

Joni Outinen

AKUSTIIKKAPANEELIN SUUNNITTELU CNC-KONEISTUSTA HYÖDYNTÄEN

Opinnäytetyö

Muotoilija (AMK)

Sisustusarkkitehtuuri ja kalustesuunnittelu

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Muotoilija (AMK)
Tekijä/Tekijät	Joni Outinen
Työn nimi	Akustiikkapaneelin suunnittelu CNC-koneistusta hyödyntäen
Toimeksiantaja	Oy Intrading Ab / Akustiikkapalvelut
Vuosi	2023
Sivut	57 sivua
Työn ohjaaja(t)	Ari Haapanen

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään akustiikkapaneelin työstettävyyttä tietokoneohjattua teräkoneistoa (CNC-konetta) hyödyntäen. Tutkittavana materiaalina toimii PET-kierrätysmuovista sekä kuiduista valmistettava akustoiva levy-materiaali. Päämääränä oli tutkia materiaalin työstettävyyttä, jotta löydettäisiin sopiva työstötapa ja työn lopputuloksena saataisiin toimiva tuote. Työssä keskitytään tuotekehitykseen, akustiikkaan sekä tuotteiden ympäristöystävällisyyteen. Työn taustalla oli toimeksiantajan halu luoda uusi tuotekonsepti akustiikkapaneeleille. Muotoiluun inspiraatioksi määriteltiin skandinaavinen muotoilu. Aiheraameja myötäillen suunniteltiin kuvioinnit, joita testattiin tutkimuksessa akustiikkapaneeliin.

Työn tavoitteena oli löytää tutkitulle materiaalille toimivat työstöarvot CNC-koneella. Työssä tutkittiin mahdollisimman kattavasti eri työstöarvoja, jotta löydettäisiin toimivin työstötapa materiaalille. Työssä hyödynnettiin tutkimusmenetelminä havainnointia sekä kokeita. CNC-koneella suoritettiin järjestelmällisesti kokeita, joita havainnoitiin tarkasti ja tulokset kirjattiin testipäiväkirjaan.

Työn tutkimusongelma jakautuu kahteen osaan: oikeanlaisten työstömenetelmien löytäminen uudelle materiaalille CNC-koneistuksen avulla, sekä kuinka tutkimuksen tuloksien avulla toteutetaan toimiva akustiikkatuote. Tutkimuksessa perehdyttiin erilaisiin mahdollisuuksiin tuottaa kuvioiteja levyihin CNC-koneen jyräntekniikkaa hyödyntäen. Levyihin toteutettavien kuvioiden laatua muokattiin kokeilemalla eri työstötekniikoita ja -arvoja.

Opinnäytetyössä sivuttiin lisäksi tutkitun akustiikkamateriaalin ympäristöystävällisyyttä. Työssä käsiteltiin materiaalin kierrätettävyyttä, ja akustiikkaa osana tämän päivän suunnittelukenttää. Tutkimuksessa hyödynnettiin erilaisia mallinustekniikoita ja suunnittelutyökaluja tuotekonseptin kokoamisessa. Suunnittelutyössä valmistettiin erilaisia prototyyppimalleja havainnollistamaan tuotekonseptia.

Työn tuloksista ilmeni tutkitun materiaalin ongelmallisuus erityisesti, kun materiaalia työstetään pyörivällä CNC-terällä, joka oli käytettävissä tässä tutkimuksessa. Materiaali osoittautui liian pehmeäksi, jotta se soveltuisi suunniteltuun työstömenetelmään. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi tuotteen sijaan konsepti akustoivasta levytuotteesta. Työssä käytetyn CNC-koneistuksen hyödyntäminen vaatii lisätutkimuksia toimiakseen kaupallisessa tuotannossa.

Asiasanat: Akustiikkasuunnittelu, tuotekehitys, muotoilu, CNC-kone

Degree title	Bachelor of Culture and Arts
Author (authors)	Joni Outinen
Thesis title	Acoustic panel planning using CNC machine
Commissioned by	Oy Intrading Ab / Akustiikkapalvelut
Time	2023
Pages	57 pages
Supervisor	Ari Haapanen

ABSTRACT

This thesis examines product research of modifying acoustic panels and what taken into consideration in this kind of project. The goal was to identify the right methods to handle specific material with a CNC machine. In addition, the study included research about the environmental impact of the material and the product from a concept perspective. The thesis commissioner specified the project's main material and the base idea of the design. The goal was to find ways to produce tailor-made patterns with CNC into acoustic panels.

The first part of the thesis contains research of the material and how it could be used in a new way. The other part is productive and includes making real-life test models with CNC. First the commissioner pointed guidelines for the research and shared knowledge from the acoustic work field. The work continued with exchanging ideas for the sketches on the panel. After that, the proper product development started with real-life test material and CNC machining. Product material testing started with basic straight and curve lines done by a CNC machine, progressing up to the sketched patterns. The patterns were tested with different techniques on the acoustic panel during several days.

The results of the thesis showed how problematic is it to use soft material for the CNC machining process. The PET plastic panel material was too soft and fabric-like to use proper CNC cutting or milling. The cutting results were always unsharp. The milling of the patterns did, however, show up on the panel surface, but the quality of the patterns was not clean enough. The concept base material, recycled PET plastic, was at the same time promising but in the end, it was also the main issue for product development. The material made milling with CNC challenging and for example often started to melt down because of friction made by spinning the CNC drill. The results of these tests were still promising and with more time and resources the outcome could be different.

Keywords: CNC-machining, acoustic planning, product design

SISÄLLYS

KÄSITELUETTELO

1	JOHDANTO	8
2	TOIMEKSIANTAJA.....	9
3	TUTKIMUSASETELMA	10
3.1	Käsitekartta ja viitekehys	11
3.2	Tutkimuskysymykset.....	13
3.3	Tutkimusmenetelmät	14
3.4	Muotoiluprosessi.....	16
4	AKUSTIIKKA	19
4.1	Äänen ja akustoinnin tutkimus	20
4.2	Akustiikkasuunnittelu	20
4.3	Huoneakustiikka	21
4.4	Akustiikkatuotteet.....	22
4.5	Akustoivat seinäelementit	23
5	AKUSTIIKKAPANEELIN TUOTEKONSEPTI.....	25
5.1	Suunnitteluprosessi	26
5.2	Materiaali	30
5.3	Prototyyppien valmistus.....	32
5.4	Valmis tuotekonsepti.....	36
5.5	Tuotteistaminen	38
6	AKUSTIIKKAPANEELIN EKOLOGISUUS.....	42
6.1	Ekologinen muotoilu	43
6.2	Kiertotalous.....	44
6.3	Materiaalin kierrätettävyys	45
6.4	Materiaalitehokkuus.....	46
6.5	Tuotteen elinkaari	47
7	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS	50

8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	51
9	POHDINTA.....	52
	LÄHTEET.....	53
	KUVALUETTELO	

KÄSITELUETTELO

Absorptioala

Absorptioala tarkoittaa 1 m²:n pinta-alaa, joka on tehty materiaalista, joka absorboi täysin äänen, minkä materiaali kohtaa (Kylliäinen 2009).

Akustiikka

Kyse on äänen fysiikan tutkimuksen alasta, joka käsittää kaikki ihmisen kuuloaistina huomioivat äänet sekä ilmiöt (Akustiikkapalvelut s.a.b).

Akustiikkasuunnittelu

Kyseessä on suunnitteluala, jossa tilojen ääniolosuhteita pyritään parantamaan ja hallitsemaan erilaisten rakenteiden sekä tuotteiden avulla (A-insinöörit s.a.).

Closed loop

Termi tarkoittaa suljettua kiertoa, joka tässä tapauksessa keskittyy tuotannon materiaalin kiertoon tähdäten materiaalihävikin minimointiin. Pyrkimyksenä kierrätettävä materiaali, joka ei päädy tuotteen käyttöön loputtua hukkaan. (Radiant 2022.)

CNC-kone

Lyhenne CNC tulee sanoista computerized numerical control eli tietokoneella numeerisesti ohjautuva. Kyse on tuotantotekniikasta, jossa hyödynnetään tietokoneohjelmien laskemia liikeratoja kappaleiden työstössä. (NC tekniikka 2001.)

Ekologinen muotoilu

Ekologisen muotoilun kautta pyrkimyksenä on vähentää tuotteiden negatiivisia vaikutuksia ympäristöön muun muassa kierrätyksen sekä uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämisellä osana valmistusprosessia (Niemeläinen 2019).

Huoneakustiikka

Huoneakustiikka keskittyy eri ympäristöissä äänen käyttäytymiseen, esimerkiksi jälkikaiunta-aikaa eli huoneen mahdollista kaikuvuutta seuraten (Akustiikkapalvelut s.a.b).

Materiaalitehokkuus

Materiaalitehokkuudessa yksinkertaisesti kyse on siitä, kuinka mahdollisimman vähästä tuotetaan mahdollisimman paljon samalla ympäristöä säästäten (Suomen ympäristökeskus 2013).

Melu

Melu määritellään ei-toivotuksi ääneksi. Ääni on melua, jos se häiritsee ihmisen käynnissä olevaa toimintaa tai on muutoin tarpeettoman tai haitallisen voimakasta. (Kylliäinen 2007.)

PET muovi

PET muovi, tarkemmin polyeteenitereftalaatti luokitellaan kestumuoviksi. Se on laajalti käytössä elintarvike- ja pakkausteollisuuden tuotteissa esimerkiksi juomapullojen ja lämpöä kestävien muovivuokien materiaalina. (Muoviteollisuus s.a.).

Skandinaavinen muotoilu

1950-luvulla syntynyt pohjoismaalainen design-suuntaus, joka pyrkii korostamaan luonnollisuutta, selkeitä linjoja ja hillittyä värimaailmaa ominaispiirteisään (Discovering Finland s.a.).

Ääni

Ääni on ilmanpaineessa tapahtuvaa vaihtelua staattiseen ilmanpaineeseen nähden. Värähtelyn lähde, kuten ihmisen äänihuulet, saa ympäristössään aikaan ilman tihentymiä ja harventumia. (Kylliäinen 2007).

Äänimaisema

Äänimaisemissa kyse on akustisten ympäristöjen tulkinnasta, eli kuinka yksilöt mieltävät ja tunnistavat tilojen äänet esimerkiksi museon tiloissa taidenäyttelyssä (Uimonen s.a.).

1 JOHDANTO

Akustiikka on toiminut jo vuosikymmeniä osana julkisten tilojen rakentamista. Nykyään akustointi on huomioitu myös yksityisten tilojen rakentamisessa. Hektiseltä arjelta haetaan rauhaa hiljaisten tilojen avulla, joiden toteutukseen tarvitaan akustoivia materiaaleja. Erilaisilla akustiikkatuotteilla voidaan vaikuttaa yllättävän monipuolisesti ympäristöjen rakentamiseen. Akustiikasta tietämätön voi yllättyä vallitsevien markkinoiden monipuolisuudesta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa tuotekehitystä Akustiikkapalvelut- yritykselle, ja tätä kautta mahdollisesti tuottaa lisäarvoa ja muokattavuutta jo olemassa oleville akustiikkatuotteille. Työssä keskitytään yrityksen ennalta määrittelemään kierrätysmateriaaliin, jota käytetään jo akustiikkapaneelien valmistamisessa. Tarkoituksena on löytää materiaalin muokattavuuden rajat ja näiden avulla luoda mahdollisesti uusi väylä yksilöidä tuotteen ulkonäköä asiakkaille.

Tutkimuksessa selvitetään, kuinka pitkälle levyjen muokattavuus voidaan viedä ja mitä sillä mahdollisesti voidaan saavuttaa. Testauksen keskiössä toimii CNC-koneella toteutettava työstö, ja sen mahdollisuudet materiaalin näkökulmasta. Työ onnistuessaan voi mahdollistaa uudenlaisia keinoja toteuttaa akustointiratkaisuja, joihin on tehty erilaisia yksilöityjä kuviointeja. Lopputuloksena pelkästä akustiikkapaneelistä voi muodostua jotain aivan uutta ja näyttävämpää.

Työn päämääränä on tuotekonsepti, joka palvelee asiakkaiden visuaalisia toiveita paremmin sekä monipuolisemmin, ja vastaa tämän päivän markkinoiden kysyntään. Tämän työn sisältämät tutkimustulokset ja niiden tarkempi käsittely on rajattu pois julkisesta aineistosta salassapitosyistä. Tässä työssä on esitetty prosessin yleiskuva ilman tarkkoja työstöarvoja ja työkaluja.

2 TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii suomalainen yritys Akustiikkapalvelut. Yritys toteuttaa erilaisten tilojen akustointiin liittyviä ratkaisuja aina suurista julkisista tiloista yksityiseen omakotitaloasumiseen saakka. Yrityksen tavoitteena on luoda asiakkaille yksilöllisiä ja samalla esteettisiä ratkaisuja tilojen akustointiin. Päämääränä on toteuttaa kauniita, laadukkaita ekologisia ja ympäristöystävällisiä akustiikkatuotteita ja työympäristöjä koko Suomeen yrityksille sekä kuluttajille. (Piispanen 2023.)

Tuotteet toteutetaan mittatilaustyönä parhaan lopputuloksen sekä yksilöinnin takaamiseksi. Yritys käyttää tarkoin valittuja tuotteita eri tuotevalmistajien laajoista valikoimista, ja valmistaa tuotteita myös oman malliston kautta, sekä aktiivisesti seuraa, analysoi ja tutkii tämän päivän markkinoiden kehittyvää ja uudistuvaa tuotevalikoimaa. Näiden pohjalta yritys valmistaa ja muokkaa myös omaa mallistoaan ja valmistaa markkinoiden tarpeisiin sopivia tuotteita. Yrityksen toimitusjohtaja Marko Piispanen uskoo, että vaimennetuilla ja miellyttävillä työympäristöillä vähennetään stressitekijöitä, sekä saadaan aikaan tuottavaa ja tehokasta työtä, työssäjaksamista ja viihtymistä. (Piispanen 2023.)

Yrityksen tuotevalikoima koostuu niin kotimaisista, kuin myös ulkomaalaisista tuotebrändeistä. Valikoimien monipuolisuus mahdollistaa eri kokoluokkien projektien toteutuksen. Yrityksen referenssikohteiden laajuus todistaa kattavaa ammattitaitoisuutta sekä aktiivisuutta alalla. Listasta löytyy useita kouluja, eri kokoisia yrityksiä sekä yksityiskoteja. Kohteiden monipuolisuus osoittaa, kuinka akustiikkaa voidaan hyödyntää rakentamisessa todella laajasti kohteiden tyylistä riippumatta.

3 TUTKIMUSASETELMA

Tutkimukset voidaan yksinkertaistaa karkeasti niin, että kyseessä on aina jonkin asteinen tiedonkeruu tai tilastointi. Tutkimustyössä onnistuakseen on kyettävä hallitsemaan tiedon ja menetelmien oikeanlaista käyttöä. Tieteellinen tutkimus noudattaa aina tieteenalansa omia säännöksiä. Tutkimuksen tunnistaa esimerkiksi puolueettomuudesta sekä kriittisestä tarkastelusta. Päämääränä kaikelle tälle on lopulta uuden tiedon tuottaminen. (Salonen 2013.) Tutkimustietoa työstetään, kun halutaan esimerkiksi yleistää jotain, etsitään teoreettista pätevyyttä tai pyritään pääsemään ymmärryksessä syvemmälle jostakin tietyistä ilmiöistä. Muotoilussa voidaan tutkia muotoiluprosessia ja siihen liittyviä erilaisia osatekijöitä. Tieteellinen tutkimus alkaa aina lähtöongelmasta, johon pyritään työn myötä löytämään vastaus. On huomioitava, mitä työltä halutaan sekä mitä mahdollisesti jo ennalta aiheen tiimoilta tiedetään. (Anttila 1998, 4.1.)

Tämä opinnäyttyö on selkeästi produktiivinen, jolloin työlle tavoitellaan konkreettista lopputulosta uusien prototyyppien/tuotteiden muodossa. Tutkimusasetelman lähtökohtana on toteuttaa tuotekehitystä toimeksiantajan yritykselle ja samalla löytää uusia muotoilun keinoja yrityksen toimintaan. Projektin aluksi määriteltiin tutkittava materiaali ja tuotetestaukselle lähtökohtaiset tavoitteet. Projektiin valittu akustoiva huopamateriaali tuotetaan levy muodossa akustoi- viksi paneeleiksi, osin kierrätysmateriaalista valmistettuna. Levyjen mahdollisimman kattavaa käyttöä painotettiin, joten materiaalitehokkuuden tutkiminen suunnittelussa oli yksi osa kokonaisuutta. Tuotteistamista, yhteensopivuutta ja tuotteen skaalausta tulisi pohtia osana suunnittelua. Suunnittelun tyyliksi toimeksiantaja määritteli skandinaavisen muotoilun, tosin muotoilutyölle annettiin kuitenkin osin vapaat kädet. Teknisten seikkojen lisäksi työn haasteena oli, kuinka tuoda lisäarvoa jo toimivaan tuotteeseen. Tutkittava levy materiaali toimii jo akustoivana ratkaisuna itsessään. Pohdinta kohdistui siihen, kuinka tuoda tuotteelle lisää kiinnostavuutta visuaalisin keinoin. CNC-koneella tehtävän työstön onnistuessa loisi se uuden menetelmän, jolla toteuttaa asiakkaille yksilöityjä tuotteita ja tilaratkaisuja akustiikkatuotteiden avulla.

