

Opinnäytetyö (AMK)

Muotoilun koulutusohjelma

Käsityö ja muotoilu

2011

Timo Niskala

SISUSTUKSELLISEN AKUSTIIKKAPANEELIN SUUNNITTELU DECO TOP - TUOTEMERKILLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Muotoilun koulutusohjelma | Käsityö ja muotoilu

31.3.2011 | 99+6

Jouni Suvala

Timo Niskala

SISUSTUKSELLISEN AKUSTIIKKAPANEELIN SUUNNITTELU DECO TOP -TUOTEMERKILLE

Opinnäytetyöni tehtävänä oli suunnitella sisustuksellinen akustiikkapaneeli Deco Top -tuotemerkille. Tuotemerkki on osa Paimion Puupojat Oy:n kehittämää mallistoa, joka perustuu enimmäkseen yrityksessä valmistettaviin sisustuspaneeliin. Toimeksiantona oli suunnitella olemassa olevaan mallistoon sopiva akustiikkapaneeli.

Tutkimuksessa perehdyin tärkeimpiin huoneakustiikkaan liittyviin ilmiöihin ja ongelmiin, jotka suurimmaksi osaksi liittyvät jälkikaikuihin. Perehdyin myös akustiikkamateriaalien ominaisuuksiin ja Deco Top -tuotteiden visuaaliseen ilmeeseen, sekä niiden tuotantotapaan. Vaadittavien tutkimustulosten saamiseksi käytin menetelminä dokumenttianalyysia, jolla sain tietoa materiaalien teknisistä ominaisuuksista, sekä kuva- ja esineanalyysiä, jonka avulla Deco Top -tuotteiden visuaalinen ilme sekä tuotannolliset ominaisuudet tulivat ilmi. Tutkimuksesta saatujen tietojen pohjalta suunnittelin akustiikkapaneelimallin mahdollista jatkokehittelyä ja tuotteistamista varten.

Lopputulokseksi sain suunniteltua tuotteen, joka on akustisilta ominaisuuksiltaan standardin mukainen ja mielestäni visuaalisesti Deco Top -tuotemaailmaan sopiva akustiikkapaneeli. Tuote on myös suunniteltu sopimaan tuotannollisilta ominaisuuksiltaan Paimion Puupojat Oy:n tuotantotapoihin.

ASIASANAT:

akustiikka, paneeli, sisustus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in design | Crafts & Design

31.3.2011 | 99+6

Jouni Suvala

Timo Niskala

A DECORATIVE ACOUSTIC PANEL DESIGN FOR DECO TOP TRADEMARK

The meaning of the thesis was to design a decorative acoustic panel for Deco Top trademark. The trademark is a collection from Paimion Puupojat Oy and it's based on a series of decorative panels. The assignment for the thesis work was to design an acoustic panel that fits the existing collection.

The research work concentrated on the most important appearances and problems of room acoustics, the quality and features of acoustic materials and the visual and technical properties of Deco Top decorative panels. Both documental material and picture and object analysis were used for the research. Based on the research information an acoustic panel concept was designed for possible product development in the future.

As the result a panel was designed based on the acoustical standards and also compatible with the existing Deco Top products. The product is also designed to fit the manufacturing demands of Paimion Puupojat.

KEYWORDS:

acoustics, panel, decoration

SISÄLTÖ

SANASTO	13
1 JOHDANTO	7
2 TAUSTATIETOA	8
2.1 Paimion Puupojat Oy	8
2.2 Deco Top -tuotemerkki	8
2.3 Toimeksianto	9
3 TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	10
3.1 Tavoite	10
3.2 Tutkimuskysymykset	10
3.3 Viitekehys	11
4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TIEDONHANKINTA	13
4.1 Kvalitatiivinen tutkimus	13
4.2 Dokumenttianalyysi	14
4.3 Kuva- ja esine-analyysi	14
5 AKUSTIIKKA	15
5.1 Huoneakustiikka	15
5.2 Absorptio	25
5.2.1 Huokoiset absorptiomateriaalit	26
5.2.2 Resonoivat absorptiomateriaalit	31
5.2.3 Helmholtz vaimentaja	32
5.2.4 Wideband vaimentaja	33
5.3 Diffuusio	34
5.4 Akustiikkapaneelit	37
6 DECO TOP -SISUSTUSPANEELIT	40
6.1 Muotokieli	40
6.2 Tuotanto	44
6.3 Materiaalit	44
7 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	47
7.1 Mitä teknisiä ominaisuuksia vaaditaan toimivalta akustiikkapaneelilta?	47
7.2 Mitä vaatimuksia Deco Top mallisto asettaa sisustuksellisen akustiikkapaneelin suunnittelulle?	48

8 AKUSTIIKKAPANEELIN SUUNNITTELU	49
8.1 Vaimentava materiaali	49
8.2 Ideat ja luonnokset	51
8.2.1 Jatkokehittelyä	54
9 AKUSTIIKKAPANEELIN MALLINNUS	60
9.1 Etulevyn mallinnus	60
9.1.1 Kuosin mallinnus	61
9.2 Kehikon mallinnus	69
9.3 Kokonaisuus	76
9.4 Sisustus kuvat	79
10 HAHMOMALLIN VALMISTUS	85
11 TULOSTEN TARKASTELU	95
LÄHTEET	97

LIITTEET

- Liite 1. Rt-kortti (1/2)
- Liite 2. Rt-kortti (2/2)
- Liite 3. Kaisla -etupaneeli
- Liite 4. Kaisla -kehikko
- Liite 5. Kaisla -akustiikkalevy
- Liite 3. Kaisla -kokoontulo

KUVAT

Kuva 1. Akustiikkaan vaikuttavat tekijät.	16
Kuva 2. Jälkikaunta-aika.	17
Kuva 3. Pitkä jälkikaiunta-aika.	18
Kuva 4. Normaali jälkikaiunta-aika.	18
Kuva 5. Lyhyt jälkikaiunta-aika.	19
Kuva 6. Äänen eteneminen tilassa.	20
Kuva 7. Kuuloalue.	21
Kuva 8. Korkea huone.	22
Kuva 9. Havainnoiva kuva äänen kulusta, erilaisissa pintamateriaaleissa.	23
Kuva 10. Äänikokemus.	24
Kuva 11. Puukuitulevy.	29

Kuva 12. Lasivilla.	29
Kuva 13. Vaahtomuovi.	30
Kuva 14. Paneelivaimentaja.	31
Kuva 15. Heimholtz vaimentaja.	32
Kuva 16. Wideband vaimennin.	33
Kuva 17. Diffuusorin periaate havainnollistettuna.	35
Kuva 18. Perinteinen diffuusori.	35
Kuva 19. Yksinkertainen imitaatio elementistä jossa on absorboivaa ja heijastavaa pintaa.	37
Kuva 20. Soften akustiikkapaneelimallistoa.	38
Kuva 21. Anne Kyyrö Quinnin huopainen seinäpaneeli.	39
Kuva 22. Ply akustiikkapaneeli.	40
Kuva 23. Deco Top Loimu- sisustuslevyä käyttöympäristössä.	41
Kuva 24. Decotopmallistoa.	42
Kuva 25. Meri -sisustuspaneeli.	43
Kuva 26. Loimu -sisustuspaneeli.	43
Kuva 27. Loimu -sisustuspaneeli.	45
Kuva 28. Boa -sisustuspaneeli.	46
Kuva 29. Ewona koepalat.	50
Kuva 30. Luonnoksia.	52
Kuva 31. Luonnoksia jatkokehittelyyn	53
Kuva 32. Lämpäisevän pinta-alan hahmotusta	55
Kuva 33. Aaltopaneelikuosin jatkomallinnuksia suuremmalla lämpäisevällä osuudella.	56
Kuva 34. Ovaaliristikkopaneelin lämpäisevyyden hahmotusta.	57
Kuva 35. Ovaaliristikkopaneelin jatkomallinnuksia erilaisilla jyrksinnöillä.	57
Kuva 36. Paneelikuosin kehittäjä.	58
Kuva 37. Jatkokehittäjä.	59
Kuva 38. Jatkokehittäjä.	59
Kuva 39. Etupaneelin mallinnusaihio 615x615x16 MDF	60
Kuva 40. Ensimmäisiä leikkuuratakokeiluja	61
Kuva 41. Lähtökohtaiset leikkuuratomallit paneelille.	63
Kuva 42. Leikkuuradat väreillä havainnollistettuna.	64
Kuva 43. Mallinnettu etupaneeli halutuilla leikkuuratasijoituksilla.	64
Kuva 44. Paneelin kuosin lähtökohta	66
Kuva 45. Paneelin kuosi leikkuuratojen muutoksilla ja suuremmalla lämpäisevyydellä.	66
Kuva 46. Paneelin suora pinta lisä-leikkuuratoja varten.	67
Kuva 47. Lopulliset leikkuuradat.	68
Kuva 48. Leikkuuradat edestä kuvattuna.	68
Kuva 49. Lopullinen paneelimalli.	69
Kuva 50. Kehikon lähtökohta.	70
Kuva 51. Kalteva kehikko.	71
Kuva 52. Kehikkoasetelma.	72
Kuva 53. Kehikko kokoonpano.	72
Kuva 54. Kehikon luonnostelua.	73
Kuva 55. Kehikon seinäkiinnityksen luonnostelua.	74
Kuva 56. Kehikko mallinnettuna etupuolelta.	75
Kuva 57. Kehikko mallinnettuna takapuolelta.	75
Kuva 58. Paneelin räjäytyskuva.	76
Kuva 59. Kokoonpano akustiikkamateriaalin kanssa.	77
Kuva 60. Akustiikkapaneelikokonaisuus.	77
Kuva 61. Poikkileikkauskuva.	78
Kuva 62. Paneelikokonaisuus.	79

Kuva 63. Sisustuskuva.	80
Kuva 64. Sisustuskuva.	81
Kuva 65. Sisustuskuva	81
Kuva 66. Sisustuskuva.	82
Kuva 67. Sisustuskuva.	82
Kuva 68. Sisustuskuva.	83
Kuva 69. Sisustuskuva.	83
Kuva 70. Sisustuskuva.	84
Kuva 71. Aihio.	86
Kuva 72. Lähtökohtainen aihio työstypöydällä.	87
Kuva 73. Jyrsinnän alkuvaiheita.	88
Kuva 74. Jyrsintää.	89
Kuva 75. Jyrsitty aihio.	89
Kuva 76. Kehikon palat.	90
Kuva 77. Kehikko.	91
Kuva 78. Paneelin liimaus.	91
Kuva 79. Maalattu kehikko.	92
Kuva 80. Hahmomalli.	93
Kuva 81. Hahmomalli.	94

KUVIOT

Kuvio 1. Prosessikaavio.	12
Kuvio 2. Maton, 2 tuuman lasikuidun ja puuvillaverhojen absorptiotaulukko.	27
Kuvio 3. Ääniaallon pituuksia havainnollistettuna.	28
Kuvio 4. Ilmavälin vaikutus vaimentamisessa.	28

TAULUKKO

Taulukko 1. Ääniaallon pituuksia.	27
-----------------------------------	----

SANASTO

Aallonpituus	Tarkoittaa ääniaallon kahden huippukohdan välistä etäisyyttä. Kuultavien äänien aallonpituus on n. 20 mm - 20 m. (Kotiakustiikka)
Absorptioala	Absorptioala on pinnan ala kerrottuna sen absorptiosuhteella. Kun huonetilaan asennetaan 10m ² materiaalia, jonka absorptiosuhde on 0,8 saadaan tuon materiaalin absorptioalaksi 8 m ² . (Kotiakustiikka)
Absorptiokerroin	Materiaalin absorboiman ja siihen osuneen äänitehon suhde. Hyvin ääntä vaimentavan (absorboivan) materiaalin absorptiokerroin on laajalla taajuusalueella suurempi kuin 0,8. Pinnan, joka heijastaa kaiken siihen osuneen äänen absorptiokerroin on 0. (Kotiakustiikka)
Akustiikka	Äänioppi, käsittää kaikki fysikaaliset ilmiöt, jotka ihminen havaitsee kuuloaistinsa välityksellä. (Kotiakustiikka)
Desibeli	Desibeli (dB) on äänenpainetason yksikkö. Äänenpainetason kymmenen desibelin nousu tai lasku aistitaan äänitason kaksinkertaistumisena tai puolittumisena. (Kotiakustiikka)
Taajuus	Värähtelyn ja siten myös äänen taajuuden yksikkö, joka ilmoittaa värähtelyjen määrän sekunnissa. Taajuuden yksikkö on hertsi (Hz). Ihmiskorva kuulee äänet, joiden taajuudet ovat alueella 20 - 20000 Hz. (Kotiakustiikka)
Seisova aalto	Seisovia aaltoja kutsutaan myös huonemoodeiksi. Ilmiö syntyy kun huoneen mitta on puolet ääniaallon pituudesta tai sen monikerta. Aalto vahvistaa itseään kimmotessaan seinästä ja jää soimaan. Huonemoodit ovat hyvin paikallisia: Niiden olemassaolon voi todeta soittamalla pistetaajuuksia stereoisista ja kävelemällä huoneessa, joissain kohtaa ääni

vaimentuu ja toisessa korostuu. Ero voimakkuudessa voi olla merkittävä jo metrin murto-osien siirtymisellä.

Äänenpaine

Ääniaaltojen luomaa ilmanpaineen vaihtelua kutsutaan äänenpaineeksi. Matalin äänenpainetaso, jonka voimme havaita on kuulokynnys. Voimakkaat äänet ylittävät kipukynnyksen ja aiheuttavat kipua. Äänenpainetason yksikkö on desibeli (dB). (Kotiakustiikka)

Ääni

Väliaineessa etenevä värähtely, joka saa aikaan kuulohavainnon. (Kotiakustiikka)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni, eli tämän tutkimuksen aiheena on suunnitella sisustuksellinen ja toimiva akustiikkapaneeli Deco Top -tuotemerkille.

Työssäni perehdyn huoneakustiikkaan liittyviin ilmiöihin, jotka vaikuttavat häiritsevinä tekijöinä jokapäiväisessä elämässämme. Näitä asioita tutkimalla sekä toimeksiantajan aikasempien Deco Top -sisustuspaneelien ominaisuuksia huomioon ottaen, suunnittelen akustiikkapaneelin sopimaan osaksi olemassa olevaa mallistoa.

Opinnäytetyöni aihe tarjoutui minulle toimeksiantona työharjoittelupaikkani toimesta, jossa jo olemassa olevan sisustuspaneelimalliston jatkeeksi haetaan täydennystä akustiikkaa parantavalla tuotteella.

Deco Top -sisustuspaneelimalliston visuaalisen ilmeen, ja teknisten ominaisuuksien lisäksi, työssäni tutkin akustiikkaan vaikuttavien materiaalien määräyksiä, ominaisuuksia, ja sitä miten pystyin hyödyntämään ja soveltamaan niitä tietoja sisustuksellisen akustiikkapaneelin suunnittelussa.

Opinnäytetyöni aihetta miettiessäni toivoin löytäväni työn, joka olisi läpileikkaus niistä asioista mitä kolututusjaksojen aikana olen opiinnut. Mielestäni tämä työ mahdollisti omien näkemysten, kokemusten ja tietämysten esiin tuomisen, vaikkakin joidenkin osien kohdalla työlle oli annettu tietyt rajat.

Lopputuloksena onkin tuotesuunnitelma, jossa olen päässyt hyödyntämään monipuolisesti suunnittelijalle hyödyllisiä työvälineitä ja -tapoja.

2 TAUSTATIETOA

2.1 Paimion Puupojat Oy

Paimion Puupojat on vuodesta 1997 alkaen toimintansa aloittanut puuteollisuuden yritys. Yrityksen on pääasiallisesti työllistänyt veneteollisuus, johon se on tehnyt alihankintana erilaisia kiinteitä kalusteita ja muita osia. Yritys tekee myös tilaustöinä muita tuotteita puuteollisuuden erilaisiin tarpeisiin. Yrityksen tavoitteena on tehdä laadussa, hinnassa ja visuaalisuudessa kilpailukykyisiä tuotteita.

Yrityksen erikoisosaamisaluetta ovat erilaiset pintakäsittelyt. Tuotantotiloissa onkin maalaamoja, joissa tehdään mm. korkeakiiltoisia tuotteita. Tähän osaamiseen on myös yrityksen markkinoinnissa panostettu. Pintakäsittelyn lisäksi puuntyöstö ja tekniset toteutusmahdollisuudet ovat yritykselle tärkeä osa. CNC-koneistus on iso osa tämän päivän tuotantotavasta, ja yrityksessä sitä hyödynnetään päivittäin suurien sarjojen sekä yksittäisten vaikeiden muotojen aikaansaamiseksi.

Muutaman vuoden ajan yritys on myös kehitellyt ja valmistanut omaa mallistoa. Mallisto sisältää sisustuslevyjä, joissa yllä olevaa osaamista ja tekniikka on käytetty hyväksi. Paimion Puupojat tekee myös yhteistyötä suomalaisen sähkökitaravalmistajan, Ruokangas Guitars Oy:n kanssa, jonka tuotteita on ammatti- ja harrastelijakäytössä ympäri maailmaa.

2.2 Deco Top -tuotemerkki

Deco Top -tuotteiden suunnittelu ja valmistus aloitettiin Paimion Puupoikien toimesta alkuvuonna 2009, jolloin myös tuotteita oli esillä Rakentaminen ja Sisustaminen-messuilla helmikuussa sekä Habitare-messuilla syksyllä 2009.

Deco Top -sisustuslevyt ovat designtuotteita, joita on tarkoitettu käytettäväksi sisustuksellisinä korjaus- tai uudisrakentamiselementteinä.

Tämänhetkiseen Deco Top -mallistoon kuuluu 11 erilaista sisustuslevyä, joita on sovellettavissa niin peilien kehyksiksi kuin kaapistojen ovipintoihinkin. Deco Top -tuotemerkillä on myös pöytämallisto, johon kuuluu 2 erilaista pöytämallia.

Sisustuslevyt ovat maalattua MDF -levyä tai pintakäsiteltyä erikoisvaneria. Sitä on saatavana erilaisilla värivaihtoehdoilla ja pintakäsittelytavoilla, pohjamaalatusta aina korkeakiiltoiseen.

Näiden sisustuslevyjen tarkoituksena on saada aikaan kolmiulotteisia pintoja, jotka valot ja varjot herättävät eloon.

"Deco Top -sisustuslevyillä tunnelma muuttuu valon ja varjon leikiksi. Elävä pinta, joka on aina uuden näköinen valaistuksen myötä"(Koskinen, 2009)

2.3 Toimeksianto

Saatuani harjoittelupaikan Paimion Puupojat Oy:stä, selvisi nopeasti että yritys on kehittelemässä tuotetta, jossa he voisivat tarvita suunnittelijan apua. Itsellenikin oli tavoitteena saada opinnäytetyöhöni yhteistyökumppani, jonka kanssa pääsisin tekemään, näkemään ja kokemaan tuotteistamisen eri vaiheita, joten pääsimme helposti yhteisymmärrykseen työn kuvasta.

Työn tulisi olla haastava siltä osin että suunnittelijan taitojen esiin saaminen itsestäni olisi mahdollista. Yhteistyö yrityksen kanssa varmasti kasvattaa yhteistyötaitoja ja ryhmätyöskentelyä, sekä auttaa motivoitumaan työn suorittamiseen ammattimaisemmin.

Opinnäytetyön toimeksiantona oli suunnitella sisustuksellinen akustiikkapaneeli Deco Top -tuotemerkille.

Akustiikkapaneelin suunnittelutyö oli jo aluillaan ennen minun osallistumistani, mutta tämä toimeksianto mahdollisti oman näkemykseni esiintuomisen. Joitakin suunnitelmia oli siis jo valmiina, joita olen myös yhdessä Mika Koskisen kanssa myös saattanut eteenpäin. Tällä toimeksiannolla pyrin kuitenkin tuomaan oman, erilaisen näkökulman ja erilaisen vaihtoehdon

suunnitteilla oleville ideoille, sekä tutkimaan akustiikkaan liittyviä ilmiöitä jotka vaikuttavat paneelin suunnittelussa.

3 TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

3.1 Tavoite

Opinnäytetyöni tavoite on suunnitella sisustuksellinen akustiikkapaneeli Deco Top tuotemerkille. Paneelin tarkoitus on täyttää yrityksen aikaisempiin tuotteisiin yhdistyvät tuotannolliset ja ulkonäölliset ominaisuudet, sekä käyttöympäristön ja standardin mukaiset akustiikkaan liittyvät ohjeistukset. Opinnäytetyö on rajattu suunnitelman tekemiseen jatkokehittelyä ja mahdollista tuotteistamista varten.

Työn sisällöstä on huomioitava, että jokaisella tilalla ja käyttäjällä on omat vaatimukset akustiikan toteutuksessa. Siksi tässä työssä tavoitteena on suunnitella tuote, joka on ulkonäöllisesti ja akustisilta ominaisuuksiltaan tasapainossa, sekä olisi ns. yleinen huoneakustiikkapaneeli. Akustisella materiaalilla on omat tekniset ominaisuudet, ja työssä pyrin tutkimaan, miten kovien pintojen diffuusio-, ja akustisen materiaalin absorptio-ominaisuudet toimivat yhdessä.

Tutkimuksessa en paneudu akustiikan maailmaan pintaa syvemmälle. Se ei ole olennaista suunniteltaessa sisustuksellista akustiikkapaneelia huoneakustiikan parantamiseen. Tosin joitakin perusasioita on tutkittava, jotta tiedostetaan tärkeitä asioita, kuten eri materiaalien ja muotojen vaikutukset ja käyttäytyminen äänekkäissä tiloissa.

3.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksiä asettaessani, tavoitteena oli saada aikaan kysymykset, jotka vastaisivat tärkeimpiin asioihin suunniteltaessa sisustuksellista akustiikkapaneelia tuotantokelpoiseksi tuotteeksi Deco Top tuotemerkille.

Ensimmäinen tutkimuskysymys:

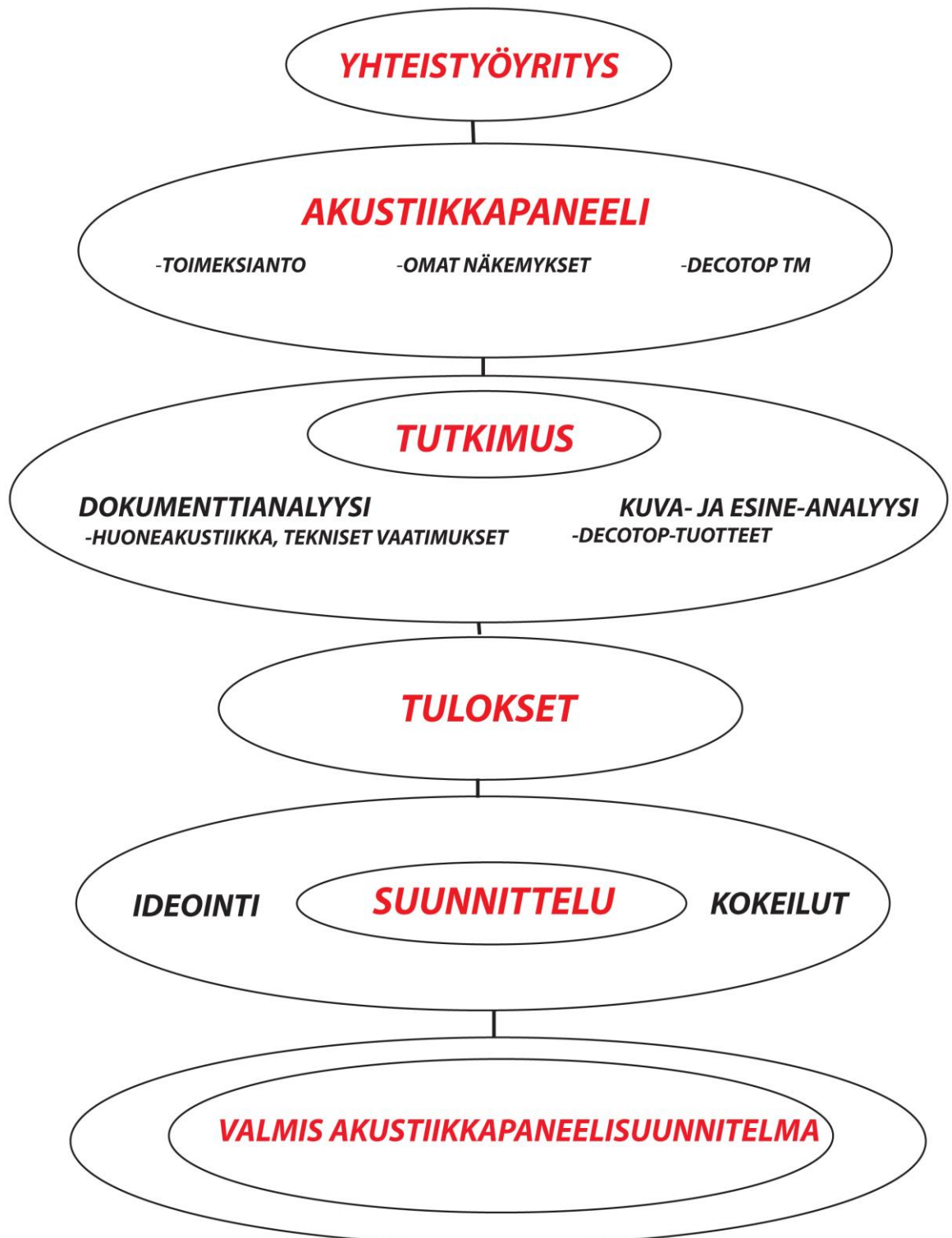
Mitä teknisiä ominaisuuksia vaaditaan toimivalta akustiikkapaneelilta?

Toinen tutkimuskysymys:

Mitä vaatimuksia Deco Top tuotteet asettavat sisustuksellisen akustiikkapaneelin suunnittelulle?

3.3 Viitekehys

Prosessikaavion (Kuvio 1) avulla pyrin selventämään prosessin kulkua.



Kuvio 1. Prosessikaavio.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TIEDONHANKINTA

4.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Ennen kuin tutkimustyön voi aloittaa, on valittava tutkimustapa millä asiaa lähdetään tarkastelemaan. Opinnäytetyöni sisältöä hahmottaessani, ja tutkimuskysymyksiä asettaessani, kvalitatiivisen tutkimustavan valinta tuntui parhaalta vaihtoehdolta. Työn projektiluontoisuudesta johtuen tiedon keruu, ja tiedonhankinta tapahtuu opinnäytteen edetessä.

Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus on luonteeltaan prosessorientoitunutta ja aineistonkeruuvälineenä on tutkija itse; aineistoon liittyvät näkökulmat ja tulkinnat kehittyvät tutkijan tietoisuudessa tutkimusprosessin edetessä. (Aaltola & Valli 2001, 68.)

Laadullisessa tutkimuksessa on tärkeää, että tutkittavia kohteita tarkastellaan ennakkoluulottomasti ilman ennako-oletuksia. Asiaa edesauttaa se, että tutkija on aidosti kiinnostunut aiheesta ja mielellään myös jonkin verran sisällöstä perillä, jotta hänen on alusta lähtien helppo havaita tutkittavan ilmiön piirteet. (Anttila 2005, 276.)

Akustiikkaan liittyvät seikat ovat olleet läheisiä asioita harrastusteni takia, ja olen käytännön tasolla tietoinen asiaan liittyvistä ilmiöistä. Joten työn aloittaminen ja aiheen ymmärtäminen ei tuottanut vaikeuksia.

Opinnäytetyö on uudenlainen projekti myös toimeksiantajalle, ja havainnointi työn eri vaiheissa on oleellinen osa tutkimustyötäni. "Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on pyrkimyksenä paljastaa tai löytää tosiasioita, pikemminkin kuin todentaa jo olemassa oleva totuus." (Hirsijärvi, Remes, Sajavaara 1998, 161).

4.2 Dokumenttianalyysi

Dokumenttianalyysi tarkoittaa kaiken sellaisen tutkimusaineiston analyysia, jota ei saada kokoon suorien, välittömien havaintojen teolla. Se voi olla luonteeltaan toiminnan konkreettisten tulosten tallentamista tai suullisia, käsinkirjoitettuja tai painettuja selontekoja näistä toimista. (Anttila, 277 1996.)

Akustiikkapaneelia suunnitellessa tuotteen toimintaan liittyy paljon teknisiä vaatimuksia ja tavoitteita. Erilaiset säädökset ja määräykset asettavat kriteereitä hyvän akustiikan aikaansaamiseksi. Dokumenttianalyysin avulla pyrin selvittämään teknistä tietoutta niin materiaalien käyttäytymisestä ja ominaisuuksista, kuin akustiikan perusedellytyksistäkin. Tällä tutkimusmenetelmällä sain tietoa, joka oli oleellista akustiikkapaneelin suunnittelulle.

4.3 Kuva- ja esine-analyysi

Kuva- ja esine-analyysi oli erittäin oleellista Deco Top -tuotteita tutkiessa. Suunnittelun yksi lähtökohdista, oli saada tuote soveltumaan jo olemassa olevien Deco Top tuotteiden visuaaliseen maailmaan. Valokuvien ja tuotekuvien perusteella sain näkemystä Deco Top tuotteiden ideologiasta. Kuva-analyysillä sain myös tietoa käyttöympäristöistä.

”Kuvaa analysoitaessa ei voida keskittyä yksinomaan kuvan sisältöön, sillä merkittäviä tekijöitä kuvassa ovat sisällön lisäksi esimerkiksi värit, muodot, syvyys, sommittelu ja tunnelma. Näitä tekijöitä on tarkasteltava yhdessä kuvan muun sisällön kanssa.” (Anttila, 257 1996).

Muiden yritysten valmistamien akustiikkapaneelien tutkimiseen käytin myös kuva-analyysia. Kuvia tutkimalla sain tarvittavan määrän tietoa olemassa olevien tuotteiden muodoista, materiaaleista, käyttöympäristöistä, ja teknisistä mahdollisuuksista.

Esine-analyysin avulla sain materiaalitietoutta, sekä tuotanto- ja viimeistelymenetelmiin liittyvää teknistä tietoutta Deco Top tuotteista.

