



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tomi Vuorinen

SÄHKÖMOOTTORIN ÄÄNENVAIMENTIMEN 3D-MALLI JA KEHITYS

Tekniikka
2022

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tomi Vuorinen
Opinnäytetyön nimi	Sähkömoottorin äänenvaimentimen 3D-malli ja kehitys
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	30+4 Liitettä
Ohjaaja	Jani Leppämäki

Tämä opinnäytetyö on tehty ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa -yksikölle. Työn aiheena on luoda sähkömoottorin äänenvaimentimesta parametrinen 3D-malli. Aikaisemmin alihankkijan on pitänyt itse tehdä äänenvaimentimesta ohutlevy malli, ja vasta tämän jälkeen on saatu valmistukseen vaadittavat levityskuvat. ABB:llä olemassa oleva äänenvaimentimen 3D-malli on tehty pursotus menetelmällä, josta ei saa tehtyä levityskuvia.

Työn teoriaosuudessa on käyty läpi sähkömoottorin rakennetta sekä toimintaperiaatetta ja mikä on M3BP-moottorisarja. Näiden lisäksi teoriaosuudessa käydään läpi äänenvaimentimen suunnitteluprosessia ja mitä eri prosessin vaiheissa on tehty. Lähteinä työssä on käytetty tarkoin valikoituneita verkkosivuja sekä ABB:n moottorikatalogia.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, sillä työn aikana saatiin kahdelle eri moottorin asennusasennolle toimiva parametrisesti muokattavissa oleva 3D-mallit sekä piirustukset. Opinnäytetyön aikana tutkittiin äänenvaimentimen mahdollisia kehityskohteita.

ABSTRACT

Author	Tomi Vuorinen
Title	3D-Model and Development of an Electric Motor Silencer
Year	2022
Language	Finnish
Pages	30+4 Appendices
Name of Supervisor	Jani Leppämäki

This thesis was made for ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa unit. The purpose of this thesis was to design a parametric 3D-model of an electric motor silencer. In the past, the subcontractor has had to make a sheet metal model of the silencer, and only then have the application images required for production been obtained. The existing 3D-model of the silencer at ABB has been made by the extrusion method, and of that model expanded views cannot be made.

The theoretical part of the thesis describes the structure and operating principle of the electric motor and the M3BP motor series. In addition to these, the theoretical part also contains knowledge about design process of the silencer and what has been done at different stages of the process. Used sources were carefully selected online publications and ABB electric motor catalogs.

The aims and conditions given for this thesis were achieved, two parametric 3D-models were designed during the thesis and drawings were made for the silencer of two different engine mounting positions. During the thesis, the possible development targets of the silencer were investigated.

Keywords Electric motor, designing, silencer, and product development

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	ABB	9
	2.1 ABB Oy Suomessa	9
	2.2 ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa	9
	2.3 Oikosulkumoottori	9
	2.3.1 Rakenne.....	10
	2.3.2 M3BP	10
	2.3.3 Äänenvaimennin	12
	2.3.4 Äänenvaimennus materiaali	13
3	SUUNNITTELUPROSESSI.....	15
	3.1 Kysy ja määrittele.....	15
	3.2 Kuvitella.....	16
	3.3 Tutki ja suunnittele	16
	3.4 Luo ja testaa	18
	3.4.1 Tuotesuunnittelu.....	20
	3.4.2 Tuotesuunnittelun haasteet	21
	3.5 Kommunikoij suunnitellusta ja harkitse seuraavia vaiheita	23
4	TYÖN TULOKSET	24
	4.1 3D-Mallit	24
	4.2 Piirustukset	25
5	YHTEENVETO	26
	5.1 Tavoitteiden saavuttaminen	26
	5.2 Kehitysideat	26
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Moottorin rakenne. (ABB Oy 2011.)	10
Kuva 2. M3BP-sarjan sähkömoottorit. (Sonepa 2022.)	11
Kuva 3. Sähkömoottorin akselikorkeuden määritelmä. (ABB Oy 2022 g.)	12
Kuva 4. Äänenvaimentimet 280–450 kokoluokan moottoreille. (ABB Oy 2022 g.)	13
Kuva 5. Rouhepuriste polyuretaanilevy. (Meluton 2022.)	14
Kuva 6. Suunnitteluprosessin vaiheet. (Tresca 2022.).....	15
Kuva 7. Asennusasento B3. (ABB Oy 2022 g.).....	18
Kuva 8. Asennusasento V1. (ABB Oy 2022 g.)	18
Kuva 9. Ohutlevyosan taivutus.	20
Kuva 10. Äänenvaimentimen suljettu kulma.....	21
Kuva 11. Closed corner -toiminto.	22
Kuva 12. Äänenvaimentimen avattu kulma.	22
Kuva 13. Äänenvaimentimen kulmien viisteet.	23
Kuva 14. M3BP280 SM B3 -äänenvaimennin	24
Kuva 15. M3BP280 SM -äänenvaimennin.	25
Kuva 16. Äänenvaimentimen sivuprofiili.	27

LIITTEET

(Liitteet on poistettu julkisesta versiosta salassapitovelvollisuuden vuoksi.)

LIITE 1. Äänenvaimentimen luurankomalli.

LIITE 2. Kokoonpanopiirustus.

LIITE 3. Levityskuva peitelevy.

LIITE 4. Levityskuva kansi.

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ABB	Asea Brown Boveri
ASEA	Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget
BBC	Brown, Boveri & Cie
M3BP	Valurautarunkoinen prosessimoottori
BP	Kipinäsuojattu moottorirakenne
3D	Kolmiulotteinen
IEC	International Electrotechnical Commission
NX	Siemensin kehittämä 3D-suunnitteluohjelmisto
mm	Millimetri
prt	Kolmiulotteinen mallitiedosto

1 JOHDANTO

Tällä hetkellä äänenvaimentimesta olemassa oleva 3D-malli on pursotusmenetelmällä tehty malli, josta on tehty kokoonpanopiirustus. Piirustuksesta ei juurikaan tule ilmi minkälaisia osia kokoonpano vaatii. Olemassa olevasta 3D-mallista ei ole mahdollista saada ohutlevyosien valmistukseen vaadittavia levityskuvia. Tällä hetkellä alihankinta yritys, jolta äänenvaimentimia tilataan, joutuu itse tekemään tuotteesta ohutlevymallin, josta ne tekevät levityskuvat ja DXF-tiedostot. Mikä taas vie heidän resurssejaan pois muista tehtävistä ja se tuo lisäkustannuksia äänenvaimentimen lopulliselle hinnalle.

Työ on rajattu M3BP280 SM- ja ML-kokoluokkaan. Äänenvaimentimen parametristä 3D-mallin toimivuutta testataan M3BP315 SM-, ML-, LK- sekä M3BP355 SM-, ML-, LK-runkokorkeuksille ja -pituuksille B3- ja V1-asennusasennoille. Työssä tutkitaan mahdollisia kehitysideoita äänenvaimentimelle, joiden avulla tuotteesta olisi mahdollista saada monipuolisempi.