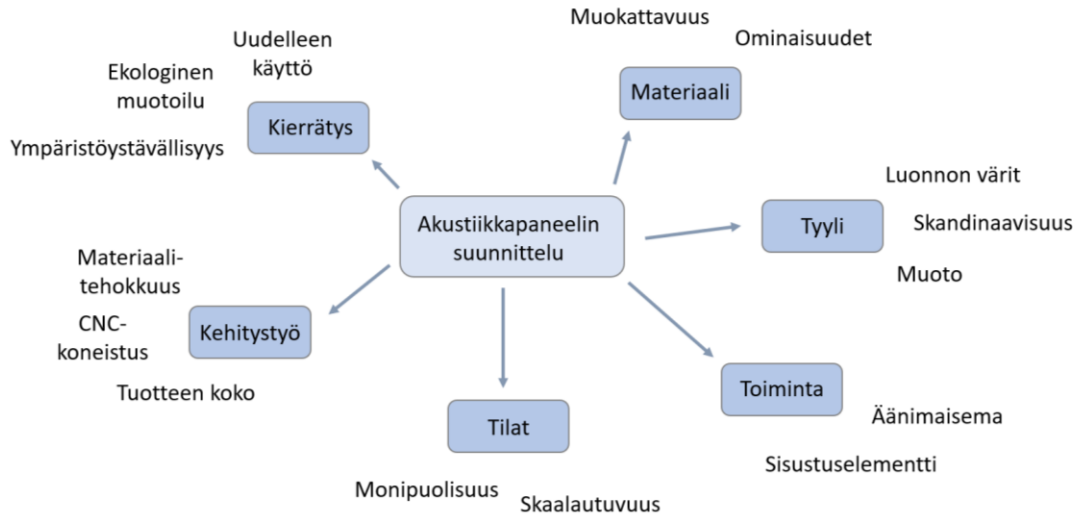
3.1 Käsitekartta ja viitekehys

Tutkimuskohteet voivat tuntua alkumetreillä hyvinkin sekavilta ja laajoilta kokonaisuuksilta. Tutkimustöiden teoreettisella kehyksellä, viitekehyksellä ja käsitekartalla pyritään tähän tietojen paljouteen luomaan selkeä yhteneväisyys ja järjestys. Tällä järjestelyllä voidaan luoda aiheeseen liittyvien tietojen välisiä liitoskohtia. Näiden kohtien läpikäynnin myötä työlle luodaan jo hypoteeseja esimerkiksi asioiden vaikutuksista toisiinsa ja niin edelleen. (Anttila 1998, 6.1.) Tämän opinnäytetyön pohjaksi luotiin käsitekartta sekä viitekehys selkeyttämään suunnittelun suuntaa.

Töiden jäsentelyä helpottava työkalu kirjoitetuissa projekteissa on käsitekartta, minkä avulla voidaan hahmottaa työn kokonaisuutta, osa-alueiden liitoskohtia sekä työn yleisilmettä helposti. Tähän kaavioon pitäisi sisällyttää kaikki oleellinen työhön liittyvä informaatio. Käsitekarttaa voidaan hyödyntää työssä myös apuvälineenä siihen, ettei työ ala laajenemaan liikaa ja pysyy oleellisessa kontekstissa. Selkeä apu käsitekartasta on myös työn viitekehysten koostamisessa. (Muotio 2021.)

Viitekehyksessä korostuu työn yleiskuva isoilla työhön liittyvillä asiakokonaisuuksilla. Se koostuu muutamasta työhön liittyvästä tekijästä ja niiden alaotsikoista, joista luodaan visuaalisin keinoin helposti ymmärrettävä kuva. Siitä selviää tarvittavat tutkimustyötä kuvaavat kohdat helposti, ilman tarkempaa taustatietoa. Viitekehysten onnistuneeseen toteutukseen on tärkeä panostaa, sillä sen avulla tutkimusta on helpompi tarkastella. Tapoja luoda viitekehys on useita, mutta tärkeintä on sen selkeä luettavuus. (Anttila 1998, 6.1.)

Kuvassa 1 (sivulla 12) on koottuna tämän opinnäytetyön aihetta koskeva käsitekartta. Käsitekartta on koottu apuvälineeksi työn rakentamiselle sekä jäsentelylle. Kuvaajaan on koottu työhön oleellisesti vaikuttavat osat. Käsitekartan avulla työtä voidaan pohtia laajasta näkökulmasta mahdollisimman helposti. Kuvan 1 käsitekartta toimii työkaluna aiheen kokonaisvaltaiseen pohdintaan sekä tutkimukseen.

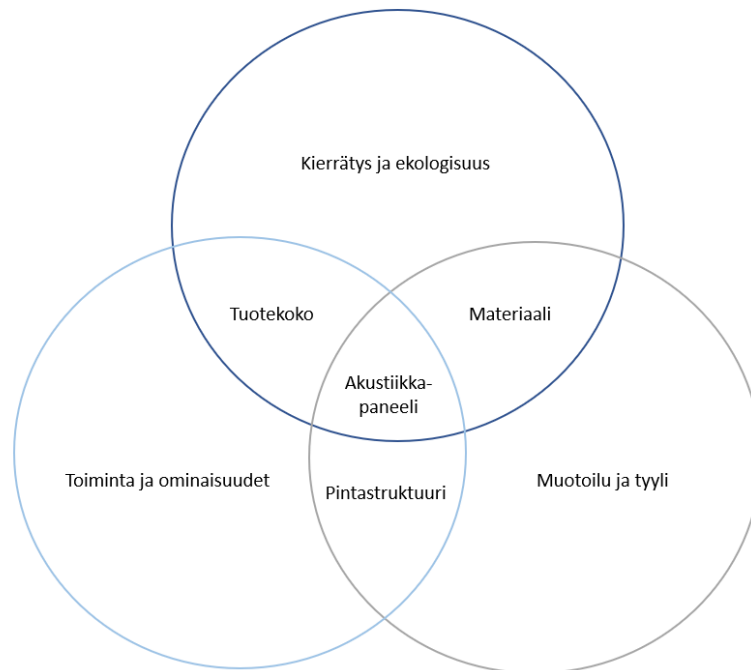


Kuva 1. Käsitekartta toimeksiannon aiheen ympäriltä

Kuvaajan 1 keskiöön on asetettu opinnäytetyön pääaihe, jota työ tarkastelee ja tutkii. Työssä pyritään toteuttamaan tuotekehitystä jo olemassa oleville akustiikkalevyille, ja näin pyrkiä saavuttamaan tuotteelle sekä sitä käyttävälle yritykselle lisäarvoa. Kuvan sisäkehän tummemmat laatikot kuvaavat työtä koskevia pääaiheita, jotka osaltaan vaikuttavat kehitystyöhön sekä suunnitteluun. Laatikoiden ympärille on koottu aiheisiin linkittyviä osuuksia ja tarkempia piirteitä osioista. Tämän työn käsitekartta on yksinkertaistettu ja simppele, jotta sitä olisi helppo tulkita. Työhön liittyviä osatekijöitä ja mahdollisuuksia on valtava määrä, mutta tähän käsitekarttaan on koottuna lähtökohtaisesti opinnäytetyön kannalta oleelliset kohdat. Vaikka työssä on kyse tuotetestauksesta ja mahdollisen uuden konseptin luomisesta, näiden rinnalla on pyritty huomioimaan käytännön asioita suunnittelussa muun muassa tuotteen mahdollisen toimivuuden sekä skaalautuvuuden näkökulmasta. Pohdittavia tekijöitä ovat esimerkiksi sopiva tuotekoko, sekä kuinka erilaiset palat sopisivat yhteen modulaarisuuden näkökulmasta yhdistelmiä koottaessa. Suunniteltavat kuviot eivät siis voi olla liian monimutkaisia, jotta niitä mahdollisesti pystyttäisiin yhdistelemään helposti seinäpintoja täyttäessä.

Kuvan 2 (sivulla 13) viitekehityksen avulla tarkastellaan työhön liittyviä suuria ja selkeitä asiakokonaisuuksia. Viitekehityksestä voidaan helposti tarkastella työn osuuksien rajapintoja ja liittymäkohtia toistensa välillä, mikä mahdollisesti vaikuttaa mihinkin ja millaisessa määrin. Näitä eri osuuksia on helpompaa pohtia

kuvaajan kautta. Toistensa päälle limittyvät renkaat osoittavat näitä aiheiden välisiä liittymäkohtia.



Kuva 2. Viitekehys opinnäytetyön aiheesta

Työn ympärille muodostuvat selkeät kolme osa-alueita kuvassa 2, jotka toimivat työn huomioitavina osuuksina. Nämä kolme osa-alueita on kuvattu viitekehyksessä kolmena eri värisenä ympyränä. Oleellista tämän työn tuotekehityksessä on tuotteen toimivuus ja muotoilun tuomat mahdolliset uudet ominaisuudet, muotoilutyön tuloksena syntyvät uudet visuaaliset elementit sekä näiden ohella tuotteen ekologisuuden huomiointi. Viitekehyksestä voidaan huomioida esimerkiksi, kuinka muotoilun luoma tuotteen pintatekstuuri vaikuttaa oleellisesti tuotteen ominaisuuksiin ja toimintaan. Kun kyse on akustoivista tuotteista, on pinnan ominaisuuksilla selkeä vaikutus tuotteen toimivuuteen akustoivana elementtinä. Akustiikan perusteiden vaatimat lainalaisuudet tuovat näin osaltaan oman haasteensa työn toteutukselle.

3.2 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tutkimuksen ympärille on määritelty yksi päätutkimuskysymys, sekä sitä tukevat kaksi alakysymystä. Kysymykset sisältävät osia työn tutkimusongelmasta koskien tuotekehitystä. Tutkimusongelman keskiössä on

uuden materiaalin työstettävyyden ongelmat ja niiden ratkominen. Työn pää-tutkimuskysymys tiivistää ongelman: *”Kuinka toteuttaa toimiva akustiikkapaneeli hyödyntäen CNC-koneistusta sekä PET-kierrätysmateriaalia?”* Kysymys koskee työn päämateriaalia sekä siihen sovellettavaa työstömenetelmää. Työssä selvennetään CNC-koneistuksen soveltuvuutta uuteen materiaaliin sekä samalla tutkitaan uuden materiaalin ominaisuuksia.

Päättutkimuskysymyksen tueksi on otettu kaksi tarkentavaa alakysymystä: *”Mitä on otettava huomioon CNC-työstössä käsitellessä huopamaisia akustovia levy materiaaleja?”* sekä *”Miten valmistaa tuote mahdollisimman pienellä materiaalihukalla?”* Työn tarkoituksena on näin etsiä uusia työstökeinoja toimeksiantajayritykselle. Valitun materiaalin CNC-työstäminen on markkinoilla uutta, joten tutkimus keskittyy osaltaan sen kokeiluun. Työstömenetelmän kokeilun lisäksi tutkimuksessa keskitytään materiaalihukan minimoinnin keinoihin. Millä keinoin mahdollinen tuotanto toimisi mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Työn teoriaosuuksissa käsitellään ekologisuutta sekä tuotesuunnittelua.

3.3 Tutkimusmenetelmät

Työssään muotoilijan on hallittava monipuolisesti erilaisia tutkimusmenetelmiä ja samalla opittava koko ajan uutta tietoa pystyäkseen kilpailemaan suunnittelullaan. Avainasemassa on muotoilijan mielenkiinto ja uteliaisuus uusia oivalluksia kohtaan. Tutkimuksien keskiössä ovat kysymykset sekä ongelmat koskien kehitettävää tuotetta. Se, mikä motivoi muotoilijaa näihin tutkimustöihin, on yksilöllistä ja tapauskohtaista. (Kettunen 2001, 109.) Tässä työssä hyödynnetään useita tutkimusmenetelmiä, jotta saadaan toteutettua mahdollisimman perusteellinen tuotekehitysprosessi. Monipuolisten menetelmien avulla saadaan minimoitua sattuman aiheuttamat tulkintavirheet tutkimustuloksissa.

Havainnoinnissa eli observoinnissa on kyse aineistonhankintamenetelmästä, jossa tutkittavaa ilmiötä seurataan ja tätä kautta kootaan tietoja sekä havaintoja nähdyistä tapahtumista. Havainnointi on toteuttava puolueettomasti sekä huomioiden se, kuinka eri ihmiset tulkitsevat asioita eri näkemyksin. Oleellista

havainnoinnissa on systemaattinen ja kattava dokumentointi esimerkiksi muistiinpanojen sekä valokuvien avulla. (Uppa 2020.) Tämän työn kehitys nojautuu paljolti tehtyjen testien tarkkaan havainnointiin ja niistä mahdollisesti opittuihin jatkokehityksiin sekä virheiden välttämiseen. Jokainen testi vie tuotekehitystä lähtökohtaisesti aina pykälän eteenpäin lähemmäksi lopullista tuoteläpimurtoa. Toteutettuja CNC-työstöjä on seurattu tarkoin ja niitä on dokumentoitu kuvien ja muistiinpanojen avulla. Tuotetestausta on seurattu myös ajallisesti tutkien kuvioden valmistusaikoja sekä niiden vaikutusta kokonaisuuteen. Näiden merkintöjen pohjalta on prosessin edetessä toteutettu jatkotoimenpiteitä, korjausliikkeitä ja uusia oivalluksia.

Kokeet ja kokeilut linkittyvät selkeästi havainnointiin, sillä näiden avulla tuotetaan materiaaliaineistoa tutkimukselle. Peruseriaatteena kokeille on tutkittavasta aiheesta laadittava jonkin muotoinen koe. Kokeiden pyrkimyksenä on saavuttaa tarkasteltavia ilmiöitä sekä niihin vaikuttavia tekijöitä, jolloin saadaan aikaan tutkimusdataa. Kokeita on monenlaisia, joiden luonteen määrittelevä tekijä on tutkittava aihe taikka tutkimusongelma. Huomioitavaa on koetilanteiden suunnittelu ja huolellinen järjestely luotettavan datan saavuttamiseksi. Kokeiden hyödyntäminen on toimiva tapa testata erilaisia konsepteja sekä ideoita. Näiden toteutuksessa on muistettava kattava dokumentointi tiedon taltioinnin varmistamiseksi. (Uppa 2020.) Koulun tarjoamat mahdollisuudet CNC-koneiden puolesta ovat koko työn kivijalka. Ilman näitä koneita ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia työ jäisi pelkäksi konseptisuunnitteluksi ilman minkäänlaista käytännön soveltuvuuden toteamista. CNC-testauksien myötä saadaan laaja määrä erilaista dokumentoitua dataa kuvien, työstöarvojen, materiaalin käyttäytymisen ja muiden muistiinpanojen muodossa.

Työssä hyödynnetään dokumentointia päiväkirjamaisesti CNC-testauksien tuloksista. Päiväkirjamainen dokumentointi mahdollistaa työn ja oman edistymisen tarkan seurannan sekä vertailun. Merkinnöistä voidaan etsiä esimerkiksi toistuvuuksia, kehityskaarta ja dokumentointia voidaan hyödyntää helpottamaan palaamista jo tehtyihin testeihin. (Uppa 2020.) Testipäiväkirjan merkinnöistä oli työn edetessä etenkin apua muistellessa edellisten testien oivalluksia sekä virheitä. Testien ajankohdat ovat olleet osin epäsäännöllisiä ja testien välillä on voinut olla pitkiäkin aikoja, jolloin päiväkirjamerkintöjen avulla päästiin nopeasti takaisin ajan tasalle.

Luonnokset ovat yksi tutkimusmenetelmä työssä, koska tutkimukseen liittyy oleellisesti myös visuaalinen puoli monesta näkökulmasta. Piirtäminen ja sitä kautta yleinen luonnostelu on muotoilijan yksi tärkeimmistä työkaluista suunnittelussa. Piirretyt kuvat auttavat prosessin ymmärtämisessä ja helpottavat suunnittelutiimin välistä kommunikointia. Teknologian kehityksen myötä digitaaliset luonnostelutyökalut ovat osin syrjäyttäneet paperille luonnostelun, mutta silti piirtäminen toimii tärkeänä osana prosesseja. (Kettunen 2001, 92.) Erilaisia luonnoksia on tuotettu lähes koko työn ajan, etenkin prosessin alkupuolella. Ensimmäiset luonnokset työstä luotiin työn aloituspalaveria varten. Tässä luonnosvaiheessa hyödynnettiin niin sanottuja kollegaluonnoksia. Kyse on nopeista, karkeista luonnoksista, joista koko työryhmälle kuitenkin ilmenee tuotteen perusidea. Näiden avulla alustetaan kehityskeskustelua tuoteidean ympärillä ja saadaan koko projektin työryhmä osallistumaan paremmin ideointiin. (Kettunen 2001, 96.) Teams-palaverissa toimeksiantajalle esitetyt luonnokset määrittivät työn jatkokehityksen suunnan ja toimivat osaltaan pohjana sekä inspiraationa opinnäytetyölle.