5 AKUSTIIKKA

5.1 Huoneakustiikka

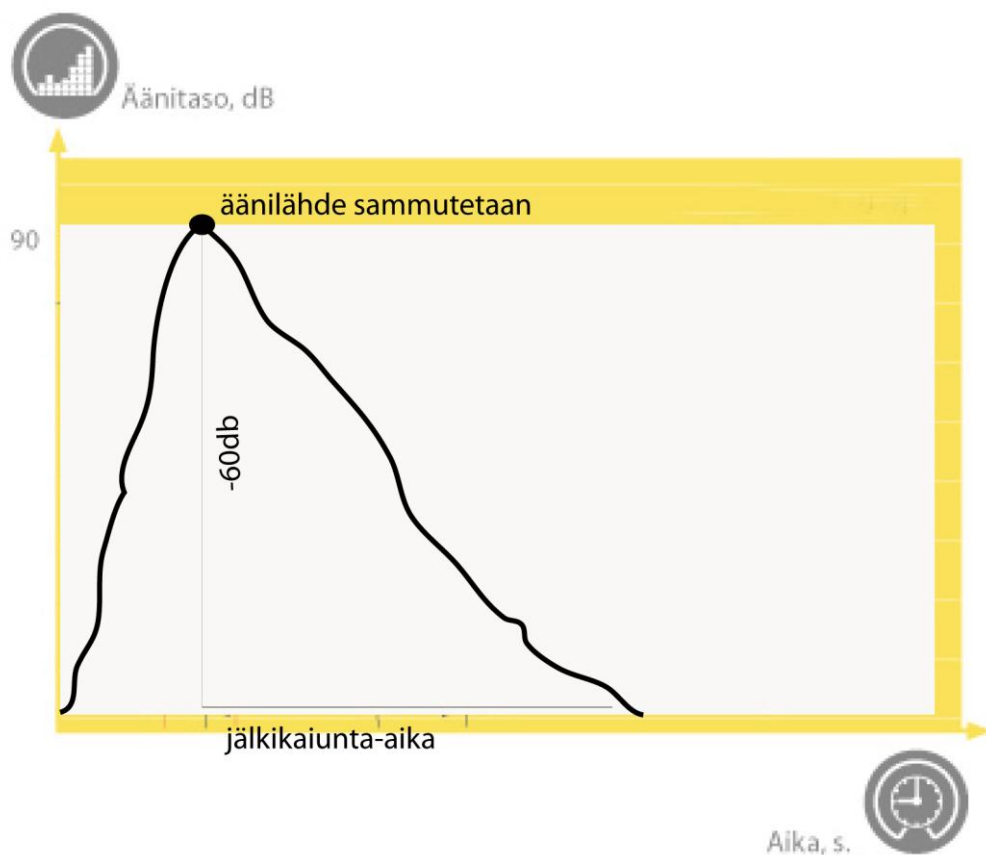
Huoneakustiikka tutkii äänen heijastumista, vaimenemista, etenemistä ja muuta käyttäytymistä huonetilassa. Huoneakustisen suunnittelun tarkoituksena on tilassa olevan äänilähteen, kuten puhujan tai orkesterin, saaminen kuulostamaan siltä, mitä tilan käyttötarkoitus edellyttää. (Ecophon 2011a)

Toimivan huoneakustiikan luominen edellyttää, että ymmärrämme usean eri tekijän vaikuttavan kuulokokemukseemme. Tilan akustiikan arviointi voidaan tehdä vain kun tunnetaan riittävä määrä siihen vaikuttavia tekijöitä. Nämä huoneakustiikan tunnusluvut kuvaavat jälkikaiuntaa, puheen selvyyttä, kuuloaistimuksen voimakkuutta ja leviämismuunnosta (kuva 1). Tästä huolimatta huoneakustiikan suunnittelu tänään perustuu useimmiten vain jälkikaiuntaan. (Ecophon 2011a)



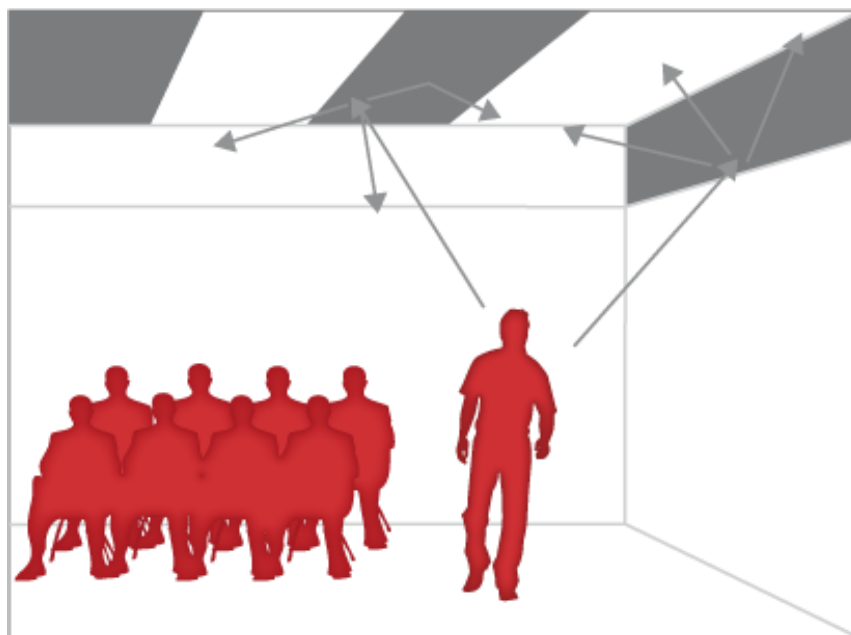
Kuva 1. Akustiikkaan vaikuttavat tekijät. (www.ecophon.fi, [Viitattu 16.2.2011])

Jälkikaiunta-aika (kuva 2) on aika, jonka aikana ääni vaimenee 60 dB:n äänilähteen vaimennuttua. Ilmiötä voi tarkastella kaikuisassa tilassa, kuten esimerkiksi kirkossa, jossa äänen vaimenemiseen kuluvan ajan voi laskea vaikka sekuntikellolla. Huoneen jälkikaiunta-aika on olohuoneessa yleensä sopiva, noin 0,4 - 0,5 sekuntia. Tavanomaisesti sisustettua olohuonetta ei yleensä koeta kaikuvaksi; kivi- ja puupintaiset materiaalit sekä runsas lasin käyttö voivat sen sijaan aiheuttaa huoneen jälkikaiunta-ajan pitenemisen ja huone tuntuu näin ollen meluisemmalta. Ääni ei vaimene, vaan kuuntelijalle saapuu lähes samanaikaisesti useita heijastuksia eri pinnoista. (Ecophon 2011b)



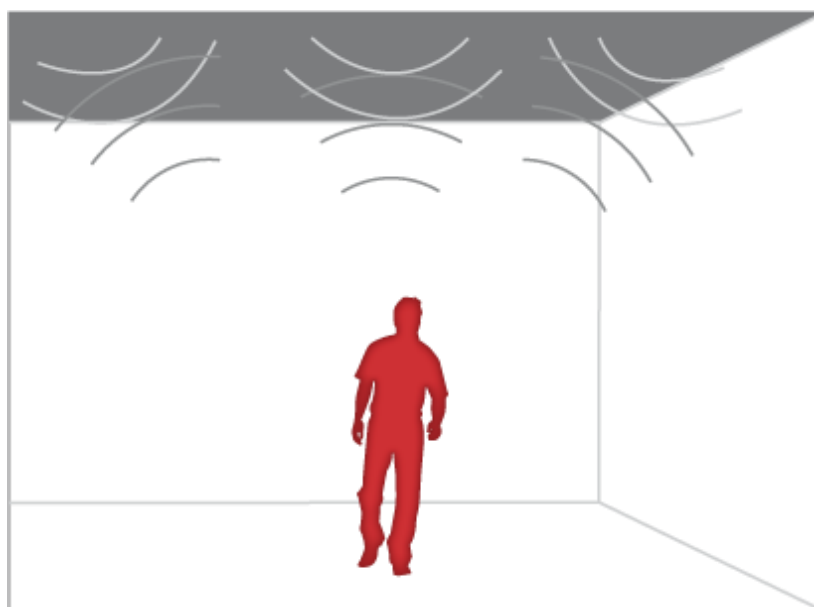
Kuva 2. Jälkikaiunta-aika. (www.ecophon.fi, [Viitattu 14.2.2011])

Pitkä jälkikaiunta-aika (kuva 3) tarkoittaa, että ääni jää huoneeseen pitkäksi aikaa luomatta viivekaikuja. Tämä saadaan aikaan hajottamalla ääni kaikkialle huoneeseen sen sijaan, että sen annettaisiin kerääntyä vain muutamaankin kohtaan huonetta. Huoneen kattoon ja seiniin on siis asennettava ääntä hajottavia materiaaleja. (Danoline 2011a)



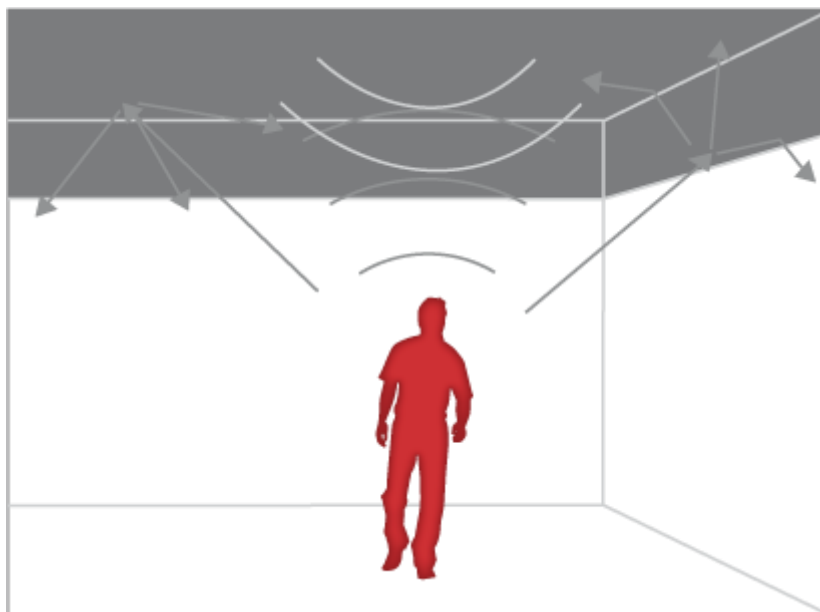
Kuva 3. Pitkä jälkikaiunta-aika. (www.danoline.com, [Viitattu 18.2.2011])

Jos halutaan normaali jälkikaiunta-aika, akustiset materiaalit on asennettava kattoon vaimentamaan ääntä halutulla tavalla (kuva 4). (Danoline 2011b)



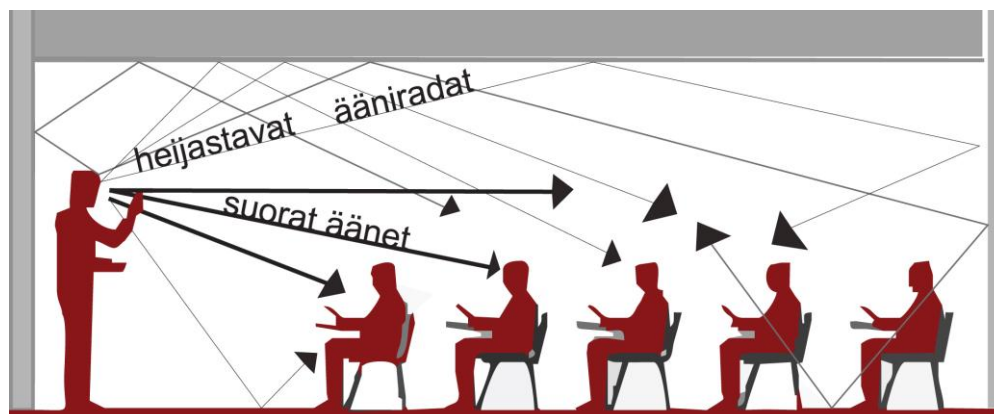
Kuva 4. Normaali jälkikaiunta-aika. (www.danoline.com, [Viitattu 18.2.2011])

Lyhyt jälkikaiunta-aika (kuva 5) edellyttää sekä ääntä vaimentavia että hajottavia materiaaleja seinissä ja katossa. Tämä johtuu siitä, että äänen hajottaminen parantaa myös akustisten materiaalien vaimentavia ominaisuuksia. Akustisten materiaalien asentaminen seinille varmistaa äänen hajottamisen. Hajotetut ääniaallot ohjataan kattoa kohti, jossa ne vaimentuvat. (Danoline 2011c)



Kuva 5. Lyhyt jälkikaiunta-aika. (www.danoline.com, [Viitattu 18.2.2011])

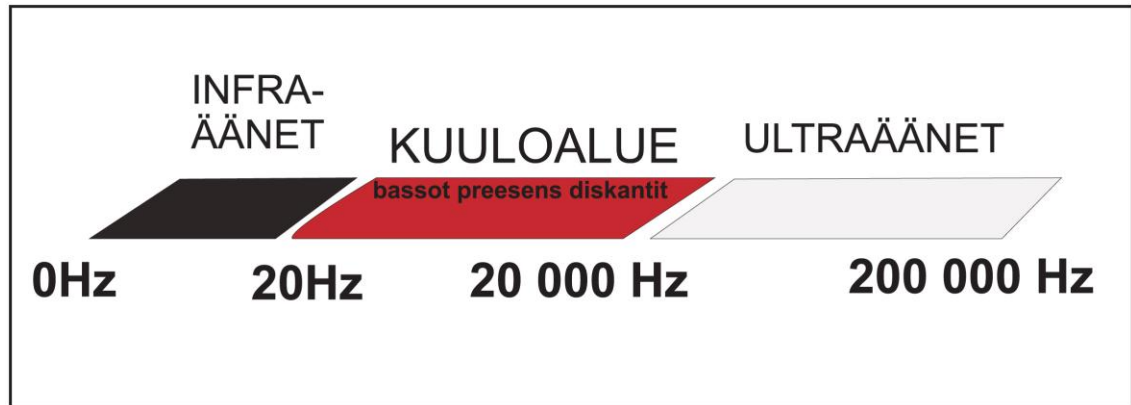
Lähdin suunnittelemaan akustiikkapaneelia asuinhuoneistoon, jossa normaalin elämän aiheuttamat äänet vaikuttavat ihmisen hyvinvointiin. Huomioitavaa on myös, että paneeli on tarkoitettu osaksi sisustusta, eikä vaan tuomaan parempaa akustiikkaa tilaan. Yhtenä tärkeänä ilmiönä on puheen aiheuttamien kaikujuen eteneminen tilassa, sekä niiden vaimentaminen (kuva 6).



Kuva 6. Äänen eteneminen tilassa. (www.technature.ca, [Viitattu 15.2.2011])

Ihmisen kuuloalue (Kuva 7) kattaa parhaimmillaan taajuusalueen 20 - 20 000 Hz. Ihmiskorva on herkimmillään taajuusalueella 2000 - 6000 Hz (2 - 6 kHz) - tälle niin sanotulle preesensalueelle sijoittuvat monet hälytys- ja varoitusäänet. Tämän alueen korostaminen parantaa myös puheen selkeyttä. Taajuusalueen vaimentaminen puolestaan muuttaa puheen epäselväksi ja mumisevaksi. Kuulovamma syntyy tavallisesti aluksi juuri preesensalueelle. Ihmisen kuuloalueen alarajaa (20 Hz) matalampia ääniä kutsutaan infraääniksi, kuuloalueen ylärajaa (20 kHz) korkeampia ääniä puolestaan ultraääniksi. (Digiwiki 2011)

Ihmiskorvalle herkimmät kuuloalueet tulisi ottaa huomioon akustiikkapaneelin suunnittelussa. Näiden taajuusalueiden tasapainoinen aistimus tekee kuuloelämyksestä nautinnollisen, ja huoneakustiikan parantamiseksi tarkoitetun akustiikkapaneelin tarkoitus on tukea juuri tätä teoriaa.



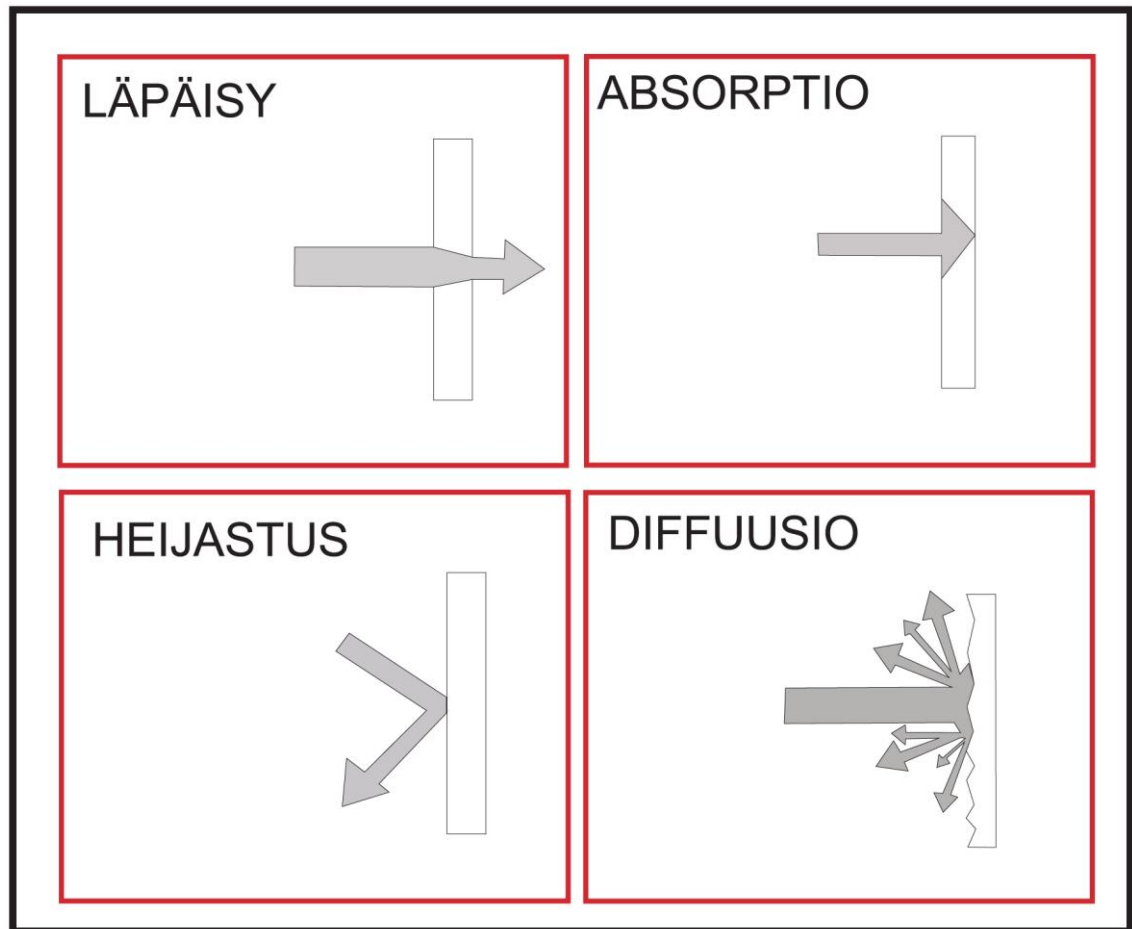
Kuva 7. Kuuloalue. (www.aanipaa.fi, [Viitattu 16.2.2011])

Kaikuminen on yleinen ja epämiellyttävä ongelma nykyajan asunnoissa. Huoneistot ovat korkeita ja isot kovat pinnat hallitsevat huonekokonaisuutta. Ikkunat, parketit ym. kovat ja tasaiset pinnat toimivat äänelle peilin tavoin, joka saa aikaiseksi epämiellyttävän kaiun. Huoneakustiikan suunnittelu olisikin hyvä ottaa huomioon jo asunnon suunnitteluvaiheessa, mutta tämä tieteen ja fysiikan ala tuntuu olevan jätetty yllättävän pienelle huomiolle, ainakin suomalaisessa rakennussuunnittelussa. Alla olevassa kuvassa esimerkkinä korkeasta asuinhuoneesta (kuva 8).



Kuva 8. Korkea huone. (www.scrollmag.com, [Viitattu 27.2.2011])

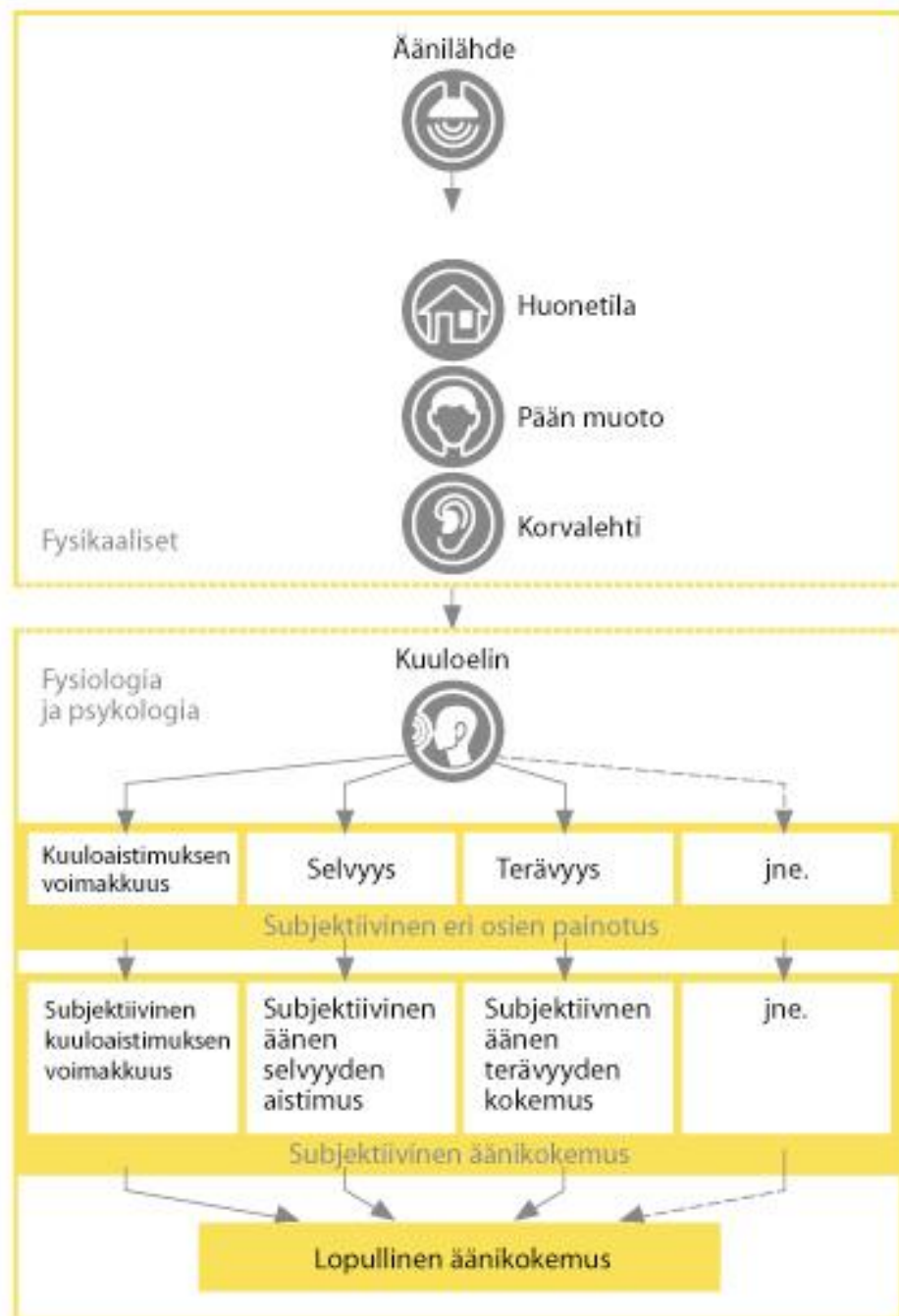
Huoneakustiikka tiivistettynä siis määrittelee, miten ääni käyttäytyy huoneessa. Äänen kulku, vaimennus, heijastuminen ja taittuminen ovat tähän vaikuttavia asioita. Suunnitteluun vaikuttaa myös se, miten huoneen käyttäjät kokevat nämä eri ilmiöt.



Kuva 9. Havainnoiva kuva äänen kulusta, erilaisissa pintamateriaaleissa.
(www.ecophon.fi, [Viitattu 20.2.2011])

Matkallaan äänilähteestä korvaamme ääneen vaikuttavat huonetila ja sen kalustus samoin kuin pään ja korvan muoto. Nämä kaikki vaikuttavat siihen, millaisena koemme äänen. (Ecophon 2011c)

Myös fysiologiset ja psykologiset tekijät vaikuttavat kuulokokemukseemme. Henkilökohtaiset mieltymyksemme vielä muokkaavat sitä millaisena ääntä pidämme (kuva 10). (Ecophon 2011d)



Kuva 10. Äänikokemus. (www.ecophon.fi, [Viitattu 15.2.2011])

Huonetilan akustiikkaan yleisesti vaikuttaa tilan koko ja muoto, ääntä vaimentavat materiaalit (kankaat, matot ym.) ja ääntä hajottavat materiaalit, kuten erimuotoiset huonekalut. tästä syystä yhtä ainoaa akustiikkamallia ei voi

suunnitella vain yhdenlaisella näkökulmalla, vaan tilan käyttäjä ja käyttötarkoitus on otettava huomioon eri tilanteissa. Suunnittelemani akustiikkapaneeli on tarkoitettu koti-olosuhteisiin, jossa musiikin kuuntelu, television katselu ja tavallinen puhe ovat pääasiallisia äänilähteitä.

Yleisesti siis huoneakustiikan kannalta tärkein asia on jälkikaiunta-aika, mutta myös muita asioita olisi syytä tarkastella huoneakustiikkaa suunniteltaessa.

Jälkikaiuntaan suoranaisesti vaikuttaa absorboivan materiaalin määrä ja sijoittelu, ääntä hajottavien esineiden kuten huonekalujen ja hyllyjen määrä ja sijainti, sekä huonetilan koko ja muoto. (Ecophon 2011c)

Äänentason vaikuttaa absorboivan materiaalin määrä, ja puheen selvyyteen taas vaikuttaa aikaisten ja myöhemmin tulevien heijastusten suhde sekä taustamelutaso. (Ecophon 2011c)

5.2 Absorptio

Kun ilmaääni kohtaa pinnan (seinä, katto, lattia), se joko osittain heijastuu siitä, tai imeytyy (absorboituu) rakenteisiin, joissa se muuttuu lämmöksi. Äänilähteen sisältävästä huoneesta katsottuna on merkityksetöntä läpäiseekö ääni seinän vai muuntuuko se lämmöksi. Huoneakustiikassa katsotaan kaiken häviävän energian absorboituvaksi. (Jauhiainen, 2008, 20)

Absorboivien materiaalien tarkoitus on poistaa äänen heijastuksia, parantaa puheen selkeyttä sekä vähentää seisovia aaltoja. Tyypilliset materiaalit ovat esimerkiksi polyuretaani vaahtomuovit, lasikuitu, paksut ja ilmavat kankaat sekä muut huokoiset materiaalit. Materiaaleja voidaan sijoittaa seinille ja kattoon riippuen akustiikan tarkoituksesta ja käyttöympäristöstä. Materiaaleja on myös eri paksuisina ja muotoisina, joilla saadaan aikaiseksi erilaisia absorptiolukemia riippuen tilan tarpeista ja vaatimuksista.

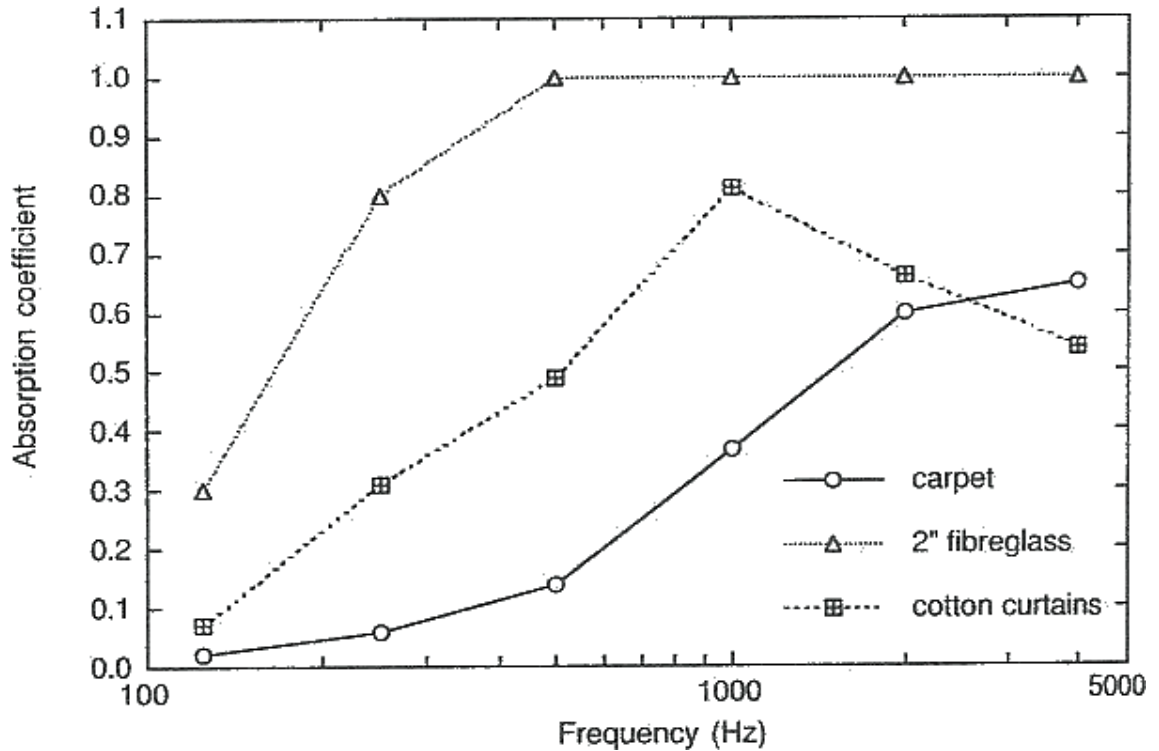
On olemassa kaksi perusominaisuutta absorboiville materiaaleille. Huokoiset materiaalit ja resonoivat materiaalit. Nämä materiaalityypit käyttäytyvät eri tavoin niiden mekaanisten ominaisuuksien ansiosta. (Howard ym. 2001, 305)

Absorptiossa energia vähenee etäisyyden kasvaessa ja suhteessa taajuuden neliöön, minkä vuoksi korkeiden äänten vaimentuminen on voimakasta. Tämä voidaan huomata pitkillä etäisyyksillä. Absorboimiseen käytetään huokoisia aineita. Korkeita ääniä voidaan absorboida kevyillä matoilla ja verhoilla. Matalien äänien absorboimiseksi tarvitaan raskaampia mineraalivillakerroksia. (Jauhiainen, 2008, 20)

5.2.1 Huokoiset absorptiomateriaalit

Huokoiset materiaalit kuten matot, verhot, villa ja muut pehmeät materiaalit toimivat vaimentavina pintoina silloin, kun ääniaalto menee materiaalin läpi. Ääniaallon mennessä materiaalin läpi syntyy kitka, joka hidastaa aallon liikkeen nopeutta. (Howard ym. 2001, 305).

Ääniaallon hidastuessa ääni vaimenee. Joten mitä paksumpi absorboiva materiaali on, ja mitä suurempi pinta-ala on, sen suurempi vaimennus tapahtuu. Materiaalin huokoisuus vaikuttaa myös olennaisesti absorptiokykyyn. Mitä enemmän kuituja on tilavuusyksikköä kohti, eli mitä tiheämpi kuitukerrostuma on, sen paremmat ovat myös vaimennusominaisuudet (kuvio 2). Tämä selittää myös sen miksi laskostetut verhot vaimentavat paremmin kuin suorassa olevat. (Howard ym. 2001, 305).



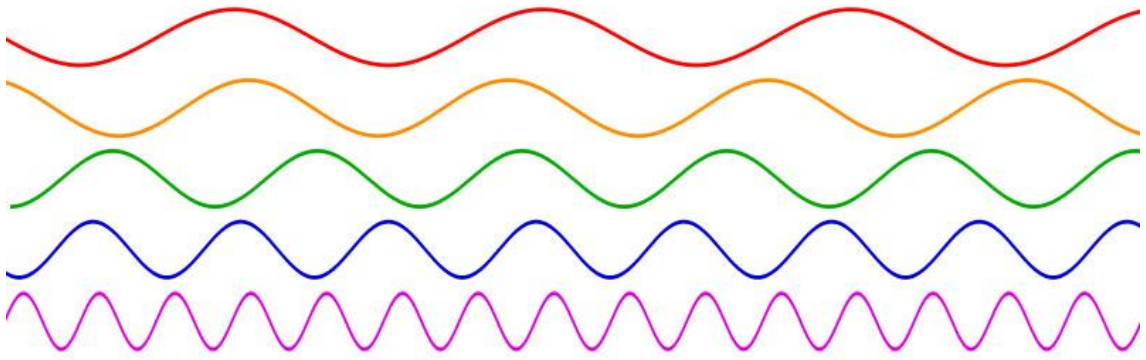
Kuvio 2. Maton, 2 tuuman lasikuidun ja puuvillaverhojen absorptiotaulukko. (Howard ym. 2001, 306, [Viitattu 12.2.2011])

Absorboivien materiaalin paksuus tulisi olla puolet, mutta vähintään $\frac{1}{4}$ ääniaallon pituudesta. (Howard ym. 2001, 306)

Kuvassa (kuvio 3) on esimerkki erimittaisista ääniaalloista, ja taulukossa (taulukko 1) on esimerkkejä eri aallonpituuksista.