Työn tavoitteena on luoda äänenvaimentimesta parametrinen ohutlevymalli, ja valmistukseen vaadittavat piirustukset sekä DXF-tiedostot molemmille asennusasennoille B3-jalkamoottorille vaaka-asennossa ja V1-laippamoottorille pystyasennossa.

2 ABB

ABB konserni perustettiin vuonna 1988, kun ruotsalainen ASEA ja sveitsiläinen BBC yhdistyivät. ASEA:n ja BBC:n yhdistyttyä yritykset jakoivat konsernin omistuksen tasan 50:50. Nykyään ABB:n liiketoiminta kattaa esimerkiksi sähköistystuotteet, robotit ja teollisuusautomaation niin ollen konserni on johtava teknologian edelläkävijä. (ABB Oy 2022 a.)

2.1 ABB Oy Suomessa

Suomessa ABB:llä työskentelee noin 5 000 ammattilaista ja toimintaa on noin 20 eri paikkakunnalla. Tehtaat sijaitsevat Helsingissä, Vaasassa, Porvoossa ja Haminassa. (ABB Oy 2022 f.) Helsingin tehtaalla Pitäjänmäellä työskentelee noin 900 henkilöä. Tehtaan vastuulla on korkeajännitemoottorit, dieselgeneraattorit ja keskomagneettimoottorit. (ABB Oy 2022 c.) Porvoon tehdas kuuluu ABB:n Smart Buildings-liiketoimintaljaan ja siellä työskentelee noin 100 henkilöä. Yksikön vastuulle kuuluu sähköasennustuotteiden tuotekehitys, valmistus sekä markkinointi. (ABB Oy 2022 f.) Haminassa ja Helsingin Vuosaarella toiminta kuuluu ABB:n Marine and Ports -liiketoimintalinjan alle (ABB Oy 2022 d).

2.2 ABB Oy, IEC LV Motors Vaasa

ABB Oy on valmistanut pienjännitemoottoreita Vaasassa vuodesta 1944. Vaasan yksikön vastuulla ovat pienjännitemoottoreiden valmistus sekä tuotekehitys. Vaasan moottoritehdas valmistaa asiakkaille tilaustyönä IEC-pienjännitemoottoreita teollisuuden vaativiin olosuhteisiin ja kaikkiin sovelluksiin. (ABB Oy 2022 b.)

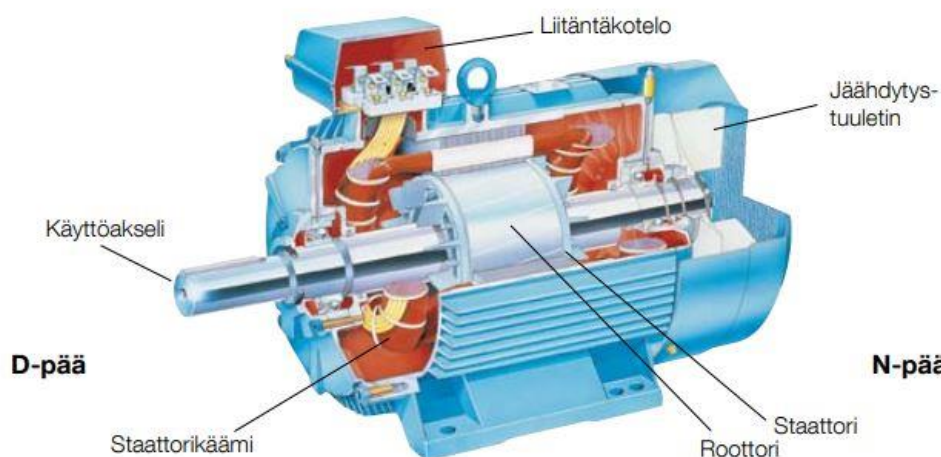
2.3 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottoriksi kutsutaan konetta mikä muuttaa sähköenergian mekaaniseksi energiaksi. Mikäli mekaanista energiaa muutetaan sähköiseksi energiaksi kyseessä, on tällöin generaattori. Oikosulkumoottorin toiminta perustuu siihen,

että staattorinkäämin avulla luodaan pyörivä magneettikenttä, jota magnetisoituva roottori pyrkii seuraamaan. Oikosulkumoottoreita voidaan kutsua myös epätahtimoottoreiksi sen vuoksi, että roottorin pyörimisliike seuraa hieman jäljessä pyörivää magneettikenttää. Moottorit ovat helppokäyttöisiä, tehokkaita ja huollon tarve on vähäinen. (Motiva 2022.)

2.3.1 Rakenne

Sähkömoottorit ovat rakenteeltaan yksinkertaisia ja kestäviä. Pääkomponentit ovat akseli, roottori, staattorikäämi, staattori, liitäntäkotelo ja jäähdytystuuletin (Kuva 1). Komponentit voidaan jakaa aktiivi- ja passiiviosiin. Aktiiviosiin kuuluu staattori ja roottori ja niiden tehtävä on muuttaa sähköenergia mekaaniseksi energiaksi. Loput osat kuuluvat passiiviosiin ja niiden tehtävä on pitää aktiiviosat paikalla ja välittää sähköenergiaa. Sähkömoottorissa D-pää (Drive end) on yleisesti moottorin käyttöpää ja N-pää (Non-drive end) on taas käyttöpään vastainen pää, eli moottori liitetään asiakkaan sovellukseen D-päästä.



Kuva 1. Moottorin rakenne. (ABB Oy 2011.)

2.3.2 M3BP

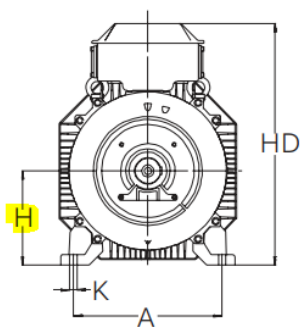
ABB on tunnettu maailmanlaajuisesti M3BP-sarjan prosessivalurautamoottoreista. M3BP-sarjan sähkömoottorit on suunniteltu ja kehitetty niin, että se täyttää

prosessiteollisuuden vaatimukset ja sopivat erilaisiin olosuhteisiin ja ympäristöihin. Sarjan moottoreita voidaan muokata asiakaskohtaisesti monipuolisesti, sillä katalogista löytyy yli 200 lisäoptiota ja moottorit ovat myös täysin sovellussuunniteltavissa huomioiden asiakkaiden tarpeet. Moottoria on saatavilla 71–450 runkokokoluokissa ja teholtaan 0,09 kW–1 000 kW. Sarjan moottorit täyttävät IE3- ja IE4-hyötysuhdevaatimukset. (Sonepa 2022.)

M3BP-sarjan moottoreita (Kuva 2) valmistetaan eri kokoluokissa, jotka ovat 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400 ja 450. Moottorin koko määrillään akselikorkeuden mukaan (Kuva 3). (ABB Oy 2022 g.)