3.4 Muotoiluprosessi

Muotoilun prosesseja on useita erilaisia vaihtuviin tilanteisiin, joista tässä käsitteilyssä työn luonteen vuoksi on teollisen muotoilun prosessi. Kuinka teollisen muotoilun voi sitten määrittää. Kettunen (2001, 10) kirjoittaa esimerkiksi, kuinka teollinen muotoilu on tutkimus- ja kehitystyötä kohti parempaa ihmisen rakentamaa ympäristöä. Työn kehityskohteena olevat akustoivat tuotteet ovat oleellinen osa tämän päivän rakentamista, jolloin työllä on oma panoksensa tilojen rakentamisessa. Teollisessa muotoilussa muotoilijan oleelliset tehtävät keskittyvät eniten tuotteiden konseptien toteutukseen sekä kehittämistyön läpikäyntiin. Suunnittelussa tosin on näiden lisäksi monia muitakin osatekijöitä, muun muassa tuotteeseen liittyviä turvallisuustekijöitä sekä käyttömukavuutta koskevia ominaisuuksia. Yleisesti työn kuva muovautuu alalla teknologian kehityksen myötä lähes samaa tahtia.

Muotoilun päämääränä lähtökohtaisesti toimii jokin tuote. Valmiin tuotteen saavuttamiseksi tarvitaan tuotekehitystä, joka alkaa markkinamahdollisuuden

tunnistamisesta ja päättyy onnistuessaan valmiiseen myyntikelpoiseen markkinoille vietävään tuotteeseen. Tuotekehityksen taustalla vaikuttavat usein unelma tuoteideasta tai huomatuista markkinaraosta, ja lopulta nämä todetut huomiot voidaan muuntaa markkinavoitoksi. Lähtökohtana kehitykselle on tarve tai löydetty puute, johon etsitään tai kehitetään ratkaisevaa teknologiaa. Lähtökohtana ja suunnan ohjaajana voi myös toimia suunnittelijapohjainen lähestyminen, jolloin muotoilijan ideat ja konseptit ohjaavat tuotekehitystä. Vaarana tässä menetelmässä on etenkin suunnittelijan puolueellisuus omaa ideansa kohtaan. (Kettunen 2001, 10.) Tässä työssä yhdistyy osin teknologia-lähtöinen tuotekehitys CNC-koneen testauksien muodossa, sekä suunnittelija-lähtöinen tuotekehitys työn tekijän visuaalisten suunnitelmien sekä konseptien luonnin osalta.

Itse muotoiluprosessin vaihe on alue, jossa muotoilija työllään vaikuttaa eniten tuotteen kehitykseen. Tuotteen tekninen ja muotoilullinen suunnittelu kuuluisi edetä jokseenkin samaa tahtia onnistuneen prosessin takaamiseksi. Tuotekehitys alkaa jonkin tasoisesta ideasta ja päättyy, jos konsepti todetaan kaupallisesti menestyväksi. Muotoilijalle tämä näyttäytyy karkeasti kolmessa vaiheessa: tuotehakuna, konseptimuotoiluna sekä tuotemuotoiluna. Tuotehaun avulla tuodaan esille kehitykseen liittyviä vaihtoehtoisia tavoitteita ja skenaarioita. Näihin voivat liittyä esimerkiksi toteuttavien tuotekehitysprosessien valinta sekä tavoiteltu kohderyhmä. Lopputuloksena tuotehauulle saadaan tuoteidea, joka on määritelty kirjallisesti ylös kuvausmaisena kokonaisuutena tuotteen eri osuuksista. (Kettunen 2001, 56–57.)

Tämän opinnäytetyön tuotehaku osuutena on toiminut projektin aloittaneet Teams-kokoukset, joissa työn aiheet on ensimmäisen kerran tuotu esille, ja näistä johtaneet suunnittelu toimenpiteet sekä niitä seuranneet jatkokokoukset. Esitettyjen ideoiden ja toiveiden pohjalta on luotu muun muassa mindmap-kaavio, alustavia hahmotelmia tuotteen muotokielestä sekä valmistusmateriaalin opiskelua. Nämä pohja-aineistot ovat toimineet tuotteen konseptin suunnittelun perustana.

Konseptissa on kyse karkeasta, mutta samalla kokonaisvaltaisesta kuvasta uuden tuotteen toteutuksesta. Sen olisi hyvä sisältää muodon yksityiskohtia, teknisiä ominaisuuksia ja siitä saatavia hyötyjä. Pohjana kaikelle tälle toimii

taustatiedon keruu sekä tutkiminen ja näiden hyödyntäminen osana suunnittelua. Tässä työvaiheessa pitäisi pystyä luomaan vaihtoehtoisia toteutusideoita alkuperäiselle tuoteidealle, joiden avulla voidaan ratkaista mahdollisesti kohdattavia ongelmia. Vielä konseptisuunnitteluvaiheessa myös suurienkin muutosten toteutus on mahdollista. (Kettunen 2001, 56–57.) Työssä on toteutettu kompromisseja sekä muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin testien osoittamien ongelmien vuoksi. Huomioitavaa on ollut varsinkin visuaalisten suunnitelmien ja CNC-koneistuksen ajoittainen yhteensopimattomuus työstäjäljen ja toteutuksen kannalta. Visuaalisia suunnitelmia on muokattu vastaamaan paremmin CNC-koneen tarjoamia mahdollisuuksia, kuitenkin alkuperäiset tuoteideat säilyttäen.

Viimeisessä vaiheessa tuotemuotoilussa hyödynnetään aiempien vaiheiden oppeja lopullisessa toteutuksessa. Suunnittelun ja teknisen toteutuksen yhteistyö tiivistyy tässä vaiheessa entisestään. Tuotteen jatkokehitys lähtee käyntiin edellisen vaiheen konseptien karsimisesta, jolloin näistä valitaan parhaaksi todettu jatkotoimenpiteisiin. Valitulle tuotekonseptille valmistetaan muun muassa tuotantopolku ja sen vaatimat mahdolliset muotit sekä käyttöliittymät. Lopulta muotoilijan työ siirtyy aina markkinoinnin ideointiin saakka ja päättyy lopulta tuotemuotoilun osalta lanseeraukseen. (Kettunen 2001, 56–57.)

Kaiken edellä mainitun avulla työn lopputuloksena tavoitellaan uudenlaista akustiikkalevyn prototyyppiä, joka onnistuessaan voitaisiin viedä eteenpäin jopa jatkojalostukseen sekä tuotantoon saakka. Huomio kohdistuu etenkin siihen, missä menee työssä käytettävän materiaalin muokattavuuden rajat ja kuinka näiden mahdollisesti löydettävien raja-arvojen tiedot voivat olla jatkon kannalta hyödyksi. Huomioitavaa on, kuinka pystytään toteuttamaan mahdollisimman suuri materiaalitehokkuus tuotteen valmistusta ajatellen. Näiden lisäksi tarkastelussa ovat työn toimeksiantajien toiveet tuotteen tyylistä sekä ominaisuuksista. Työn suunnittelu pyritään viemään mahdollisimman pitkälle muotoilun näkökulmasta.

4 AKUSTIIKKA

Toimeksiantoa sekä opinnäytetyötä ymmärtääkseen on ensin osattava tunnistaa akustiikka ja siihen liittyvät peruskäsitteet- ja määreet. Pohjimmiltaan akustiikassa on kyse äänestä ja siihen liittyvistä ilmiöistä sekä erilaisista määreistä. Akustiikka itsessään on monimuotoinen tieteenala, jonka tehtävänä on löytää säännönmukaisuuksia sekä selittää ääntä luonnonlakien kautta. Akustiikka pyrkii selittämään, mitä ääni oikeastaan on. Tämän tutkimuksen kannalta oleellisin osuus akustiikalla on olla tekniikan alan tarttumapinta, jonka avulla ihmiset pyrkivät muokkaamaan ääniympäristöään. Tänä päivänä akustiikka tieteenä yhdistää monia eri tieteen aloja tutkimuksissa. Näiden tieteenalojen yhdistymisen vuoksi akustiikka koskettaa tänä päivänä todella montaa eri alaa suoraan tai välillisesti. (Kylliäinen 2009, 5.)

Varsin pitkään akustiikan kehitystä ja tehokkuutta hidastivat soveltuvien sekä toimivien mittauslaitteiden puute. Esimerkiksi vasta 1930-luvulla eri maissa nostettiin esiin asuntojen erilaisia äänieristysmääräyksiä. Tämän päivän akustiikan pohjan on osaltaan rakentanut Wallace Clement Sabine tutkimuksineen. Hänen kokeensa aloittivat aikanaan muun muassa akustiikkainsinöörikunnan ja akustoivien materiaalien teollisuuden synnyn. Sabine määritteli esimerkiksi tutkimuksiansa kautta absorptioalan käsitteen. Kokeidensa avulla hän onnistui määrittelemään laskentakaavan, jota edelleen käytetään hyödyksi huoneakustiikan laskennassa. Kyse on jälkikaiunta-ajasta, joka lasketaan tilan absorptioalan sekä tilavuuden perusteella. (Kylliäinen 2009, 16.)

Akustiikkaan liittyy monenlaista teknistä sanastoa, jotka voivat olla hankalasti tulkittavia. Ensimmäisenä on oleellisin eli ääni, joka yksinkertaisuudessaan on värähtelyä kulkemassa esimerkiksi ilman halki, josta syntyy aistimus kuulohavaintona. Ääni on oleellinen osa akustiikan maailmaa, joka mitataan muun muassa äänen eri aallonpituuksina. Tässä kyse on kahden ääniaallon huippukohtien etäisyyksistä. Toinen mittausyksikkö äänelle on desibeli, joka on tarkemmin äänenpainetason yksikkö. Desibeleillä mitataan esimerkiksi äänen voimakkuutta, vaikkapa musiikin tai liikenteen aiheuttaman ääntä. Yksi äänen ilmentymistä on melu, se nähdään akustiikan maailmassa ei toivottuna, jollain

tavalla häiritsevänä äänenä tilassa tai ympäristössä. Taustamelusta taas puhutaan, kun kyseessä on esimerkiksi tilan ilmastoinnin aiheuttamaa haitallista ääntä, jolla voi olla moninaisia negatiivisia vaikutuksia muun muassa työtehokkuuteen. Akustiikan parantamisessa eli akustiikkasuunnittelussa hyödynnetään erilaisia materiaaleja hillitsemään eli absorboimaan ääniaaltoja, jolloin materiaalit imevät ja näin vaimentavat tilan ääniä. (Akustiikkapalvelut s.a.a)

4.1 Äänen ja akustoinnin tutkimus

Akustiikan tutkimukseen ja sen tarpeeseen on herätty vasta viime vuosikymmeninä. Akustointiin osana rakennusprosesseja on todella alettu kiinnittää huomiota vasta nyt 2000-luvun puolella. Kasvavan äänen ja melun määrän voidaan nähdä lähteneen tekniikan kehityksestä muutama vuosisata sitten, kun vielä 1700-luvulla ihmiset loivat kaupunkien äänet ja melun, tänä päivänä näitä aiheuttavat koneet sekä teknologia (Kaataja 2009). Nyky yhteiskunnassa hiljaisuutta ja rauhallisuutta etsitään tiloista ja sen arvo on kasvanut etenkin yksityisten asuntojen tunnelman määrittäjänä. Avokonttorien ja muiden liiketoimintojen mahdollisiin ääniongelmiiin sekä oman työrauhan arvostukseen on myös herätty. Osin näiden vuoksi kaikissa uusissa rakennusprojekteissa on suunnitelmassa varattu selkeästi oma osuutensa akustoinnin suunnitteluun. Oli kyse sitten julkisesta liiketilasta tai yksityisestä omakotiasunnosta, hiljaisuuden ja sen tuoman rauhan arvo on vahvassa nousussa.

4.2 Akustiikkasuunnittelu

Ääni on oleellinen osa ihmisen kokemaa ympäristöä. Ääniolosuhteet saavat aikaan selkeän vaikutuksen rakennuksen tai tilan ympäristöön. Kun tähän kiinnitetään huomiota, toimii tila toiminnaltaan paremmin. Akustiikkasuunnittelun lähtökohdaksi on suunniteltavan alueen käyttötarkoitus ja kuinka sitä voidaan tukea suunnittelun avulla. Peruselementtejä, joita suunnittelussa huomioidaan, ovat melu ja sen vaikutus tilassa, viihtyisyys ja toimivuus. Akustiselle suunnittelulle nähdään siis kolme tavoitetta, tarkoituksenmukaisuus, terveellisyys sekä viihtyvyys. (Kylliäinen 2007, 9.) Akustiikkasuunnittelun ydin voidaan kiittää äänen hallinnaksi erilaisin keinoin. Kyse on usein näistä: äänen siir-

rosta, voimistamisesta, minimoimisesta tai jopa estämisestä. Näiden tilanteiden yhteydessä usein toimitaan äänen läpäisevyyden, heijastuvuuksien tai säteilyn hallinnassa. (Lahti 2013.) On tapauskohtaista, onko kyse yhdestä vai useammasta edellä mainituista. Myös kohteet ovat yksilöllisiä, joten yhtä oikeaa tapaa akustoinnin suunnitteluun ei oikeastaan löydy.

Akustiikkasuunnittelulla pyritään optimoimaan tilojen käyttö ja näin pääsemään eroon haittaäänistä, eli kaiusta ja melusta. Näihin liittyy oleellisesti jälkikaiunta ja sen ehkäisy. Oleellisia tekijöitä ovat tilan koko ja siellä esiintyvät pinnat sekä materiaalit. Nyrkkisääntönä voidaan pitää seuraavaa: kovat ja tasaiset pinnat ovat huonoja akustiikan kannalta, kun taas pehmeät ja huokoiset materiaalit edistävät akustiikan toimivuutta. Akustointi on toteutettava tasaisesti, jolloin kovien pintojen vastapuolelta olisi hyvä löytyä pehmeämpiä akustoitavia materiaaleja. (Akustiikkapalvelut s.a.a) Toimivalla akustoinnilla edesautetaan tilojen viihtyvyyttä ja niiden käytettävyyttä erilaisissa käyttötarkoituksissa. Tilojen rauhallisuuteen ja tunnelmaan voidaan selkeästi vaikuttaa erilaisin akustoinnin ratkaisuin, ja tämän kautta kehittää esimerkiksi työympäristön toimivuutta ja tehokkuutta. Akustiikkatuotteet toimivat myös visuaalisena keinona rakentaa ympäristöä.

Akustiikkasuunnittelua toteuttavat useat eri kokoiset tahot pienistä yrityksistä aina suuriin toimijoihin asti erilaisin lähtökohdin. Mittaustapoja ja suunnitteluväyliä tilojen akustisten ominaisuuksien ja äänimaailmojen toteutuksiin on useita. Tiloissa voidaan esimerkiksi toteuttaa äänen mittauksia erilaisten laitteiden avulla, ja näin mallintaa tilan toimivuutta äänimaiseman kannalta. Keinoja toteuttaa tilojen akustointia on tänä päivänä jo niin laaja valikoima, että on suositeltavaa kääntyä alan osaajien puoleen oman tilan akustoinnin suunnittelua ajatellessaan. Tuote- ja materiaalivalikoimat voivat olla hämmentävän monipuolisia, jolloin asiantuntijoiden palvelut auttavat oikean valinnan teossa.

4.3 Huoneakustiikka

Huoneakustiikassa huomio keskittyy tilan sisällä tapahtuvaan äänen kontrollointiin, luoden tilan tarkoitusta vastaavat ihanteelliset olosuhteet. Yleisimpiä

käyttökohteita ovat musiikille ja puheille tarkoitetut tilat. Näissä akustointi tukee esiintyjien suoriutumista erilaisin keinoin ja vähentää samalla mahdollista esityksestä aiheutuvaa räsitusta esimerkiksi artistin äänelle. Esiintymistilat tosin eivät ole ainoita kohteita, joissa huoneakustiikkaa hyödynnetään. Joissain tilanteissa huoneakustiikan avulla pyritään tukemaan puheäänen selkeyttä ja toisessa puheäänen häiritsevyys pyritään saamaan mahdollisimman matalaksi. Huoneakustiikan avulla voidaan vaikuttaa myös siihen, että esimerkiksi elokuvan äänet kuullaan, kuten sen tekijät ovat kohtauksen suunnitelleet. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että etenkin nykyaikaisissa elokuvateattereissa salin pinnat vähentävät jälkikaiuntaa mahdollisimman paljon, jolloin elokuvan äänet kuuluvat suoraan kaiuttimista ilman häiritsevää kaiuntaa. (Kylliäinen 2007, 158.) Huoneakustiikka huomioidaan etenkin uusissa rakennushankkeissa niin julkisen kuin yksityisen puolen projekteissa tänä päivänä yhä laajemmin. Huomioitavaa on, kuinka julkisten tilojen rakennussuunnitelmissa tänä päivänä akustiikalle varataan kokonaan oma osansa suunnittelussa. Uuden teknologian avulla akustoivilla tuotteilla voidaan saada tiloissa aikaan suuria muutoksia huoneiden toimivuuden kannalta.