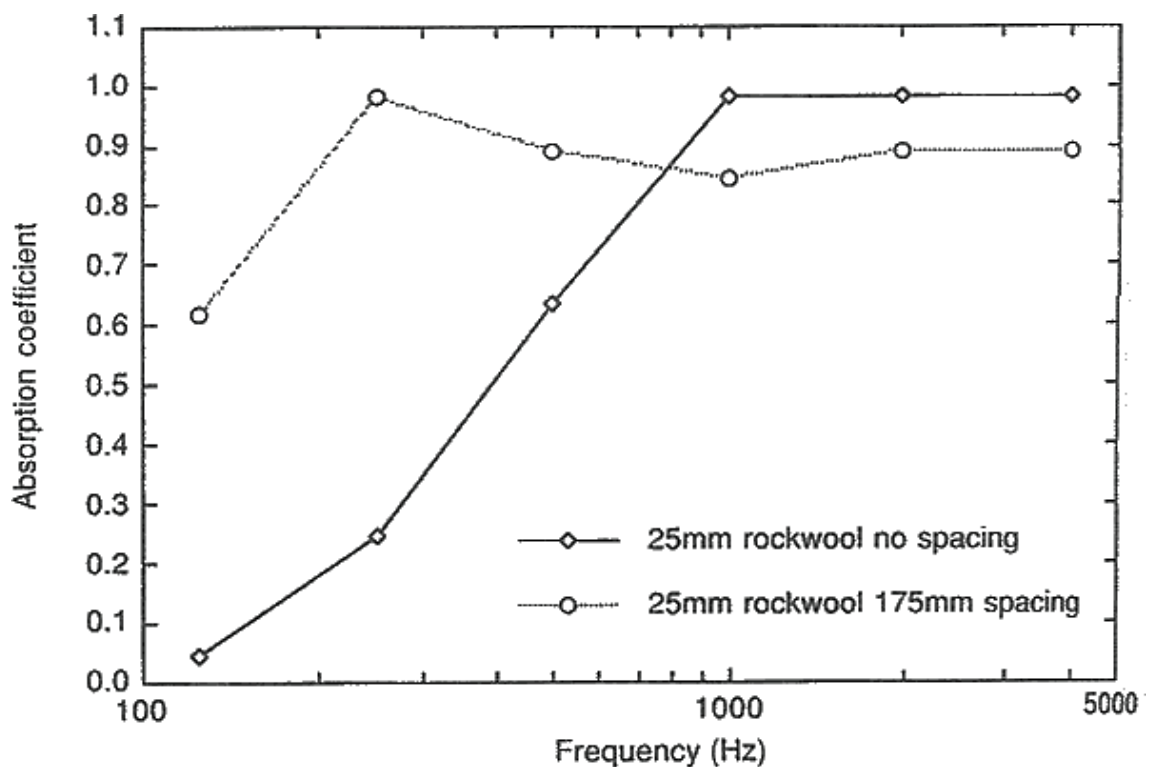
TAAJUUS JA AALLONPITUUS							
TAAJUUS (Hz)	20	50	100	250	1000	10000	20000
AALLONPITUUS	17,2 m	6,9 m	3,4 m	1,4 m	34 cm	3,4 cm	1,7 cm
1/4 AALLONPITUUS	4,3 m	1,72 m	86,0 cm	34,4 cm	8,6 cm	0,86 cm	0,43 cm
1/10 AALLONPITUUS	1,7 m	68,8 cm	34,4 cm	13,8 cm	3,4 cm	0,34 cm	0,17 cm

Taulukko 1. Ääniaallon pituuksia. (www.or-group.com, [Viitattu 26.2.2011])



Kuvio 3. Ääniaallon pituuksia havainnollistettuna.
(<http://northshorenmt.webs.com/Sinewaves.png>, [Viitattu 18.2.2011])

Tutkimuksessa selviää myös että jos vaimentavan materiaalin ja seinän väliin jätetään ilmväli, tehostaa se absorboivan materiaalin tehokkuutta matalempien taajuuksien osalta (kuvio 4).



Kuvio 4. Ilmvälin vaikutus vaimentamisessa. (Howard ym. 2001, 306, [Viitattu 14.2.2011])

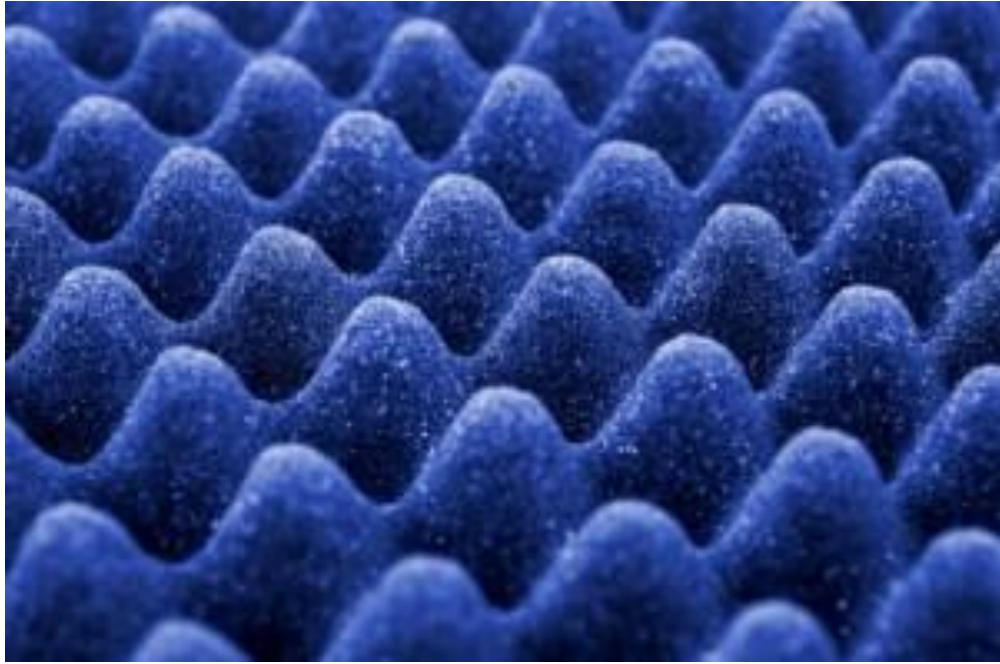
Äänenvaimennusmateriaaleja löytyy markkinoilta useammalta eri valmistajalta. Näitä materiaaleja on monessa eri muodossa, erilaisilla ominaisuuksilla, ja erilaisiin käyttöympäristöihin. Alla olevassa kuvissa (kuvat 11–13) näkyy muutama esimerkki markkinoilla olevista vaimentavista akustiikkamateriaaleista



Kuva 11. Puukuitulevy. (www.gobizkorea.com, [Viitattu 14.3.2011])



Kuva 12. Lasivilla. (www.keepitquiet.co.uk, [Viitattu 14.3.2011])



Kuva 13. Vaahtomuovi. (www.michaelschwob.com, [Viitattu 14.3.2011])

Huokoisille, akustisiin tiloihin tarkoitetuilla materiaaleilla on yleensä myös absorptioluokitus, jonka avulla pystytään selvittämään materiaalien standardinmukaisia ominaisuuksia.

Äänenvaimennusmateriaalien kyky vaimentaa ääntä esitetään yleensä materiaalin absorptiokertoimella mitattuna äänen eri taajuuksilla. Käytännössä yhdelle materiaalille ilmoitetaan siis useita eri absorptiokertoimia. (Paroc 2011)

Kun tuotteelle määritetään absorptioluokka, mitataan ääntä vaimentavien materiaalien absorptiokertoimet, EN ISO 354 standardin mukaan nk. Kaiuntahuonemittauksella. Mittauksen tuloksena saadaan absorptiokäyrä, jossa on esitetty äänenvaimennussuhde eli absorptiokertoimet eri äänentaajuuksilla. (Paroc 2011)

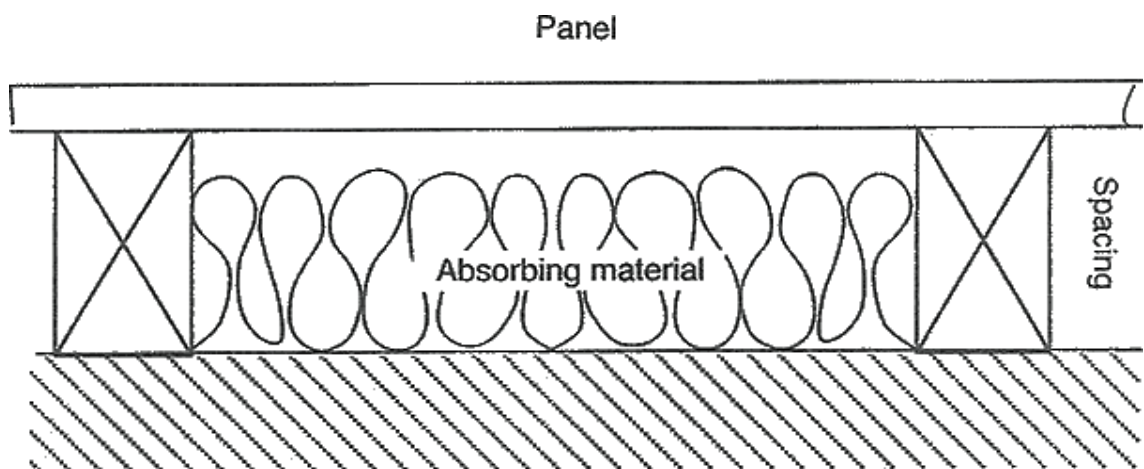
EN-standardi ISO 11654 luokittelee äänenvaimennusmateriaalit niille mitattujen absorptiokäyrien mukaan luokkiin A:sta E:hen, jolloin A:lla on paras kyky vaimentaa ääntä ja E:llä heikoin. Saavutettuun luokkaan vaikuttavat materiaalin absorptiokyky eri äänentaajuuksilla sekä valittu asennustapa. Materiaalille

ilmoitettu absorptioluokka helpottaa materiaalivalintojen tekemistä tilojen suunnitteluvaiheessa. Kivivillapohjaiset akustiikkatuotteet kuuluvat pääsääntöisesti parhaaseen A-luokkaan. (Paroc 2011)

5.2.2 Resonoivat absorptiomateriaalit

Resonoivat vaimentajat kuten puupanelointi, toimivat myös tehokkaasti äänenvaimentajina. Toimintaperiaate ja ominaisuudet ovat kuitenkin erilaiset kuin huokoisissa vaimentajissa. (Howard ym. 2001, 307)

Resonoivien vaimentajien toiminta perustuu ääniaallon aiheuttamaan värähtelyyn joka tapahtuu paneelissa ääniaallon siihen törmätessä (kuva 14). Ääniaallon osuessa paneelin pintaan, alkaa se värähdellä, eli liikkumaan. Liike-energia taas muuttuu lämpöenergiaksi. Ääniaallon voimakkuus siis heikkenee koska osa energiasta muuttuu lämmöksi. (Howard ym. 2001, 307)



Kuva 14. Paneelivaimentaja. (Howard ym. 2001, 307, [Viitattu 28.2.2011])

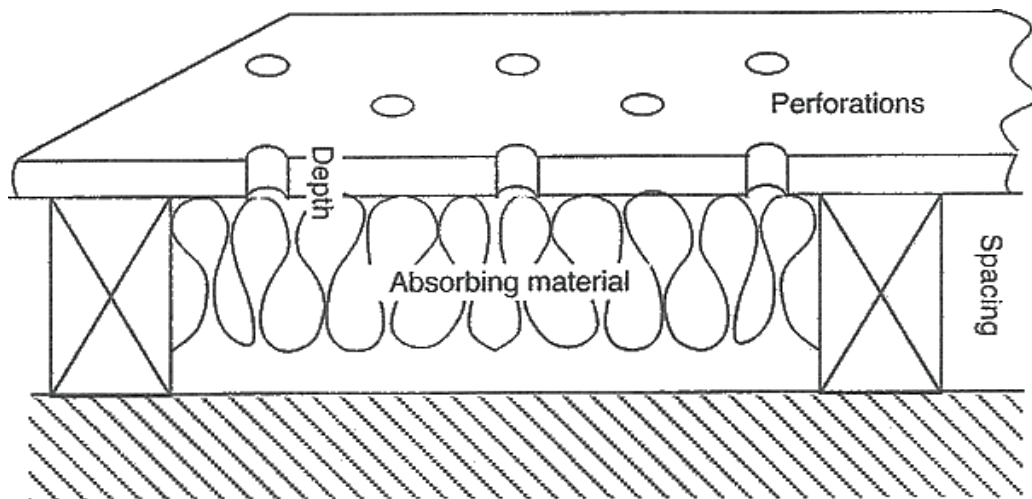
Paneelin jäykkyys ja paksuus vaikuttavat suuresti siihen miten tehokkaasti paneeli pääsee värähtelemään. Tässäkin tapauksessa paksumpi paneelimateriaali vaikuttaa tehokkaammin matalimpiin taajuuksiin. (Howard ym. 2001, 308)

Resonoivien vaimentajien ominaisuutena on siis hyvä vaimennuskyky matalien äänitaajuuksien osalta, ja näin ollen täydentää huokoisten vaimentajien keskiäänien ja korkeiden taajuuksien vaimennusominaisuuksia.

Samantyyppisellä periaatteella toimii myös kaksi muuta resonoivaa vaimentajamallia. Selvitän lyhyesti tärkeimmät ominaisuudet jotka eroavat tavallisesta paneeli vaimentajasta.

5.2.3 Helmholtz vaimentaja

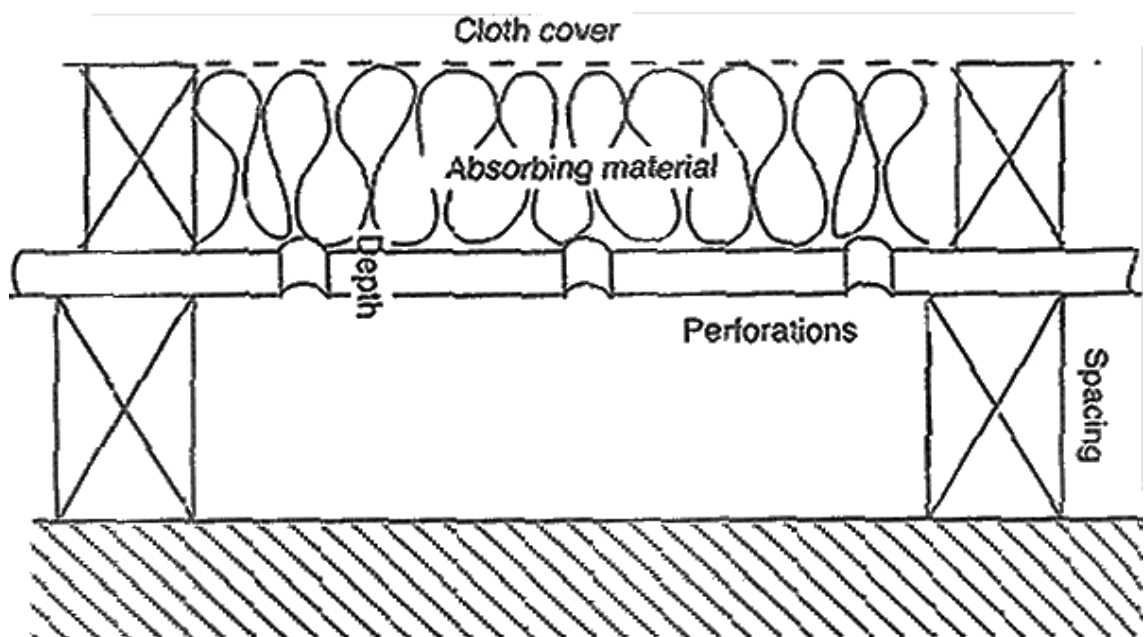
Helmholtz vaimentajan toiminta on sama kuin tavallisessa paneelivaimentajassa, ja on näin ollen tarkoitettu yläbassojen ja matalien keskiäänien absorptioon. (Howard ym. 2001, 308). Soveltaminen tähän projektiin voisi olla mahdollista, mutta luultavasti liian vaikea ottaen huomioon sisustuksellisen näkökulman ollessa mukana suunnittelussa. Alla olevasta kuvasta näkyy Helmholtz vaimentajan rakenne (kuva 15)



Kuva 15. Helmholtz vaimentaja. (Howard ym. 2001, 309, [Viitattu 20.2.2011])

5.2.4 Wideband vaimentaja

Wideband -vaimentaja (kuva 16) on yhdistelmä huokoista ja resonanssi absorptiota. Tällä vaimentajalla pystytään vaikuttamaan laaja-alaisemmin eri ääniaaltojen vaimentamiseen. Alla olevasta kuvasta (kuva 16) selviää että tämäntyyppinen akustiikkapaneeli tulee erittäin paksuksi, johtuen kahdesta eri elementistä. Näillä resonoivilla akustiikkapaneeleilla ei myöskään saada aikaan haluttua 3-ulotteista pintaa.



Kuva 16. Wideband vaimennin. (Howard ym. 2001, 310, [Viitattu 21.2.2001])

Yhteenvedona voidaankin sanoa, että näiden kahdentyyppisten struktuurien avulla on mahdollista saavuttaa tehokas ja hyvin kontrolloitu vaimennus.

Monesti vaadittava määrä vaimennuksesta saadaan aikaiseksi tavallisilla tuotteilla ja kalusteilla joita huoneeseen on sijoitettu. Esimerkiksi barokkimusiikkia soitettiin isoissa kartanoissa joissa saavutettiin tasapainoinen akustiikka, johtuen seinäpaneloinnin suuresta käyttömäärästä. Tämä panelointi käyttäytyi tehokkaana matalien taajuuksien vaimentajana. Tämän lisäksi

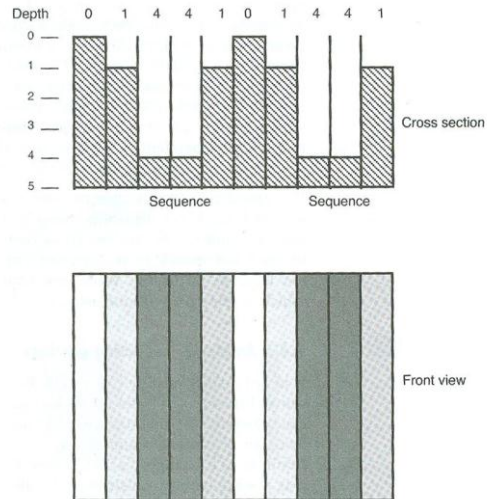
sisustukselliset elementit kuten verhot, liput, tapetoinnit ym., saivat aikaan tarpeellisen akustiikan korkeille äänille. (Howard ym. 2001, 310, [Viitattu 21.2.2011])

Suunnittelemani sisustuksellinen akustiikkapaneeli ei sovellu absorptiokyvyltään matalien taajuuksien vaimentamiseen, koska absorboivan materiaalin pitäisi olla huomattavan paljon paksumpi kuin sisustuksellisen akustiikkapaneelin rakenne antaa sallia. Myöskään resonoivaa absorptiota ei ole saavutettavissa tehokkaasti koska se asettaa liikaa ulkonäöllisiä vaatimuksia ja puutteita, 3-ulotteisen pinnan aikaansaamiseksi. Mutta kun lähtökohdiltaan paneelin tarkoitus on auttaa poistamaan häiritseviä ääniä ns. puhetaajuudelta, absorptiomateriaalin oikeanlainen käyttö on hyvä vaihtoehto.

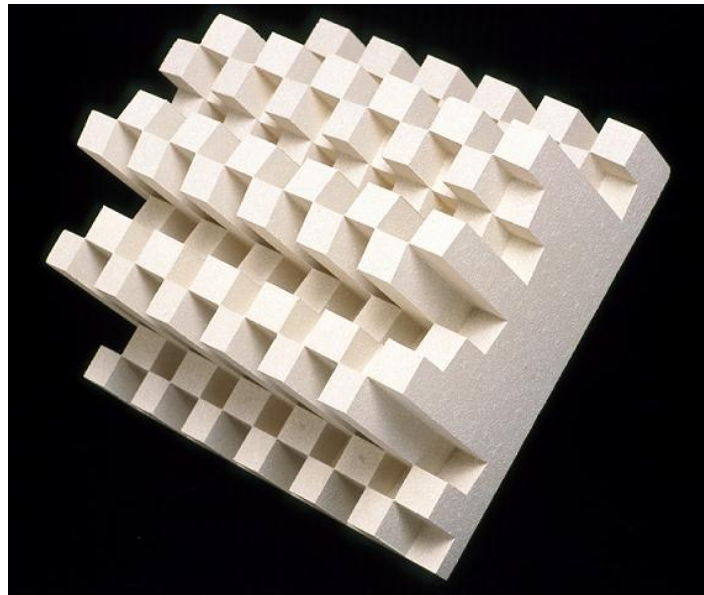
Turun työterveyslaitoksen asiantuntijalta (Valtteri Hongisto, 2011) saadun lausunnon mukaan selvisi myös, että akustiikkapaneelin läpäisevä osuus tulisi olla vähintään 20%, mutta kuitenkin mieluiten 30% kokonaispinta-alasta. Tällä tavalla vaimentavan materiaalin ominaisuudet ja toiminta vastaisi standardin mukaisen luokituksen tasoa. Asiantuntijalta saatu tieto myös tuki aikaisemmin tutkimaani teoriaa, että seinän ja akustisen materiaalin väliin tulisi jättää vähintään 20 mm ilmaväli, jotta huoneakustiikassa ilmeneviä haitallisia taajuuksia jälkikaiunnassa saataisiin vaimennettua.

5.3 Diffuusio

Diffuusioelementeillä saadaan pienennettyä äänen voimakkuutta hajottamalla ääniaalto laajemmalle alueelle, toisin kuin tuhoamalla äänen heijastukset niin kuin vaimentaja tekee. Perinteisiä diffuusoreita ovat seinästä ulostyöntyvät sylinterin muotoiset elementit joiden epätasainen pinta hajottaa ääntä, eli pinnan vaihteleva syvyys aiheuttaa häiriötä, joka levittää äänen. Tämänkaltaiset diffusorit toimivat myös matalataajuusvaimentimina. Kuvasta (kuva 17) näkyy yksinkertaistettu diffusoripaneeli, jossa pinnan korkeuserot aiheuttavat ääniaaltojen hajoamisen. Kuvassa (kuva 18) nähdään perinteinen diffusori konkreettisenä elementtinä. (Howard ym. 2001, 311)



Kuva 17. Diffusorin periaate havainnollistettuna. (Howard ym. 2001, 313, [Viitattu 21.2.2011])



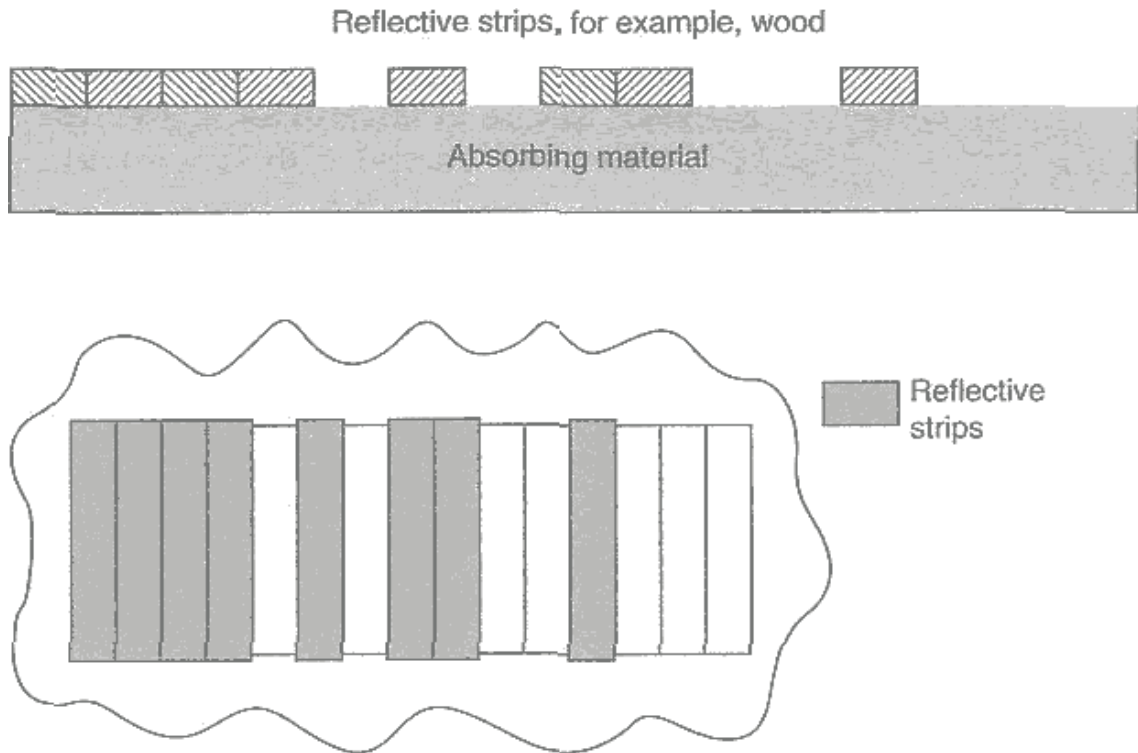
Kuva 18. Perinteinen diffusori. (www.acoustfirst.com, [Viitattu 03.3.2011])

Niin kuin ääniaaltojen imeytyminen eli absorptio on tärkeää, tärkeää on myös äänen hajoaminen kun sen iskeytyy pintaa vasten. Idealistisinta olisi, jos pinnat joihin ääniaallot kohdistuvat olisivat mattapintaisia. Valitettavasti useimmissa tapauksissa, pinnat, absorboivat materiaalit mukaan lukien, käyttäytyvät akustisina peileinä. Jos halutaan saada mattapinta aikaiseksi, tulisi saada aikaiseksi "töyssyinen seinä".

Tämä on toteutettavissa monilla eri menetelmillä. Ongelmana on kuitenkin se että töyssyjen tulee olla vähintään kahdeksasosa ja mielellään neljäsosa ääniaallonpituudesta ollakseen tehokas. Tästä syystä tarvitaan erittäin isoja elementtejä matalille taajuuksille, 1,25 - 2,5 m 34 Hz:n taajuudelle, ja todella pieniä pomppuja pienille taajuuksille kuten 1,25 cm - 2.5 cm 3,4 kHz:lle. Jos objektit ovat liian pieniä, vähemmän kuin kahdeksasosan aallonpituudesta, ne eivät diffusoi ääntä kunnolla. Jos taas objektit ovat liian isoja, enemmän kuin puolet aallonpituudesta, ne toimivat peileinä eikä näin ollen myöskään diffusoi oikealla tavalla. (Howard ym. 2001, 311)

Objektien vaadittava koko vaikuttaa olennaisesti työssäni siihen mitä taajuuksia suunniteltava paneeli hajottaa ääntä eli diffusoi. Käytettävän materiaalin ominaispaksuus jo asettaa tietyt rajat näille mitoituksille. Kuitenkin kaikki epätasaisuus ja pinnan muotojen muutokset vaikuttavat positiivisesti äänen hajoamiseen.

Selvästi tehokas diffuusio on vaikea saavuttaa. Kurvikkaat ja suunnatut struktuurit voivat auttaa keski- ja korkeataajuuksilla, ja myös todella korkeilla taajuuksilla kuten 4kHz, esimerkiksi tiiliseinän struktuuri toimii tehokkaana diffuusorina. (Shroeder 1975 ja D Antonio 1984, [Howard ym. 2001,311])



Kuva 19. Yksinkertainen imitaatio elementistä jossa on absorboivaa ja heijastavaa pintaa. (Howard ym. 2001, 315, [Viitattu 1.3.2011])

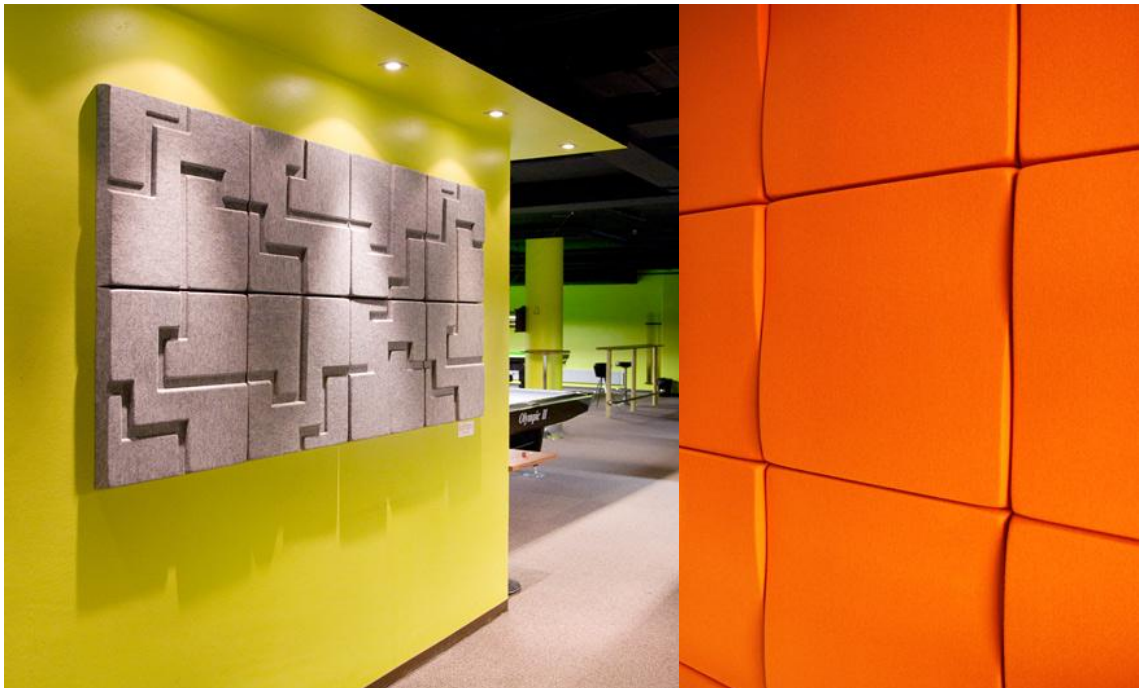
Toisaalta siis pelkästään fyysiset erilliset elementit ei ole ainoa tapa luoda diffusoivaa pintaa. Itse asiassa kaikki muutos heijastavassa pinnassa aiheuttaa äänen leviämistä. Esimerkiksi muutos absorboivasta alueesta seinällä, vieressä olevaan heijastavaan alueeseen aiheuttaa äänen hajoamisen. Tosin on aina parempi sijoittaa absorboivat materiaalit pieninä alueina ympäri huonetta kuin keskittyä esimerkiksi yhteen tiettyyn seinään. Yllä olevassa kuvassa (kuva 19) yleinen esimerkki miten absorboiva materiaali ja heijastava pinta voidaan yhdistää niin että pinnan muutokset aiheuttavat äänen hajoamista. (Howard ym. 2001, 314)

5.4 Akustiikkapaneelit

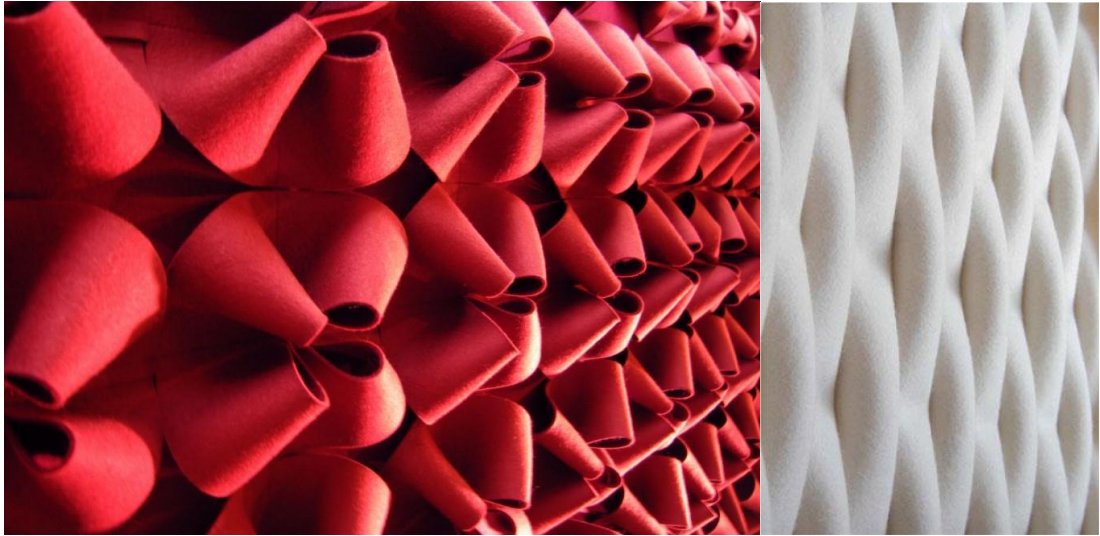
Akustiikkapaneelien tutkimus rajoittui markkinoilla oleviin tuotteisiin joita löysin nettikaupoista ja muista sähköisistä lähteistä.

Olemassa olevat paneelit pystyi jakamaan karkeasti kahteen eri ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu akustisista materiaaleista muotoon puristetut elementit, ns. pehmeät paneelit, joissa on saatu aikaiseksi erilaisia muotoja ja kokonaisuuksia.

Tämänkaltaiset paneelit ovat selkeästi tarkoitettu myös sisustukselliseksi elementeiksi. Tuotteita on myös valmistettu huovasta, tekemällä isoja seinälle asennettavia huopapunoksia. Alla olevissa kuvissa on esimerkkejä Soften Oy:n mallistosta (kuva 20), ja huovasta valmistettuja Anne Kyyrö Quinin akustiikkaelementtejä (kuva 21).



Kuva 20. Soften akustiikkapaneelimallistoa. (www.soften.fi, [Viitattu 25.2.2011])



Kuva 21. Anne Kyyrö Quinnin huopainen seinäpaneeli.
(www.annekyyroquinn.com, [Viitattu 25.2.2011])

Toiseen ryhmään kuuluu ns. kovat akustiikkapaneelit. Näissä paneeleissa ominaista on tasainen pinta joka on rei'itetty (resonanssipaneeli). Kovan pinnan takana on absorboiva materiaali. Yleisesti ottaen nämä paneelit ovat tarkoitettu matalien taajuuksien, eikä niinkään huoneakustiikan korkeiden taajuuksien parantamiseen. Tämän kaltaiset elementit toimivat myös osittain diffuusoreina eli äänen hajoittajina, koska reiät paneelin pinassa aiheuttavat äänen hajoamisen.