Kuva 2. M3BP-sarjan sähkömoottorit. (Sonepa 2022.)



Kuva 3. Sähkömoottorin akselikorkeuden määritelmä. (ABB Oy 2022 g.)

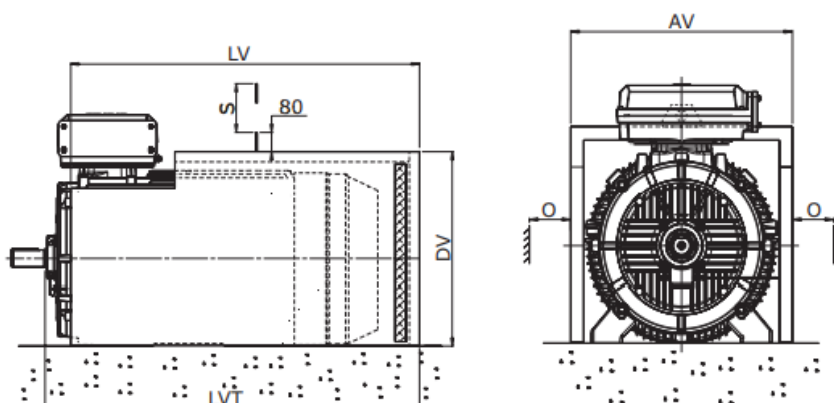
2.3.3 Äänenvaimennin

Kokoluokan 280–450 jalka- sekä laippamoottorit on mahdollista tilata äänenvaimentimen kanssa (Kuva 4). Äänenvaimennin vaimentaa ääntä noin 5–6 dB(A). Äänenvaimennin valmistetaan 2 mm paksuisesta teräslevystä, joka maalataan siniseksi ja ääntä vaimentava materiaali on rouhepuristettu polyuretaani, jonka paksuus on 40 mm. (ABB Oy 2022 g.)

Äänenvaimentimia suunnitellaan myös tilauskohtaisesti. Yleisimpiä muutoksia ovat erilaiset pituusmuutokset, erilliskoteloiden määrät ja paikat moottoreissa. Näiden lisäksi toisinaan tarvitaan yksi irrotettava tai avattava sivu, niin että äänenvaimennin voidaan asentaa paikoilleen myös sivusuunnasta. Äänenvaimennin voidaan tilata erikoisella materiaalilla, esimerkiksi ruostumattomalla teräksellä. (Vuorinen 2022.)

Accessories

Silencer for motor sizes 280 - 450



Both foot-mounted and flange-mounted motors can be fitted with a silencer to reduce noise level by about 5 - 6 dB(A). The silencer is painted blue and made of 2 mm steel sheet. The sound absorbing material is 40 mm thick polyurethane foam. On the rim there is a rubber strip for sealing on the floor. The silencer fits loosely over the motor.

The variant code for ordering a silencer is 055.

Motor size	AV	LV	LVT	DV	O ¹⁾	S ²⁾	Weight kg
280 SM ₁	681	1010	1090	616	50	762	38
315 SM ₁	760	1094	1191	697	60	852	47
315 ML ₁	760	1205	1302	697	60	852	51
315 LK ₁	760	1411	1508	697	60	852	58
355 SM ₁	850	1335	1441	777	65	958	62
355 ML ₁	850	1440	1546	777	65	958	67
355 LK ₁	850	1690	1796	777	65	958	77
400 L ₁	938	1750	1873	866	75	1045	88
400 LK ₁	938	1750	1873	866	75	1045	88
450 L ₁	1050	2110	2230	990	80	1045	120

¹⁾ Clearance for motor cooling.

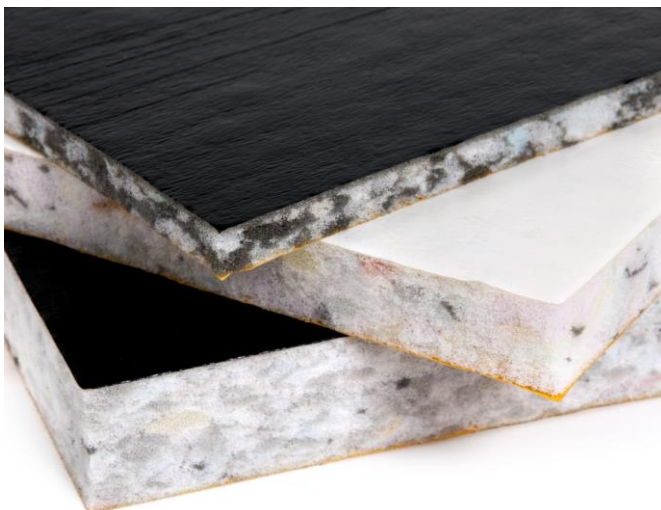
²⁾ Clearance for removal of silencer.

Note: The dimensions are only valid for standard foot-mounted motors.

Kuva 4. Äänenvaimentimet 280–450 kokoluokan moottoreille. (ABB Oy 2022 g.)

2.3.4 Äänenvaimennus materiaali

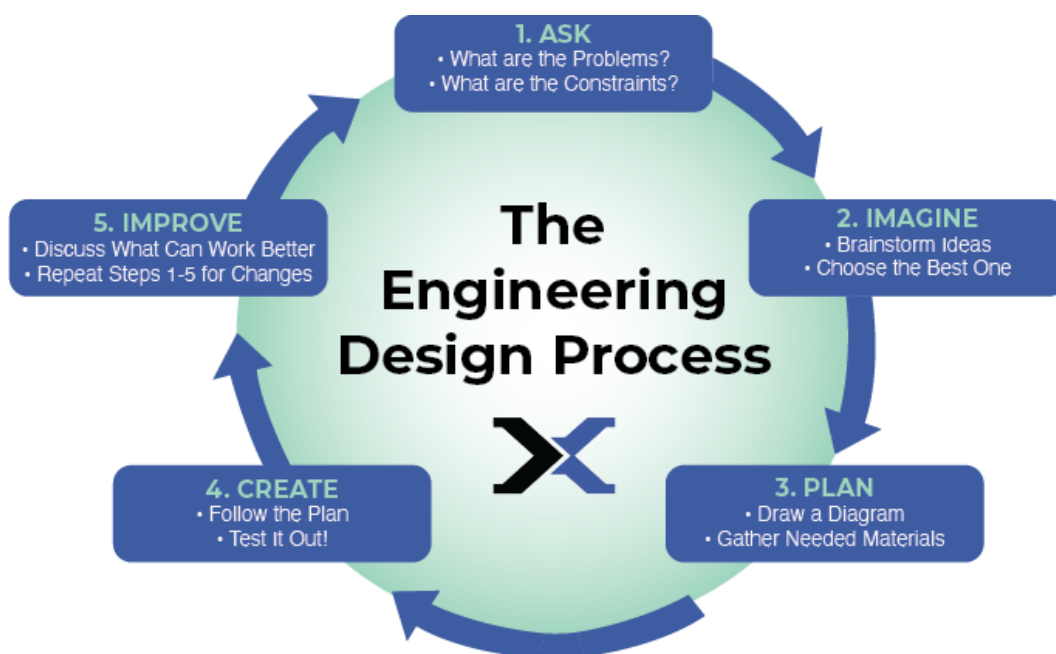
Äänenvaimentimessa ääntä vaimentavana materiaalina käytetään polyuretaania, joka valmistetaan rouhepuristamalla kierrätysvahtomuovista, mikä on tehokas äänenvaimennusmateriaali (Kuva 5). Kyseinen tuote on itsestään sammuvaa ja se täyttää huvivedirektiivin 94/25/EY, EN ISO 9094-1:2003, RSD Guidelines, ISO 4589, ISO 3795, FMVSS 302 eli tämä direktiivi mahdollistaa sen, että kyseistä tuotetta voidaan käyttää äänenvaimennusmateriaalina muun muassa ajoneuvojen moottoritiloissa sekä CE-merkittyjen huviveneiden konehuoneasennuksissa. (Meluton 2022.)