4.4 Akustiikkatuotteet

Tämän päivän markkinat ovat jo pullollaan erilaisia akustiikkaan liittyviä ratkaisuja kovaa vauhtia kehittyvän teknologian mahdollistamana. Tämän päivän mahdollisuudet akustoinnin saralle eivät enää rajoitu vuosien takaisiin stereotyyppisiin harmaisiin teollisiin paneeleihin. Värimaailma markkinoilla luo omalta osaltaan valtavan valikoiman, ja kun tähän yhdistetään erilaiset tuoteperheet, kategoriat sekä konseptit, on valikoiman yltäkylläisyys taattu. Tuotekategorioita löytyy jo todella monia ja osan kategorioista sisältä löytyy myös vielä lisää jakaumaa erilaisiin tuoteosioihin. Tätä yltäkylläisyyden ongelmaa on onneksi purkamassa edellä mainittu ammattiryhmä akustiikkasuunnittelijat, jotka auttavat kuluttajia akustoinnin suunnittelussa ja oikeiden tuotteiden valikoimisessa.

Yleisimpinä tuoteryhminä markkinoilla nousevat esiin erilaiset paneelit, kankaat ja tekstiilit sekä akustoivat tilanjakajat ja sermit. Paneelien lisäksi löytyy levyjä ja rimoja aina puumateriaaleista ja huopamaisiin toteutuksiin. Tämän

hetken markkinoiden tuotteilla voidaan teoriassa vuorata huoneiston tila lattiasta kattoon erilaisin akustoivien tuottein ja materiaalein. Erikoisuuksina markkinoiden tarjonnasta ovat muun muassa akustoivat valaisimet sekä taideteokset. Suurin osa akustoivista tuotteista hyödyntää eri tavoin huokoisia materiaaleja, jotka toimivat tehokkaasti äänen vaimennuksen suhteen. Huokoisten materiaalien kyky vaimentaa ääntä liittyy kitkan aiheuttamaan lämpöhäviöön. Materiaalien rakenne on tiheä, joka aiheuttaa edellä mainitun lämpöhäviöreaktion. Materiaalin tiheys ei yksin riitä, vaan vaikuttavia tekijöitä ovat myös paksuus ja pintakäsittely. (Kylliäinen 2007, 149.)

4.5 Akustoivat seinäelementit

Työssä käytettävät akustoivat levytuotteet ovat yleisesti perusvalikoimaa tuotemarkkinoilla. Ero näiden monien levyjen kohdalla syntyykin lähtökohtaisesti niiden ulkonäössä, muokattavuudessa sekä yhdisteltävyydessä. Markkinoiden valikoima kattaa tuotteet aina täysin tasaisista yksivärisistä levyistä aina monimutkaisiin värikkäisiin akustiikkalevytaideteoksiin. Työn aihealueen markkinat eivät siis ole helpot ja kilpailu on kovaa. Seinään asennettavat akustoivat tuotteet eivät rajoitu ainoastaan huopamaisiin levyihin. Markkinat tarjoavat laajan valikoiman, jossa kuluttaja pääsee valikoimaan helposti tyyli edellä, juuri omaan tilaan sopivan tuotteen.

Markkinoilla näkee tällä hetkellä paljon hyödynnettävän puuta seinäakustiikan toteutuksessa, joka sopii tällä hetkellä vallitsevaan luontoystävällisyyden tavoitteluun. Seinäelementit voidaan jakaa helposti kahtia niiden tarjoaman koon suhteen, pieniin enemmän koristeellisiin tuotteisiin ja suuriin paljon seinäalaa peittäviin tuotteisiin. Tuotteiden yhdisteltävyydessä löytyy toinen selkeä ero, kun osasta voidaan luoda palapelimäinen koko seinän peittävä teos, kun taas toiset ovat enemmän yksittäisinä elementteinä toimivia koristemaisia kappaleita.

Tämän työn konsepti asettuu näiden edellä mainittujen ryhmien rajamaastoon. Itse levy materiaalit ovat suhteellisen kookkaita, mutta niihin toteutettavat kuviointiurat tuovat tuotteeseen koristeellisen elementin markkinoiden pienten le-

vyjen tapaan. Kuviontien suunnittelussa on pyritty huomioimaan levyjen mahdollinen yhdisteltävyys, jolloin voidaan toteuttaa niin suuria kuin pieniä kuviokokonaisuuksia. Työssä tutkittavan kustomoitavan tuotteen idea on harvinaisen vallitsevilla markkinoilla. Harvemmassa tuotteessa on mahdollisuutta asiakaslähtöiseen suunnitteluun ja muokattavuuteen.

5 AKUSTIIKKAPANEELIN TUOTEKONSEPTI

Tuotekehitys on yksi kriittisimmistä yritysten toimintaa ja kilpailukykyä kehittävästä toimenpiteistä. Kyse on jatkuvasta prosessista, jota on jatkettava läpi koko tuotteen valmistusajan. Mikäli kehitys sivuutetaan, on lähes vääjäämättöntä, että tuotteen näkyvyys ja myynti hiipuvat ajan myötä. Tuotteeseen liittyvä panostuksen ja kehityksen määrä riippuu paljolti tuotteen eliniästä, esimerkiksi teollisten tuotteiden kohdalla sen ollessa varsin pitkä. (Jokinen 2010, 9.)

Tuotekehitys yksinkertaisuudessaan tarkoittaa uuden kehitystä tai vanhan parantelua. Prosessi sisältää ideointia, tiedonhakuja, luonnostelua ja esimerkiksi tuotantomenetelmien suunnittelua. Tuotekehitykselle asetetaan tavoitteita, joita pyritään parhaalla mahdollisella tavalla edistämään niin teknisesti kuin taloudellisesti. (Jokinen 2010, 9, 10.) Ajankohtainen esimerkki yhdestä tuotekehityksestä on isossa suosiossa oleva vihreä siirtymä, missä yritykset pyrkivät kehittämään tuotteistaan sekä palveluistaan ympäristöystävällisempiä. Kehitystyössä oleellista on päästä mahdollisimman nopeasti ideoista fyysisiin mallikappaleisiin. Abstraktia ideaa on huomattavasti haastavampi tutkia ja kehittää verrattuna fyysisiin malleihin. Mallipainotteisessa suunnittelussa mahdollisia virheitä voidaan löytää nopeammin sekä tehokkaammin. Prototyypin työnä on osaltaan innostaa työryhmien ideointia. Tuoteominaisuuksia kuuluisi kehittää nimenomaan fyysisten mallien kautta. (Kettunen 2001, 98.)

Tässä opinnäytetyössä siirrytään edellä mainitun mukaisesti mahdollisimman nopeasti fyysisten mallien työstöön CNC-koneen avulla. Kun toimeksiantajan kanssa oli löydetty yhteisymmärrys suunnittelun tyylin toteutuksesta, oli loogista siirtyä mallien tuottamiseen. Alkuohjeistuksen pohjalta luoduista ideo-luonnoksista poimittiin toimivat, joita lähdettiin tarkentamaan ja siirtämään CNC-työstöön. Prototyypimallien tarkastelulla suunnittelutyötä oli huomattavasti helpompaa edistää. Fyysisistä prototyypimalleista etsittiin mahdollisuuksia sekä ongelmia.

Tuotekehityksessä etenkin uusia tuotteita suunniteltaessa tärkeitä huomioitava kohtia on useita. Esimerkiksi tuotteen käyttökelpoisuus helppokäyttöisyyden ja turvallisuuden näkökulmasta tarkasteltuna. Myös tuotteen ulkonäköön

liittyy suunnittelussa valtava määrä vaikuttavia ominaisuuksia jo pelkästään värien valinnan suhteen. Suunnittelussa on huomioitava yhtä lailla huollon toteutus ja kuinka esimerkiksi itse tuote viestii huoltotoimistaan. (Kettunen 2001, 13.) Suunnittelutyön alusta lähtien huomio kiinnittyi tuotteen visuaalisiin seikoihin sekä tuotteen fyysiseen toimivuuteen muun muassa asennusta ajatellen. Akustiikkapaneelien mahdollista kokoa tulisi esimerkiksi miettiä asennuksen mahdollista helpottamista ajatellen sekä kuvioden skaalautuvuutta eri kokoihin paneelien kappalemääriin. Kuvioinnit oli suunniteltava niin, että CNC-kone pystyisi toteuttamaan ne tarkasti levyihin.

5.1 Suunnitteluprosessi

Muotoilulla nostetaan ihmisen tarpeet sekä arkipäiväinen toiminta suunnittelun keskiöksi. Muotoilijan on osattava ymmärtää ja reflektoida toisen ihmisen kokemuksia sekä tunteita. Muotoilijan on löydettävä tarpeet, mutta myös osattava vastata niihin konkreettisin toimenpitein. Muotoiluprosessin oleellinen osa on konseptointi, joka voi olla määrittävää, kehittävää tai visioivaa. Pyrkimyksenä on määritellä kehitettävän kohteen tärkeimpiä ominaisuuksia, löytää uusia sovellutuksia tuotteeseen ja ennakoida mahdollista tulevaa tuotteen kannalta. Muotoiluprosessi voidaan nähdä toistavana prosessina, jonka seurauksena kokeilun ja testaamisen keinoin pyritään löytämään ratkaisuja kohdattuihin suunnitteluongelmiin. Kyse on monivaiheisesta prosessista, joka parhailaan huomioi niin käyttäjiä kuin myös kehittäjiä. (Miettinen 2021, 15–16.)

Kettunen (2001, 59) vertaa konseptia epätarkkaan kuvaan, jolloin siitä saa selville pääongelman, yleispiirteet esimerkiksi muodon ja värin sekä tuotteen toimivuuden. Kaikkia tuotetta koskevia yksityiskohtia ei tässä vaiheessa ole tarpeen vielä ratkaista. Konseptit esitellään joko luonnoksina, tietokonemallinuksilla, hahmomalleilla tai näistä useamman avulla. Konseptimuotoilun voidaan nähdä esittävän päälinjoja suunnittelulle ja sen mahdolliselle jatkamiselle. Konseptien pyrkimyksenä on tuoda markkinoille uusia hyötyjä esineen tai palvelun muodossa. Suunnittelu keskittyy pääosin muodon, tarpeen ja teknologian ympärille. Konseptin kehityskaari voidaan yksinkertaistaa kuusivaiheiseksi, alkaen aloitus kokouksesta (brief), jonka pohjalta aloitetaan ideoiden luonti. Ideoiden joukosta valitaan aiheita luonnoksiin ja luonnoksista luodaan

vaihtoehtoisia konsepteja. Valittua konseptia kehitetään pidemmälle, josta lopulta saadaan viimeistelty konsepti.

Teollinen muotoilu on yksi muotoilun lajeista, josta löytyy sekä yhtäläisyyksiä kuin myös eroja muihin muotoilun lajeihin. Teollisella muotoilulla pyritään ennen kaikkea käyttäjäläheisyyteen, ja turvallisuuteen unohtamatta tuotteiden esteettistä arvoa lopputuloksessa. Raymond Loewya on esimerkiksi todennut, kuinka asiakas päättäessään kahden tuotteen välillä, jotka ovat laadultaan sekä hinnaltaan samat, päätyy aina esteettisesti paremmin viimeistelyyn (Raymond Loewy s.a.). Tuotteen muotoilun oleellinen lähtökohta on sen tuleva markkinasegmentti ja siihen liittyvät tarpeet. Tuotteen ulkonäön rinnalla on huomioitava tuotteen käytettävyys ja mahdollinen tuotteeseen liittyvä ergonomia. Kun tuotteen muotoilu on kunnossa, se ohjaa näin onnistuneesti käyttäjää muotoilunsa avulla. Onnistuessaan työssään muotoilija voi mahdollistaa yritykselle merkittävän kilpailuedun markkinoilla. Tuotekehityksessä tehokas menetelmä on hyödyntää osana kehitystyötä myös itse tuotteen käyttäjiä. Kyse voi myös olla edelläkävijäkäyttäjistä, jotka ovat jo tehneet aiheen tiimoilta tutkimusta/kehitystä saadakseen tuotteen palvelemaan omia tarpeitaan paremmin. (Miettinen 2021, 111–112.)

Tämän työn suunnitteluprosessi ja näin ollen muotoiluprosessi alkoi ensimmäisistä Teams-kokouksista syyslukukauden 2022 alkaessa. Työn toimeksiantaja oli osoittanut mielenkiintoa koulumme CNC-koneen tarjoamia mahdollisuuksia kohtaan. Keskustelimme myös kokouksissa tuotekehityksen aiheesta ja sen tyylistä. Toimeksiantaja nosti esiin ehdotuksen, jossa tutkittaisiin jo olemassa olevan akustisen tuotteen lisämuokattavuutta ja mahdollisia jatko-ominaisuuksia, esimerkiksi valojen integrointia sekä modulaarisuutta. Tapaamisen lopputuloksena suunnittelulle annettiin toimeksiantajan toimesta selkeät kaksi ohjenuoraa, skandinaavinen muotoilu sekä kierrätyksen ja ekologisuuden huomiointi osana kokonaisuutta. Pyrkimyksiksi muodostui tuottaa tuotekonsepti, joka olisi tarpeeksi yksinkertainen, skandinaavisella tyyllillä toteutettu ja samalla myös ekologinen. Kiinnostus CNC-työstön hyödyntämisestä ja jatko-mahdollisuuksista nousi selkeästi osaksi työtä ja tästä muodostui tuotekehitykseen valittu työstömenetelmä. Tutkittavaksi materiaaliksi määriteltiin huopainen akustiikkalevy, joka hyödyntää kierrätysmuovia osana levyn koostu-

musta. Akustoitvien levyjen CNC-työstettävyydelle oli työtä aloittaessa tiedossa teoreettinen mahdollisuus, mutta mitään käytännön näyttöä ei valmiiksi löytynyt. Pohjatietona oli ainoastaan, että levyä pitäisi teoriassa pystyä leikkaamaan ja jyrsimään.

Opinnäytetyön alkuvaiheista lähtien suunnittelun apuna hyödynnettiin moodboard-kuvakollaasia. Moodboardin kokoamisessa hyödynnettiin työn aiheeseen soveltuvia referenssikuvia. Seuraavassa Teams-kokouksessa toimeksiantajalle esitettiin ensimmäisiä ideoita aiemmassa kokouksessa annetuista aiheista. Ideoiden tukena hyödynnettiin moodboard-kuvakollaasia kuvassa 3, sekä näiden pohjalta tehtyjä luonnosesimerkkejä kuvassa 4.

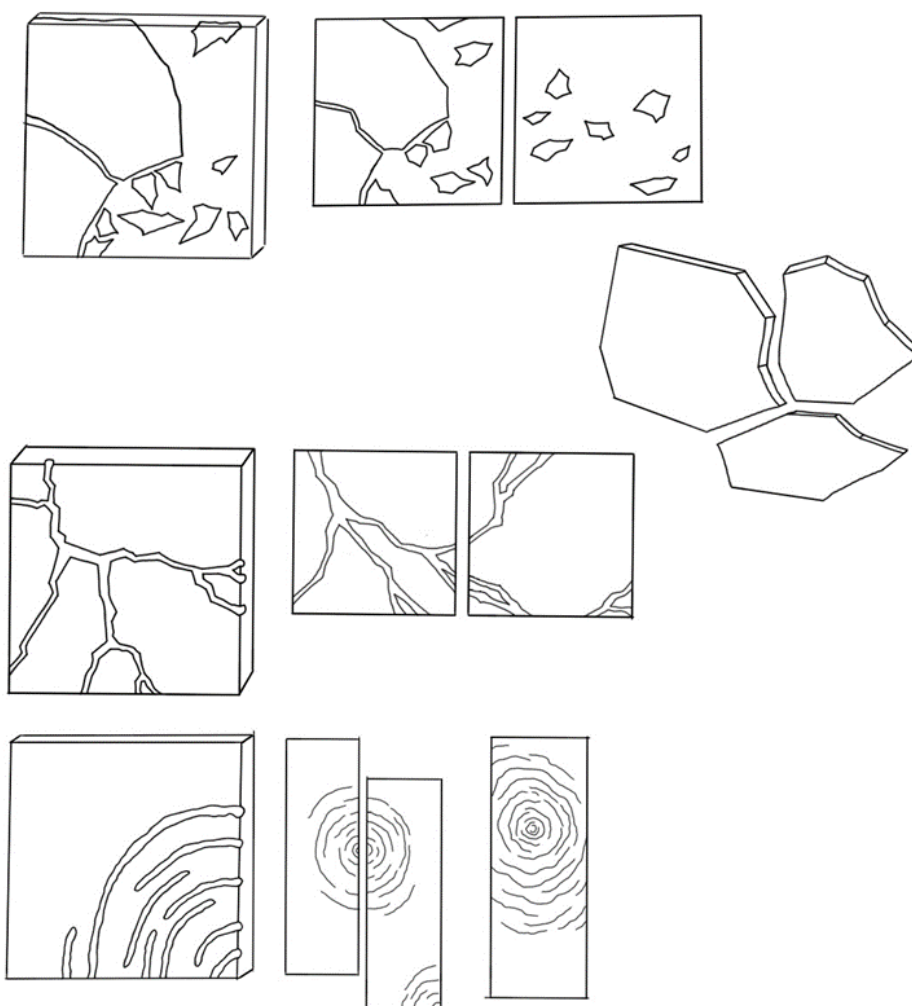


Kuva 3. Moodboard opinnäytetyön aiheesta

Moodboard tauluun valikoitui suomalaisesta luonnosta löytyviä aiheita. Skandinaavisen muotoilun arvoille sopivasti luonto ja selkeät linjat ovat edustettuina kuvissa selkeinä murtuma viivoina sekä pehmeinä puunsyy laineina. Kuvan 3 värimaailma myötäilee osaltaan skandinaavista yksinkertaista ja luonnoläheistä teemaa. Moodboard kuvien valinnassa vaikutti myös ajatus siitä, mitä voidaan onnistuneesti toteuttaa akustiikkapaneeleihin CNC-koneen avulla.