Poikkeuksia tosin löytyi, esim. Jouko Kärkkäisen suunnittelema Ply-akustiikkaelementti. Tässä paneelissa muotoa ja ulkonäköä on suunniteltu nimenomaan huoneakustiikkaan soveltuvaksi, sekä näyttäväksi sisustuselementiksi. Kuvassa (kuva 22) ei ole vaimentava akustiikkapaneeli. Vaimentavassa mallissa erona on rei'itetty pinta, ja sisällä vaimentavaa akustiikkamateriaalia.



Kuva 22. Ply akustiikkapaneeli. (www.joukokarkkainen.fi, [Viitattu 13.2.2011])

6 DECO TOP -SISUSTUSPANEELIT

6.1 Muotokieli

Tutkimuksessa ja suunnittelun lähtökohdan tärkeänä osana oli Deco Top -tuotteiden muotokieli. Suunnittelun lähtökohtana oli saada olemassa olevien tuotteiden pohjalta tuotesuunnitelma, jossa akustiikkapaneelin ulkonäkö soveltuisi olemassa olevan malliston linjaan.

Olemassa olevat tuotteet ovat selkeästi muotokieleltään orgaanisia muotoja joihin suunnittelija on saanut inspiraation luonnosta, esimerkiksi veden pinnan eri muodoista.

Näissä tapauksissa tärkeää on ollut saada pinta eloisaksi. 3D-jyrsinnän ansiosta levyn pintaan on saatu syvyysvaikutelmaa joka taas heijastaa valoa eri tavoin eri kohdissa. Kysytyäni Mika Koskiselta tuotteiden ideologiaa, juuri

pinnan eloisuus ja syvyysvaikutelman luominen, sekä valojen ja varjojen variaatiot ovat tuotteiden tärkein aspekti. Alla olevassa tuotekuvassa (kuva 23) on Deco Top -sisustuslevyä käyttöympäristössä.



Kuva 23. Deco Top Loimu- sisustuslevyä käyttöympäristössä.

Deco Top tuotteiden toinen selvä pääkohta ja erikoisuus ovat pintakäsittelyn eri mahdollisuudet. Tuotteiden muodot kuitenkin määräävät mitä pintakäsittelymenetelmää voidaan käyttää, esim. korkeakiiltoisen tuotteen aikaan saaminen on joissain malleissa liian työlästä, eikä näin ollen ole tuotannollisesti kannattavaa.

Materiaalina Deco Topeissa käytetään pääasiallisesti MDF-levyä, mutta myös erikoisvaneria on käytetty muutamissa malleissa.

Erikoisvanerilla saadaan aikaan pintaan kuvioita jotka syntyvät puun syiden vaihtelevuudella. Näissä malleissa pintakäsittelyynä käytetään lakkaa ja petsivärejä. Alla on kuvaesimerkit (kuva 24) Deco Top -paneelien eri materiaaleista ja pintakäsittelyistä.



Kuva 24. Decotopmallistoa.

Deco Top tuotteita oli esillä myös Habitare-messuilla vuonna 2010. Kuvissa (kuvat 25 ja 26) Meri, ja Loimu -sisustuspaneeleita messuosastolla.



Kuva 25. Meri -sisustuspaneeli. (Paimion Puupojat kuvamateriaalia, [Viitattu 27.2.2011])



Kuva 26. Loimu -sisustuspaneeli. (Paimion Puupojat kuvamateriaalia, [Viitattu 27.2.2011])

6.2 Tuotanto

Deco Top -sisustuspaneelien valmistus tapahtuu 5-akselisella CNC-työstökoneella. Kone mahdollistaa terän liikkeen 5:een suuntaan, ja tällä tavoin haluttuja, vaikeitakin muotoja pystytään tekemään levyn pintaan.

Tuotannossa keskitytään CNC-ohjelmiin, joilla pystytään vaivattomasti tekemään isojakin sarjoja tuotteista. Sisustuspaneelien valmistuksessa ohjelmat tehdään tietokoneohjelmalla, jossa määritetään työstöradat, suunnat, jyrskintäterät ja materiaalin paksuudet. Ohjelman avulla pystyy tekemään ns. demoajon josta nähdään jos työstöohjelmassa on jotain vikaa. Ohjelma tekee 3D-animaation työstöstä, joten sen avulla pystyy havainnoimaan mahdollisen lopputuloksen.

Tietenkin testiajo on tehtävä ennen varsinaista tuotantoa, koska jyrskinnässä voi ilmetä jotain ominaisuuksia mitä tietokoneohjelmassa ei havaita. Esimerkiksi jos CNC-koneen kalibroinnissa on jotain poikkeavuuksia, tietokoneohjelma ei osoita sitä mallinnusanimaatiossa.

6.3 Materiaalit

Jyrskinnän jälkeen paneelin työstön seuraava osio on hionta ja pintakäsittelyn pohjaaminen. Jyrskintä aiheuttaa MDF -levyyn karheita pintoja ja teräviä kulmia, toisissa sisustuspaneeleissa enemmän kuin toisissa. Jotkut paneelimallit vaativat siis ajallisesti enemmän hiontaa ja hiontakertoja. Tämä on oleellista hyvän pintakäsittelyn aikaansaamiseksi.

Pintakäsittely tapahtuu maalaamotiloissa jotka ovat erillisessä hallissa, joka on erittäin tärkeää hyvän pinnanlaadun aikaansaamiseksi.

Ruiskumaalaus on pintakäsittelymuodoista olennaisin, sillä sisustuspaneelit ovat suurimmaksi osaksi MDF -levyä, ja näin ollen sen pinnasta ei saada mielenkiintoista esimerkiksi petsaamalla. Ruiskumaalauksessa tärkeää on tehdä ensin huolellinen pohjamaalaus. Pohjamaalauksen jälkeen tehdään

välihionta jolla saadaan aikaiseksi tasainen pohjamaalattu pinta pintaväriä varten.

Pintamaalaus tehdään samassa paikassa, ja samalla tekniikalla kuin pohjamaalaus. Erona on kuitenkin maalin laatu. Pintamaaliin sekoitetaan ainesosia joilla saadaan aikaiseksi esimerkiksi haluttu kiilto tuotteen pintaan. Täyskiiltävän pinnan aikaansaaminen onkin erikoisuus, johon Paimion Puupoikien tuotteissa on panostettu, ja jota on kehitetty eteenpäin vuosien varrella.

Täyskiiltävän pinnan aikaansaaminen on tietyissä malleissa käytännössä mahdotonta, koska pinnan muodot tekevät halutun maalauspinnan aikaansaamisen erittäin vaikeaksi. Näissä malleissa onkin tarjolla yleisesti himmeämpiä maalipintavaihtoehtoja. Esimerkkinä on alla olevassa kuvassa (kuva 27) Loimu -sisustuspaneeli.



Kuva 27. Loimu -sisustuspaneeli. (www.decotop.fi, [Viitattu 7.3.2011])

Petsaus on toinen menetelmä mitä käytetään Deco Top tuotteiden pintakäsittelyssä. Petsi on öljy tai vesipohjainen liuos, johon sekoitetaan erivärisiä pigmenttejä. Pigmentit ovat joko nestemäisiä tai jauheita.

Petsin käyttöön sisustuspaneelissa on tarvetta silloin, kun halutaan saada läpikuultava pinta. Tällä menetelmällä materiaalin ominaisuudet esimerkiksi puun syiden visuaalisuus ja värierot saadaan esille. Esimerkkinä (kuva 28) Boa -sisustuspaneeli.



Kuva 28. Boa -sisustuspaneeli. (www.decotop.fi, [Viitattu 7.3.2011])

Petsaus on toimenpiteenä hieman yksinkertaisempi, mutta hyvän lopputuloksen aikaansaaminen vaatii paljon tarkkuutta. Petsatusta pinnasta voi tulla epätasainen ja laikukas, joka näin ollen ei olisi laatuvaatimusten mukainen.

7 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

7.1 Mitä teknisiä ominaisuuksia vaaditaan toimivalta akustiikkapaneelilta?

Lähdin tutkimuksessa hakemaan vastausta ensimmäiseen kysymykseen huoneakustiikan perusteista, akustisten materiaalien maailmasta ja olemassa olevista akustiikkapaneeleista.

Huoneakustiikan tutkimuksessa selvisi tärkeitä asioita akustiikan eri tarkoituksista ja tarpeista. Yleisesti ottaen huoneakustiikalla ei ole tiettyä yhtä toimintamallia, vaan jokaiselle tilalle ja käyttäjälle on omat vaatimukset akustiikan suhteen. Hyvän huoneakustiikan yksi huomioon otettavista asioista on jälki-kaikujen minimointi. Nämä äänet ovat yleisesti korkeita äänitaajuuksia, joita syntyy esimerkiksi puheesta, ja muista arkipäiväisistä äänilähteistä.

Näitä ääniä pystytään hallitsemaan seiniin ja kattoon asennettavilla absorboivilla materiaaleilla, joilla estetään äänen heijastuksia. Huoneakustiikkaa selvittäessäni, selvisi myös että matalien taajuuksien vaimentaminen sisustuksellisena akustiikkapaneelina on lähes mahdotonta. Tämä johtuu siitä, että matalien taajuuksien ääniaallon pituus on niin suuri, että vaimentavan materiaalin olisi oltava moninkertaisesti paksumpi verrattuna korkeiden äänien vaimentamiseen. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut suuresti omaan suunnitteluun koska haitalliset ilmiöt liittyvät korkeiden äänien vaimentamiseen asuintiloissa.

Tutkimalla vaimentavia materiaaleja, erilaisten taulukoiden ja materiaalitutkimusten perusteella, selvisi että sisutuksellista akustiikkapaneelia suunniteltaessa akustisen materiaalin tulisi olla allergiaystävällinen ja helposti puhdistettava materiaali. Esimerkiksi hyvä akustisilta ominaisuuksiltaan oleva lasivilla, josta irtoaa epäterveellistä lasivillapölyä, ei sovellu tiloihin missä ihmiset ovat läsnä ilman asianmukaista hengityssuojausta. Materiaalivertailuja tehdessä valikoituikin sopiva materiaali, jossa nämä tärkeät ominaisuudet ovat otettu huomioon.

Materiaalin valinta perustui toimittajan tarjoamaan valikoimaan, josta sopivan kokoinen materiaali oli saatavana. Näin ylimääräiset työt ja käsittelyt vältetään.

Akustiikka-asiantuntijan toimesta selvisi myös että paneelin pinnan olisi oltava vähintään 20 % läpäisevä, jotta absorptiomateriaali toimisi optimaalisella tavalla. Materiaalin tulisi myös olla vähintään 30 mm paksu, jotta suurempi määrä eri taajuuksia saadaan vaimennettua. Myös materiaalin ja seinän väliin olisi syytä jättää ilmapäli, jotta vaimenemiskerroin suurentuisi. Kuitenkin suunnittelussa on otettava huomioon paneelin kokonaispaksuus. Liian paksu paneeli ei taas ole sisustuksellisesti toimiva ratkaisu.

Ääntä hajottavana materiaalina tulisi toimia akustiikkapaneelin etulevy. Etulevyn rikkonainen pinta hajottaa ääntä, joka heijastuu eri suuntiin. tällaisella vapaalla diffuosoivalla pinnalla ei ole kuitenkaan mitään matemaattista kaavaa, mutta vaikutus on tietyillä taajuuksilla parempi kuin toisilla. Akustiikkapaneelin todellinen tarkoitusperä on vaimentaa ääntä, mutta halusin myös ottaa diffuosoivan pinnan mahdollisuuden mukaan suunnitelmaan. Kuten on tullut jo aikaisemmin tässä työssä todettua, erilaiset pinnat ja pinnanmuodot vaikuttavat positiivisesti akustiikkaan, joten suunnitellulla muodolla on merkitystä.

7.2 Mitä vaatimuksia Deco Top mallisto asettaa sisustuksellisen akustiikkapaneelin suunnittelulle?

Deco Top -tuotteita tutkiessa tärkeimpinä asioina esiin nousi visuaalisuus, pinnankäsittelyn mahdollisuudet ja tuotantotapa, jolla on mahdollista saada aikaiseksi kustannustehokas tuote.

Deco Top -tuotteiden visuaalinen ilme on sidonnainen siis pääosin 3-ulotteisiin orgaanisiin muotoihin, mutta myös geometrisiä muotoja on käytetty joissain malleissa. Valojen ja varjojen muodostuminen paneelin pinnalle on saatu aikaiseksi jyrksityllä pinnalla, johon valonlähteet ja niistä syntyvät varjot muodostavat elävän pinnan. Suunnittelussa olisikin hyvä lähteä hakemaan

niiden samojen muotojen pohjalta uutta mallia, joka olisi yhtenäinen olemassa olevan malliston kanssa.

Pintakäsittelyä tutkiessa selvisi että muoto vaikuttaa siihen, kuinka korkeakiiltoinen pinta tuotteelle voidaan tehdä. Myös tässä vaiheessa hahmottui, että tuote olisi tehtävä MDF-levystä jotta jyrkällä saataisiin aikaan mahdollisimman tasainen pinta. Tällä tavalla vältetään ylimääräisiä työvaiheita.

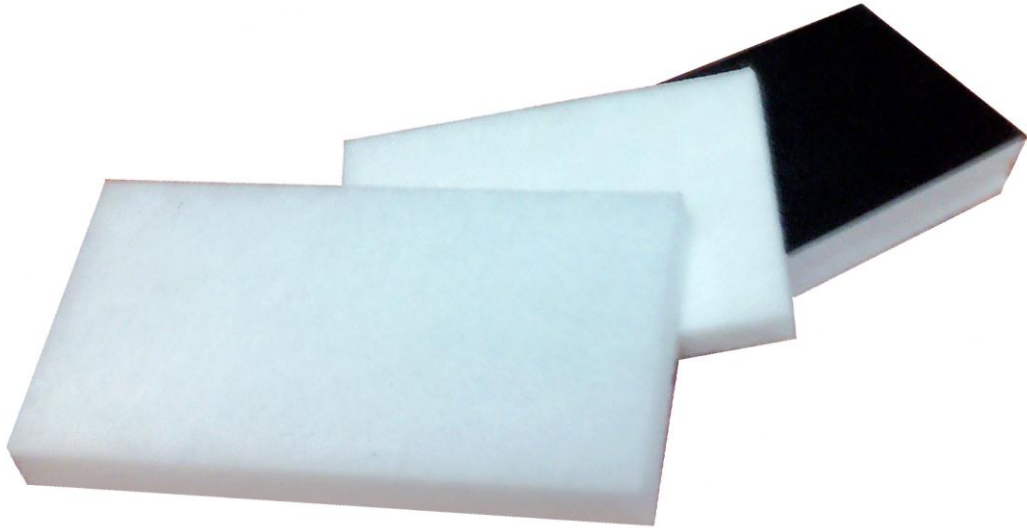
Tuotantotapa, joilla Deco Top -tuotteita tehdään, on osin automatisoitu, joten tuotanto on suhteellisen tehokasta. Tämä asia sai minut ajattelemaan onko akustiikkapaneelin suunnittelu samalla menetelmällä mahdollista. Akustiikkapaneelin suunnitteluun on kuitenkin otettava huomioon muitakin asioita, esimerkiksi kehikon ja kiinnitysmekanismien suunnittelu.

8 AKUSTIIKKAPANEELIN SUUNNITTELU

8.1 Vaimentava materiaali

Akustisen materiaalin valinnassa päästiin yhdessä Mika Koskisen kanssa yhteisymmärrykseen. Materiaaliksi valikoitui tuote, jota toimitetaan sopivan kokoisena elementtinä, ja jonka ominaisuudet tukevat suunnittelemani akustiikkapaneelin tarpeita.

Absorptiomateriaaleja tutkittaessa eteen tuli eri vaihtoehtoja, joita olikin saatavina usealta valmistajalta. Erilaisia materiaalivaihtoehtoja mietittäessä vaihtoehdot saatiin karsittua pienemmäksi ottamalla materialien ominaisuudet tarkempaan tarkkailuun. Tavoitteena oli löytää materiaali josta ei irtoa mitään kuituja tai hiukkasia, ja materiaali joka ei vaadi ylimääräisiä käsittelyjä. Kyselemällä muutamasta yrityksestä materiaaleja, saatiin käsiimme koepaloja kahdelta valmistajalta samantyyppisestä materiaalista. Päätös tapahtuikin koepalojen perusteella joita saatiin postitse. Absorptiomateriaaliksi valikoitui Ewona-Acustica™ polyesterilevy (kuva 29 ja liite 5). Tässä levyssä oli toiseen levyyn verrattuna paremmat visuaaliset mahdollisuudet pinnoitettavan kankaan osalta.



Kuva 29. Ewona koepalat.

Ewona-Acustica -äänenvaimennuslevyt on valmistettu joko kierrätetyistä tai uusista lämmöllä toisiinsa sidotuista polyesterikuiduista. Kuituraaka-aineelle on myönnetty Allergia- ja astmaliiton allergiatunnus sekä M1-päästöluokitus. Äänenvaimennuslevyt eivät sido kosteutta, minkä vuoksi ne eivät tarjoa kasvualustaa homeille tai muille mikrobeille. (Ewona-acustica 2011)

Ewona-Acustica on turvallinen ja kevyt äänenvaimennusmateriaali, joka vaimentaa ääntä erilaisissa huonetiloissa sekä soveltuu käytettäväksi myös koneiden ja laitteiden meluntorjuntaan. Kuituraaka-aine on puhdasta polyesteria, eikä siitä pitkänkään ajan kuluttua vapaudu mitään haitallisia aineita. (Ewona-acustica 2011)

Ewona-Acustica -äänenvaimennuslevy soveltuu erityisen hyvin päiväkoteihin, kouluihin, terveyskeskuksiin ja muihin vaativiin kohteisiin. Levyjen ulkonäköä

voidaan muunnella käyttämällä sävytettyjä pinnoitteita. HM-pinnoitteisena Ewona-Acustica on erinomainen ratkaisu myös teollisuus- ja urheiluhallien meluongelmiin. (Ewona-acustica 2011)

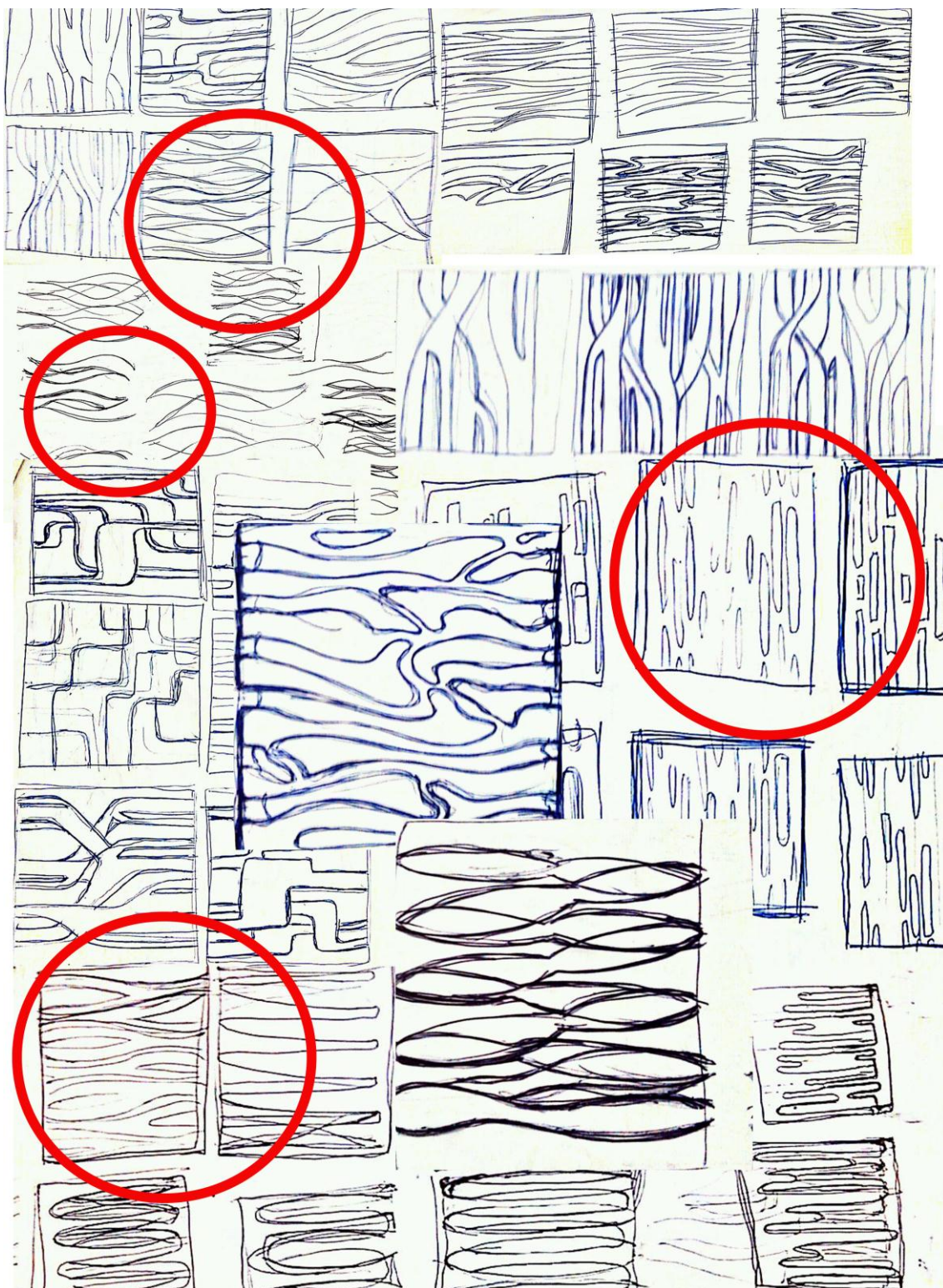
Häiritsevät hälyäänet saadaan kuriin lisäämällä ääntä itseensä imevää materiaalia kaikuisan huoneen kattoon ja tarvittaessa myös seinille. Akustiikkalevyjen asennuksen jälkeen puheesta saa aiempaa paremmin selvää ja kuulo rasittuu entistä vähemmän. (Ewona-acustica 2011)

Se soveltuu erinomaisesti myös eri tilojen akustiikkaan. Ewona-Acustican vahva ja joustava kuituja läpäisemätön pinta voidaan tarvittaessa puhdistaa helposti. (Ewona-acustica 2011)

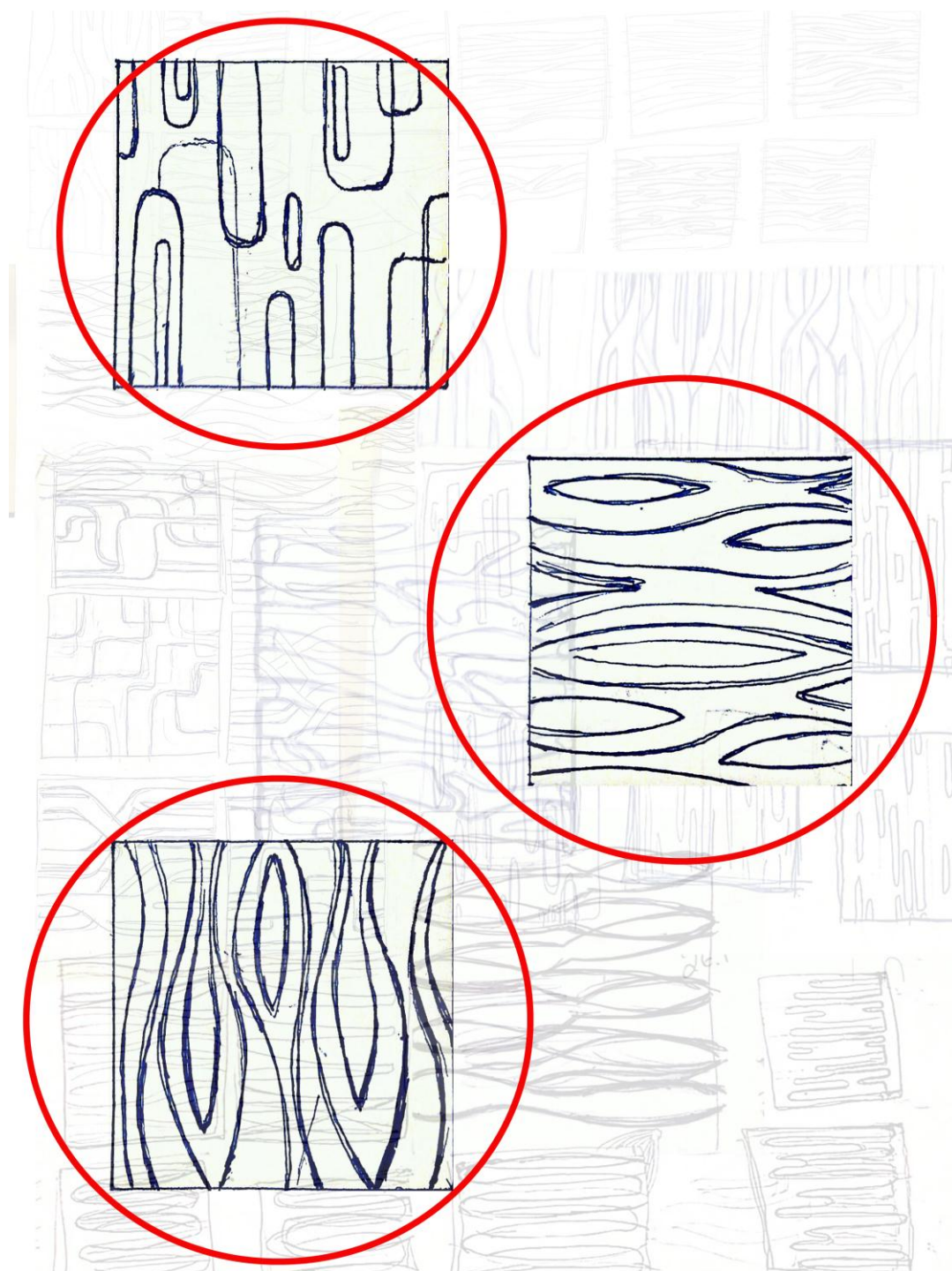
Elementin koko joka valikoitui mallistosta, oli 600 x 600 mm. Tätä kokoa on käytetty myös aikaisempien Deco Top tuotteiden mittana, joten se tuntui parhaalta vaihtoehdolta. Isompiakin kokoja olisi ollut saatavina, mutta paneelin paino saattaisi pysyä kohtuullisena näillä mitoilla. Akustiikka levyn tarkemmat tiedot esimerkiksi väri vaihtoehdoista ja muista teknisistä ominaisuuksista löytyy RT-kortin muodossa liitteenä (liite 2).

8.2 Ideat ja luonnokset

Tutkimustulosten pohjalta ryhdyin hahmottelemaan ensin paneelin muotokieltä ja visuaalista ilmettä. Käsini piirrettyjä luonnoksia tulikin paljon ja niistä oli tarkoitus saada ideoita jatkoluonnostelua varten. Alussa hahmottelu oli mielivaltaista ja tarkoituksena olikin saada vaan itseni altistettua uuden projektin luonteeseen. Seuraavassa kuvassa (kuva 30) onkin kollaasi ensimmäisistä hahmotelmista, joista pääsin etenemään suunnitteluvaiheessa eteenpäin.



Kuva 30. Luonnoksia.



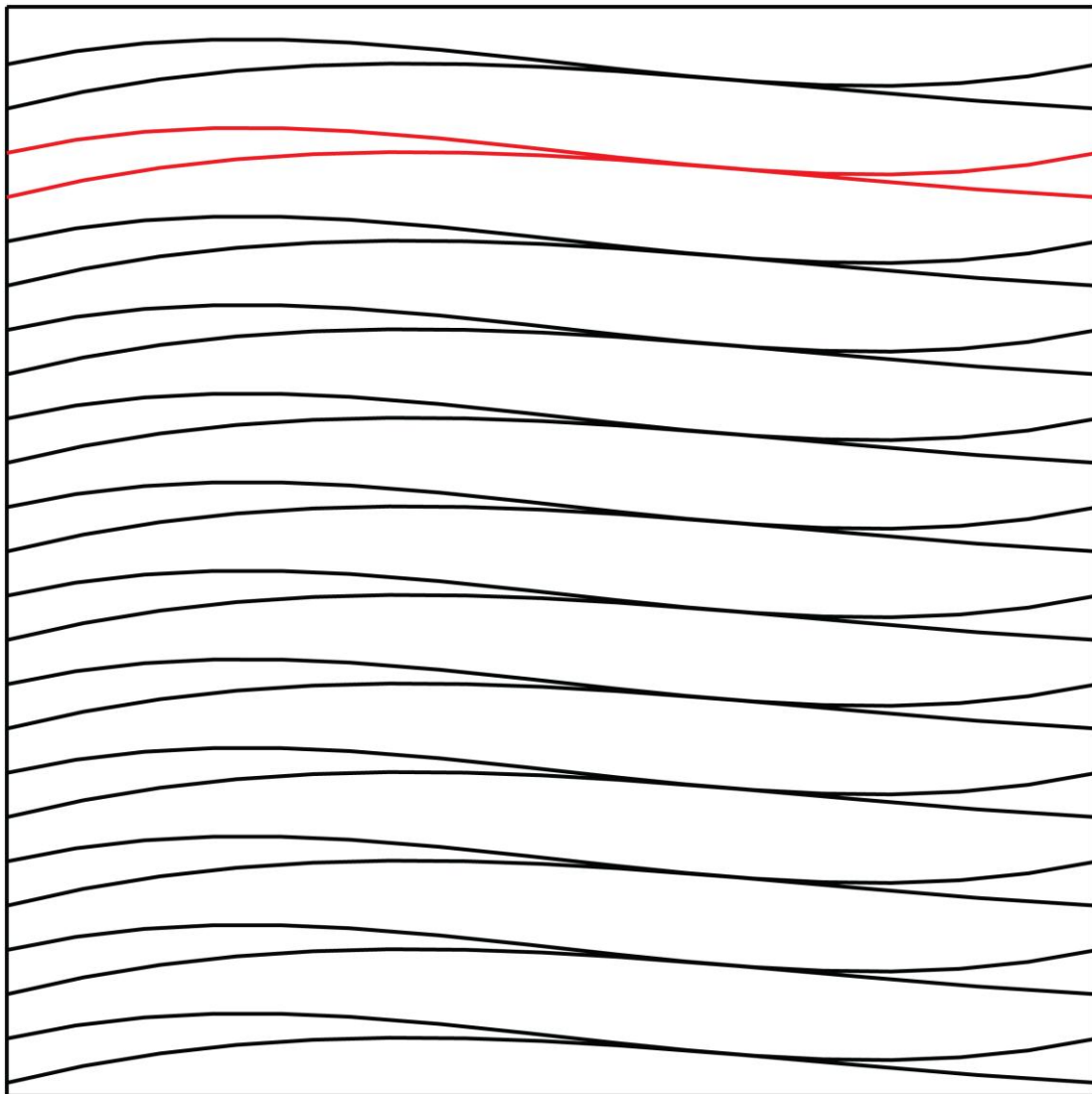
Kuva 31. Luonnoksia jatkokehittelyyn

Luonnoksia tehdessäni yritin pitää mielessäni ne visuaaliset asiat, jotka Deco Top -tuotteissa ovat olennaisia, ja jotka palvelisivat tuotteen yhteensopivuutta olemassa olevan malliston kanssa.