Kuva 5. Rouhepuriste polyuretaanilevy. (Meluton 2022.)

3 SUUNNITTELUPROSESSI

Suunnitteluprosessi sisältää eri vaiheita, joita insinöörien olisi hyvä hyödyntää suunnittelutyössä. Suunnitteluprosesseja on erilaisia ja suunnittelutyön pääteemoihin kuuluu tiimityö. Suunnittelutyötä aloittaessa olisi hyvä miettiä suunnittelutiimin kanssa minkälainen prosessi mahdollisesti sopisi parhaiten kyseiseen projektiin. Suunnitteluprosessin eri vaiheet on hyvä määrittää ennen kuin itse suunnittelu työ alkaa sillä prosessin eri vaiheet ohjaavat työn kulkua ja helpottavat työn tekoa, koska jokaisella vaiheella on oma tarkoituksensa. Tämän työn suunnitteluprosessin vaiheet olivat kysy, kuvittele ja määrittele, kuvitella, tutki ja suunnittele, luo ja testaa sekä kommunikoi suunnitellusta ja harkitse seuraavia vaiheita (Kuva 6). (Tresca 2022.)



Kuva 6. Suunnitteluprosessin vaiheet. (Tresca 2022.)

3.1 Kysy ja määrittele

Suunnitteluprosessin ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan, mikä on ongelma ja missä se ilmenee. Tässä vaiheessa insinöörille on tärkeää esittää kriittisiä kysymyk-

siä työstä, esimerkiksi kenelle työ tullaan tekemään ja mikä on työn aihe. Suunnitteluprosessin alussa olisi myös tärkeää rajata työ ja asettaa tavoitteet. Tarkoituksena on että, saadaan selkeämpi kuva työn laajuudesta. (Tresca 2022.)

Tässä työssä ongelma on se, ettei ABB:llä ole ohutlevymallia eikä valmistukseen vaadittavia piirustuksia, esimerkiksi levityspiirustuksia, jotka alihankkija joutuu tekemään itse, jotta äänenvaimennin saadaan tehtyä. Nykyinen 3D-malli on tehty pursotusmenetelmällä niin se aiheuttaa ongelmia esimerkiksi painopisteen laskennassa sekä 3D-malli on vaikeasti muokattavissa.

3.2 Kuvitella

Suunnitteluprosessin toisessa vaiheessa tehdään ajatustyötä. Mikäli ongelmaa on ratkaisemassa useampi henkilö, olisi hyvä järjestää aivoriihi, missä käydään avointa keskustelua ja tuodaan esille eri vaihtoehtoja sekä pyritään olla tuomitsematta ideoita, jolloin keskustelu säilyy vapaana loppuun asti. Aivoriihessä voi olla alan eri ammattilaisia, jotka tuovat esille eri ratkaisuja ja menetelmiä mitä on olemassa ja kuinka niitä voisi hyödyntää työssä. Kaikki aivoriihessä syntyneet ideat listataan, ja ne käydään läpi prosessin seuraavassa vaiheessa. (Tresca 2022.)

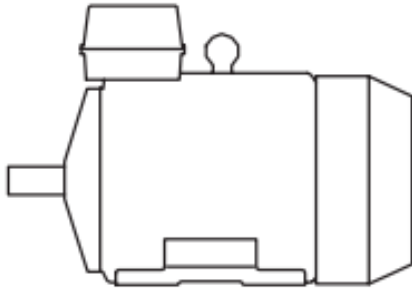
Kävimme keskustelua kollegoiden kanssa mitä mahdollisia menetelmiä tässä työssä voisi käyttää. Keskustelun aika ilmeni, että tämän työn osalta mahdollisia menetelmiä oli kaksi, joilla olisi voinut ratkaista olemassa olevan ongelman. Kokoonpanomallin olisi voinut tehdä Top-Down-menetelmällä tai kokoonpanona, johon ei ole tuotu erillisiä osia, vaan eri osien työvaiheet on siirretty kyseisen osan nimiseen kansioon ja tässä ratkaisussa hyödynnettäisiin myös Top-Down-menetelmää ja parametriaa.

3.3 Tutki ja suunnittele

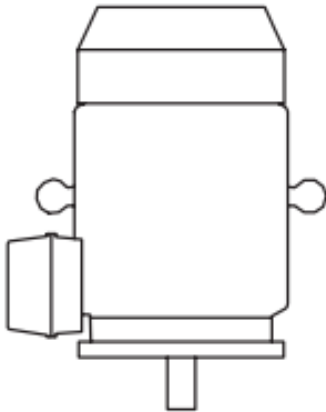
Tutki ja suunnittele vaihe on monelle suunnittelutiimille prosessin vaikein vaihe, koska pitää tehdä ratkaisu, miten työtä lähdetään tekemään. Tässä vaiheessa käydään läpi mahdollisia ratkaisuja, jotka listattiin edellisessä vaiheessa ja tutkitaan

mitkä sopivat parhaiten kyseisen ongelman ratkaisuun. Ratkaisua valittaessa täytyy ottaa huomioon valmistusmenetelmä, onko kyseessä esimerkiksi yksittäinen valukappale, ohutlevytuote tai jokin kokoonpano. Tässä vaiheessa myös opitaan, miksi osa ideoista ei ole toteutettavissa kyseisen ongelman ratkaisussa ja miten niitä ei-toteutuskelpoisia ideoita voisi hyödyntää sekä saadaan parempi ymmärrys eri menetelmistä. (Tresca 2022).