Karkeita luonnoksia oli luotu useita kymmeniä työn alkuohjeistuksen pohjalta. Luonnoksien piirtäminen oli tärkeä osa työn tutkimusmenetelmiä. Luonnoksista saatiin kattavaa aineistoa konseptin luontia varten. Näistä karkeista luonnoksista esimerkkeinä luontoaiheiset teemat kuvassa 4. Esitettyjen aiheiden

joukossa oli myös erilaisia geometrisiä toteutuksia kuvan 4 luontoaiheiden lisäksi. Erityisesti esitettyihin luontoaiheisiin toimeksiantaja oli tyytyväinen. Aiheet nähtiin sopivan haluttuun skandinaaviseen teemaan ja ne esittäytyivät tarpeeksi yksinkertaisina. Aiheissa inspiroivat puunsyyt, jäälautat sekä kallion halkeamat.



Kuva 4. Ensimmäisen suunnitelmakokouksen hahmotelmia aiheista

Näiden esitettyjen hahmotelmien pohjalta valikoituivat aiheet jatkokehitykseen ja myöhemmin prototyyppimalleihin. Hahmotelmia viimeisteltiin ja ne siirrettiin sähköiseen muotoon koneistusta varten. Toimeksiantaja lähetti koululle prototyyppien valmistukseen testimateriaalia, jota käytettiin tutkimuksen tuotekehitykseen. Testit alkoivat perehtymisellä levymateriaaliin tarkemmin. Tämän jälkeen alkoi testimateriaalin soveltaminen CNC-koneen lainalaisuuksiin. Ensimmäiset testit lähtivät yksinkertaisista suorien viivojen jrsinnästä, joista eteneminen jatkui testeistä oppineena aina kuvioiden jrsintöihin asti.

5.2 Materiaali

Tuotekehittelyssä käytetään akustiikkapaneelia, joka koostuu kierrätetyn PET-muovin sekä polyesterikuidun sekoituksesta. Valmis materiaali on toteutettu niin, että teoriassa jo käytetyn materiaalin voi kierrättää yhä uudelleen ja uudelleen ”closed loop” menetelmällä. Työssä käytettävää testimateriaalia tuottaa muun muassa sveitsiläinen ECHOJAZZ ja kyseisen yrityksen kohdalla tarkemmin tuotenimi on Echoboard-huopalevy. Tuotteen materiaali käytetään hyödyksi yrityksen eri tuotteissa. Materiaali sisältää 70 muovipullon verran PET-kierrätysmateriaalia neliömetrin alaa kohden (Echojazz s.a.). PET-kierrätysmateriaalin hyödyntäminen tämänkaltaisissa materiaaleissa/tuotteissa on markkinoilla jokseenkin yleistä. PET-muovia käytetään laajalti teollisuuden eri muodoissa ja esimerkiksi virvoitusjuomapullot valmistetaan tästä, jolloin kierrätettyä materiaalia on paljon saatavilla. Osin muovilaadun monikäyttöisyyden sekä kierrätetyn materiaalin määrän myötä, sitä on tehokasta hyödyntää esimerkiksi akustoivien paneelien raaka-aineena.

Tuotetestauksessa käytetty materiaali vaikutti ensituntumalta varsin vankalta huopalevyksi. Sen pinta oli kovahko ja tasaisen sileä, jonka perusteella CNC-työstettävyyttä vaikutti toimivalta ratkaisulta. Materiaalin on oltava työstön kannalta tukevaa, jottei se pakene CNC-koneen terän edestä sen liikkeessä pitkin materiaalia. Ensimmäisten leikkaustestien jälkeen huomio kiinnittyi materiaalin sisuksen hieman erilaiseen koostumukseen. Vaikutti siltä, että levyn ulkopinnassa olisi jonkinlainen kovete ja tämän alla huopalevy tuntui hieman pehmeämmältä ulkopintaan verrattuna. Oletettavasti tämän vuoksi leikkuu-uraan jäi epätasaisuuksia, kuten alla olevasta kuvasta 5 (sivu 31) näkyy. Huopalevyn materiaali oli läpikotaisin tasalaatuista, mutta pinnassa vaikutti olevan hyvin ohut kerros mahdollisesti jotakin kemiallista kovetetta. Urien leikkuujälkien epätasaisuuksista muodostuikin työn kannalta selkeä ongelma lopputuotteen kehitykseen.



Kuva 5. Tuotekehityksen materiaalin ensimmäinen CNC-testaus

Kuvan 5 esimerkki osoittaa opinnäytetyön tuotekehityksessä todetun ongelman. Materiaali osoittautui hankalammaksi työstää, kuin mitä ennalta oli odotettu. Kuten kuvassa 5 nähdään, levyjen urakuvionteihin jäi työstön jäljiltä nukkamaista epätasaisuutta. CNC-koneen tuottama työstöjälki oli haastavaa saada tasalaatuiseksi. Akustiikkalevyjä onnistuttiin työstämään, mutta viimeistelyn jälki oli vaihtelevaa.

Materiaalin soveltuvuutta testattiin myös mahdolliseen kuvien painantaan levyjen pintaan kuvassa 6 (sivu 32). Testi toteutettiin koulun sublimaatiotulostimella, joka on tarkoitettu esimerkiksi kankaiden kuviointiin. Tulostin hyödyntää siirtopainantamenetelmää, jossa kuva siirretään haluttuun materiaaliin lämmön sekä paineen avulla. Akustiikkalevyn materiaali koostuu osin kuiduista, joten oletuksena oli menetelmän soveltuvuus tällaiseen tuotteeseen.



Kuva 6. Sublimaatiotulostuksen testimateriaali

Kuvan 6 testi osoitti menetelmän toimivan kyseiselle akustiikkapaneeli materiaalille kuvan siirtyessä paneelin pintaan onnistuneesti. Kuvan laatu oli tarkka ja sen värit toistuivat oikein. Tästä testistä heräsi ajatus mahdollisuudesta yhdistää painettua grafiikkaa sekä CNC-koneen jyristää lisätäkseen kuvan syvyyttä levyssä urituksien avulla. Jatkotestejä tällaisesta menetelmästä ei toistaiseksi pystytty toteuttamaan opinnäytetyön rajallisen ajan puitteissa.

5.3 Prototyyppien valmistus

Prototyyppien toteutus lähti käyntiin erilaisten CNC-työstömenetelmien kokeiluilla, joiden pyrkimyksenä oli löytää mahdollisimman toimivat työstöarvot. Lopullisena tavoitteena olisi saada toteutettua beta-prototyyppi. Kyseessä olisi malli, jossa käytetään oikeaa haluttua materiaalia, suunniteltua työstömenetelmää (CNC) ja tähän liittyviä oikeita työkaluja. Tällainen prototyyppi soveltuu erilaisiin virallisiin viranomaistesteihin. (Kettunen 2001, 101.) Kokeilut alkoivat yksinkertaisten viivojen sekä kaarien jyrinnästä, joista testit siirtyivät näistä testeistä oppineena varsinaisten kuvioiden testaukseen. Testeissä käytössä oli erilaisia teriä niin kokonsa kuin myös ominaisuuksiensa osalta. Ensimmäisessä testiajossa pääongelmiksi muodostuivat leikkuujäljen epätasaisuus

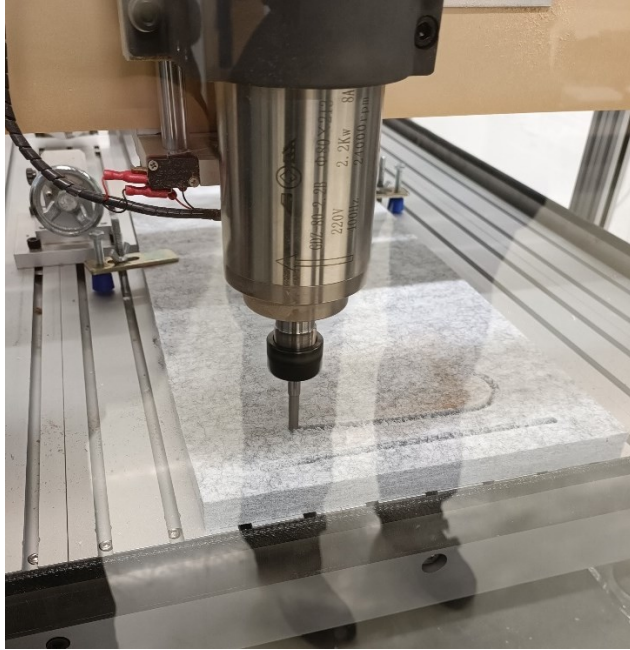
sekä osan teristä aiheuttaman kitkan vaikutus materiaaliin, sitä sulattaen. Kuvassa 7 nähdään kuvion jyrsinän onnistuneen siltä osin, että kokonaiskuva saatiin näkyviin, mutta leikkuujäljen epätasaisuus ja uraan jäänyt nukka pilasivat viimeistelyn.



Kuva 7. Ensimmäisen kuviodun prototyypin jyrsiä CNC-koneella

Kuvan 7 testissä kokeilussa oli puunsyytä jäljittelevä kuviointi. Mittakaavaa kuviossa laajennettiin huomattavasti verrattuna oikeaan puun läpileikkaukseen. Kuvion yleisilme vaikutti toimivalta, mutta arviointia vaikeutti työstäjäljen huono laatu. Kuvion eri asteiset kaaret toistuivat vaivattomasti CNC-terän leikkuun jäljiltä. Vaikkakin kokeilu epäonnistui viimeistelyn osalta, antoi se otolliset lähtökohdat kehittää konseptia eteenpäin.

Sopivien leikkuarvojen löytämiseksi kokeiluja suoritettiin myös koulun uudemmalla, pienellä CNC-koneella, kuvassa 8 (sivu 34). Kokeilut jatkuivat edelleen erilaisten terien soveltamisella sekä itse CNC-koneen asetuksia säätämällä oletettavasti toimivampaan suuntaan. Materiaali oli aivan uusi koulun koneiden käytössä, joten tuotetestauksessa oli osin arvailujen varassa, mihin suuntaan asetuksia ja muita säätöjä tulisi tehdä.

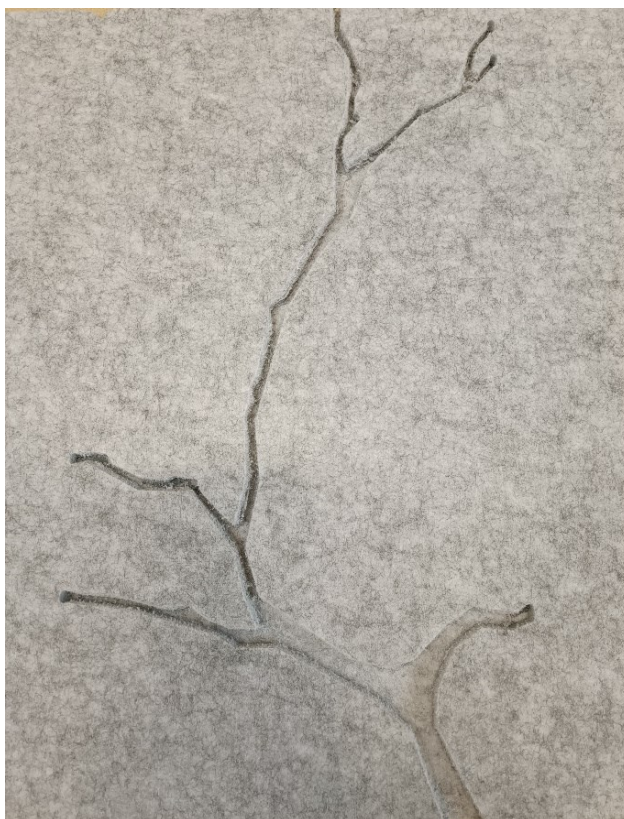


Kuva 8. Sopivien työstöarvojen hakua pienellä CNC-koneella

Testeissä huomioitiin esimerkiksi vaikuttaako terän pyörimisnopeus työstöjälkeen tai onko urien jyrkyyden suunnalla merkitystä lopputulokseen. Testeihin kuuluivat myös CNC-koneen erilaisten työstöjärjestyksien ja liikeratojen kokeilu. Näiden toimenpiteiden pyrkimyksenä oli toteuttaa mahdollisimman kokonaisvaltainen tuotetestaus CNC-koneilla. Kuvan 8 pienemmän CNC-koneen etuna oli muun muassa sen huomattavasti helpompi käytettävyys koulun isompaan teollisuustason CNC-koneeseen verrattuna. Ongelmana pienessä koneessa oli nimenomaan itse laitteen ja sen leikkuualueen rajallinen koko. Testimateriaalin levyjä ei saatu mahtumaan kokonaisuutena koneen leikkuualueelle.

Seuraavalla kerralla testejä jatkettiin jälleen suuremmalla CNC-koneella. Edellisistä testeistä opittujen tulosten perusteella CNC-koneen työstömenetelmiä muokattiin pyrkimyksenä parantaa heikkoa leikkujäljen viimeistelyä. Kokeilujen tuloksena löytyi tähän mennessä tarkimman jäljen tuottava menetelmä. Epätarkkuuksia esiintyi kuitenkin edelleen, mutta jälki oli parantunut ensimmäisestä testistä jo huomattavasti. Lupaavaksi todetun menetelmän pohjalta akustiikkalevyjen suunniteltuihin kuvioihin oli tehtävä hienosäätöjä, jotka osaltaan parantaisivat työstöjälkeä. Testeissä huomioitiin myös eri työstöjärjestysten vaikutusta lopputulokseen. Kokeilujen tuloksena löytyi karkea raja-arvo, kuinka paljon levyn materiaalia voidaan kerralla työstää tarkan lopputuloksen

saavuttamiseksi. Alapuolella kuvassa 9 yksi esimerkki tämän kokeilukerran vedoksista.



Kuva 9. Kallionhalkeama kuvion jrsintätesti

Kuvan 9 kallio aiheen toteutuksen kokeiluista selvisi uusia mahdollisuuksia sekä ongelmia. Kuviota testattiin useita pienennettyjä versioita rinnakkain samaan levyyn. Näin voitiin testivedoksia vertailla helposti rinnakkain niiden ollessa samassa levyssä. Kallio kuvioidin toteutus toimi värillisesti erittäin hyvin testimateriaalin luonnonharmaassa sävyssä.

Aiempien testien tulosten perusteella pyrittiin vielä etsimään mahdollisia uusia kokeilemattomia tekniikoita työstössä. Testimenetelmistä työstön erisuuntaisia liikeitä ei tähän mennessä vielä ollut testattu. Työstömenetelmien variaatioita löytyy konetyypin mukaan kymmenittäin. CNC-koneen liikeratojen eri variaatioilla saavutettiin työstöjäljessä jo huomattavia eroja kuvassa 10 (sivu 36) näkyvällä tavalla.