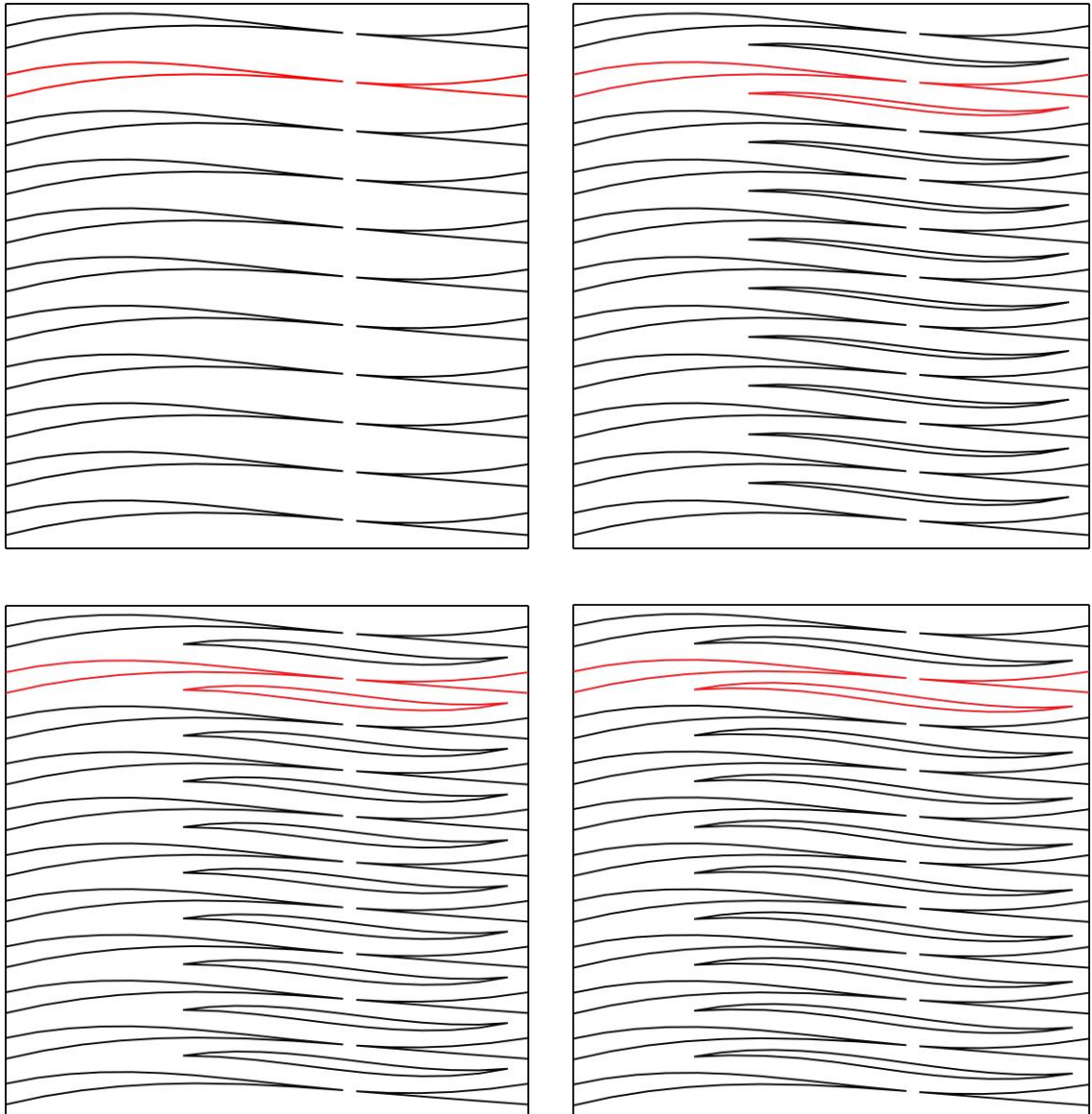
Kävin läpi luonnoksia Mika Koskisen kanssa, ja hänen mielestään aaltomainen kuvio ja epäsäännöllinen ristikkomalli (Kuva 31) olisivat sellaisia kuoseja, joista voisin lähteä työstämään suunnitelmaa eteenpäin. Seuraavaksi olikin tarkoitus työstää valittuja luonnoksia, ennen varsinaista kuosin mallinnusta.

8.2.1 Jatkokehittelyä

Tutkimustuloksien perusteella, seuraavaksi suunnittelussani ryhdyin hahmottelemaan mahdollista kuosia paneelin etuosalle. Tässä vaiheessa tuli ottaa huomioon etupaneelin läpäiseväisyys ja mahdolliset muotojen vaikutukset tarpeellisen läpäisevyyden aikaansaamiseksi. Toisin sanottuna ennen 3-ulotteisin pinnan hahmotusta, olisi tarkoitus havainnoida miten paljon läpäisevää pintaa tulisi käytännössä olla 615 x 615 mm levyssä. Lähdin hahmottamaan tätä asiaa aaltomaisilla muodoilla. Tämä muoto oli yksi hahmotelmistani, jonka aikaisemmassa luonnosteluvaiheessa olin piirtänyt. Seuraavissa kuvissa (kuvat 32 ja 33) näkyy suunnittelun vaiheita, jossa tutkin poistettavan materiaalin määrää paneelin kokonaispinta-alasta. Punaisella merkityt alueet osoittavat leikattavan pinnan, ja leikkauspinta toistuu muiden samanlaisten viivojen osalta.



Kuva 32. Lämpösiivän pinta-alan hahmotusta

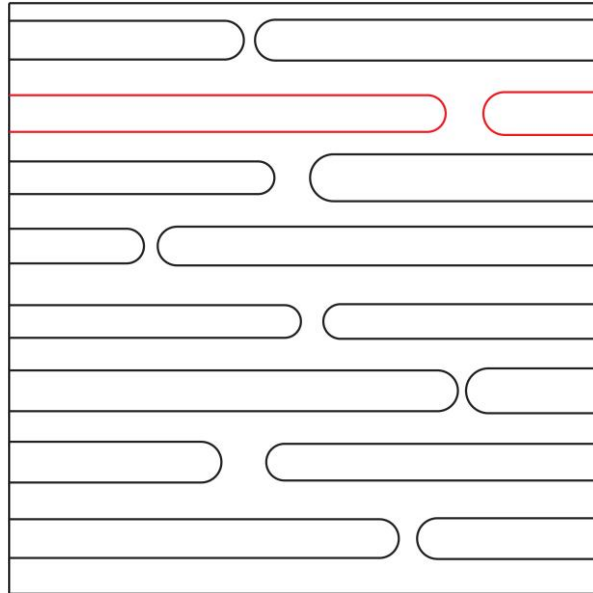


Kuva 33. Aaltopaneelikuosin jatkomallinnuksia suuremmalla läpäisevällä osuudella.

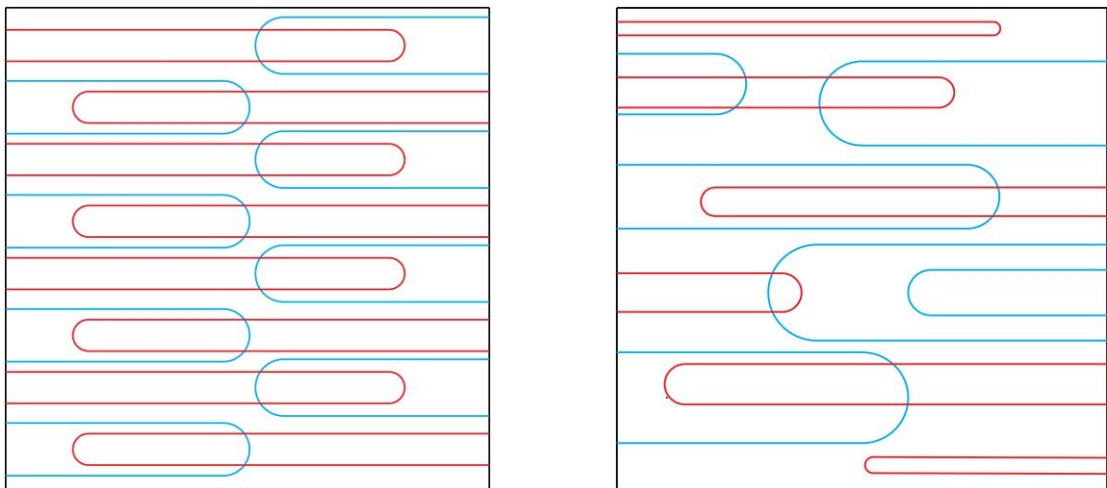
Riittävän läpäisevyyden hahmottelu vaati pinta-alan laskemista. Ja tässä vaiheessa olikin tärkeää että ohjelman avulla sain laskettua pinta-alat helposti.

Toisena hahmotelmana oli ristikonmallinen kuosi, jossa ristikonomaisen kuosin muodostavat ovaalinmuotoiset läpileikatut sekä osittain syvyys suunnassa leikatut pinnat. Leikatut sälelet olisivat erikokoisia, ja näin ollen loisivat hieman epäsymmetrisen kuvion paneelille. Kuvissa (kuvat 34 ja 35) punaisella

merkatut viivat osoittavat taas läpileikattua osaa ja siniset taas osittain leikattua pintaa.



Kuva 34. Ovaaliristikkopaneelin läpäisevyyden hahmotusta.

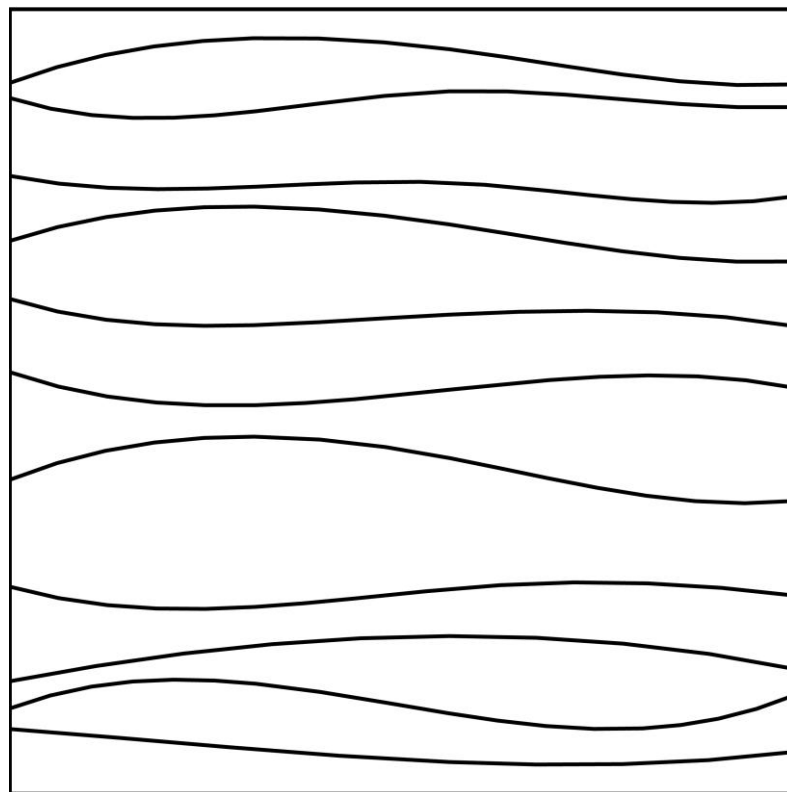


Kuva 35. Ovaaliristikkopaneelin jatkomallinnuksia erilaisilla jyrksinnöillä.

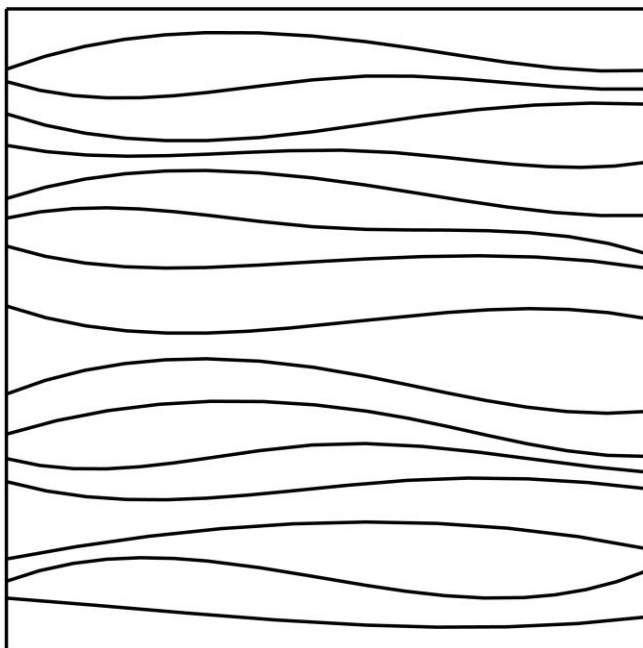
Kävimme läpi tekemiäni kuvia yhdessä Mika Koskisen kanssa ja päätimme luopua ristikkomallista, koska geometriset kuviot eivät tuntuneet sopivan

halutun kuvion kaltaisiksi. Päädyimmekin tässä vaiheessa siihen, että keskityn aaltomaiseen kuvioon, jossa Deco Top -tuotteiden visuaalinen ilme tulisi paremmin esille. Kuosin symmetrisyys oli yksi asia, joka häiritsi niin Mika Koskista kuin minuakin. Tarkoituksena on saada paneelille elävä pinta joka luo varjoja ja heijastaa valoa lähestulkoon mielivaltaisesti, luoden näin elävän pinnan. Luonnon orgaanisista muodoista inspiraation saaneet Deco Top tuotteet elävät olosuhteiden mukaan ja halusinkin päästä lähemmäs tuota ajattelutapaa.

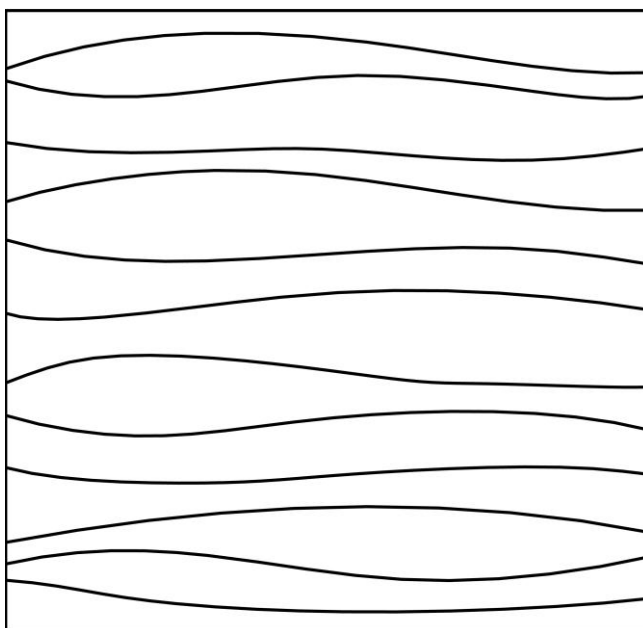
Keskustelun jälkeen päätin aloittaa paneelin etuosan mallintamisen näiden aaltomaisten kuvioiden pohjalta. Palasin vielä luonnoksien pariin ja päätin piirtää muutamia uusia hahmotelmia ja kuvia jonka pohjalta alkaisin työstää lopullista ulkomuotoa. Kuvissa muotoviivat esittävät pinnalle mahdollisesti muodostuvaa struktuuria (kuvat 36-38).



Kuva 36. Paneelikuosin kehittelyä.



Kuva 37. Jatkokehittelyä.



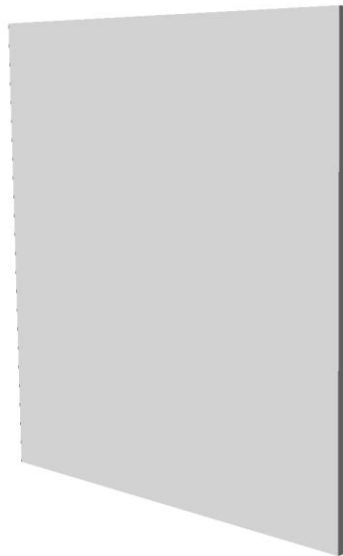
Kuva 38. Jatkokehittelyä.

9 AKUSTIIKKAPANEELIN MALLINNUS

9.1 Etulevyn mallinnus

Keskustelujen pohjalta etulevyjen kuosin tulisi olla epäsymmetrinen ja mieluiten sisältää vapaita muotoja ja kaaria. Työstötavan suunnittelun avulla pystyin mallintamaan etulevyn kuosin, koska pelkillä muotoviivoilla 3-ulotteisuus jäisi näkemättä. Deco Top -tuotteiden valmistuksessa käytettävä 5-akselinen mahdollistaa terän kääntymisen ja ajoratojen syvyysvaihtelut. Näin ollen 3-ulotteiselle ohjelmalla mallintaminen antaa oikeanlaisen kuvan siitä miltä valmis kappale tulee näyttämään jyrsinnän jälkeen. Samalla myös mallinnusvaiheessa saadaan aikaiseksi tarkat ajoradat joita pitkin CNC -jyrsin tekee työstön. Joten ensimmäisenä asiana mallinnuksen osalta on aihion piirtäminen.

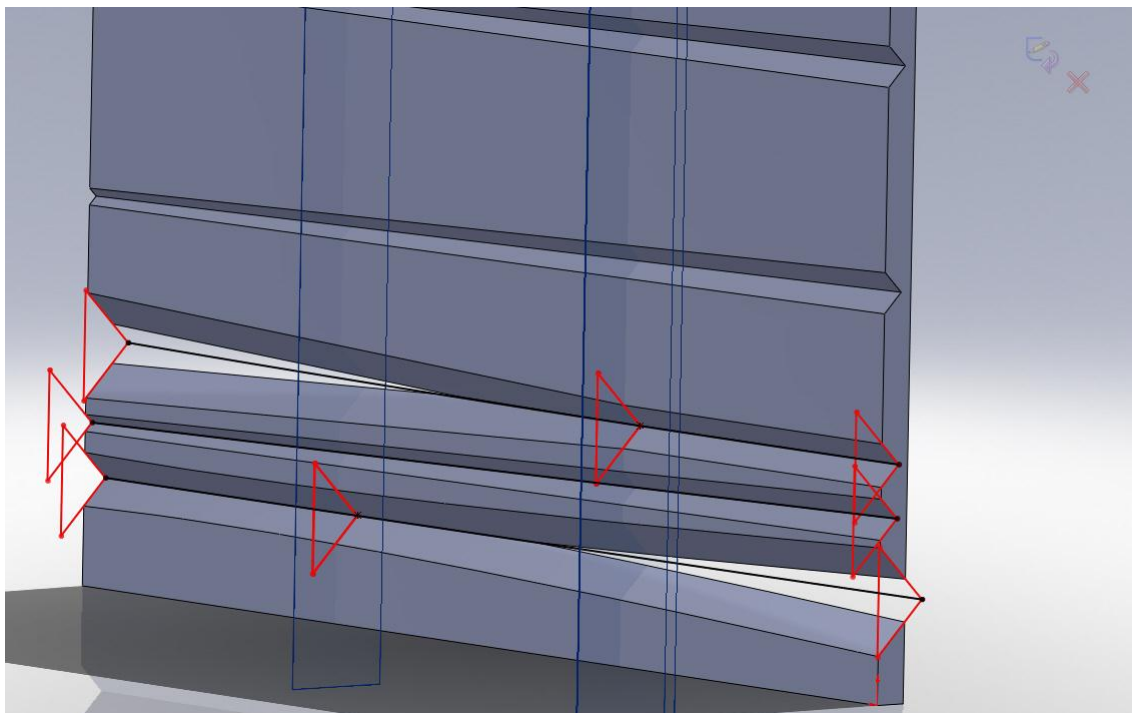
Aihiona paneelin etulevylle toimii 615x 615mm 16 mm MDF -levy. Levyn koko määräytyi olemassa olevien Deco Top -tuotteiden, ja akustisen materiaalin koon mukaan. Kuvassa (kuva 39) on aihio, eli paneelin etulevy, ennen mitään muotoja.



Kuva 39. Etupaneelin mallinnusaihio 615x615x16 MDF

9.1.1 Kuosin mallinnus

Kuosin mallinnusta miettiessäni mielessä kävi muutamia eri vaihtoehtoja jolla haluttua kuviota voisi saada levyyn aikaiseksi. Reikämäinen leikkaus suoraan levyn läpi tuntui ilmeiseltä vaihtoehdolta, mutta sen tällä tavalla pinnan muodot ja vaihtelut eivät palvelisi niin hyvin äänen diffuusiassa, eli hajoamisessa. Eikä pinnan kokonaisvaltaista rikkonaisuutta olisi mahdollista tehdä kokonaan läpileikatulla ratkaisumallilla. Täysin läpileikattu struktuuri myös tekisi paneelin rakenteesta liian heikon, oikeastaan kuvan (kuva 40) muotoviivojen läpi asti leikkaaminen hajottaisi rakenteen kokonaan palasiksi. Nämä asiat ajoivat minut miettimään asiaa hieman enemmän, jotta mielenkiintoinen ja akustisesti toimiva pinta olisi mahdollista saada aikaiseksi.

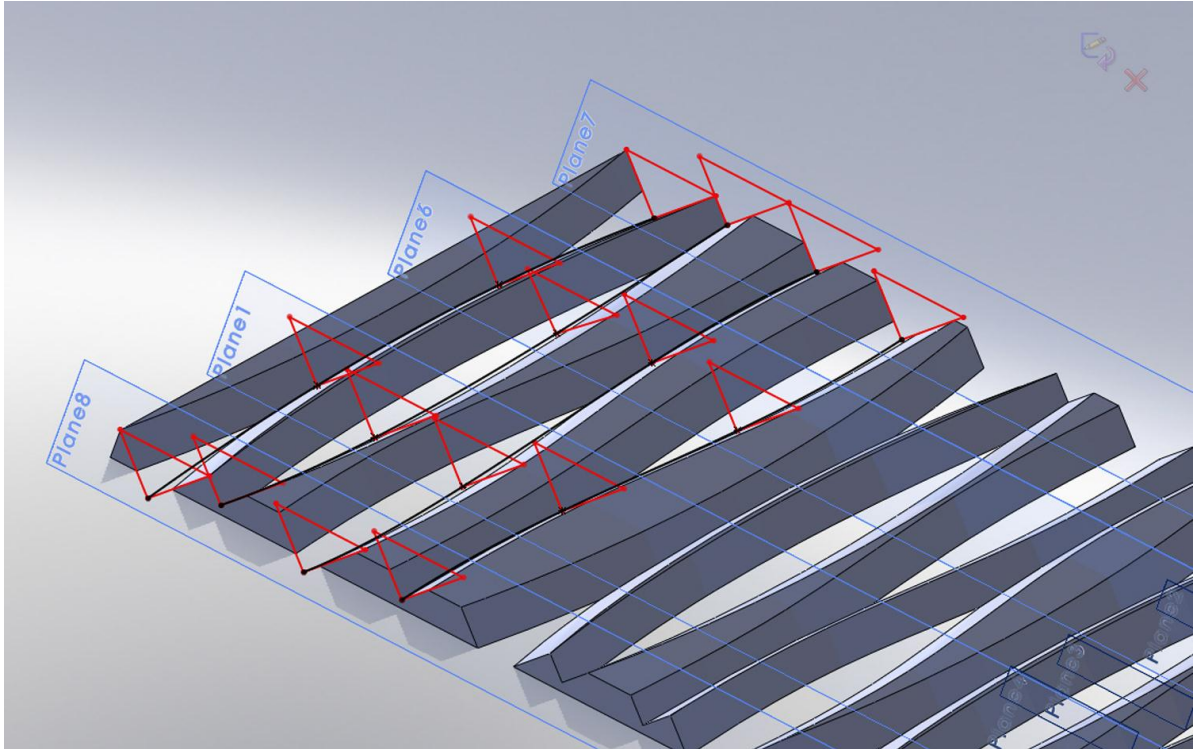


Kuva 40. Ensimmäisiä leikkuuratakokeiluja

Suunnittelussa pitikin miettiä vaihtoehtoja ja tapoja, joita olisi mahdollista hyödyntää valmistusvaiheessa. Koska paneeli on tarkoitus jyrsiä 5-akselisella CNC- jyrsimellä, aloinkin miettimään asiaa 3-ulotteisesti. Mahdollisuuksia pinnan muodon aikaansaamiseksi on monia, ja lähdin ajattelemaan jyrsimen terän muotoisia leikkuuratoja, jotka kulkisivat aihion läpi (Kuva 40). Tavoitteena oli löytää ratkaisu joka olisi tuotannollisesti kannattava, sekä tapa, jolla paneelin rakenne ei muuttuisi liian hauraaksi. Leikattavat pinnat tulisi olla sijoiteltu niin, että rakenteeseen ei tuli liian heikkoja kohtia mistä se voisi murtua.

Leikkuu-urat ilmentävät mahdollisessa tuotantovaiheessa olevia terän liikeratoja ja terän muotoa. Tässä tapauksessa v-mallisella ajouralla saadaan aikaan läpileikattavan materiaan määrä siten, että leikkauspinta laskee ja nousee halutulla ja määrättyllä tavalla. Mallinnus tapahtui Solid Works -ohjelmalla. Kuvassa (kuva 40) punaisella väritetyt kolmiot esittävät terän leikkaavan terän muotoa ja musta muotoviiva leikkuurataa, mitä pitkin terä kulkee.

Päätin lähteä tekemään neljää erilaista leikkuupintaa aikaisempien luonnoksien ja kuvien pohjalta. Näitä leikkuupintoja pystyn ohjelman avulla kopioimaan tai peilaamaan haluttuihin paikkoihin. Päädyin 4:ään eri kuvioon, koska mielestäni haluttu epäsymmetrisyys oli saavutettavissa, kuitenkin saaden mielestäni tarvittavaa muotojen jatkuvuutta näillä leikkuilla. Näillä leikkuupinnoilla pystyn myös hallitsemaan leikkuuratojen syvyyttä ja läpileikattavaa osuutta (kuva 41).

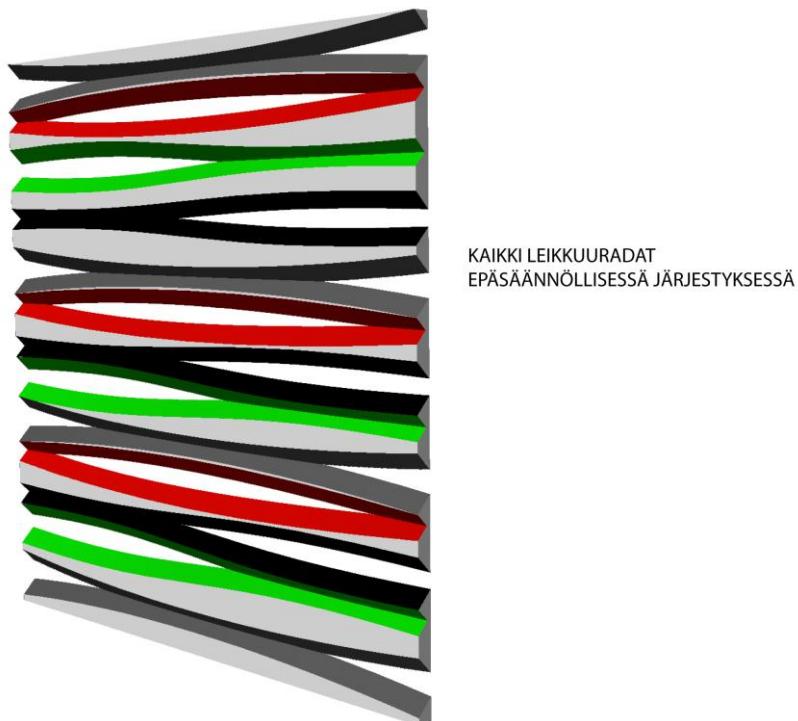


Kuva 41. Lähtökohtaiset leikkuuratamallit paneelille.

Kuvassa (kuva 41) voi havaita, miten punaisten kolmioiden korkeuserot vaikuttavat läpileikattavan pinnan muotoon ja läpäisyyn. Kuvassa on myös kopioituna samoja neljää leikkuurataa, joilla saadaan aikaan haluttu kokonaisuus. Seuraavissa kuvissa (kuvat 42 ja 43) pyrin vielä havainnoimaan eri väreillä, leikkuupintoja, joita työssäni käytin.



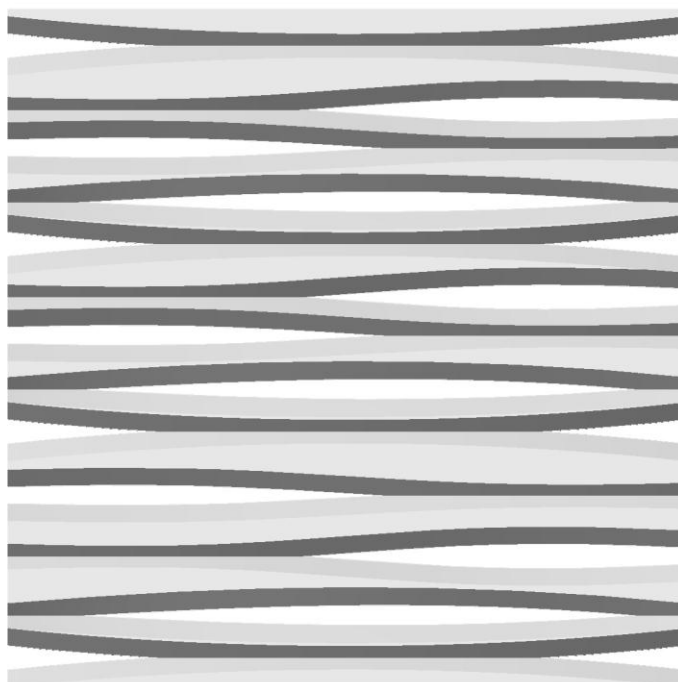
Kuva 42. Leikkuuradat väreillä havainnollistettuna.



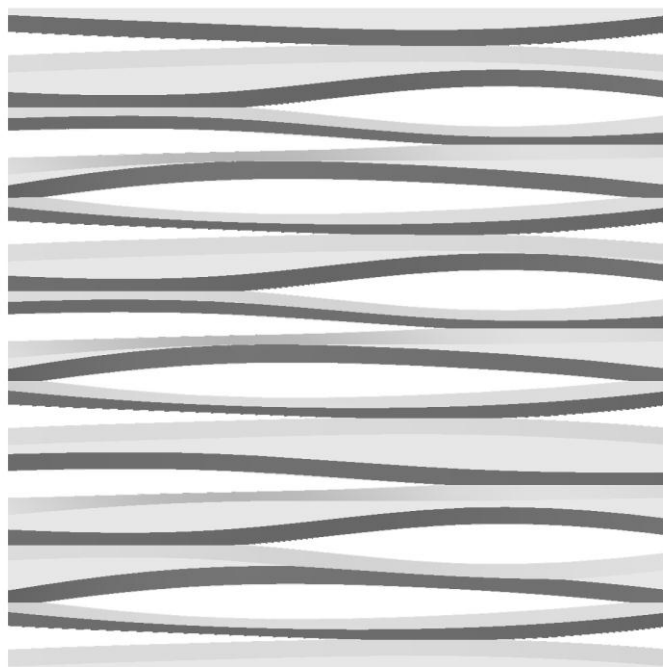
Kuva 43. Mallinnettu etupaneeli halutuilla leikkuuratasijoituksilla.

Ensimmäisten leikkuuratojen mallinnuksien jälkeen olin tyytyväinen pintaan syntyneestä 3-ulotteisesta muodosta. Tämä oli ensimmäisiä kokeiluja tätä tekniikkaa käyttäen, ja lopputulos oli positiivinen suunnittelun jatkamista ajatellen. Ongelmaksi vielä tässä vaiheessa nousi läpäisevän osuuden riittämättömyys. 20–30 % läpäiseväisyys olisi saatava aikaiseksi, jotta akustiikkamateriaalin ominaisuudet toimisivat oikeanlaisesti. Seuraavissa kokeiluissa alkoikin hahmottua, että vaadittavan läpäisyn aikaansaamiseksi olisi muotoja ja leikkuuratoja muutetta merkittävästi.

Ratojen muokkaus tässä vaiheessa oli kuitenkin melko vaivatonta, koska mallinnusvaiheessa tehdyt ratkaisut antavat mahdollisuuden muokata yhtä ajorataa, jolloin kopioidut radat muuttuvat samassa suhteessa. Seuraavissa kuvista voi havainnoida miten läpileikatun pinnan osuus vaikuttaa paneelin ilmeeseen. Itselleni yllätyksenä tuli pienien muutosten tekemisen vaikutus kuosin visuaaliseen ilmeeseen. Huomioitavaa seuraavissa kuvissa (kuvat 44 ja 45) on, että väri vaihtelut tulevat valojen ja varjojen vaikutuksesta, eikä kappaleessa ole käytetty kuin yhtä väriä.