Tämän työn tavoitteena oli toteuttaa kaksi valmista 3D-mallia asennusasennolle B3 (Kuva 7) ja V1 (Kuva 8). Kriteereinä oli, että kokoonpanon muokkaus olisi mahdollisimman helppoa tuotehallinnan kannalta ja piirustuksessa olisi useampi arkki, joissa on kaikki valmistukseen vaadittavat kuvat. 3D-malli toteutettiin kokoonpanona, johon ei ole tuotu erillisiä osia, koska osat mallinnettiin suoraan kokoonpanomallin prt-tiedostoon. Eli äänenvaimentimen osilla ei ole omaa lajimerkkiä. Jatkossa, kun luodaan uutta tai muokataan olemassa olevaa äänenvaimenninta, tarvitsee hyväksyä ainoastaan yksi piirustus. Jos äänenvaimentimesta olisi tehty perinteinen kokoonpanomalli, jokaiselle osalle olisi tullut oma lajimerkki sekä piirustustiedosto ja jokainen piirustus olisi pitänyt hyväksyä erikseen. Tämä ratkaisu mahdollistaa kyseisen tuotteen hallinnan helppouden, nopeuden ja pienemmän virheiden mahdollisuuden.



Kuva 7. Asennusasento B3. (ABB Oy 2022 g.)



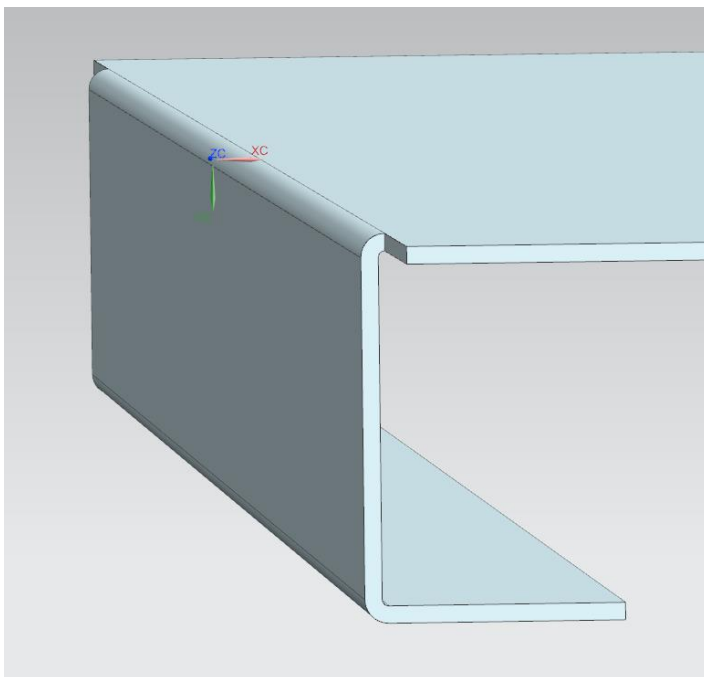
Kuva 8. Asennusasento V1. (ABB Oy 2022 g.)

3.4 Luo ja testaa

Tässä vaiheessa luodaan 3D-malli menetelmällä, joka on edellisessä vaiheessa päätetty. Mallia testataan mahdollisesti simuloimalla ja tehdään lujuuslaskennallisia tarkistuksia, jotta tuotteesta saadaan tarpeeksi jäykkä ja kestävä. Testauksen jälkeen tehdään tarvittavia parannuksia, jos on tarpeen. Mikäli on tarvetta, niin tuotteesta tilataan prototyyppi, joka mahdollistaa lopullisen tuotteen testauksen ja tutkimustyön, joiden avulla esille tulleet ongelmat voidaan korjata. (Tresca 2022.)

Tämän työn mallinnusvaiheessa lähdettiin siitä liikkeelle, että malli tullaan tekemään parametrisenä kokoonpanomallina Top-Down-menetelmää hyödyntäen.

Työn edetessä kuitenkin huomattiin, ettei kyseisellä tavalla pystytä tekemään halutunlaista piirustusta, sillä ohutlevyosien levityskuvia ei pystynyt tekemään suoraan kokoonpanosta. Joten kokoonpanomalli päätettiin tehdä, siten, ettei kokoonpanomalliin tuoda erillisiä osia vaan, jossa jokaisen osan työvaiheet kansioidaan. Äänenvaimentimen mallinnus aloitettiin luurankomallin hahmottelulla (Liite 1), kun luurankomalli saatiin valmiiksi, alkoi osien mallintaminen. Luurankomallia ohjataan käyttäjä parametrian (User expressions) avulla, mikä nopeuttaa äänenvaimentimen muokkausta. Luurankomallin avulla muokataan jokaista osaa ja mitat määräytyvät parametrian avulla. Äänenvaimentimen ohutlevyosien luominen aloitettiin lisäämällä perustaso (Datum plane) luurankomallin kohtaan. Perustasolle tehdään kyseisen ohutlevyosan 2D-luonnos, josta luodaan perusta (Base) ohutlevyosalle. Ohutlevyosien taivutukset tehdään perustason reunoista käyttämällä siihen tarkoitettua Flange-toimintoa, millä voidaan määrittää taivutuksen esimerkiksi taivutuksen leveys, pituus sekä mahdolliset helpotukset. Tässä työssä ei ollut tarvetta käyttää helpotuksia taivutuksien yhteydessä, koska taivutuksissa päädyttiin ratkaisuun, missä taivutuksista syntyvä materiaali alkaa vasta perustason ulkopuolelta (Kuva 9). Jos äänenvaimentimen yksittäistä osaa täytyy muokata, samalla päivittyy osapiirustukset sekä kokoonpanopiirustukset. Eli tällä menetelmällä tehtynä kokoonpano ja osat eivät vaadi erillistä revisiointia.



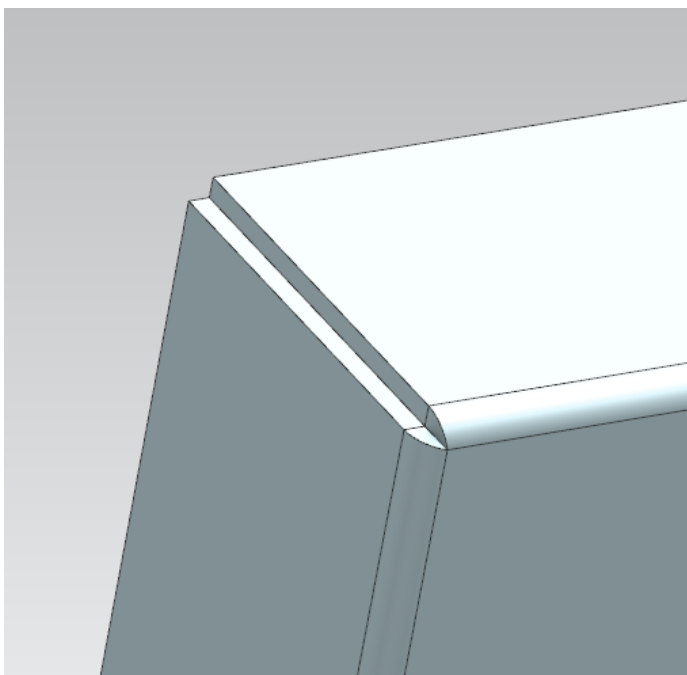
Kuva 9. Ohutlevyosan taivutus.