Kuva 10. Kaksi erilaista testauskappaletta

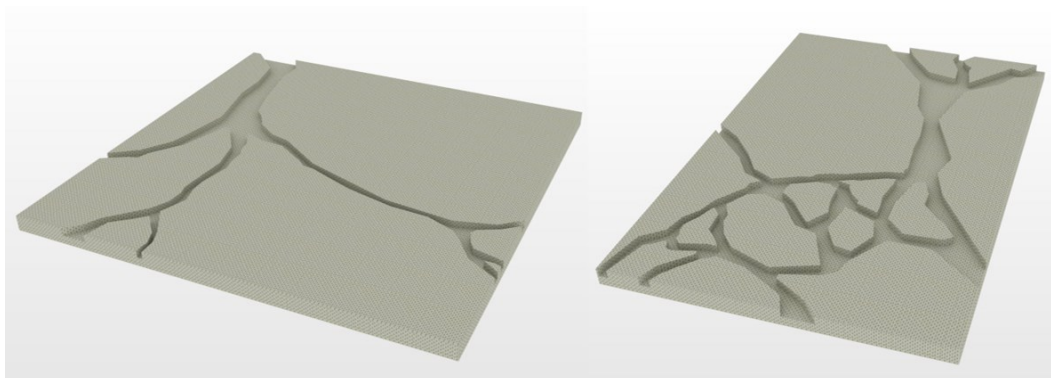
Kuvassa 10 näkyvän kahden eri testivedoksen välinen ero on huomattava. Tämä kuva osoittaa hyvin, kuinka hankalaa uuden materiaalin työstön kehittäminen todellisuudessa voi olla. Läpi koko tuotetestausprosessin lopputulokset eri testivedoksissa vaihtelivat kuvan mukaisella tavalla paikoin suurestikin. Pieni asetusten muutos CNC-koneen ohjelmoinnissa saattoi aiheuttaa suuria kehitysharppauksia. Kaikki pienetkin muutokset pyrittiin kirjaamaan ylös testien dokumentointiin, jotta mahdollisia läpimurtotekijöitä voidaan tutkia jälkikäteen.

5.4 Valmis tuotekonsepti

Tuotekonsepteissa pohjalla on uusien ideoiden usein ensimmäiset aineellistumat. Uuden vision ymmärtämiseksi kaivataan konkreettisia asioita ja esineitä, joilla helpotetaan aineettomien ideoiden ymmärtämistä. Näitä helpottavia konkretisoivia malleja kutsutaan tuotekonsepteiksi. Uusien ideoiden suunnittelulle on välttämätöntä karkeat tuotekonseptimallit, etenkin jos vastaavia tuotteita ei vielä löydy. Ideoiden aineellistaminen konsepteiksi helpottaa tuotteiden kehitystiimien työskentelyä ja yhteispeliä prosessin edetessä. Konseptien avulla voidaan varmistaa, että kaikki ovat tuotteen ideasta sekä toiminnasta

perillä yhtä kattavasti riippumatta suunnitteluroolista projektissa. Konsepti voidaan siis nähdä yksinkertaisena kuvana tai prototyypinä, jota kaikki osaavat tulkita. (Kokkonen ym. 2005.)

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli viedä tuotekehitystä mahdollisimman pitkälle, mutta työn tutkimustulosten niin vaatiessa pyrkiä vähintään konseptitason tuotesuunnitelmaan. Tuotteen ilmeestä on työn aikana toteutettu eri tekniikoin useita erilaisia mallimateriaaleja. Näitä malleja on toteutettu esimerkiksi käsin piirtäen sekä digitaalisesti kuten esimerkiksi kuvassa 11 esitetyt 3D-mallinnukset. Näiden erilaisten mallien tavoitteena on esittää tuoteidean kyvykkyyttä visuaalisesta näkökulmasta. Yksipuolisuuden välttämiseksi eri aiheideoista on toteutettu erilaisia malleja, jotta kokonaiskuvaa voidaan tarkastella kriittisesti. Mikä mahdollisesti toimii visuaalisesti ja missä on mahdollisesti parannettavaa. Tuotetut kuvamateriaalit ovat toimiva keino pohtia tuotekonseptin ilmettä yhdessä toimeksiantajan kanssa. Tuotettujen hahmotelmien sekä tarkempien visualisointien avulla on voitu varmistaa yhteisymmärrys konseptin suunnasta sekä yleisestä tyylistä.



Kuva 11. 3D-mallinnuksia konseptin visuaalisesta ilmeestä

Kuvassa 11 on mallinnettu vasemmalla kallionhalkeamaa ja oikealla puolella jäämurtumaa kuvastavat aiheet. Työhön tuotettujen aiheiden suunnittelua on tutkittu niin, että kuvioita voidaan skaalata erilaisiksi yhdistelmiksi. Kyse voi olla muutaman palan yksityiskohdasta isossa seinäpinnassa tai koko seinäpinnan läpi kulkeva jatkuva kuviointi. Tästä syystä kuvioiden ideoiden on pysyttävä tarpeeksi yksinkertaisina sekä helposti jatkettavina. Esimerkiksi kuvan 11

jäämurtuma aihetta voisi hyödyntää seinäpinnan yhdestä kulmasta alkavana isona halkeamana, joka kaventuu edetessään seinää pitkin kuvan 12 tavalla.



Kuva 12. 3D-mallinnus esimerkkiasetelmasta kuvioiden skaalautuvuudesta

Kuvan 12 esimerkki on vain yksi monista skaalaus mahdollisuuksista tuotekonseptissa. Idea toimii näin yksittäisenä levynä kuin myös esimerkiksi 12 levyn kokonaisuutena, jolle kuviota levittää. Kuvion tyyli voi vaikuttaa skaalauksen toimivuuteen, mutta kyse on enemmän makuasiasta tässä tapauksessa. Vaikuttavana tekijänä on myös levyihin haluttu aihe sekä sen koko ja väri.

5.5 Tuotteistaminen

Ei ole lainkaan yksiselitteistä, kuinka uutta tuoteideaa tuodaan markkinoille. Tuotteen markkinoille saattaminen ja kaupallistamisen keinot riippuvat paljolti idean lähtökohdista. Oleellinen ero syntyy esimerkiksi yksityisen keksijän ja suuryrityksen tuottamien ideoiden välillä, jolloin ero käytettävien resurssien kohdalla on suuri. Uusi innovaatio voi päätyä markkinoille yhtä hyvin myös vahingon kautta, eikä lainkaan tavoitteellisesti. Kaupallistamiselle ei ole lähtökohtien moninaisuuden vuoksi yhtä selkeää kaavaa. Tämän vuoksi on toimivampaa ymmärtää innovaatioprosessin toimivuus ja erityispiirteet, joita hyödyntää tuotteistamisen vaiheissa. Tämän avulla saadaan neuvoja toteuttaa

kehitystyötä ja tuotteen hyödyntämistä esimerkiksi markkinoilla. (Fogelholm 2009.)

Reitti keksinnön ideasta markkinoille voi Fogelholmin (Fogelholm 2009) mukaan mennä teoriassa esimerkiksi seuraavalla tavalla. Kaikki alkaa oivalluksesta, havainnosta taikka markkinoilla huomatuista tarpeista. Kehitys etenee visioon uuden tuotteen kokonaisuudesta. Tämän jälkeen alkaa laskelmointi, suunnittelu ja piirrosten luonti. Olisi myös hyvä tutkia idean uutuusarvoa uutuustutkimuksen muodossa esimerkiksi kilpailija-analyysin kautta. Suunnitelmien jälkeen toteutetaan malleja sekä prototyyppejä idean suunnitelmien pohjalta. Teollisen suojan harkitseminen esimerkiksi patenttien muodossa on hyvä ottaa ajoissa huomioon. Tuotetta olisi myös oleellinen analysoida taloudellisesta näkökulmasta, minkälaisia kustannuksia valmistus ja markkinointi muun muassa aiheuttavat. Miltä tuotteen markkinat näyttävät kooltaan, kilpailijoiltaan ja potentiaaliltaan? Lopuksi olisi hyvä suorittaa erilaisia käyttäjätestejä, joiden pohjalta voidaan toteuttaa tuotekehityksiä sekä korjauksia ennen julkaisua. Jos kyseessä on yksityinen toimija tuotteensa kehityksessä, voi hän harkita tuotteen lisensoimista suuremmalle toimijalle, jolloin tuotantokapasiteetti sekä muut tekniset ominaisuudet voivat parantua huomattavasti.

Tuotteen valmistukseen liittyy suunnitteluvaiheiden jälkeen edelleen useita toimenpiteitä, jotka vaikuttavat lopulliseen markkinoille tuotavaan tuotteeseen. Idean tuotteistamiseen liittyy useita vaiheita valmistusmenetelmien valinnasta aina materiaaleihin sekä muotoiluun. Puhuttaessa fyysisten tuotteiden kehittämisestä olisi näissä prosesseissa aina tärkeää tuottaa nollasarja, jonka pohjalta voidaan toteuttaa viimeisiä käyttäjätestejä mahdollisia hienosäätöjä ajatellen. Tärkeää on muistaa kehitystyössä myös se, ettei kuluttaja osta ainoastaan uutuusarvoon nojaten, kuluttajalla on myös oltava tarve tuotteelle. Tuotteen markkinoihin voi myös liittyä erilaisia lainsäädäntöjä, jotka olisi hyvä ennalta selvittää ja hallita. Jos tuotteen kehittelystä vastaa jollain muotoa pienempi yritys/taho, voidaan tuotteelle etsiä alihankkijayritys, joka tehostaa tuotantoketjua. (Fogelholm 2009.)

Omaa tuotekehitystä arvioidessa on hyvä muistaa kriittisyys ja puolueettomuus, koska omaa ideaansa helposti katsoo liian varmasti ja vahvalla luotolla. Tässä työssä on tasapainoteltava toimeksiantajan määrittelemien rajojen sekä

omien visioiden välillä. Puntaroinnin kohde vaihtelee tilannekohtaisesti eri tahojen näkemysten painoarvon sekä tuotteen kokonaiskehityksen kannalta. Työn lähtökohtana toimeksiantajayritys on kuitenkin ojentanut muotoilun näkemysten toteuttamisen muotoilijalle suunnittelun toteuttajana. Huomioitavaa on kuitenkin kunnioittaa myös yrityksen asettamia toiveita ja rajoja. Yritys on antanut alussa muutamia ohjenuoria, joista suunnittelijan vastuulla on löytää ja esittää kiinnostavimmat sekä oletettavasti toimivimmat aiheet ja keinot.

Tuotekehityksen tärkeä vertailuarvo on kilpailija-analyysin koostaminen. Pohdittaessa oman tuotteen kokonaisuutta, on toimiva keino kerätä tietoa muiden valmistajien käyttämistä ominaisuuksista ja tuotteista yleisesti (Kettunen 2001, 64). Vertailun toteuttaminen voi olla tapauskohtaisesti hankalaa taikka helppoa, mutta se kannattaa toteuttaa. Kilpailijakartoituksen myötä voidaan luoda tehokkaasti kuvaa markkinoilla vallitsevista trendeistä, ja näitä hyödyntäen peilata tietoa omaan suunnittelutyöhön sekä muotoiluun toimeksiannon näkökulmasta. Akustiikkalevyjen muokattavuutta löytyy jonkin verran markkinoilta, tosin tarkemmin CNC-työstöstä löytyy varsin vähän mainintoja. Alan markkinoiden kilpailu on jo nyt kovaa laajan valinnanvaran vuoksi ja tilanne vaikeutuu teknologian kehityksen ja saapuvien innovaatioiden myötä. Yhtenä työn osana toteutettiin alan markkinoita tutkiva kilpailija-analyysi. Kuvaan 13 kerättiin esimerkkejä löytyneistä, tätä opinnäytetyötä muistuttavista tuotteista.



Mitä markkinoilta löytyy jo?

Koontia arvioidessa markkinoilla näyttäisi vaikuttavan vahvasti tuotteen räätälöinti ja muuntuvuus asiakkaan toiveiden mukaisiksi. Tähän viitaten yksinkertaistettuna opinnäytetyön CNC-räätälöinti asiakkaille voisi toimia markkinoiden kysyntään. Löydetyissä, työn konseptia muistuttavissa tuotteissa ei kuitenkaan hyödynnetä CNC-konetta. Kuten kuvan 13 pohjalta voidaan jo tulkita, koostuvat markkinat suurilta osin yksinkertaisista eri muotoisista paneeleista. Suurin osa näistä on yhdisteltävissä, jolloin samaa pientä muotoa koottaessa saadaan isompia uusia kuvioita. Tässä yksityiskohdassa piilee markkinoiden puute, lähtökohtaisesti isoja seinäteoksia akustoivilla tuotteilla ei juurikaan saada valmiina. Tuotteet ovat yksinkertaisia geometrisiä muotoja, joita yhdistellään palapelimaisesti suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Markkinakartoitusta kootessa löytyi muutamia enemmän taidemaisia teoksia suuremmissa paneelikoissa. Tästä huolimatta asiakkaan mieltymysten mukaan muokattavat tuotteet vaikuttaisivat olevan markkinoilla harvinaisia. Asiakastoiveiden mukaan tuotettavien paneelien määrää markkinoilla on kuitenkin vaikea tarkasti määrittellä, mutta tarkastelun perusteella kyse ei ole vielä kovin suuresta määrästä.

6 AKUSTIIKKAPANEELIN EKOLOGISUUS

Tämän opinnäytetyön yksi näkökulma on ekologisuus ja kuinka tätä voitaisiin edistää tuotekonseptin kautta. Työhön määritelty materiaali itsessään ratkoo tämän päivän kierrätysongelmia hyödyntämällä mahdollisimman paljon kierrätettyä muovia. Tuotekehitystä jatkaessa kiinnittyy huomio esimerkiksi tuotteen valmistuksesta ja kuljettamisesta aiheutuviin kuluihin. Myös CNC-koneen käyttö vie runsaasti energiaa, joten työstömenetelmien tulisi olla mahdollisimman tehokkaita saatavan hyödyn maksimoimiseksi. Materiaali itsessään ei ole kovin painavaa, mutta kuljetusta voidaan helpottaa myös tuotekoon ja muodon optimoinnilla.

Ekologisuutta ajavia toimenpiteitä on vireillä niin suuressa skaalassa Yhdistyneiden kansakuntien tasolla kuin myös erilaisin pienempien toimenpiteiden muodossa, esimerkiksi yritysten sisällä tapahtuvassa kehitystoiminnassa. YK:n kestävän kehityksen tavoitteet ovat hyvä esimerkki ison linjan tavoitteista kohti ympäristöystävällisempää, kehittynyttä maailmaa. Syksyllä 2015 YK:n jäsenmaat päätyivät yhteiseen päätökseen sitovista toimista kohti kestävämpää kehitystä vuoteen 2030 mennessä koko maapallon laajuisesti. Ohjelma sisältää yhteensä 17 päätavoitetta sisältäen useita alatavoitteita, jotka tähtäävät muun muassa köyhyyden poistamiseen, sukupuolten tasa-arvoon ja vastuulliseen kuluttamiseen. Tavoitteissa huomioidaan talouden kehitys yhä enemmän ympäristöä huomioivaan suuntaan, resurssien tehokkaampaa käyttöä ja teolliseen tutkimukseen panostamista. Koska noin puolet maapallon ihmisistä asuu kaupungeissa, nostetaan tavoitteissa esiin kaupunkiympäristöjen kehittämistyön. Tavoitteissa tuodaan esiin tämänhetkinen kuluttamisen ongelma ja kuinka väkiluvun noustessa tarvitsisimme monin kertaisesti maapallomme luonnonvarat pitääksemme yllä kulutustottumuksiamme. On siis kehitettävä luonnonvarojen käytön tehokkuutta ja samalla pyrittävä minimoimaan jätteiden määrä. Isona osana tavoitteita ovat erilaiset ilmastoteot ja niiden toteutus, pyrkimyksenä hillitä ilmastomuutosta. Tavoitteissa mainitaan esimerkiksi siitä, kuinka ilmastonmuutos pitäisi ottaa osaksi kaikenlaista suunnittelutyötä. (YK-liitto 2017.)

6.1 Ekologinen muotoilu

Kestävän kehityksen perusidea on muuttaa sitä, kuinka ihmiset ajattelevat, suunnittelevat, rakentavat ja luovat sekä kuinka he ylläpitävät rakennettua ympäristöä (Jaffe, Fleming ym. 2020, 21). Yhä kasvava trendi muotoilun ja suunnittelun saralla on pyrkiä entistä ympäristöystävällisempiin tuotteisiin. Tuotteisiin liittyvät materiaalit sekä niiden prosessit ovat tärkeä osa tätä muotoilun onnistumista ympäristöystävällisyyden kannalta. Kestävään kehitykseen tähtäävä muotoilu on viime vuosikymmenien jatkuvassa kasvussa oleva trendi, jossa lisäpainetta yrityksille on luonut ilmastonmuutos ja sen aiheuttamat ongelmat. Eri valtiot ja EU myöntävät tänä päivänä herkästi erilaisia tukia suunnittelulle, joka pyrkii edistämään tuotteiden sekä palveluiden ekologisuutta. Suurta huolta herättää käsillä oleva merien muovisaasteen ja mikromuovien tuomat vaarat ekosysteemeille ja ihmisille. Muovin ongelmallisuudesta on syntynyt jo suuri määrä tuotekehityksiä ja innovaatioita taistelemaan ongelmaa vastaan. (Miettinen 2021, 113.) Huoli luonnon kantokyvystä kasvaa entisestään ja esimerkiksi Sitra on nostanut tätä koskevia ongelmia esiin megatrendien katsauksessaan muun muassa ylikulutuksen ja resurssien riittävyyden huolen suhteen. (Dufva & Rekola, 2023.) Näihin ongelmiin on eri ammattikuntien etsittävä toiminnassaan ratkaisuja, muotoilijat mukaan lukien.