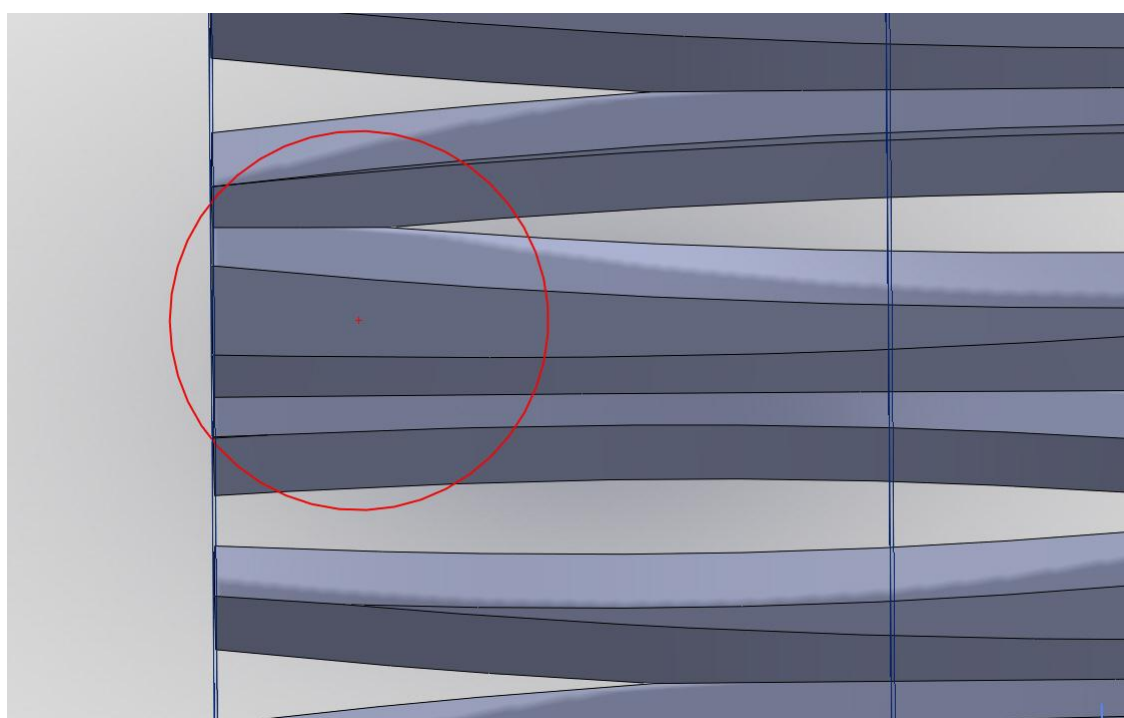


Kuva 44. Paneelin kuosin lähtökohta



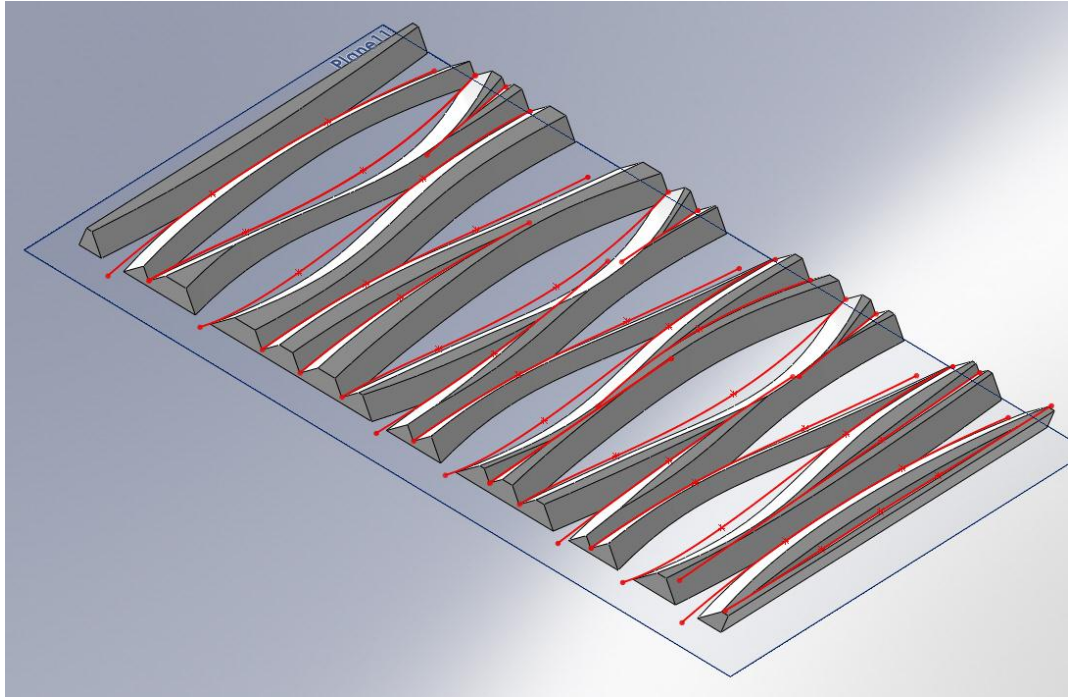
Kuva 45. Paneelin kuosi leikkuuratojen muutoksilla ja suuremmalla läpäisevyysprosentilla.

Etupaneelin lopullisen version aikaansaamiseksi, läpäisevyyden lisäksi piti tarkastelua myös pinnan muodon rikkonaisuutta. Tarkastelusta selvisikin, että vaikka leikkuuradoista syntynyt rikkonaisuus oli jo melko toivotulla tasolla, halusin vielä puuttua ns. tasaisiin pintoihin joita leikkuuratojen väleihin jäi. Kuvassa (kuva 46) punaisella ympyröity alue osoittaa pintaa johon tulisi saada rikkonaisuutta lisää.

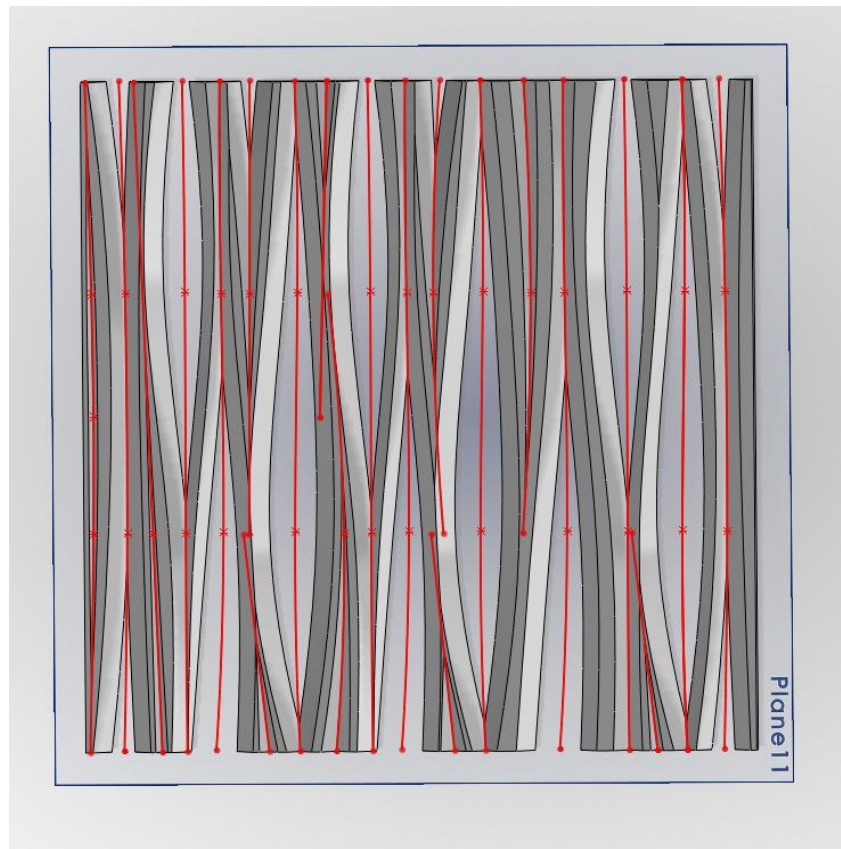


Kuva 46. Paneelin suora pinta lisä-leikkuuratoja varten.

Pinnan rikkonaisuuden aikaansaamiseksi täytyi siis mallintaa vielä lisää leikkuupintoja jotka toisivat lisää struktuuria paneelin pintaan. Seuraavassa kuvassa (kuva 47) teinkin tarvittavat muutokset, ja näin ollen sain viimeisen ja lopullisen muodon aikaiseksi. Punaiset viivat osoittavat paneeliin tehtävät leikkuuradat. Kuvassa (kuva 48) on leikkuuradat edestä kuvattuna.

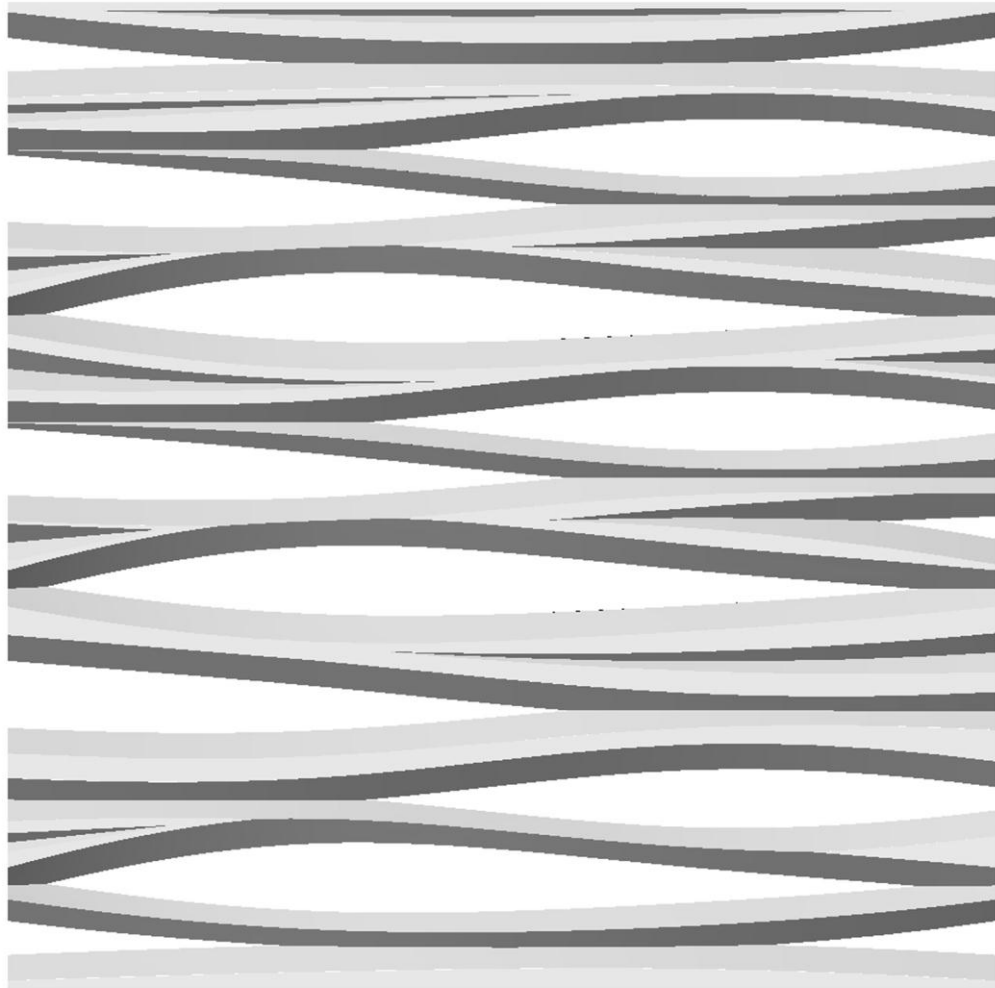


Kuva 47. Lopulliset leikkuuradat.



Kuva 48. Leikkuuradat edestä kuvattuna.

Kuvassa (kuva 49) Lopullinen paneelimalli kaikilla leikkuupinnoilla. Pinnanmuodoissa näkyy valo- ja varjojen muutokset. Liitteenä (liite 3) myös tekninen kuva lopullisesta paneelista.



Kuva 49. Lopullinen paneelimalli.

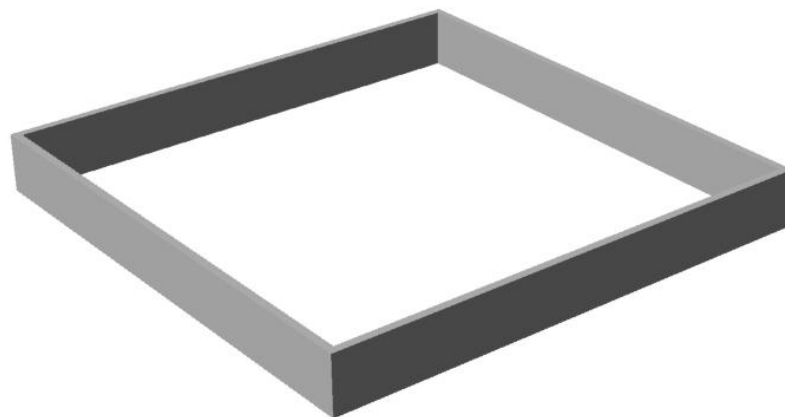
9.2 Kehikon mallinnus

Kehikon suunnittelussa tuli ottaa huomioon muutamia tärkeitä asioita, joita tutkimuksessa selvisi.

Akustisen materiaalin paksuus on 30 mm, joka jo itsessään määrää kehikon syvyyttä. Toisena asiana tuli ottaa huomioon seinän ja vaimentavan materiaalin väliin jäävä ilmatila. Akustiikka-asiantuntijan mukaan, akustisen materiaalin ja seinän välissä olisi suositeltavaa olla vähintään 20 mm ilmatilaa, jotta äänenvaimenemisominaisuudet parantuisivat oleellisesti huoneakustiikan parantavana tekijänä.

Visuaalisessa mielessä taas etupaneelin ja akustisen materiaalin väliin olisi tarkoitus jättää väli, jotta valot ja varjot muodostuisivat voimakkaampina, syvemmälle kehikon sisälle. Tällä tavalla myös haluttu 3-ulotteisuus, ja Deco Top tuotteiden visuaalisuus olisi saavutettavissa paremmin.

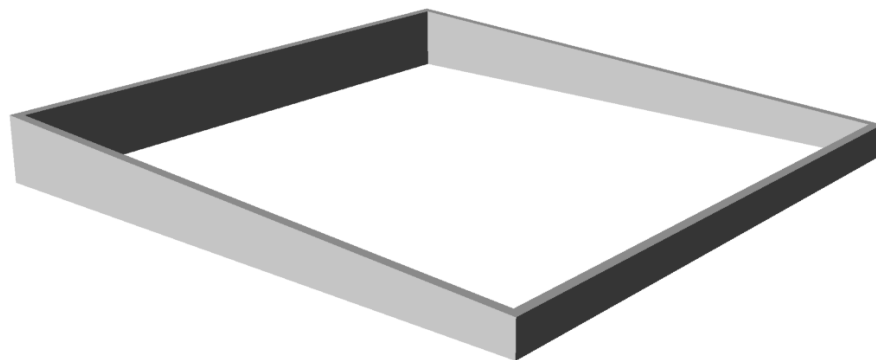
Näiden asioiden pohjalta 70 mm syvyinen kehikko olisi hyvä lähtökohta suunnittelussa. Kuvassa (kuva 50) näkyy kehikon perusmuoto, joka yksinkertaisuudessaan tulisi olla kuvan kaltainen. Kehikko muodostuisi 4:stä 615 x 615 x 10 MDF -levystä jotka olisivat liitoksilla kiinnitetty toisiinsa.



Kuva 50. Kehikon lähtökohta.

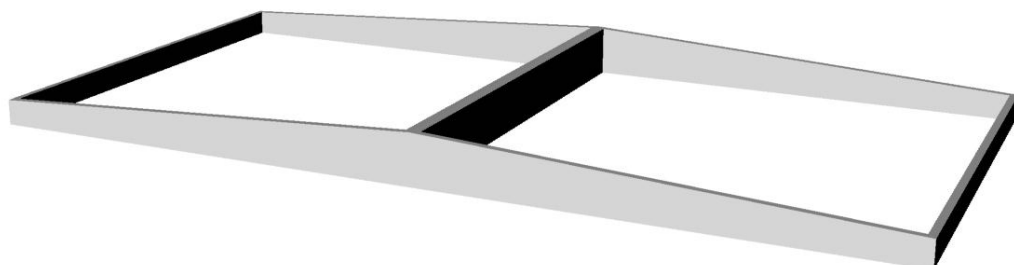
Kehikon rakenne ja muoto on yksinkertainen ja selkeä, koska etulevyn kiinnityspinta on tasainen. Eli kiinnitystavan, ja etulevyn profiilin takia, kehikkoon itseensä ei saa tehtyä mitään rajuja 3-ulotteisia muotoja.

Kehikon kaltevuutta pystytään kuitenkin haluttaessa muuttamaan. Tällä tavalla saadaan erilaisilla kokoonpanoilla aikaiseksi haluttua pintojen epätasaisuutta, eli paremmin ääntä hajottavia pintoja (kuva 51).

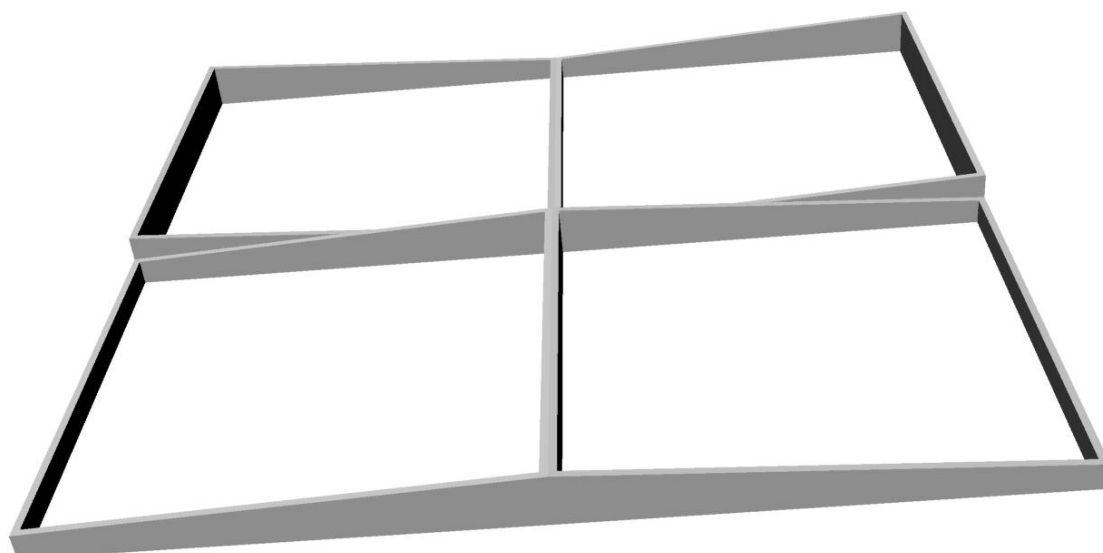


Kuva 51. Kalteva kehikko.

Erilaisia pintamuotoja saadaan aikaan asettelemalla paneeleja vierekkäin tai päällekkäin. Paneelin itsensä saa jo 4:ään eri asentoon, joten mahdollisuuksia on monia. Tässä vaiheessa tein muutamia kuvia mahdollisista kehikkokokoonpanoista (kuvat 52 ja 53)

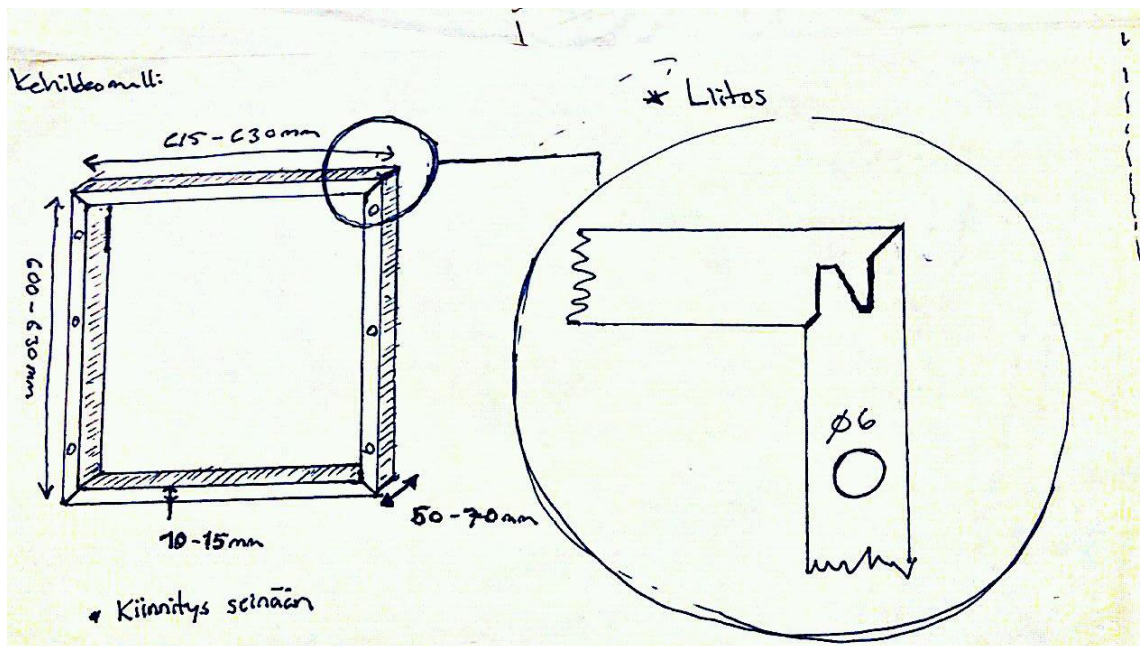


Kuva 52. Kehikkoasetelma.

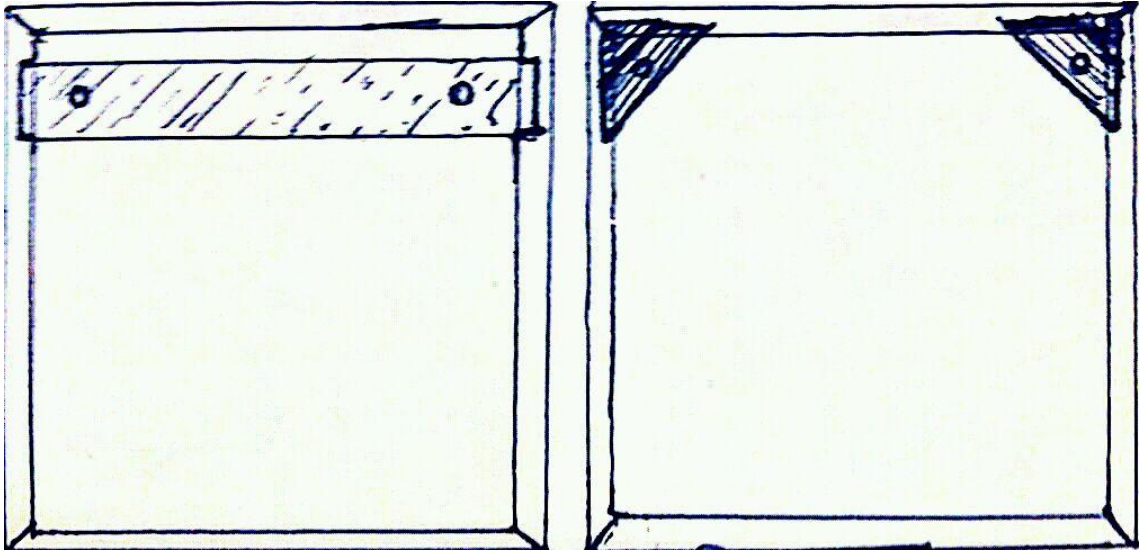


Kuva 53. Kehikko kokoonpano.

Kehikkomallien osalta päädyin jatkamaan suunnittelua suoran kehikkomallin kanssa. Tarvittava pinnan rikkonaisuus ja 3-ulotteisuus on toteutettavissa paneelin pinnanmuotojen kanssa. Kehikon kulman muuttaminen aiheuttaa liian suuren vaikutuksen paneelin syvyyteen. Kehikon riittävä syvyys on tärkeä, jotta akustiikkamateriaalin ja seinän väliin jäisi tarvittava väli. Suuremmalla ilmvälillä, akustiikan parantamiseen asetetut ominaisuudet paranisivat, ja sen seurauksena huoneakustiikan parantaminen olisi tehokkaampaa. Myös paneelin ja akustisen materiaalin väliin jäävä tila minimoituisi, ja haluttujen varjojen muodostuminen heikkenisi. Muotojen jatkuminen paneelista toiseen myös mahdollisesti kärsisi kehikon kaltevuuksien vaihdellessa, joten näiden perustelujen valossa tämän kehikkomallin pois jättäminen suunnitelmista oli selitettävissä. Kuvissa (Kuva 54 ja 55) hahmotelmia kehikon rakenteesta, ja kiinnitys ominaisuuksista.

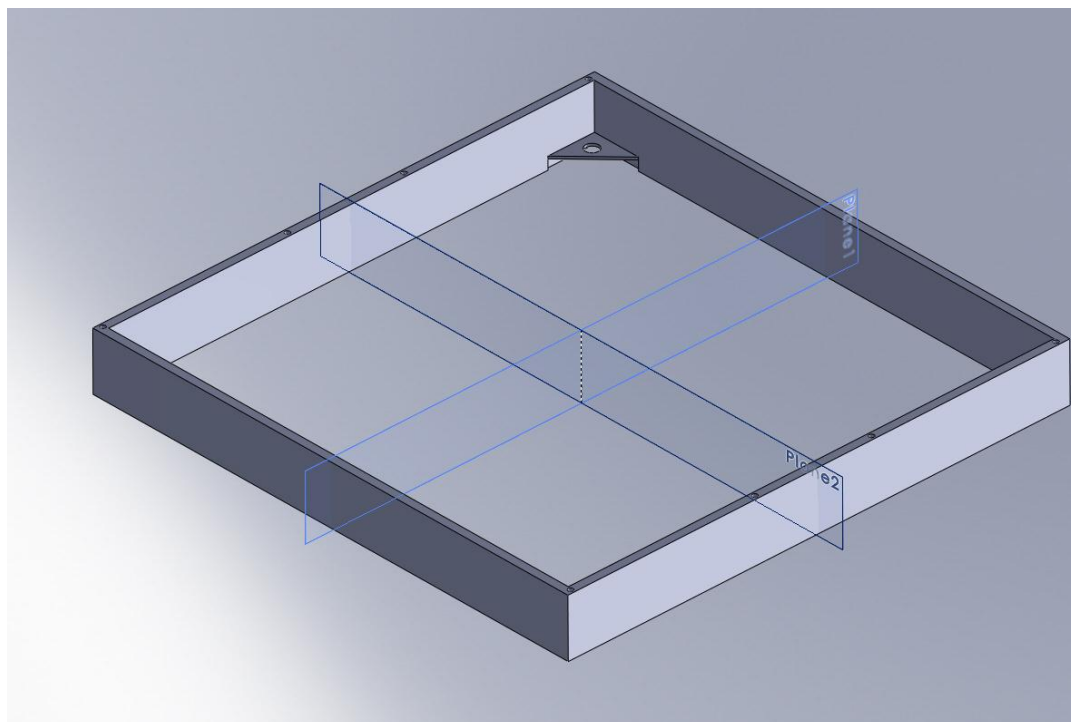


Kuva 54. Kehikon luonnostelua.

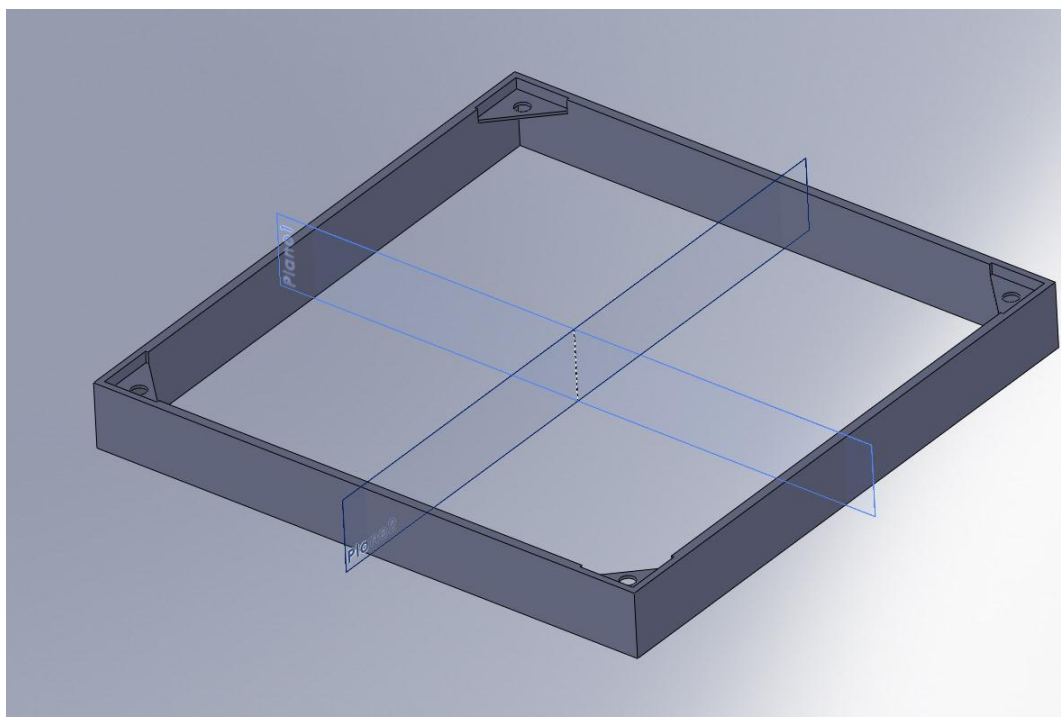


Kuva 55. Kehikon seinäkiinnityksen luonnostelua.

Kehikon kokoonpano ja tekniset ratkaisut valitun mallin osalta tulee esiin teknisistä kuvista (liite 4), mutta kuvissa (kuva 56 ja 57) havainnoiva kuva kehosta, jossa on mietitty paneelin kiinnitystä, sekä seinäkiinnitystä. Seinäkiinnityksen osalta suunnittelussa piti ottaa huomioon että paneeli olisi aseteltavissa eri asentoihin, joten kiinnityspisteet tulisi olla joka kulmassa symmetrisesti. Kyseisessä seinäkiinnitysmallissa on ns. perinteinen taulukiinnitys. Kiinnityksen osalta suunnittelutyössä pääsee tekemään lopullisia ratkaisuja vasta kun paneelin prototyyppi on valmistettu. Tällöin tiedetään enemmän paneelin fyysisistä ominaisuuksista.



Kuva 56. Kehikko mallinnettuna etupuolelta.

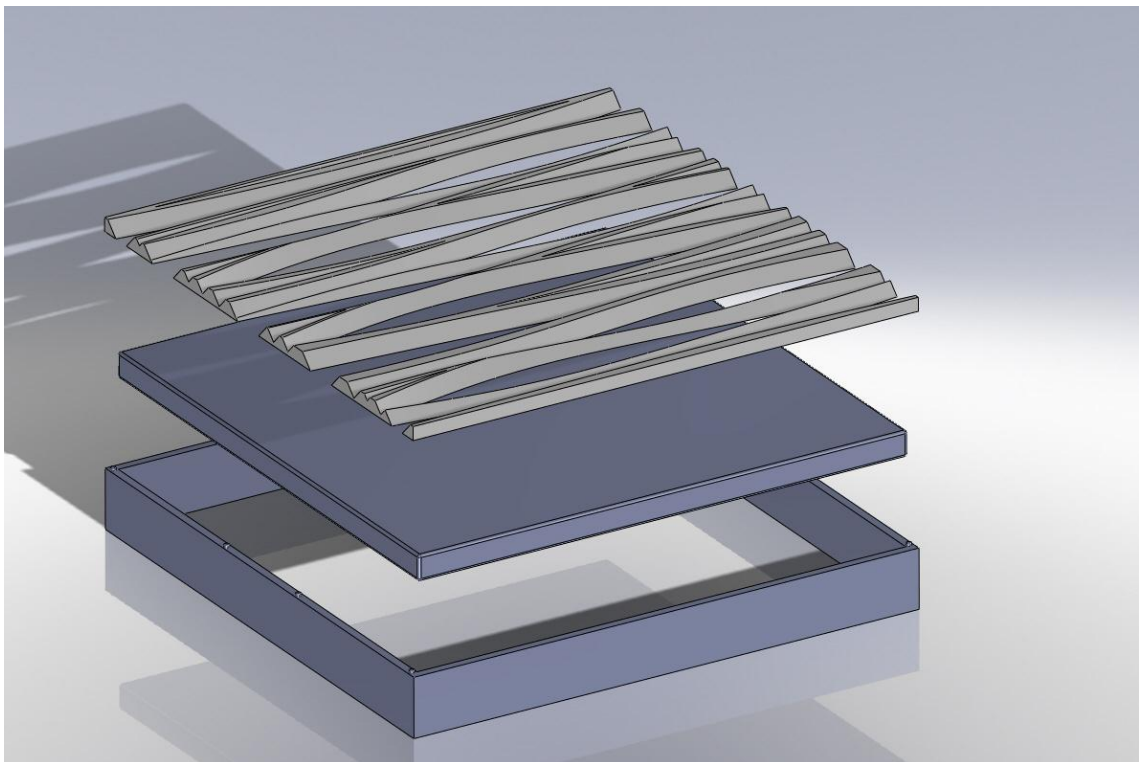


Kuva 57. Kehikko mallinnettuna takapuolelta.