3.4.1 Tuotesuunnittelu

3D-tuotesuunnittelussa on erilaisia menetelmiä ja ne on luokiteltu kolmeen eri kategoriaan bottom-up, middle-out ja top-down. Jokaisella menetelmällä on erilainen lähestymistapa, kuinka tuotetta tai kokoonpanoa suunnitellaan ja mallinnetaan. Perinteisin menetelmä näistä kolmesta on bottom-up ja tällä menetelmällä luodaan tuotteen 3D-malli komponentti tasolta, eli tuotesuunnittelussa tuotteen lopullista kokoonpanoa lähestytään osa kerrallaan. Tätä menetelmää käyttäessä voi tulla vaikeuksia osien yhteensopivuuden kanssa. Middle-out-menetelmä tarkoittaa, että tuotteen 3D-malli suunnitellaan, esimerkiksi jo tiedossa olevista ja tärkeimmistä komponenteista, jonka ympärille lopullinen tuote rakentuu. Top-down tarkoittaa, että 3D-tuotesuunnittelussa lähdetään liikkeelle kokoonpanotasolta ja ensiksi suunnitellaan tulevan tuotteen osaluettelo. Top-down-menetelmässä hyödynnetään ohjaus/luurankomallia, jota voidaan muokata käyttäjän määrittämällä mitoilla. Luurankomalliin voidaan sisällyttää esimerkiksi apupiirteet, päämitat ja paikoitus, joita tässäkin työssä on käytetty. Luurankomalli mahdollistaa sen, että tuote on helposti muokattavissa. (Hantula 2020.)

3.4.2 Tuotesuunnittelun haasteet

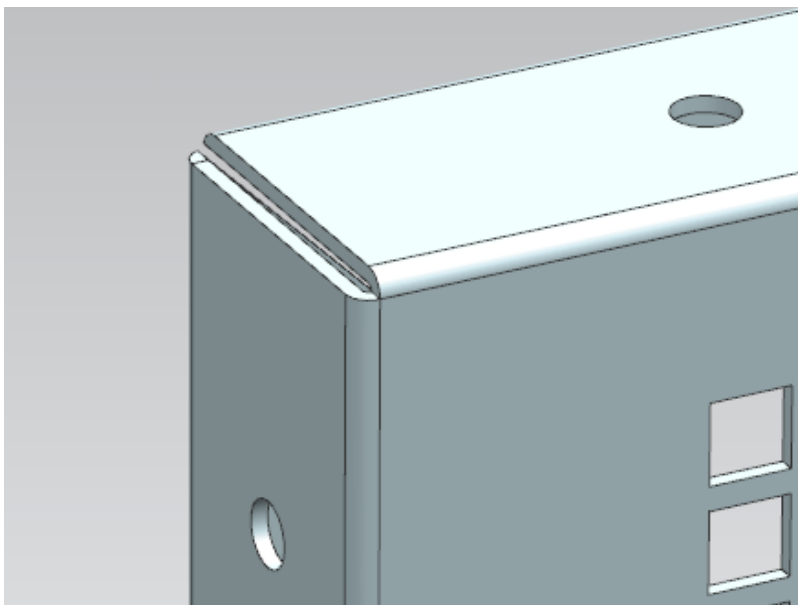
Äänenvaimentimen mallinnusvaiheessa Ensimmäinen ongelma, joka tuli esille, oli äänenvaimentimen kulmat. NX:n ohutlevyn mallinnuksen taivutustyökalu tekee automaattisesti kulmat siten, että taivutuksen jälkeen kulma on suljettu (Kuva 10). Siten kappaleiden valmistus on mahdotonta, koska särmäyksessä reunat taivutetaan aina hieman pienempään kulmaan, jotta taivutettava osa asettuu oikeaan kulmaan taivutuksen jälkeen. Ongelma saatiin korjattua siihen löytyvällä closed corner (Kuva 11) -toiminnolla, mutta closed corner -toiminnon käyttö aiheutti uuden ongelman. Kun ongelma yritettiin ratkaista closed corner -toiminnolla, niin se aiheutti sen, ettei kyseisestä osasta pystynyt tekemään levityskuvia. Ongelma ratkaistiin lopulta tekemällä uusi 2D-luonnos, jonka avulla kulmista poistettiin materiaalia käyttäen Extrude-toimintoa ja kulmat saatiin auki (Kuva 12).



Kuva 10. Äänenvaimentimen suljettu kulma.

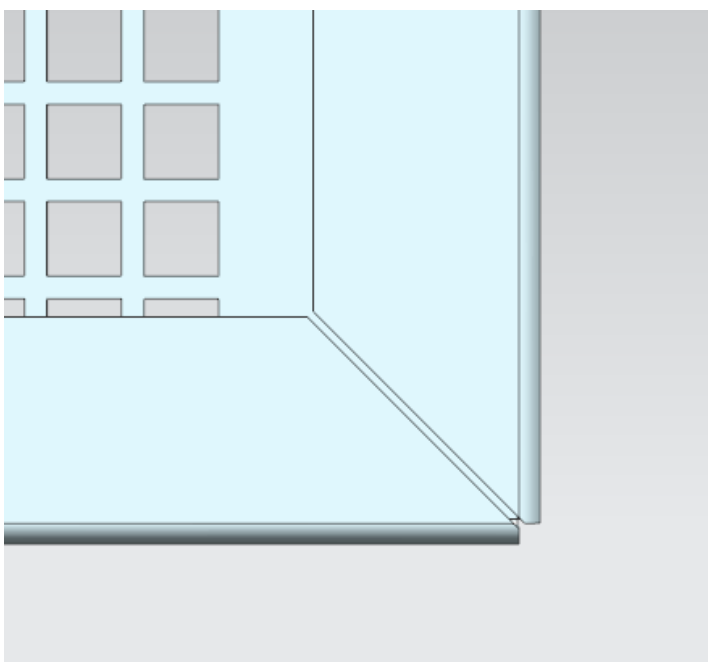
Closed Corner

Kuva 11. Closed corner -toiminto.



Kuva 12. Äänenvaimentimen avattu kulma.

Toinen ongelma liittyi äänenvaimentimen kulmien viisteisiin (Kuva 13). Ongelmana oli se, että viistettyjen reunojen väli meni umpeen, mikä taas estäisi kappaleen valmistuksen. Aluksi tein taivutukset contour flange -toiminnolla, sillä sai tehtyä taivutukset niin, että kulmat olivat viistettyjä, mutta ongelmana oli se, ettei viisteiden välissä ollut rakoa. NX:stä ei löytynyt sopivaa toimintoa, jolla olisi saanut tehtyä kyseistä rakoa järkevästi. Lopulta ongelma ratkaistiin, siten, että ensimmäisen taivutuksen jälkeen jokainen taivutus tehtiin yksitellen käyttäen flange -toimintoa ja taivutuksen jälkeen kulmat viistettiin 45 asteen kulmaan käyttäen siihen tarkoitettua chamfer-toimintoa.



Kuva 13. Äänenvaimentimen kulmien viisteet.