Kestävän kehityksen erilaiset toimenpiteet muodostavat oleellisen osan ekologisen muotoilun menetelmistä. Tällä pyritään hillitsemään yleisesti kaikkia maapallomme luonnonvarojen liikakäyttöä ja samalla ylläpitämään sekä suojelemaan erilaisia luonnonympäristöjä ja niiden resursseja. Kaikessa toiminnassa pitäisi pyrkiä minimoimaan syntyvien jätteiden määrä ja näin tehostaa raaka-aineiden kiertoa. Uusien ympäristöjen suunnittelu sekä rakentaminen pitäisi tähdätä hyvinvoinnin luontiin, parantamiseen ja säilyttämiseen osana rakennettua ympäristöä. Uusien rakennettujen ympäristöjen tulisi olla myös muuntuvia, jolloin ne palvelevat laajempaa käyttäjäkuntaa ja näin säästävät tilaa ja resursseja. Kestävän kehityksen keinot eivät rajoitu ainoastaan energian ja resurssien säästöön, vaan siinä on kyse paljon laajemmasta tavasta toteuttaa suunnittelua. (Jaffe, Fleming ym. 2020, 22–23.) Keinot tuottaa ja toteuttaa suunnittelua ulottuvat todella laajalle alalle, jossa on hyvä huomioida vaikuttavia tekijöitä monipuolisesti sekä tapauskohtaisesti. Ei ole yksiselitteistä keinoa

toteuttaa muotoilua ekologisesta näkökulmasta. Muotoilija voi etsiä keinoja esimerkiksi materiaalien käytön minimointiin tuotteessa.

Tämän opinnäytetyön tuotesuunnittelussa ekologista muotoilua toteutetaan ohjaamalla kierrätettyä materiaalia uusiokäyttöön ja näin vähentäen neitseellisten materiaalien käyttöä. Työn tuotemateriaali itsessään osallistuu omalta osaltaan muovijätteen vähentämiseen hyödyntäessään kierrätysmuovista saatavaa materiaalia. Materiaalin valmistus ja sen kierto tukee kierrätystä ja mahdollistaa parhaimmillaan suljetun kierron. Tuotteen valmistuksen optimointi ja tarkka suunnittelu vähentävät virheiden sekä materiaalihukan määrää. Tuotekonseptin etuna verrattuna vesileikkaukseen on sen vähäisempi materiaalin tarve. Esimerkiksi kun CNC-koneella saadaan tuotettua yhdelle levyille eri tasoisia kuviointeja, tarvitsee vesileikkauksessa samaan tulokseen leikata useasta levystä paloja, joita pinota päällekkäin.

6.2 Kiertotalous

Kiertotalousideologia juontaa juurensa 2002 esitettyyn ajatukseen siitä, kuinka talouden pitäisi pyrkiä kierrättämään tuotannossaan materiaaleja sekä raaka-aineita mahdollisimman pitkälle ja pitkään. Tämä toiminta osin tukee ekologisia tavoitteita ja vähentää materiaalihävikin määrää tuotannossa. Kiertotalouden pyrkimyksenä on päästä eroon vanhanaikaisesta hanki, valmista ja hävitä -talousjärjestelmästä. Kiertotalous laajentaa toimintakenttää yli teollisuusrajojen ja pyrkii luomaan uusia yhteistyöväyliä teollisten jaosten välille. Toisen yrityksen "hukkajätteestä" voi toinen yritys hyötyä esimerkiksi jatkojalostuksen avulla. Kiertotalouden näkökulmasta esimerkiksi kaatopaikalle tai polttoon päätyvä materiaali on hukkaan heitettyä ja näin ollen pois kokonaismateriaalikierrosta. Yksinkertaistettuna kiertotaloudessa on kyse vanhan, elinkaarensa päässä tavoittaneen tuotteen materiaalien saamisesta uudelleen jalostukseen ja näin uudelleen hyödyntämiseen. (Seppälä, Sahimaa ym. 2016 ,10–14.)

Kiertotalouteen kuuluu oleellisesti osana myös uudenlainen ajattelutapa jakamisen ja vuokrauksen hyödyntämisestä, jolloin vältetään uuden ostamista. Tuotteiden suunnittelulla on suuri vaikutus kiertotalouden toimivuuteen ja on-

nistumiseen. Kun tuotteiden muotoilu ja suunnittelu toteutetaan oikein, säästetään esimerkiksi energiaa valmistuksessa, helpotetaan tuotteiden kierrätettävyyttä ja mahdollista korjattavuutta. (Seppälä, Sahimaa ym. 2016 ,10–14.)

6.3 Materiaalin kierrätettävyys

Kierrätyksessä yksinkertaistettuna kyse on materiaalin uudelleen kierrosta teollisuuden raaka-aineena. Tässä jätteistä muodostetaan uusia tuotteita, materiaaleja taikka aineita alkuperäiseen tai uusiin käyttötarpeisiin. Valtiot muun muassa seuraavat kierrätysastetta, joka kuvaa uusien valmistettavien ja kierrätettyjen materiaalien suhdetta. Esimerkiksi Suomessa vuonna 2016 syntyi 2,8 miljoonaa tonnia yhdyskuntajätettä, eli asumiseen liittyvää jätettä, jonka kierrätysasteeksi asettui 42 %. Valtioneuvoston julkaisussa (2018, 11–18) käy ilmi, kuinka viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana yhdyskuntajätteen hyödyntämisen monipuolisuus on laajentunut valtavasti ja samalla kaatopaikalle päätyvän jätteen määrä on laskenut kymmenistä prosenteista muutamaaan. EU:n sisällä kierrätysasteen toteuma vaihtelee paljon maiden välillä, eivätkä kaikki maat pääse tavoiteltuun 50 % asteeseen. Tähän opinnäytetyöhön liittyy muovin kierrätys ja sen keinot, sillä työssä käytettävä materiaali hyödyntää osanaan kierrätysmuovia. Edellä mainitun julkaisun kuvaajista selviää, kuinka Suomessa vuonna 2015 yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä reilu 300 000 tuhatta tonnia oli muovijätettä.

Muovien kierrätyksessä käytetään nykYTEknologian useita eri keinoja. Nämä keinot voidaan jakaa primäärisiin, sekundäärisiin, tertiäärisiin ja kvartiäärisiin menetelmiin. Edellä mainitun järjestyksen mukaisesti ensimmäisen keinon tarkoitus on hyödyntää materiaali sellaisenaan taikka alkuperäisen tuotteen tavoin ilman materiaalin arvonmenetystä suljettuna kierrätyksenä (closed-loop). Sekundäärisen kierrätyksen (open-loop) ideana on muovimateriaalien talteenotto sekä mahdollinen uudelleen muokkaus eri tuotteiden raaka-aineiksi, josta usein seuraa materiaalin laadun heikkeneminen. Lopuissa tavoissa hyödynnetään kemiaa materiaalien prosessoinnissa, taikka muovia käytetään energiahyödykkeenä. Lähes kaikki muovin kierrätys lähtee tuotteen murskaamisesta pelleteiksi, jonka jälkeen prosessi etenee jokaiselle kierrätystavalle ominai-

sesti. Oleellinen ongelma muovien kierrätyksessä piilee eri muovilaatujen yhteensopimattomuudessa, jolloin lajitteluun vaaditaan paljon aikaa ja energiaa. (Eskelinen ym. 2016, 19–21.) Työssä käytettävän levymateriaalin hyödyntämä kierrätys PET-muovi on varsin yleinen materiaali kierrätyskäytössä osin juuri sen monipuolisen hyödynnettävyytensä ansiosta. Materiaalia on myös paljon saatavilla, esimerkiksi muovipulloista aiheutuvien kierrätysmateriaalien vuoksi.

Keksittäessä uusia tuotteita tai käyttökohteita, niin uusille kuin kierrätysmateriaaleille, olisi tärkeä ratkaista tuotteen mahdolliset kierrätysongelmat jo ennen tuotteen toteuttamista. Tällä keinolla vältettäisiin yhä uusien jätevirtojen synty. Tämän opinnäytetyön tuotteen kohdalla kyse on siitä, kuinka akustiikkalevyjen materiaali voidaan hyödyntää yhä uudelleen ja uudelleen samanlaisen materiaalin tuottamiseksi closed-loop menetelmällä. Tuotteiden työstöstä aiheutuva puru voidaan kerätä myös talteen ja palauttaa materiaalikiertoon tuotteiden valmistukseen. Tuotteessa käytettävä materiaali on osaltaan itsessään kierrätysmateriaali, mutta miten on materiaalin laadun kestävyden laita? Tätä puolta työssä ei voida testata, kuinka pitkälle materiaalikiertoa voidaan toteuttaa? Alkaako kierrätetty materiaali heikkenemään laadultaan, ja kuinka monen kierrätyskerran jälkeen. Tämän päivän tuotekehityksessä materiaalien kierto, ilman kaatopaikalle päätyvää sivujätettä, on muodostunut lähes välttämättömäksi kestävänsä kehityksen takaamiseksi. Tuotteiden elinkaarta ja jatkokäyttöä pitäisi pyrkiä pidentämään mahdollisimman paljon. Tähän voivat tuotekehitys sekä muotoilu omalta osaltaan vaikuttaa.

6.4 Materiaalitehokkuus

Yksinkertaisesti materiaalitehokkuuden ytimenä toimii tavoite saada mahdollisimman vähästä materiaalista mahdollisimman paljon hyötyä irti. Tuotannon pitäisi pyrkiä minimoimaan materiaalin käyttö ja etenkin neitseellisen vielä käyttämättömien raaka-aineiden kulutus. Kyse on koko tuotteen elinkaaren käsittävistä tarkastelusta, johon kuuluu eri vaiheita alkutuotannosta aina tuotteen kierrätykseen saakka. Materiaalien käytön säästön saavuttamiseksi löytyy tämän päivän teknologian avulla useita keinoja. Tuotteeseen käytettävä materiaali itsessään voi jo mahdollistaa materiaalin säästöä, jos kyse on esimerkiksi osin tai kokonaan kierrätysmateriaalista valmistetusta tuotteesta.

Tuotteen pakkaus tai sen koko ovat yksi keino toteuttaa tätä, kuin myös itse tuotteen tuotantotilojen ominaisuuksien tarkastelu ja optimointi. Materiaalitehokkuuden edistäminen vähentää tuotannosta syntyvän jätteen määrää ja näin ollen vähentää materiaalihukan muodostumista. Uutta luodessa pyrkimyksenä kuuluisi olla, että tuote kiertäisi käytössä materiaaleina mahdollisimman pitkään kierrätyksen avulla. Materiaalitehokkuuden parantamisen keinoja voidaan löytää myös itse teollisuudesta optimoimalla tuotantoon liittyviä prosesseja. Pienellä muokkauksella samasta määrästä materiaalia voidaan saada jo monen prosentin verran enemmän hyötyä irti valmistuksessa. Myös se, kuinka helposti tuotetta voidaan korjata uuden ostamisen sijaan, vaikuttaa merkittävästi materiaalitehokkuuden toteutumiseen. (Rantanen 2021.)

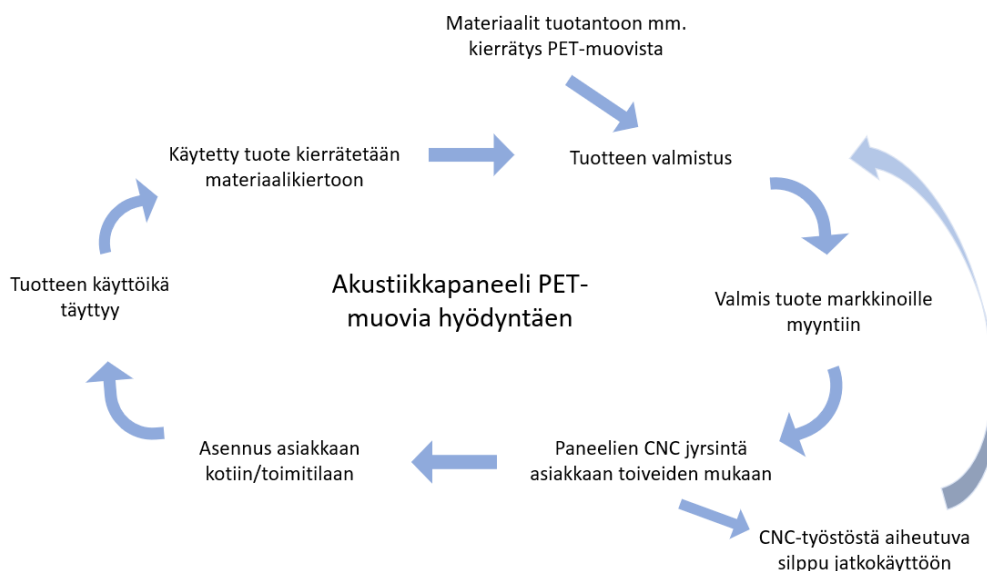
Tämän työn aihe pyrkii osaltaan selkeästi materiaalitehokkuuden maksimointiin. Tuotteen materiaali valmistetaan hyödyntäen kierrätettyä materiaalia, jota voidaan tuotteen käyttöänsä päässä kierrättää yhä uudelleen. Teoriassa tuotantoketju voisi toimia tietyn pisteen jälkeen pelkkien kierrätettävien vanhojen, jo käytettyjen akustiikkalevyjen materiaalilla. Koska levy materiaali on tasaista sekoitetta, se voidaan pilkkoa kierrätyksen kautta uusien levyjen raaka-aineeksi. Tällaisen kierron toteutuessa järjestyisi suljettu materiaalin kierto (closed loop), johon ei tarvitsi lisätä uusia raaka-aineita. Tällaisen kierrätysketjun aikaansaamiseksi olisi oletettavasti kuitenkin kehitettävä jonkinlainen panttijärjestelmä. Tämä voisi olla ikään kuin pullonpalautusjärjestelmä, jonka avulla kuluttajia kannustettaisiin palauttamaan vanhat paneelit kiertoon.

6.5 Tuotteen elinkaari

Uuden luomista tulisi tämän päivän kulutusyhteiskunnassa välttää mahdollisimman paljon, mikäli jotain vastaavaa löytyy jo valmiiksi. Kuvitellaan tilanne, jossa akustiikkalevy on saavuttanut sen hetkiselä kuluttajalla elinikänsä päätteen ja on aika kierrättää tuote. Sen sijaan, että tuote päättyy silppuriin, jossa siitä valmistettaisiin materiaalia uusien levyjen rakenneaineeksi, voidaan sille etsiä uusi omistaja second hand-menetelmän mukaisesti. Tällainen omistajaa vaihtava menetelmä säästää paljon energiaa tuotteen valmistamisen ja mahdollisten kuljetusten jäädessä pois. Uuden omistajan löytäminen voi osoittautua tällaisessa kierrätysmenetelmässä ongelmaksi tuotekonseptin luonteen

vuoksi, kun kyseessä on asiakkaille räätälöidyt CNC-kuvioidut akustiikkapaneelit. Kun akustiikkapaneelin on työstetty urakuviointit, ei niitä voida enää poistaa, vaan ainoastaan lisätä tarpeen tullen. Uuden omistajan on siis tässä tapauksessa hyväksyttävä jo olemassa olevat kuviot kierrätetyissä tuotteissa.

Alapuolella kuvassa 14 on muodostettu yksi esimerkki tuotekonseptin mahdollisesta elinkaaresta, mikäli tuote toteutettaisiin markkinoille. Kuvaajasta 14 nähdään, kuinka prosessista aiheutuvaa materiaalien sivuvirtaa hyödynnetään osana materiaalin kiertoa, jolloin materiaalihukkaa pyritään minimoimaan. Kuvan malli on hyvin yksinkertaistettu, mutta siitä voidaan huomata oleellinen materiaalin lähes suljettu kierto.