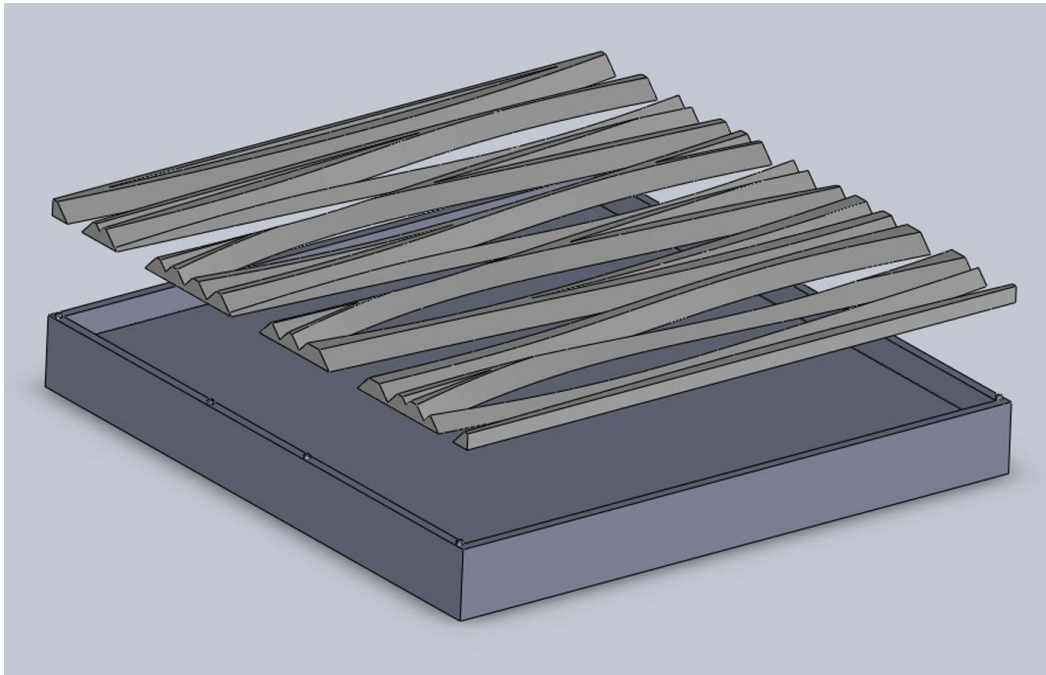
9.3 Kokonaisuus

Kokonaisuus valikoitui etupaneelin osalta siten, että saisin halutun visuaalisuuden lisäksi tarvittavan läpäisyn vaimentavaa materiaali varten, sekä tarpeeksi rikkonaisen pinnan äänen hajoamiseen aikaiseksi. Etupaneelin kuosin osalta piti tehdä kompromisseja ulkonäön kanssa, koska alun perin ajatellun kuosin läpäiseväisyys ei riittäisi saavuttamaan haluttua 30 %:a.

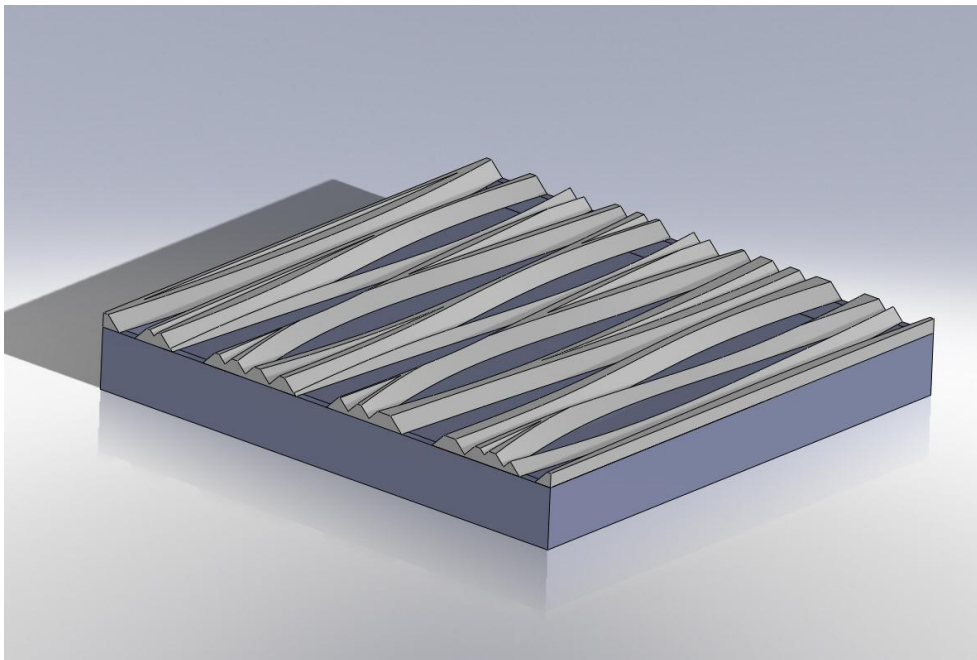
Kehikon osalta päädyin suoraan kehikkomalliin, koska tässä vaiheessa prototyypin valmistuksen osalta, ulkonäöllisistä ja teknisistä syistä, tämä vaihtoehto sopisi parhaiten työhöni. Seuraavissa kuvissa on paneelin räjäytyskuva (Kuva 58), kokoonpanokuva akustiikkamateriaalin kanssa (Kuva 59) ja akustiikkapaneelikokonaisuus (liite 6 ja kuva 60). Lisäksi poikkileikkauskuva paneelikokonaisuudesta havainnollistamaan rakennetta (Kuva 61).



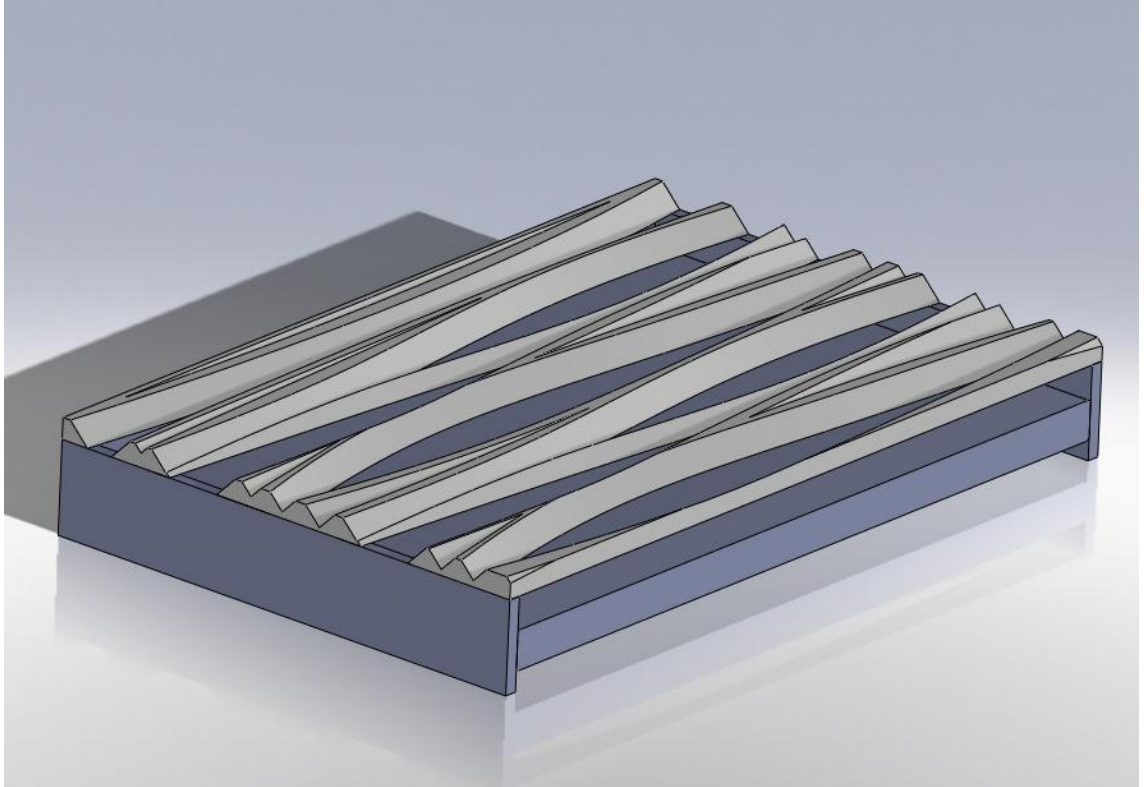
Kuva 58. Paneelin räjäytyskuva.



Kuva 59. Kokoonpano akustiikkamateriaalin kanssa.

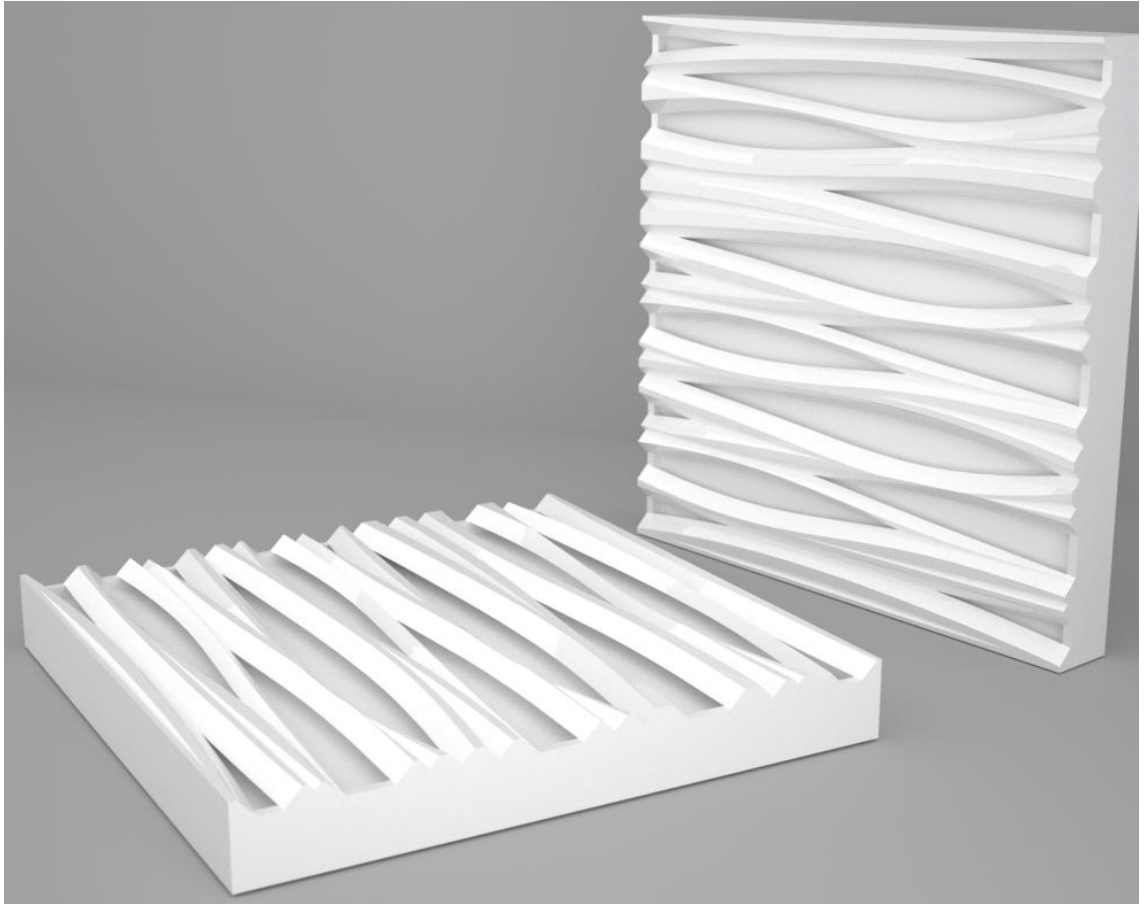


Kuva 60. Akustiikkapaneelikokonaisuus.



Kuva 61. Poikkileikkauskuva.

Kuvassa (Kuva 62) on akustiikkapaneelin mallinnettuna kehikkoineen ja akustiikkalevyineen. Paneelissa on mallinnettuna kiiltävä, valkoinen maalipinta ja valkoinen akustiikkamateriaali sen sisällä.



Kuva 62. Paneelikokonaisuus.

9.4 Sisustus kuvat

Tein myös sisustuskuvia, joilla pyrin havainnoimaan akustiikkapaneelin käyttöä ryhmäkokonaisuuksina. Kuvissa paneeleita on aseteltu vierekkäin, peilikuvina sekä pystyasennossa. Kaikissa kuvissa mallinnetuissa paneeleissa on valkoinen maalipinta, mutta osassa myös punaisia ja harmaita akustiikkalevyjä niiden sisällä (Kuvat 63–70).



Kuva 63. Sisustuskuva.



Kuva 64. Sisustuskuva.



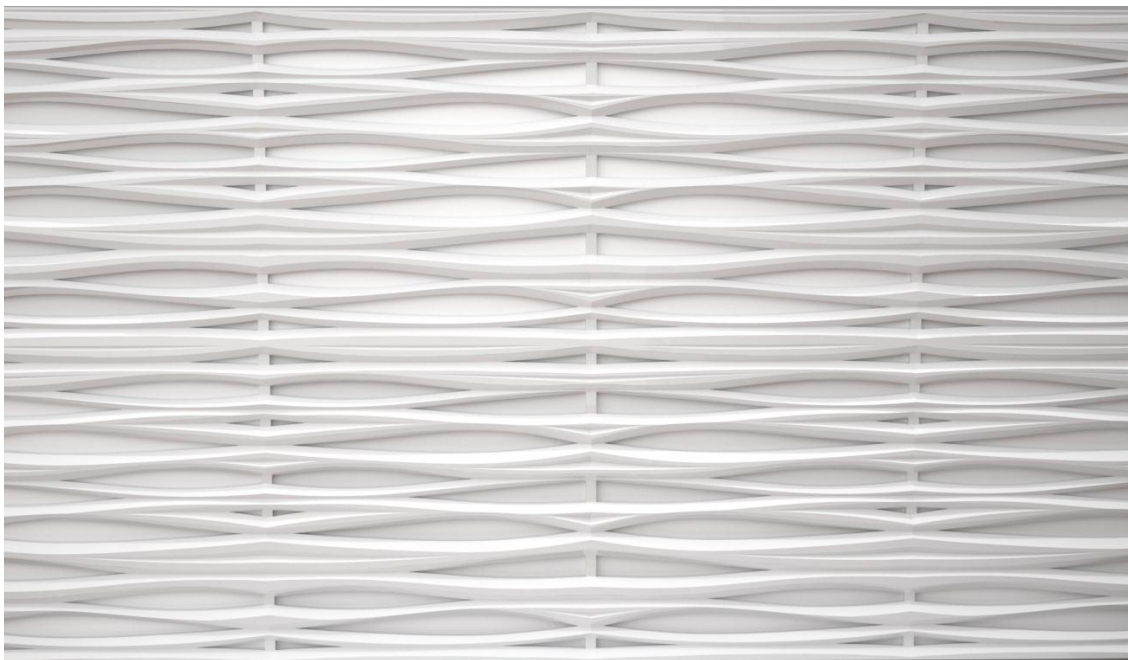
Kuva 65. Sisustuskuva



Kuva 66. Sisustuskuva.



Kuva 67. Sisustuskuva.



Kuva 68. Sisustuskuva.



Kuva 69. Sisustuskuva.



Kuva 70. Sisustuskuva.



10 HAHMOMALLIN VALMISTUS

Hahmomallin valmistuksessa jouduin turvautumaan erilaiseen valmistustapaan, kuin mitä suunnitelmassa oli, ja mitä oikean tuotannollisen akustiikkapaneelin valmistuksessa käytettäisiin. Suurin ero on jyrsinnän toteutuksessa, joka tehdään 3-akselisella CNC-jyrsimellä.

Tällä koneella paneelin valmistus on teknisesti hitaampaa ja hankalampaa, eli näin ollen myös taloudellisesti kannattamaton vaihtoehto. Kuitenkin hahmomallin valmistamiseen tällä tyylillä on myös mahdollista saada hahmomallin, jota analysoimalla pystyn tekemään johtopäätöksiä paneelin visuaalisista ja teknisistä ominaisuuksista.

Ennen paneelin jyrsintää, on tehtävä aihio MDF -levystä, josta jyrsinnän avulla muokkautuu haluttu paneelin struktuuri. Aihion valmistamisessa on otettava huomioon paneelin paksuus, sekä läpileikattavien osien alapuolelle tarvittava

levy, jotta CNC-jyrsimen työstöpöytä ei vahingoittuisi jyrsimen terästä. Paneeliihioon on myös jätettävä kiinnitys- ja työstövaraa, jotta jyrsintä onnistuisi parhaiten.

Suunnittelemani paneelin paksuus on 16 mm, joten ensimmäiseksi leikkaan edellä mainitun paksuisesta MDF -levystä sopivan kokoisen aihion. Päätin jättää työstövaraa reilusti, koska kyseessä on hahmomallin valmistus.

Paneeli tulee olemaan 615 x 615 x 16 mm, ja aihion mitoiksi päätin ottaa 700 x 700 x 16 mm. Näillä mitoituksilla pystyn kiinnittämään paneelin ns. jigi -levyyn joka tulee paneelin alapuolelle. Tämän levyn tarkoituksena on estää terän leikkuun aiheuttamat vahingot työtasoon, sekä kiinnittää paneeli jotta jyrsinnän aikana ei pääsisi tapahtumaan mitään ylimääräistä liikettä. Alle tulevan turvalevyn mitat ovat samat kuin paneelin aihion mitat. Levyjen kiinnitys toisiinsa tapahtui ruuvien avulla (kuva 71), jotta saataisiin mahdollisimman tukeva kiinnitys tulevaa jyrsintää ajatellen.



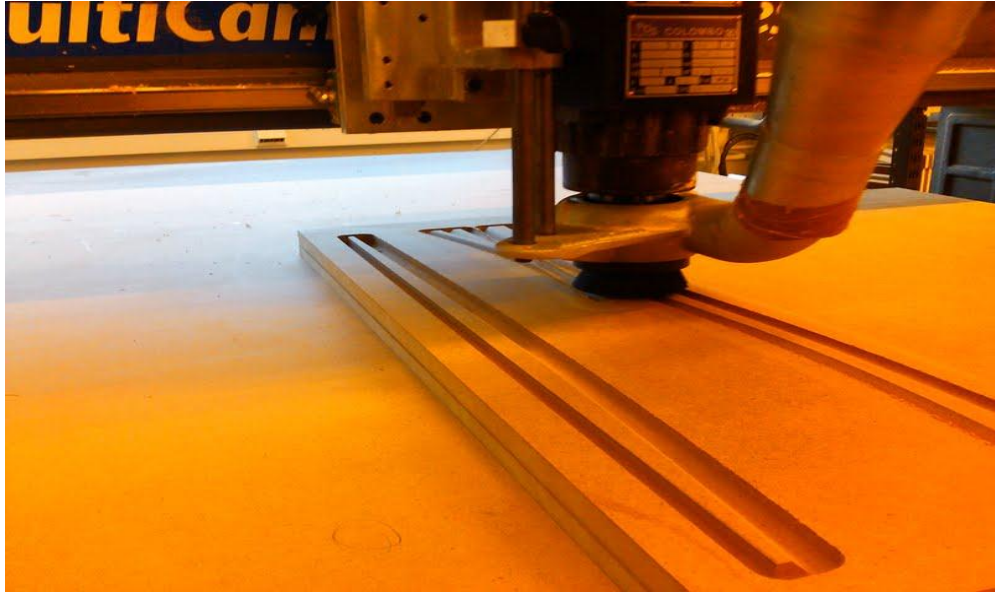
Kuva 71. Aihio.

Jyrsintä tapahtui koulun puuntyöstötiloissa, 3-akselisen jyrsimen kanssa, joka yhdessä Mika Seppäsen kanssa toteutettiin. Jyrsinnän saavuttamiseksi vaadittiin 3d -mallinnuksesta muunneltu kuvatiedosto, jonka avulla CNC-jyrsintään pystyttiin ohjelmoimaan työstöradat. Työstöratojen ohjelmoinnin jälkeen, koneen kalibroinnin ja muiden tarvittavien mittausten jälkeen, päästiin valmistamaan itse hahmomallia.



Kuva 72. Lähtökohtainen aihio työstöpöydällä.

Jyrsintä aloitettiin laittamalla aihio työstöpöydälle, ja asettamalla terän nolapiste työstön aloittamista varten (kuva 72).



Kuva 73. Jyrsinnän alkuvaiheita.

Jyrsinnästä selviää että alun perin suunniteltu yksi ajorata yhdelle välille (kuva 47) ei onnistu, koska kyseistä toimenpide vaatisi erikoisterän tai 5-akselisen jyrsimen. Näin ollen jyrsintä tapahtuukin poistamalla pintaa pienissä erissä (kuvat 73 & 74), pienemmällä terällä. Tällaisella tyylillä haluttu ulkomuoto saadaan aikaiseksi, mutta ei ole tuotannollisesti kannattavaa (kuva 75).



Kuva 74. Jyrsintää.



Kuva 75. Jyrsitty aihiö.

Jyrsinnän jälkeen hahmomallin valmistus jatkuu tekemällä havainnoiva kehikko paneelikokonaisuudelle. Kehikko rakentuu 2:sta 615 x 70 x 10 mm levystä ja 2:sta 595 x 70 x 10 (kuva 76). Tässä vaiheessa paneelin kiinnitys- ja seinäkiinnitysmekanismit eivät ole havainnollistavan hahmomallin saavuttamiseksi oleellisia. Nämä asiat tulisi ottaa huomioon prototyypin kehitysvaiheessa.



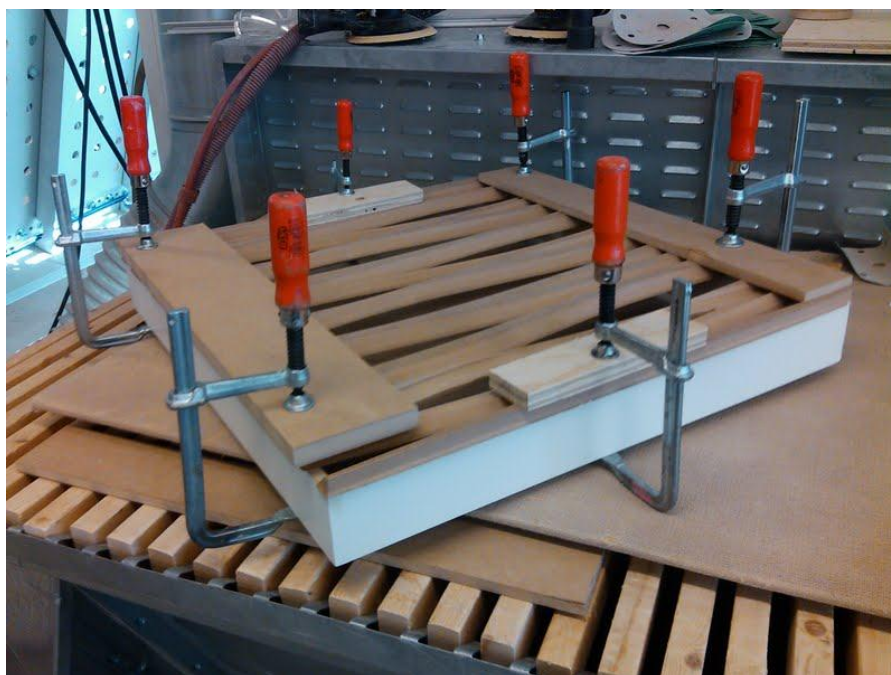
Kuva 76. Kehikon palat.

Kehikko onkin hahmomallissa yksinkertaistettu, ja yksinkertainen ratkaisu hahmottamaan lähinnä paneelin ulkoista olemusta. Kuvassa (kuva 77) kehikon neljä sivua ovat liimattu kiinni toisiinsa.



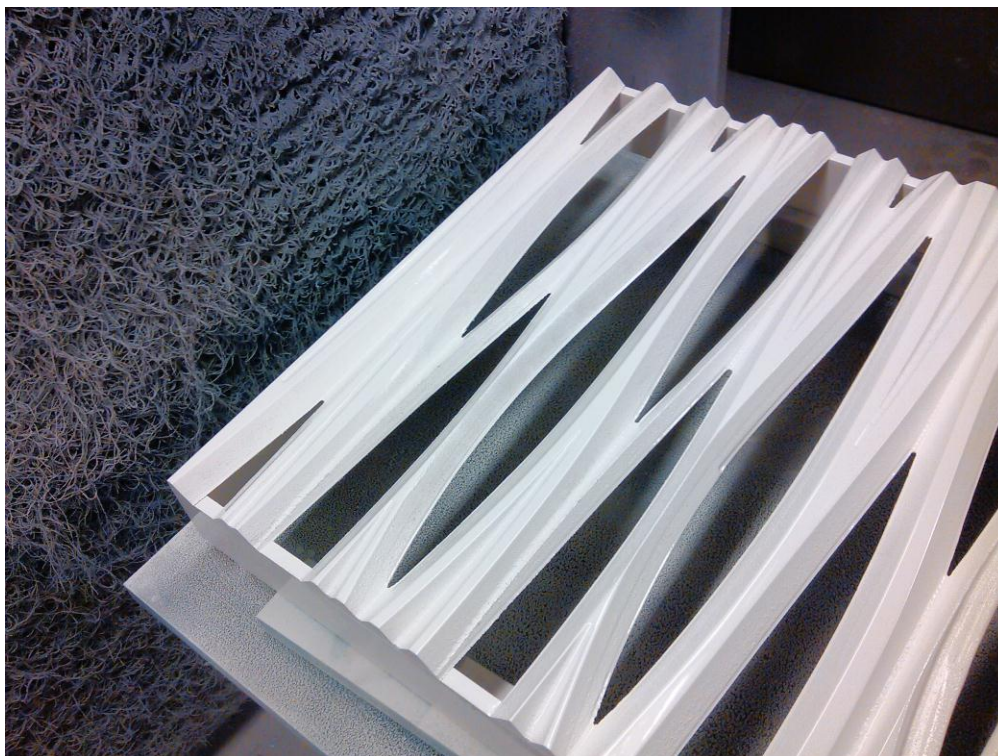
Kuva 77. Kehikko.

Kun kaikki palaset olivat valmiina, oli vuorossa paneelin kokoonpano. Liimasin paneelin osat toisiinsa yksinkertaisesti puristimia käyttäen (kuva 78)



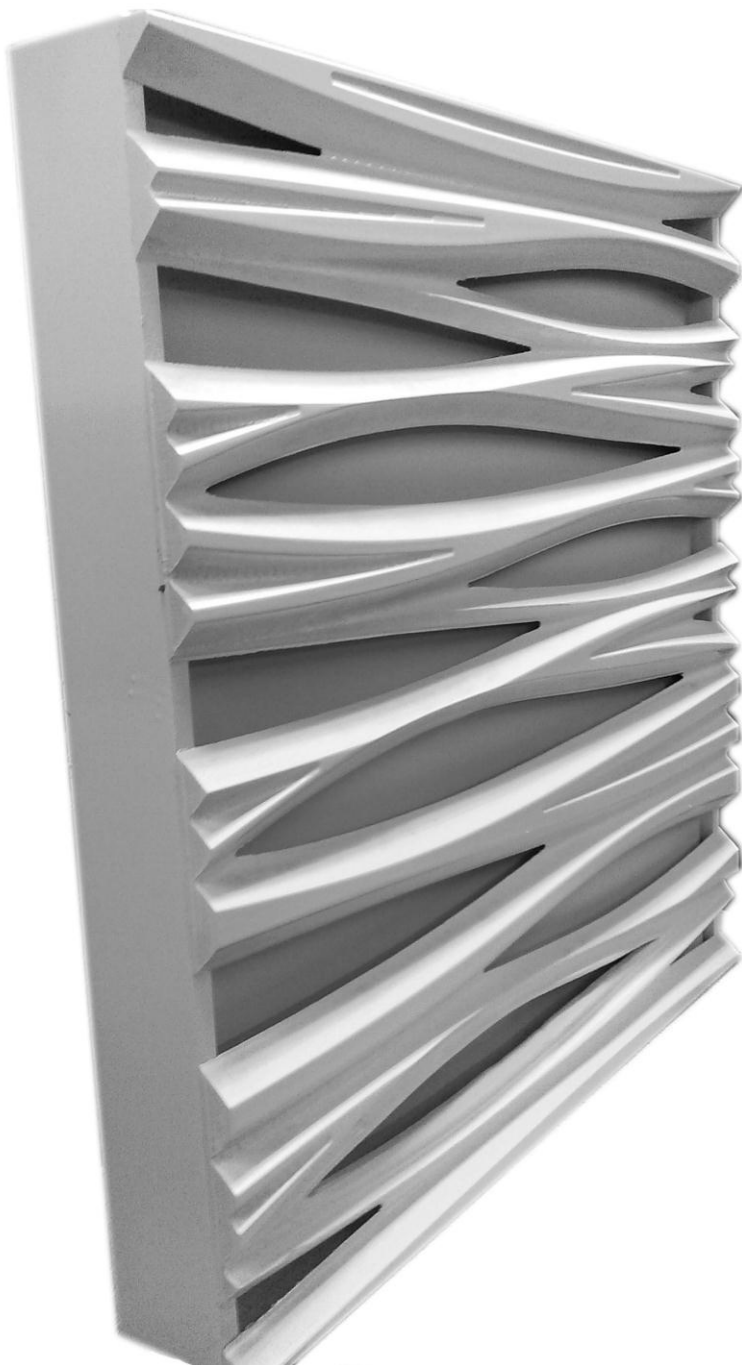
Kuva 78. Paneelin liimaus.

Viimeisenä hahmomallin rakennusprosessissa oli pintakäsittely. Halusin saada värin paneelin pintaan jotta saisin aidomman kuvan mahdollisesta tuotteen ulkomuodosta. Ruiskumaalasin kevyesti valkoisen värin paneelin pintaan sekä kehikkoon (kuva 79).

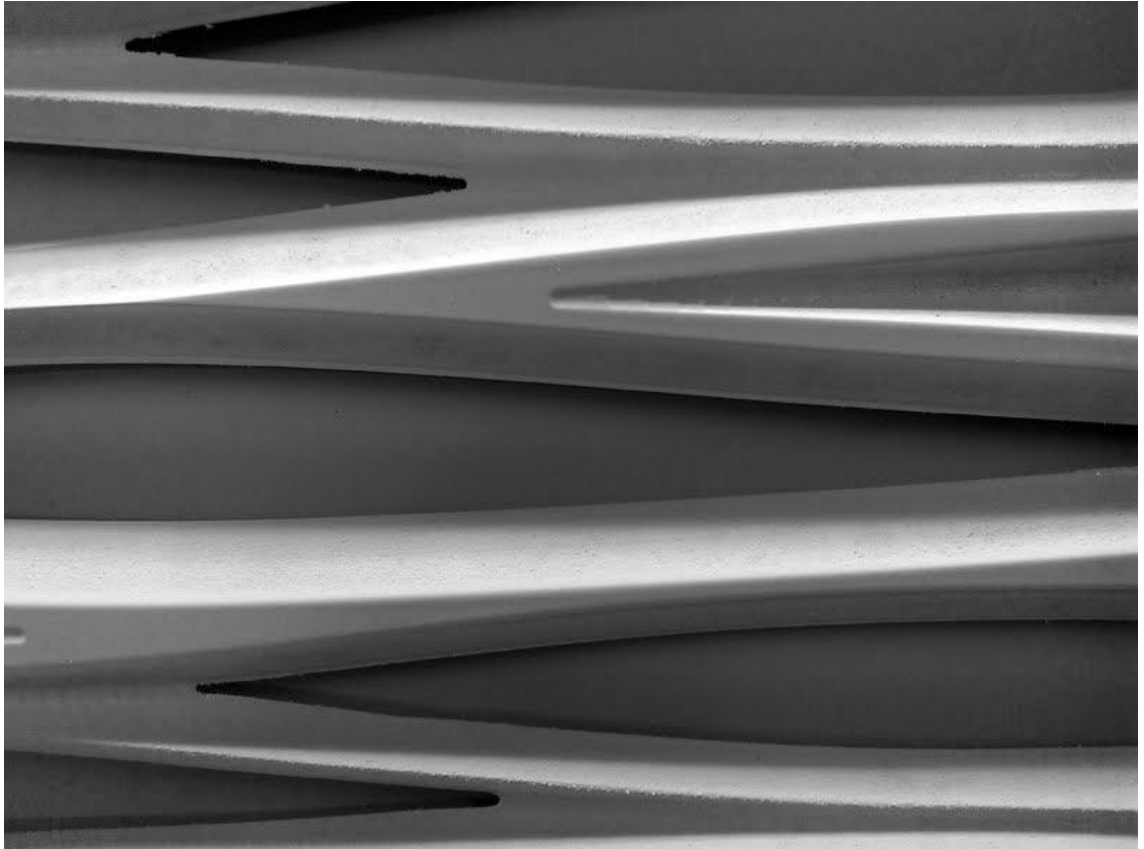


Kuva 79. Maalattu kehikko.

Hahmomallin viimeistelemiseksi, akustista materiaalia kuvaavan levyn lisääminen onnistui työntämällä sen paneelin takakautta halutulle etäisyydelle paneelin etuosasta (kuvat 80 & 81). Hahmomallin avulla pystyy toteamaan kokonaisuuden painon, ja visuaalisia asioita, joita pelkän tietokone mallinnuksen kanssa ei pystytä hahmottamaan. Koska käytettävät materiaalit ovat samoja kuin mahdollisesti tuotettavassa lopullisessa paneelimallissa, pystyn analysoimaan kokonaisuutta varsin hyvin.