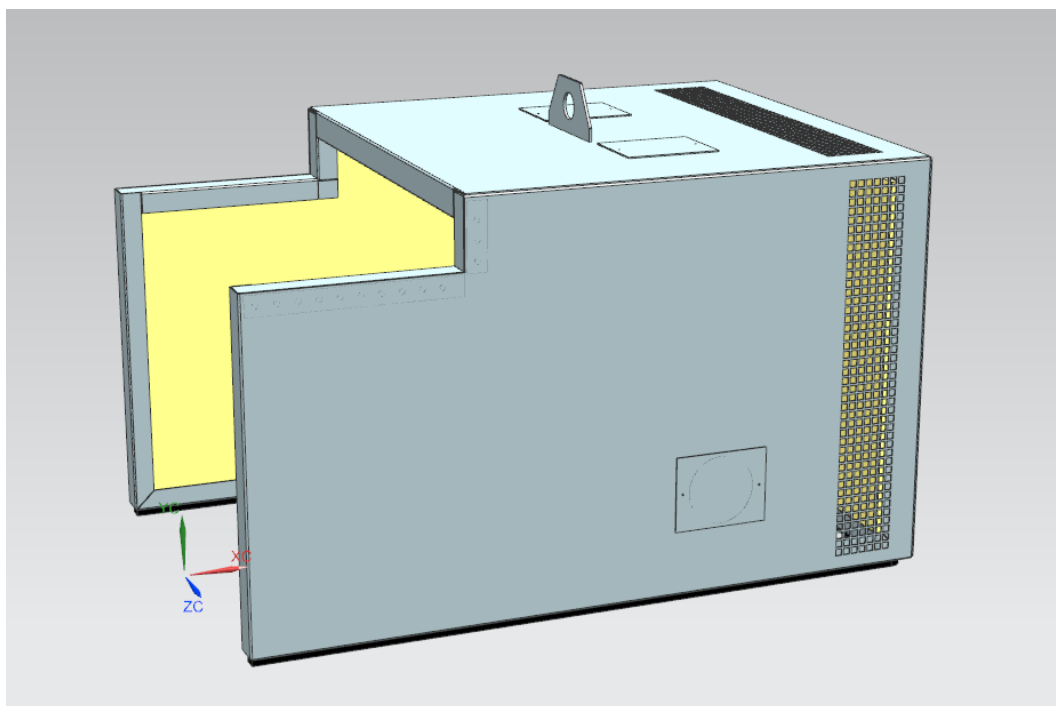
3.5 Kommunikoி suunnitellusta ja harkitse seuraavia vaiheita

Suunnitteluprosessin viimeisessä vaiheessa tehdään päätös, kun insinööri on tyytyväinen malliin ja piirustuksiin sekä käydään läpi, täyttyykö kaikki työlle asetetut vaatimukset. Työ luovutetaan toimeksiantajalle, jos kaikki edellä mainitut kriteerit täyttyvät ja suunnittelutiimi on tyytyväinen työn lopputulokseen. Työn luovutuksen yhteydessä keskustellaan työn tilaajan kanssa, kuinka jatketaan, vaatiiko tuotteen käyttöönotto, esimerkiksi jonkinlaista perehdytystä. (Tresca 2022.)

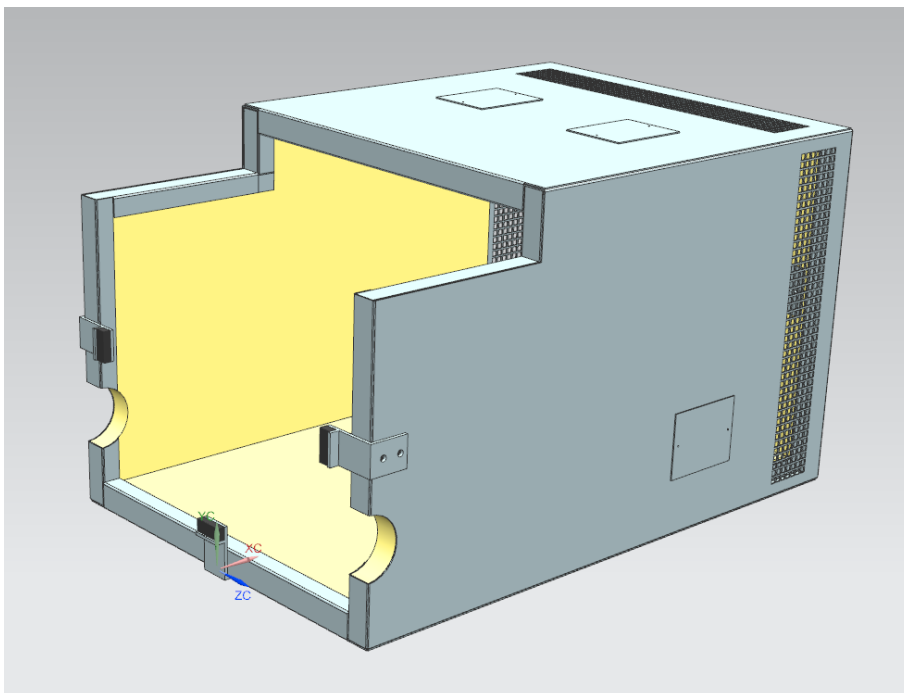
4 TYÖN TULOKSET

4.1 3D-Mallit

Työssä päästiin asetettuun tavoitteeseen 3D-mallien osalta. Molemmille asennus asennoille B3 (Kuva 14) ja V1 (Kuva 15) saatiin valmiit ohutlevymallit, jotka ovat parametrisesti muokattavissa. Toimivan parametrian ansiosta äänenvaimentimien 3D-mallit ovat helposti muokattavissa jokaiseen moottorikokoluokkaan, jolle äänenvaimenninta on saatavilla. 3D-mallien avulla pystytään laskemaan tarkasti äänenvaimentimen painopiste sekä paino, koska jokaiselle osalle on määritetty oikea materiaali. Lopputuloksena saatuja äänenvaimentimien 3D-malleja olisi tarkoitus hyödyntää uusien äänenvaimentimien suunnittelussa. Nämä 3D-mallit antavat hyvä lähtökohdan suunnitella myös erikoisempia äänenvaimentimia.



Kuva 14. M3BP280 SM B3 -äänenvaimennin



Kuva 15. M3BP280 SM -äänenvaimennin.

4.2 Piirustukset

Piirustuksien osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa kaikki valmistukseen vaadittavat kuvat ovat saman tiedoston alla. Piirustustiedoston ensimmäisellä arkilla on kokoonpanonpiirustus ja osaluettelossa viitataan millä arkilla kyseisen osan levityskuva on (Liite 2). Äänenvaimentimen hitsaukseen viittaavat standardit sekä laatu-taso on määritelty piirustus pohjan reunassa. Eli myös piirustuksen osalta päästiin opinnäytetyölle asetettuun tavoitteeseen. Aikaisemmin uuden kokoonpanopiirustuksen luomiseen kului 1–2 päivää ja vielä tämäkin jälkeen puuttui osien levityskuvat, koska 3D-mallien muokkaus on ollut haastavaa. Tämä ratkaisu nopeuttaa piirustuksen muokkausta huomattavasti, koska kaikki levityskuvat (Liite 3) (Liite 4) sekä kokoonpanopiirustus päivittyvät samalla, kun 3D-mallia muokataan.