Kuva 14. Esimerkki tuotekonseptin kuvitellusta elinkaaresta

Suljetulla materiaalien kierrolla on selkeä vaikutus tuotekonseptin ympäristöystävällisyyttä ajatellen. Tuotteen elinkaari voi teoriassa toimia jatkuvana kiertona ja kun kierrossa on tarpeeksi vanhoista levyistä saatavaa materiaalia, voisi kiertoon lisättävästä ulkopuolisesta materiaalivirrasta luopua. Tässä piilee kuitenkin muuttujana materiaalin laadun mahdollinen heikkeneminen jatkuvan kierron myötä. Kyseinen ongelma vaatisi jatkotutkimuksia. Myös tuotteen käyttöikä on kysymysmerkki, kun on vielä kyse enemmän tuotekonseptista. Tuotteen kuluma voi olla hyvin minimaalista, jolloin tuote siirtyy lähtökohtaisesti kierrätykseen vasta vuosikymmenten jälkeen tai kun paneelien ulkonäköön kyllästytään ja halutaan uudistaa visuaalista ilmettä. Materiaalin kierron

sykli voisi olla hyvinkin pitkä, joka toisaalta on materiaalin määrän käytön suhteen positiivista ympäristöystävällisyyden kannalta. Toisaalta jokainen uusi levy sitoo kierrätysmuovia. Kysymys kuuluu, missä kohtaa löytyy tehokkain ympäristöystävällisyyden suhde sopivan aikasyklin suhteen? Kuvan 14 eri kohdissa näkyvät nämä tuote-elinkaaren päävaiheet, mutta siitä puuttuvat mahdolliset tekniset muuttujat ja muut avoimet kysymykset.

7 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS

Opinnäytetyön tutkimuksen luotettavuus pohjautuu kirjallisten sekä sähköisten aineistojen tutkittuun tietoon. Aineistojen keruussa on pyritty hyödyntämään mahdollisimman laajasti virallisia tutkimuksia ja tiedeyhteisöjen julkaisuja. Käytettyihin aineistoihin on viitattu XAMK:in lähdeviiteohjeistuksen mukaisesti. Muutamia tietolähteitä on kerätty akustiikka-alaa koskevien yritysten nettisivuilta, mutta näissä tapauksissa tieto on akustiikan yleisiä normeja, eikä koske yrityksen tuotteita. Kirjoitetun aineiston lisäksi tietoa on kerätty myös haastatteleamalla työn aihepiirin alan osaajia Teams-sovelluksen sekä sähköpostin välityksellä. Näillä toimilla on pyritty saavuttamaan mahdollisimman ajankoh- taista ja uutta tietoa koskien työn tutkimusta. Työn sisältämän aineiston luotet- tavuutta lisää tutkimustyössä käytettyjen monipuolisten tutkimusmenetelmien määrä.

Työssä tuotettuja prototyypimalleja on dokumentoitu mahdollisimman tar- kasti. Havainnointi on toiminut oleellisena osana tutkimusmenetelmiä ja sitä on toteutettu mahdollisimman puolueettomasti. Tuotetuista koevedoksista on otettu kuvia eri vaiheista ja tuloksia sekä arvoja on kirjattu päiväkirjamaisesti ylös. Työstövaiheita on seurattu tarkasti ja tehtyjä huomioita on kirjattu ylös. Nämä tuotekehityksen vaiheiden muistiinpanot ja tarkka dokumentointi tukevat työn luotettavuutta. Tarkan dokumentoinnin ansiosta työn tuloksiin on helppo palata takaisin esimerkiksi jatkokehityksen merkeissä. Prototyyppien testauk- sien tuloksia on arvioitu kriittisesti sekä puolueettomasti.

Suoria referenssikohteita työlle ei löytynyt, mutta vertailua suoritettiin saman tyyliin tuotteisiin. Tämän opinnäytetyön kaltainen CNC-työstö oli markkinoi- den tarjonnassa uutta, mutta vastaavanlaisia tekniikoita löytyi esimerkiksi levy- jen vesileikkauksesta. Vertailukohteiden puute aiheutti tutkimustyölle oman haasteen osittaisen yksipuolisuuden vuoksi. Markkinoiden tarjontaa vertailtiin kilpailija-analyysin keinoin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa mahdollisimman pitkälle vietyä tuotekehitystä Akustiikkapalvelut -yritykselle. Ajatus CNC-koneen käytöstä tutkimuksessa tuli toimeksiantajalta. Toimeksiantajayritys kaipasi tuotekehitykseen muotoilijan näkökulmaa. Konseptisuunnittelussa heräsi kysymys, minkälaisia muotoilun keinoja voitaisiin yhdistää tässä tapauksessa CNC-koneen tarjoamaan teknologiaan. Aiheista toivottiin yksinkertaisia ja skandinaavisesta muotoilusta inspiroituneita. Opinnäytetyön tutkimustuloksien tarkemmat tiedot ovat salassapito syistä jätetty pois koko tämän työn aineistosta. Toimeksiantajayritykselle luovutetaan erillinen tarkempia tutkimustietoja sisältävä raportti.

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä oli ”kuinka toteuttaa toimiva akustiikkapaneeli hyödyntäen CNC-koneistusta sekä PET-kierrätysmateriaalia?”. Työn tutkimusmenetelmien avulla ei löydetty täydellistä vastausta kysymykseen. Tutkitun materiaalin ominaisuuksista selvisi kuitenkin paljon, mutta tuotekehityksen kannalta oleellisia ongelmia jäi vielä ratkaisematta.

Opinnäytetyön yksi päähuomioista oli huomamaisen akustiikkapaneelin materiaalin ongelmallisuus CNC-työstössä. Työn alakysymykseen ”mitä on otettava huomioon CNC-työstössä käsitellessä huomamaisia akustoisia levy materiaaleja?” löytyi useita selvitettyjä huomioita. Levymateriaalin onnistunut työstäminen vaatii erityistä tarkkuutta suunnitellessa CNC-koneistuksen ajoa. Materiaalihukan alakysymyksen käsittely työssä jäi enemmän teorian tasolle. Tuotannon materiaalitehokkuuden todentaminen vaatisi kokeilulinjaston tuotekonseptin valmistamiselle.

Työstömenetelmistä löytyi useita ongelmia. Esimerkiksi työstön hitaus nousi esille tarkkailussa. Toteutettujen testien pohjalta voidaan kuitenkin todeta materiaalin potentiaali. CNC-testauksissa oli huomattavissa selkeä kehityskaari läpi koko prosessin. Tutkimusmateriaalia kertyi paljon niin kirjallisen tiedon, kuin myös fyysisten prototyypimallien muodossa.

9 POHDINTA

Opinnäytetyöprosessista selvisi tuotekehityksen vaativuus sekä sen laaja kokonaisuus. Tuotekehitystä onnistuttiin toteuttamaan, mutta työ jäi vielä tois-
laiseksi keskeneräiseksi. Työ selkeytti, kuinka tuotekehitys on kriittinen ja elin-
tärkeä tutkimusmenetelmä kaikille yrityksille toimialasta riippumatta. Tutkimuk-
sen edetessä selvisi, kuinka isossa roolissa muotoilija voi toimia kehitys-
työssä. Tässä opinnäytetyössä sai mahdollisuuden työskennellä yhteistyössä
useamman eri ammattialan osaajan kanssa.

Työn edetessä kehitysideoita ilmeni läpi koko työn. Nämä huomatu-
t mahdollisuudet houkuttelivat, mutta keskittyminen oli pidettävä alkuperäisessä tutki-
muksessa. Vaikka työn lopputuloksessa ei päästy vielä valmiiseen tuotteeseen,
tutkimustyö loi useita mahdollisuuksia lisätutkimuksille. Tutkimuksen ai-
kana testattu sublimaatiotulostus -kuvansiirtotekniikka, sekä sen tarjoamat jat-
komahdollisuudet työn aiheen suhteen ovat lupaavia. Mahdollisuus akustiikka-
levyihin siirrettävästä grafiikasta tukee tutkimuksen taustaa, löytää uusia kus-
tomointikeinoja akustiikkalevyille. Konseptin tuotekoon suunnittelu tarjoaisi
myös yhden kokonaisen tutkimushaaran aiheelle. Tuotekoon suunnitteluun
voisi liittyä pakkauksien mitoituksen, ulkonäön sekä kuljetuksen optimointi.

Tuotekehityksen haasteena muotoilijan näkökulmasta on etenkin puolueeton
näkemys. Tutkimustyötä pitäisi pyrkiä toteuttamaan tasaisesti kriittisellä ot-
teella. Muotoilijan pitää pystyä näkemään omassa työssään puutteellisuuksia
ja suhtautua omiin töihinsä kriittisesti. Muotoilutyö voi herkästi ajautua oman
näkemyksensä liialliseen puolusteluun. Näissä tilanteissa on löydettävä tasa-
paino oman sekä toimeksiantajan näkemyksen välillä. Tuotekehityksessä on
siedettävä myös pettymyksiä. Työn alun lupaavat suunnittelumallit eivät välttä-
mättä koskaan toteudu fyysisiksi tuotteiksi. Tässä opinnäytetyössä tämän pet-
tymyksen joutui kohtaamaan, kun tietokoneella toteutettujen 3D-mallien todel-
lisyys ei toteutunut fyysisten akustiikkalevyjen muodossa.

Jos työssä olisi ollut käytössä rajattomat resurssit, niin tavoite valmiista tuot-
teesta olisi voitu saavuttaa. Tutkimustyöstä jäi puuttumaan erilaisten CNC-ko-
netyyppien testaus. Testeissä oli käytössä ainoastaan yhden mallisia CNC-ko-
neita. Tämä rajasi kriittisesti työstömenetelmien vaihtoehtoja.

LÄHTEET

A-insinöörit. s.a. Akustiikkasuunnittelu. A-insinöörit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ains.fi/palvelumme/akustiikkapalvelut/akustiikkasuunnittelu> [viitattu 16.03.2023].

Akustiikkapalvelut. s.a.a Akustiikan perusteet. Akustiikkapalvelut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.akustiikkapalvelut.fi/akustiikan-perusteet> [viitattu 02.01.2023].

Akustiikkapalvelut. s.a.b Akustiikkasanasto. Akustiikkapalvelut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.akustiikkapalvelut.fi/akustiikan-perusteet/sanasto> [viitattu 03.01.2023].

Anttila, P. 1998. Pirkko Anttila: Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Methodix. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://methodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta/#4.1%20Tiede%20ja%20arkitieto> [viitattu 14.01.2023].

Discovering Finland. s.a. Historia. Discovering Finland. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.discoveringfinland.com/fi/tietoa-suomesta/suomalainen-muotoilu/historia/> [viitattu 16.03.2023].

Dufva, M. & Rekola, S. 2023. Megatrendit 2023. Sitra. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/megatrendit-2023/#muutosten-kokonaiskuva> [viitattu 23.02.2023].

Echojazz. s.a. ECHOBOARD. Echojazz. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.echojazz.com/products/semi-finished-products/echoboard/#> [viitattu 09.01.2023].

Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. & Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Arvi. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://arvifinal-report.fi/files/D4.1-3 Eskelinen ym Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet 11042016.pdf](http://arvifinal-report.fi/files/D4.1-3_Eskelinen_ym_Muovien_kierrätyksen_tilanne_ja_haasteet_11042016.pdf) [viitattu 20.02.2023].

Fogelholm, C. 2009. Tuoteideasta innovaatioksi. Tampere: Mediapinta.

Jaffe, S., Fleming, R., Karlen, M. & Roberts, S. 2020. Sustainable design basics. United States of America: Wiley.

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Aalto-yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/4819/isbn9789526033204.pdf> [viitattu 04.01.2023].

Kaataja, S. 2009. Äänen tutkimus ja hiljaisuuden kaipuu. *Tekniikan Waiheita* 2. 3–4.

Kettunen, I. 2001. Muodon palapeli. 1. painos. Helsinki: WSOY.

Kokkonen, V., Kuuva, M., Leppimäki, S., Lähteinen, V., Meristö, T., Piira, S. & Sääskilahti, M. 2005. Visioiva tuotekonseptointi. Teknologia teollisuus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://teknologiainfo.net/sites/teknologiainfo.net/files/documents/pdf/Alkusivut_Visioiva_tuotekonseptointi.pdf [viitattu 22.03.2023].

Kylliäinen, M. 2009. Mitä ääni on? Tekniikan Waiheita. PDF-dokumentti. Päivitetty 01.04.2009. Saatavissa: <https://journal.fi/tekniikanwaiheita/article/view/63917/25225> [viitattu 02.01.2023].

Kylliäinen, M. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu: akustiikan perusteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

Lahti, T. 2013. Teknistä akustiikkaa pähkinänkuoressa. Akustinen seura. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.akustinenseura.fi/wp-content/uploads/2013/08/a2_Lahti.pdf [viitattu 02.01.2023].

Miettinen, S. 2021. Muotoilun avaimet: älykkääseen teollisuuteen ja liiketoiminnan ketterään kehittämiseen. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Muotio, L. 2021. Muotoilun opinnäytetyön tutkimussuunnitelma. Muotoilu.info. WWW-dokumentti. Päivitetty: 29.11.2021. Saatavissa: <http://www.muotoilu.info/index.php/tutkiva-muotoilu/amk-opinnaytetyo/muotoilun-opinnaytetyon-tutkimussuunnitelma/> [viitattu 19.01.2023].

Muoviteollisuus. s.a. Muovisanastoa. Muoviteollisuus ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16> [viitattu 07.03.2023].

NCtekniikka. 2001. Sanasto. NC tekniikka. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/nctekniikka/> [viitattu 15.03.2023].

Niemeläinen, I. 2019. Kestävä muotoilu suomalaisen korkeakouluopetuksen kontekstissa. Tampereen yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/118885/Niemel%C3%A4inenlira.pdf?sequence=2> [viitattu 16.03.2023].

Radiant. 2022. What is A Closed Loop Supply Chain? Radiant. WWW-dokumentti. Päivitetty 28.11.2022. Saatavissa: <https://radiantrfid.com/blog/what-is-a-closed-loop-supply-chain/> [viitattu 15.03.2023].

Rantanen, M. 2021. Materiaalitehokkuus. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/181232/Opas%201%202021_s.pdf?sequence=1 [viitattu 07.03.2023].

Raymond Loewy. s.a. About Raymond Loewy. Raymond Loewy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.raymondloewy.com/about/quotes/> [viitattu 30.03.2023].

Salmenperä, H., Sahimaa, O. & Koutonen, H. 2018. Kierrätyksen keinot, taloudelliset vaikutukset sekä toteutettavuus. Valtioneuvosto. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160915/YMra_17_2018_Kierr%c3%a4tyksen_keinot.pdf?sequence=4&isAllowed=y [viitattu 20.02.2023].

Salonen, K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Turun ammattikorkeakoulu. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf> [viitattu 10.01.2023].

Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J. & Salmiinen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Valtioneuvosto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79586/Kiertotalous%20Suomessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 16.02.2023].

Piispanen, M. 2023. CEO. Sähköpostiviesti 10.01.2023. Akustiikkapalvelut.

Uimonen, H. s.a. Äänimaisema – ai mikä? Suomen Akustisen Ekologian Seura. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.aanimaisemat.fi/p/aanimaisema-ai-niin-mika.html> [viitattu 16.03.2023].

Uppa, H. 2020. Tutkimusmenetelmät opinnäytetyössä. Aalto-yliopisto. PDF-dokumentti. Päivitetty 14.10.2020. Saatavissa: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/1369075/mod_resource/content/1/BA_tutkimusmenetelmät_14102020.pdf [viitattu 24.01.2023].

YK-liitto. 2017. Kestävän kehityksen tavoitteet. YK-liitto. PDF-dokumentti. Päivitetty 05.04.2022. Saatavissa: https://www.ykliitto.fi/sites/www.ykliitto.fi/files/media/kestavan_kehityksen_tavoitekortit_2030.pdf [viitattu 30.01.2023].

Ympäristö.fi. 2013. Materiaalitehokkuus. Suomen ympäristökeskus (Syke). WWW-dokumentti. Päivitetty 10.01.2014. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/resurssitehokkuus/materiaalitehokkuus [viitattu 16.03.2023].

KUVALUETTELO

Kaikki kuvat ovat Outinen, J:n ottamia tai luomia, jollei toisin mainita.

Kuva 1. Käsitekartta toimeksiannon aiheen ympäriltä. 2022.

Kuva 2. Viitekehys opinnäytetyön aiheesta. 2022.

Kuva 3. Moodboard opinnäytetyön aiheesta. 2022.

Kuva 4. Ensimmäisen suunnitelmakokouksen hahmotelmia aiheista. 2022.

Kuva 5. Tuotekehityksen materiaalin ensimmäinen CNC- testaus. 12.10.2022.

Kuva 6. Sublimaatiotulostuksen testimateriaali. 23.03.2023.

Kuva 7. Ensimmäisen kuvioidun prototyypin jyrshintä CNC-koneella.
12.10.2022.

Kuva 8. Sopivien työstöarvojen hakua pienellä CNC-koneella. 09.11.2022.

Kuva 9. Kallionhalkeama kuvion jyrshintätesti. 17.11.2022.

Kuva 10. Kaksi erilaista testauskappaletta. 15.03.2023.

Kuva 11. 3D-mallinnuksia konseptin visuaalisesta ilmeestä. 2023.

Kuva 12. 3D-mallinnus esimerkkiasetelmasta kuvioiden skaalautuvuudesta.
2023.

Kuva 13. Kuvakollaasi esimerkeistä akustiikkatuotteiden markkinoilta. 2023.

Kuva 14. Esimerkki tuotekonseptin kuvitellusta elinkaaresta. 2023.