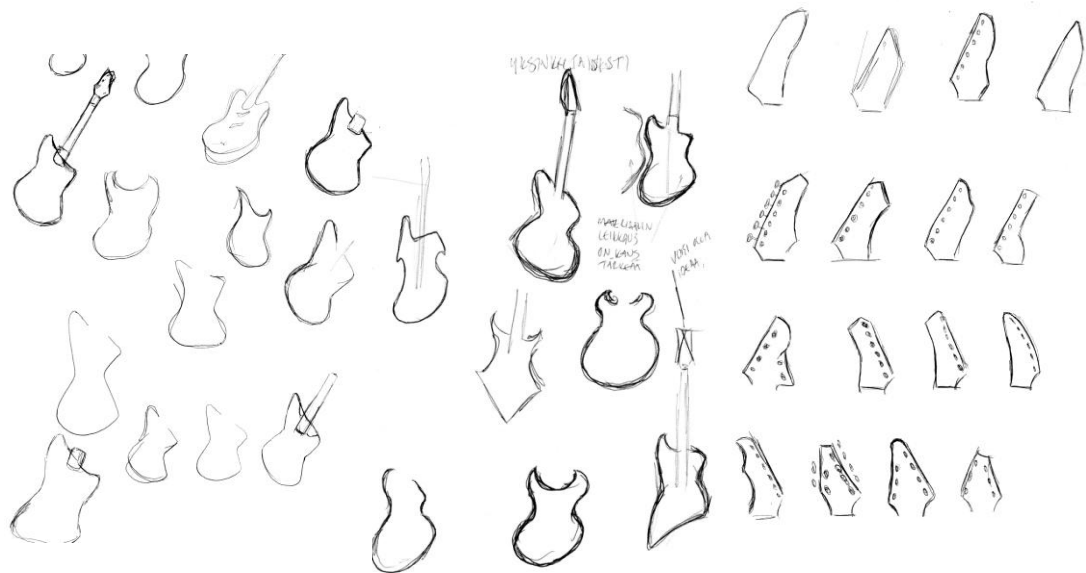
Vesa, J. 2009. Suomalainen kitara 2000-luvulla. Keuruu: Idemco Oy, Riffi-julkaisut.

Who Is In? 2007. Greenpeace USA. Viitattu 14.1.2011. Saatavissa: <http://www.musicwood.org/who.htm>

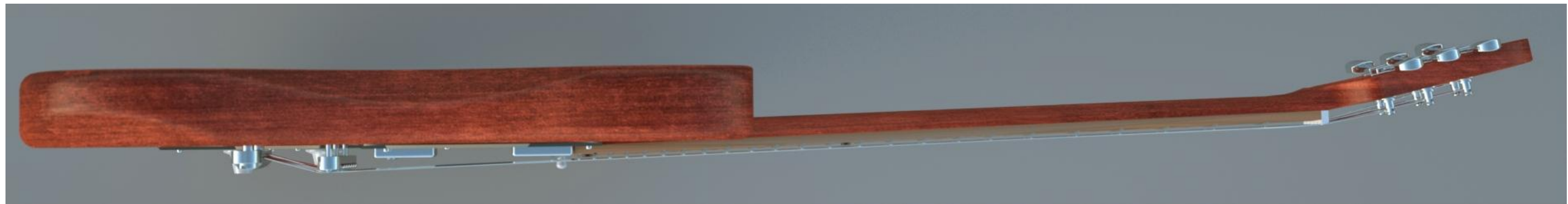
Wikipedia 2011. Selluloidi. Viitattu 15.3.2011. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Selluloidi>



# LIITE 1. Kitaramallin luonnoksia



LIITE 2. 3D-Mallinnettuja kuvia lopullisesta mallista 1 (2)



LIITE 2. 3D-Mallinnettuja kuvia lopullisesta mallista 2 (2)