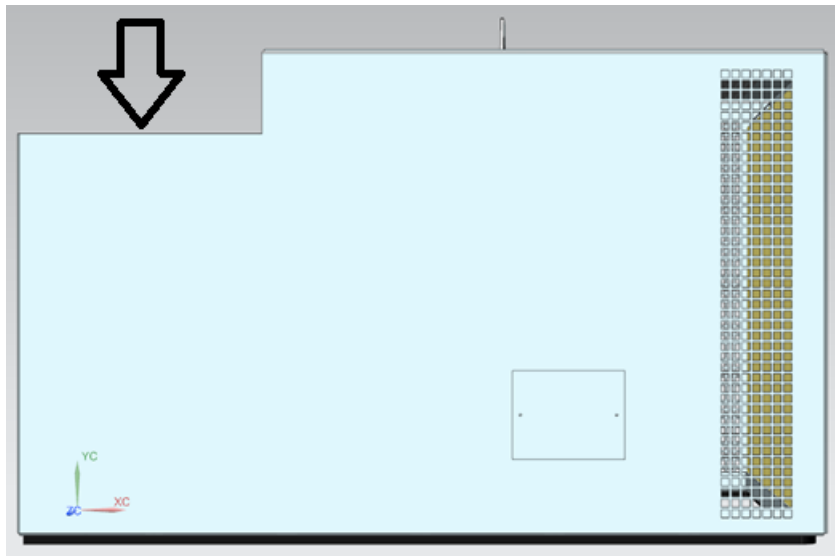
5 YHTEENVETO

5.1 Tavoitteiden saavuttaminen

Opinnäytetyön aikana tehdyt 3D-mallit ja valmistuspiirustukset täyttävät työlle asetetut tavoitteet. Äänenvaimentimien uudet 3D-mallit mahdollistavat sen, että jatkossa äänenvaimentimien teko on huomattavasti helpompaa kuin aikaisemmin. Myös piirustuksien luonti on helpompaa, sillä jatkossa levityskuvat päivittyvät samalla, kun äänenvaimentimen 3D-mallia muokataan. Työn aikana käytiin myös tämänhetkisen alihankintayrityksen luona yritysvierailulla ja heidän konsultaatiossaan oli paljon apua 3D-mallia luodessa. Työ ei kuitenkaan ollut helppo, suurimpia haasteita oli aikataulussa pysyminen, sillä työmäärä osoittautuikin suureksi. Työlle laadittu aikataulu oli hieman tiukka, mutta ilman aikataulun suunnittelua työ ei olisi tullut valmiiksi ajoissa. Kollegoilta sai hyvää apua työssä esiin tulleiden kysymyksien tai ongelmien kanssa mistä oli paljon hyötyä.

5.2 Kehitysideat

Työn aikana pohdittiin kehitysideoita. Pohdittiin, miten äänenvaimentimesta olisi mahdollista saada monipuolisempi ja olisiko äänenvaimenninta mahdollista modifioida valmistuksen jälkeen. Tällä hetkellä äänenvaimentimen korkein kohta on nostolevy, joka rajoittaa äänenvaimentimen käyttöä matalissa tiloissa. Nostolevyn voisi korvata nostosilmukallaruuvilla, joita käytetään ABB:n moottoreissakin. Nostosilmukkaruuvien kiinnityksen voisi toteuttaa siten, että äänenvaimentimen kannen sisäpuolelle hitsattaisiin mutteri, johon nostosilmukkaruuvien voisi kiinnittää. Lisäksi äänenvaimentimesta tulisi valmistuksen jälkeen modifioitavissa oleva, jos sivuosat olisivat kaksiosaisia. Jos sivuosasta matalampi kohta (Kuva 16) olisi irrotettava, se mahdollistaisi, esimerkiksi kaupan muutoksen, jossa liitântäkotelon paikka muuttuisi sivulle. Tällöin ei tarvitsisi tehdä uutta äänenvaimenninta, vaan irrotettaisiin irrotettava osa. Kehityskohteena olisi myös hitsausmerkintöjen tarkastelu, onko esimerkiksi hitsausmerkinnät mahdollisesti ylimitoitettuja.



Kuva 16. Äänenvaimentimen sivuprofiili.

LÄHTEET

ABB Oy. 2011. Pehmokäynnistysopas. Viitattu 19.5.2022. https://library.e.abb.com/public/d11f99611045fef8c125796e00473a8a/OPAS%20Pehmokaynnistys%20FI12_01.pdf.

ABB Oy. 2022 a. Historia. Viitattu 29.4.2022. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/historia>.

ABB Oy. 2022 b. IEC LV Motors. Viitattu 28.4.2022. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/iec-lv-motors>.

ABB Oy. 2022 c. Large Motors and Generators. Viitattu 28.4.2022 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/large-motors-and-generators>.

ABB Oy. 2022 d. Marine and Ports. Viitattu 28.4.2022 <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/marine-and-ports>.

ABB Oy. 2022 e. Smart Buildings. Viitattu 28.4.2022. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/wiring-accessories>.

ABB Oy. 2022 f. ABB Suomessa. Viitattu 28.4.2022. <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa>.

ABB Oy. 2022 g. Low voltage performance motors. Viitattu 29.4.2022. <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK105944&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.

Hantula, J. 2020. 3D-tuotesuunnittelu [luentomateriaali]. Tuotteen 3D-mallinnus 10.9.2020. Vaasan ammatikorkeakoulu. Vaasa.

Meluton. PU-rouhepuriste. Viitattu 11.5.2022. <https://meluton.fi/tuotteet/aanieristeet/pu-rouhepuriste>.

Motiva. Sähkömoottorityypit. Viitattu 19.5.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/valitse auto viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/valitse-auto-viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit).

Sonepa, ABB:n valurautamoottoritarjonta. Viitattu 26.04.2022. <https://ideat.sonepar.fi/abbn-valurautamoottoritarjonta-m3bp-ja-m2bax-sarjat/>.

Treseca. What Is The Engineering Design Process? Viitattu 14.4.2022. <https://trescadesign.com/what-is-the-engineering-design-process/>.

Vuorinen, J. 2022. Team leader mechanical Engineering. ABB Oy. Haastateltu 11.5.2022

LIITTEET

(Liitteet on poistettu julkisesta versiosta salassapitovelvollisuuden vuoksi)

Liite 1

Äänenvaimentimen luurankomalli.

Liite 2

Kokoonpanopiirustus.

Liite 3

Levityskuva peitelevy.

Liite 4

Levityskuva kansi.