Kuva 80. Hahmomalli.



Kuva 81. Hahmomalli.

Johtuen jrsinnässä käytetystä pallopääterästä, lopputulos ei ollut aivan samanlainen kun suunnitelmana oli. Kuitenkin jrsinnästä saatu pinnanmuoto on tarpeeksi yhdenmukainen suunnitelmani kanssa, jotta asianmukaista analysointia voidaan tehdä.

11 TULOSTEN TARKASTELU

Lopputuloksen osalta oli mietittävä mitä lähdin hakemaan työltäni, ja minkälainen lopputulos oli. Tulosten tarkastelun lähtökohtana olivat tutkimuskysymykseni ja suunnittelun lopputulos.

Tarkoituksena oli suunnitella paneeli, jonka tekniset ominaisuudet vastaavat akustiikan parantamiseksi annettuja standardeja.

Tutkimuksen perusteella sain mielestäni tehtyä ratkaisuja, jotka ovat teknisesti ja visuaalisesti selitettävissä. Paneeli soveltuu osaksi akustiikkaa parantavana tekijänä huoneakustiikassa. Erityisesti suunnittelemani paneelilla olisi parantavia vaikutuksia asuintiloissa, joissa puheen ja muiden ulkoisten äänilähteiden haitalliset tekijät häiritsevät. Nämä haitalliset tekijät ovat pääasiassa huoneen jälkikaiut. Jälkikaikujen parantamiseksi sain ratkaisun ääntä hajottavasta akustiikkapaneelin pinnasta, ja suunnitelmassa käytettävän vaimentavan materiaalin ominaisuuksista.

Akustiikkapaneelin absoluuttisen toimivuuden mittaamiseksi vaaditaan siihen tarvittavat mittauslaitteistot, ja tilat. Tällainen toimenpide tulisi kyseeseen vasta siinä vaiheessa kun prototyyppi olisi valmis. Tässä vaiheessa kuitenkin tarpeeksi validina tietona akustiikkapaneelin suunnittelulle pidin asiantuntijalausuntoa, ja teknisten dokumenttien, sekä lähteiden antamia tietoja.

Tuotteen suunnittelussa jouduin tekemään visuaalisia kompromisseja teknisten tavoitteiden ja määräyksien takia. Kuitenkin koen, että visuaalinen lopputulos ei poikkea liikaa alkuperäisestä suunnitelmastani.

Sisustuksellisuus ja visuaalinen maailma olivat siis tärkeitä kriteerejä suunniteltaessa tuotetta Deco Top -tuotepiheeseen, ja sainkin mielestäni sovellettua visuaalista näkökulmaa olemassa olevien tuotteiden pohjalta. Kuitenkin omien näkemysten esiin tuomisella sain luotua oman, ja uudenlaisen ilmeen suunnitellulle tuotteelle.

Tutkimuksessa selvisi myös, että täyspainoinen ja hallittu akustiikan parantaminen vaatii huolellisen suunnittelun ja akustisten elementtien sijoittelun

myös kattoon. Työssäni kuitenkin keskityin saamaan aikaan sisustuspaneelin, jonka akustiset ominaisuudet voisivat parantaa ihmisten hyvinvointia asuintiloissa, asettamalla paneeleita kriittisiin ääntä heijastaviin seinäpintoihin.

Visuaalinen ilme muotoutui sellaiseksi mitä suunnitteluvaiheessa olin ajatellut ja saanut aikaiseksi. Olenkin tyytyväinen lopputulokseen siltä osin, että tekniset tuotantotavat, jolla paneelin visuaalisuus saavutettiin, on valmistusteknisesti ja ulkonäöllisesti oman työni näkökulmasta oivaltavaa.

Tuotannollisista, ja myös visuaalisista syistä muutoksia olisi luultavasti tehtävä, jotta tuotteesta saataisiin kannattava. Suurimmaksi asiaksi esiin nousi kuvion jatkuminen paneelista toiseen. Tämän asian ratkaisu vaatisi paljon enemmän suunnittelutyötä ja mahdollisesti jatkokehityksessä voisin tähän asiaan paneutua syvemmin. Suunnittelemani paneelin pinnanmuoto saadaan jatkuvaksi vain peilaamalla tuote toiseen nähden. Tällä tavalla jatkuvuutta syntyy mutta, sulavan liikkeen jatkuminen paneelista toiseen ei tapahdu. Myös kehikon seinäkiinnitys on asia joka vaatisi enemmän suunnittelua ja ratkaisumalleja. Tämän työn puitteissa lopullista kiinnitystapa jäi saavuttamatta aikataulujen asettamista syistä.

Mielestäni tämä Deco Top -tuotepiheeseen suunniteltu tuote tukee visuaalisesti, sekä teknisten ratkaisujen osalta olemassa olevaa sisustuspaneelimallistoa. Toivonkin että suunnitelman pohjalta olisi mahdollista jatkokehittää tuotetta, joka voisi tulevaisuudessa olla osana Deco Top -mallistoa.

Tämä työn puitteissa prototyypin valmistamisessa ilmenneet ongelmat, sekä aikataulut estivät valmiin paneelin aikaansaamisen. Kuitenkin sain valmistettua hahmomallin tuotteesta, jotta analysointia paneelin ominaisuuksista voidaan tehdä ennen varsinaisen prototyypin valmistusta. Pikaisella hahmomallin analysoinnilla pystyin mm. toteamaan, että paino ei tulisi olemaan ongelma valmista tuotetta ajatellen, sekä sen, että haluttu valon ja varjojen vaihtelevuus on saavutettavissa tällä paneelimalilla

Työn lopussa, suunnittelemani akustiikkapaneeli sai myös lopullisen nimensä: Kaisla.

LÄHTEET

Kirjallisuus:

Aaltola, J. & Valli, R. 2001. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Ps-Kustannus.

Anttila, P. 2000. Tutkimisen taito ja tiedon hankinta 3. painos. Hamina. Akatiimi Oy.

Anttila, P. 2005. Ilmaisu, teos, tekeminen ja tutkiva toiminta. Hamina. Akatiimi Oy.

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Helsinki.

Tammi.

Howard, David M.; Angus J. 2001. Acoustics and psychoacoustics 2nd edition. Oxford: Butterworth-Heinemann

Jauhiainen, T. 2008. Audiologia. Helsinki. Hakapaino Oy.

Elektroniset lähteet:

Acoustic First 2011. Perinteinen diffuusori. Viitattu 3.3.2011
<http://www.acousticfirst.com/diffuser-art-diffuser-model-e.htm>

Anne Kyyrö Quinn 2011. Huopaiset akustiikkapaneelit. Viitattu 14.2.2011
www.annekyroquinn.com

GOBIZKOREA 2011. Puukuitulevy. Viitattu 14.3.2011
<http://www.gobizkorea.com/blog/ProductView.do?blogid=bobel&id=913069>

Danoline 2011a. Pitkä jälkikaiunta-aika. Viitattu 18.2.2011
http://fi.danoline.com/Toiminnot/Akustiikka/Akustinen_kartoitus/Jalkikaiunta-aika/Pitka_jalkikaiunta-aika.aspx

Danoline 2011b. Normaali jälkikaiunta-aika. Viitattu 18.2.2011
http://fi.danoline.com/Toiminnot/Akustiikka/Akustinen_kartoitus/Jalkikaiunta-aika/Normaali_jalkikaiunta-aika.aspx

- Danoline 2011c. Lyhyt jälkikaiunta-aika. Viitattu 18.2.2011
http://fi.danoline.com/Toiminnot/Akustiikka/Akustinen_kartoitus/Jalkikaiunta-aika/Lyhyt_jalkikaiunta-aika.aspx
- Deco Top 2011. Decotop -tuotekuvat. Viitattu 12.2.2011 www.decotop.fi
- Digi Wiki 2011. Kuuloalue. Viitattu 13.2.2011 <http://www.digiwiki.fi/fi/index.php?title=Kuuloalue>
- Ecophon 2011a. akustiikkaan vaikuttavat tekijät. Viitattu 16.2.2011
<http://ecophon.com/fi/Akustiikka/Akustikolle/Huoneakustiikan-tunnusluvut/>
- Ecophon 2011b. Jälkikaiunta-aika. Viitattu 14.2.2011.
<http://www.ecophon.com/fi/Akustiikka/Akustikolle/Huoneakustiikan-tunnusluvut/Jalkikaiunta/>
- Ecophon 2011c. Havainnoiva kuva äänen kulusta eri materiaaleissa. Viitattu 20.2.2011
<http://www.ecophon.com/fi/Akustiikka/Akustikolle/Mita-on-huoneakustiikka/>
- Ecophon 2011d. Äänikokemus. Viitattu 15.2.2011
<http://www.ecophon.com/fi/Akustiikka/Akustikolle/Toimiva-huoneakustiikka---osa-hyvaasisaymparistoa/Huonetila-vaikuttaa-aaneen/>
- Ewona-acustica™ 2011. Vaimentava materiaali. Viitattu 1.3.2011 www.ewona-acustica.fi
- Interior Design Ideas 2011. Korkea huone. Viitattu 27.2.2011
<http://www.scrollmag.com/providing-contemporary-living-room-nuance/>
- Jouko Kärkkäinen 2011. PLY –akustiikkapaneeli. Viitattu 11.2.2011
<http://www.joukokarkkainen.com/?press>
- Kotiakustiikka 2011. Sanastoa. Viitattu 3.3.2011
<http://www.kotiakustiikka.fi/akustiikkasanasto.html>
- Michael Schwob 2011. Vaahtomuovi. Viitattu 14.3.2011 www.michaelschwob.com
- North Shore Sound 2011. Änniaallon pituuksia. Viitattu 18.2.2011
<http://nothshorenmt.webs.com/Sinewaves.png>
- OR Group 2011. Änniaallon pituuksia. Viitattu 26.2.2011 www.or-group.fi
- Paroc 2011. Absortioluokitus. Viitattu 27.2.2011
http://www.paroc.fi/channels/fi/acoustics/regulations+and+guides/akustiikkaohjeitajamaarayksia_kasitteita.asp#kerroin
- Soften Oy 2011. Akustiikkapaneelit. Viitattu 25.2.2011 <http://www.soften.fi/softenwallpanels.php>
- Sound Service 2011. Lasivilla. Viitattu 14.3.2011 www.keepitquiet.co.uk

Technature 2011. Äänen eteneminen tilassa. Viitattu 15.2.2011
<http://www.technature.ca/acoustics-101.html>

Äänipää 2011. Kuuloalue. Viitattu 16.2.2011 http://www.aanipaa.tamk.fi/taajuu_1.htm

Standardit:

EN ISO 354

EN ISO 11654LOP

RT- kortti

RT®

Elokuu 2008
Voimassa syyskuuhun 2011

RT X35-37628

1 (2)

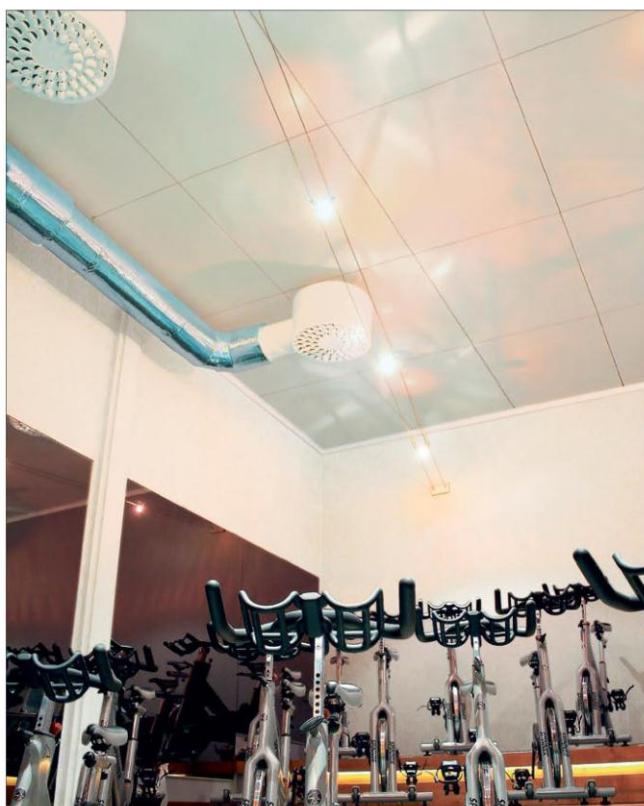
RT/KH 455-37628

352 Talo 2000

EWONA-ACUSTICA™-ÄÄNENVAIMENNUSLEVY
Oy NOISETEK Ab

Oy NOISETEK Ab on meluntorjunnan asiantuntija. Yritys mm. valmistaa ja markkinoi meluntorjunta- ja akustiikkatuotteita.

Ewona-Acustica™ on turvallinen ja kevyt äänenvaimennusmateriaali, joka vaimentaa ääntä erilaisissa huoneiloissa sekä soveltuu käytettäväksi myös koneiden ja laitteiden meluntorjuntaan.



KLu7000/RP Oy/Rakennustieto Oy www.rakennustieto.fi © Rakennustietosäätiö RTS 2008 Tämän kortin asiantuntijasta vastaa toimeksiantaja.

MATERIAALI

Ewona-Acustica™ on valmistettu joko kierrätetyistä tai uusista lämmöllä toisiinsa sidotuista polyesterikuiduista. Kuidut eivät ärsytä ihoa tai hengitysteitä, mikä tekee levyistä erittäin miellyttäviä käsitellä. Ewona-Acustica™-levyt eivät sido kosteutta eivätkä ole alltiita homehtumaan. Levyjen vahva ja joustava pinta voidaan tarvittaessa puhdistaa helposti. Lisäksi Ewona-Acustica™ suojaa hyvin kondenssivedeltä. Ewona-eristeet voidaan toimittaa elinkaarensa päätteeksi energiakäyttöön.

Paloluokitus:	Ewona VKK: B-s2, d0 (testialustana silikaattilevy, kiinnitys asennusliima 1050:lla), paksuus ≤ 50 mm ja tiheys 20 kg/m ³
Päästöluokka:	Ewona VKK: B-s1, d0 (alaslasku ≥ 80 mm), paksuus 50 mm M1 (kuituraaka-aineen luokitus) Kuituraaka-aineelle on myönnetty Allergia- ja Astmaliton Allergiatunnus
Lämmönjohtavuus:	0,045 W/mK
Puhdistus:	harjaus tai kevyt vesipesu
Tiheys:	20 ja 24 kg/m ³ , 36 kg/m ³ tilauksesta
Paksuus:	30 ja 50 mm, muita paksuuksia tilauksesta
Toimituskoko:	600 x 1200 mm, 600 x 600 mm tai piirustusten mukaan leikattuna

PINNOITEVAIHTOEHDOT



HM-pinnoite, valkoinen



VKK-kuitukangaspinnoite, valkoinen (saatavana myös mustana)





VKK-kuitukangaspinnoite, beige

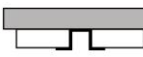
Muita värejä tilauksesta.
Kaikkia pinnoitteita voi puhdistaa kostealla liinalla.

KIINNITYSTAVAT JA -TARVIKKEET

A  **Näkyvä T-listakiinnitys** (akustiset alakatot)
Kiinnitys kattoon T-kannatin-, väli- ja kaksoiskulmalistoin (seinän ja levyn väliin) sekä pikajousin ja ripustuslangoin.

B  **Väliilistakiinnitys**
Puskusauma-asennus suoraan kattoon paloturvallinen liima 1050:lla. Levysten väliin kiinnitetään muovinen saumapeitelista.

C  **Avosaumakiinnitys**
Asennus suoraan kattoon paloturvallinen liima 1050:lla. Levysten väliin jätetään 5...10 cm:n avosauma.

D  **Hattulistakiinnitys**
Avosauma-asennus suoraan kattoon ruuvi kiinnitteisin U-hattulistoin.

AKUSTISET OMINAISUUDET

Taulukko 1. Ewona-Acustican™ (36 kg/m³) absorptioluokat standardin EN ISO 11654 mukaan

Paksuus (mm)	Levyjen alaslasku (mm)	Absorptioluokka
30	0	C
30	200	C
30	400	B
50	0	B
50	200	A
50	400	A

Standardi SFS 5907 antaa ohjeelliset arvot rakennusten eri tiloille ja niiden akustisille ominaisuuksille. Rakennusten akustiset luokat A ja B ylittävät nykyiset vaatimukset ja luokka C vastaa nykyisiä vaatimuksia. Luokka D on vanhoille rakennuksille, joille ei aikoinaan ole asetettu vaatimuksia.

Taulukkoon 2 on laskettu halutun akustisen luokan saavuttamiseen tarvittavia vaimennusmateriaalimääriä prosentteina lattiapinta-alasta. Luvut ovat keskimääräisiä arvoja ja ne on aina tarkistettava tapauskohtaisesti.

Taulukko 2. Vaimennusmateriaalimäärän arviointi

Käyttötila	Tarvittava vaimennusmateriaali (% lattiapinta-alasta)							
	Jälki-kaiunta-aika	Akustinen luokka A* (SFS 5907)			Akustinen luokka C* (SFS 5907)			
		Absorptio-luokka A**	Absorptio-luokka B**	Absorptio-luokka C**	Jälki-kaiunta-aika	Absorptio-luokka A**	Absorptio-luokka B**	Absorptio-luokka C**
Palvelutalo, olohuone, h = 2,5 m	0,5 s	78	88	120	0,7 s	50	55	78
Toimistohuone, h = 2,5 m	0,5 s	78	88	120	0,7 s	50	55	78
Luokkahuone, h = 3,0 m	0,55 s	88	100	133	0,7 s	65	72	100
Liikuntatila, h = 4 m	1,0 s	60	65	90	1,4 s	35	38	55
Liikuntatila, h = 8 m	1,2 s	110	123	170	1,8 s	70	78	105
Potilashuone, hoitohuone, h = 2,5 m	0,6 s	60	65	95	0,8 s	45	50	65
Käytävä, h = 3,0 m	0,6 s	80	90	120	0,8 s	55	60	85
Teollisuushalli, yli 1000 m ² , h = 10 m	1,2 s	140	155	220	2,0 s	80	88	120

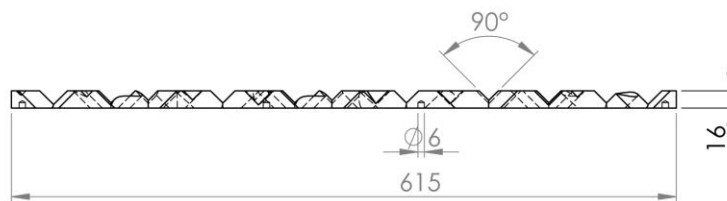
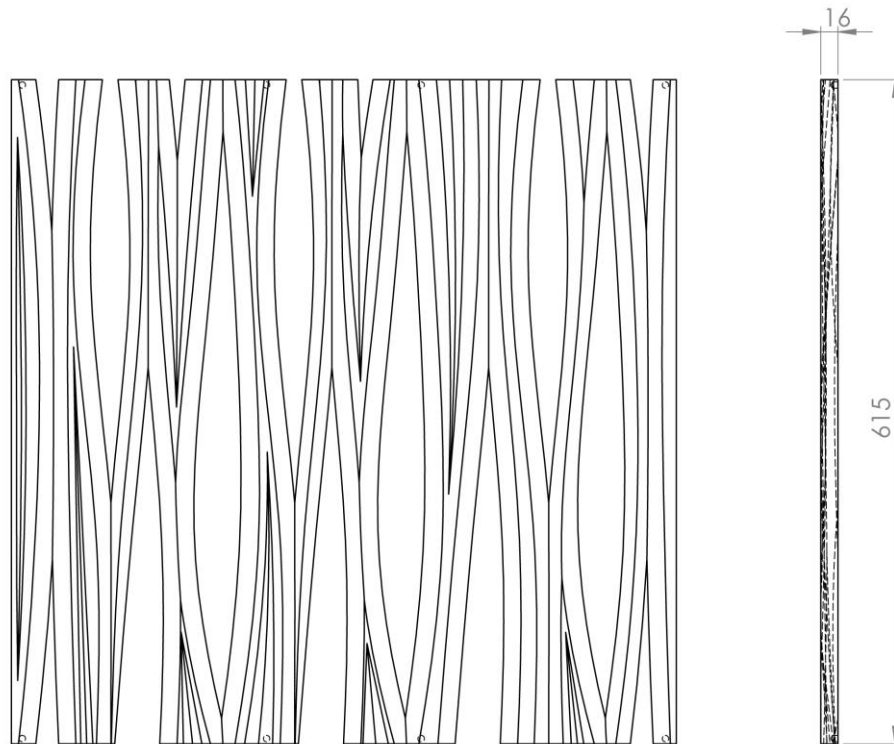
* Rakennuksen akustinen luokka

** Materiaalin absorptioluokka

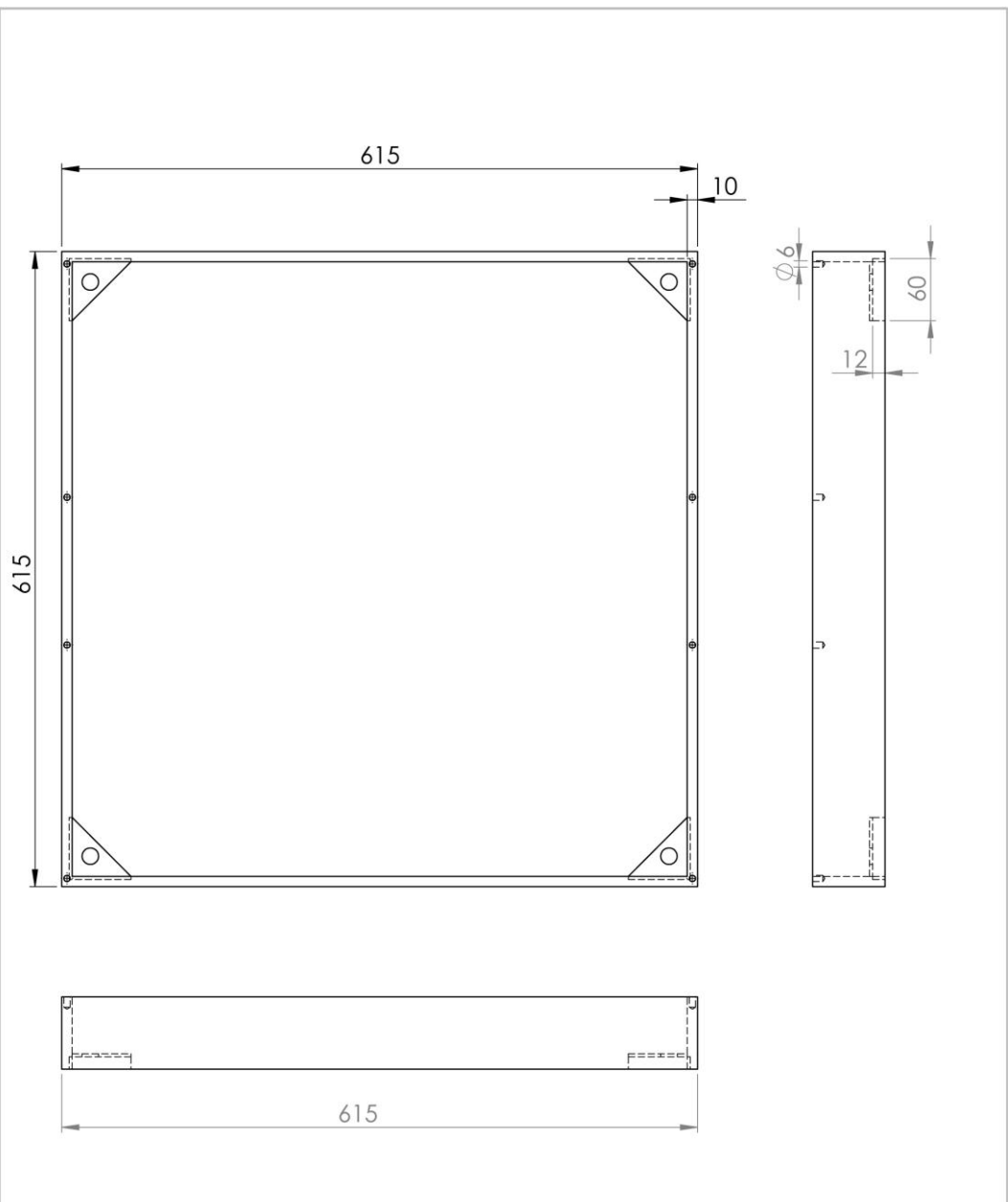
MYynti JA NEUVONTA

Oy NOISETEK Ab
Aakkulantie 40
36220 KANGASALA
Puhelin (03) 359 7900
Faksi (03) 379 1316
myynti@noisetek.fi
www.noisetek.fi

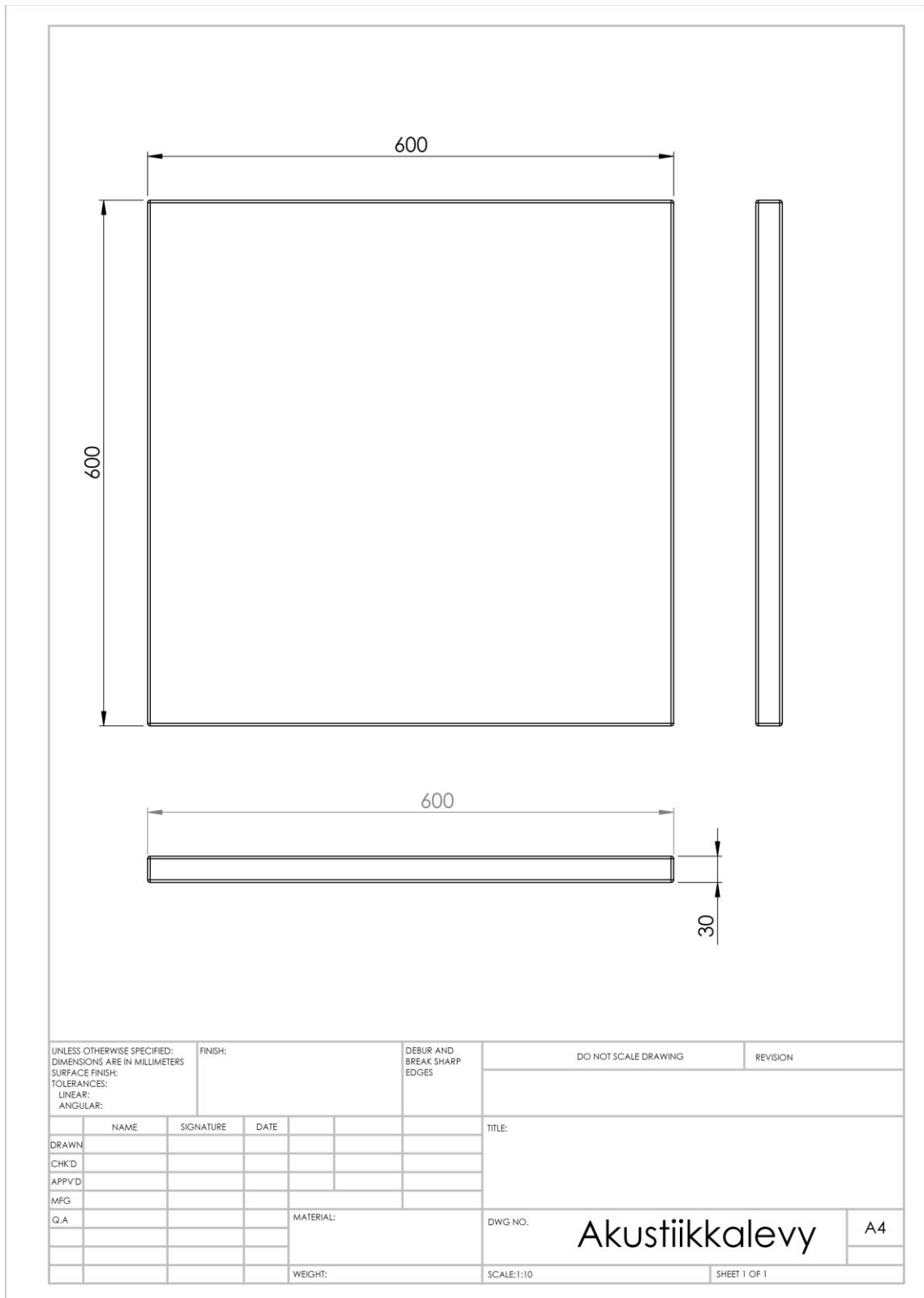


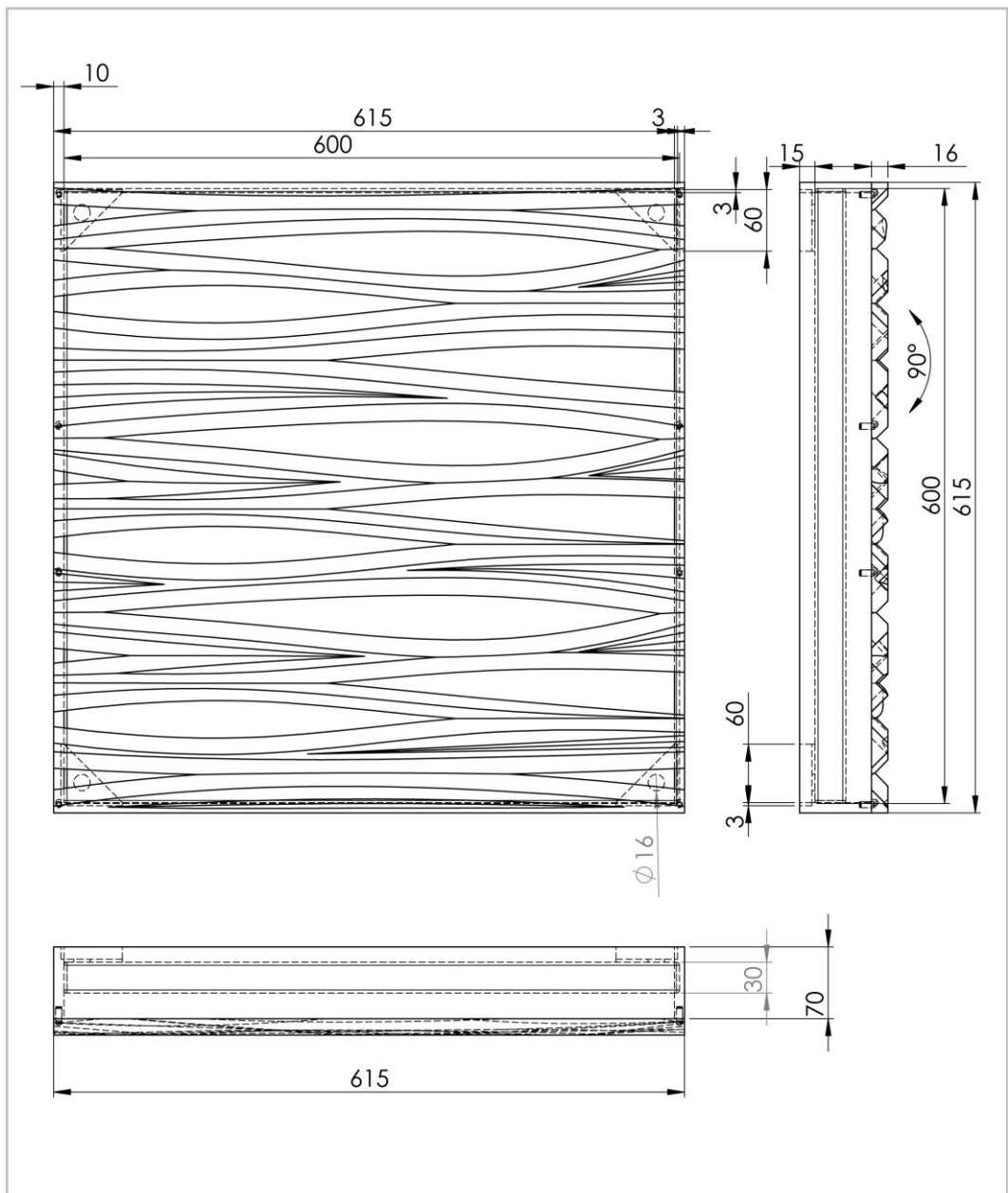


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:										
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHKD										
APPVD										
MFG										
Q.A						MATERIAL:		DWG NO. Kaisla-Etupaneeli		A4
						WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:										
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
CHKD										
APPVD										
MFG										
Q.A					MATERIAL:		DWG NO.		Kaisla-kehikko	
							SCALE:1:10		A4	
					WEIGHT:		SHEET 1 OF 1			





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
CHKD									
APPVD									
MFG									
Q.A					MATERIAL:	DWG NO. Kaisla-kokoonpano 1		A4	
					WEIGHT:	SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	

