

Liukuportin automatiikan integrointi yhteiseen yksikköön

Pur-ait Oy



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Konetekniikan koulutus, insinööri (AMK), Riihimäen kampus
Kevät 2022
Janne Leppä

Tekijä	Janne Leppä	Vuosi 2021
Työn nimi	Liukuportin automatiikan integrointi yhteiseen yksikköön	
Ohjaajat	Jaakko Vasko (HAMK), Kari Orenius (Pur-ait Oy)	

Tämän työn tarkoitus oli tutkia mahdollisuuksia suunnitella Pur-ait Oy:lle uusi paranneltu tuotekokonaisuus vanhan liukuportin ohjauskeskus-moottori-kompleksin tilalle. Työn ensisijainen tavoite oli tutkia vanhan tuotteen toimivuutta ja selvittää sen ongelmia sekä tuottaa niihin uusia ratkaisuja. Toinen tavoite oli pyrkiä luomaan valmistussuunnitelma uudelle yhtenäiselle yksikölle. Yrityksen lopullinen tavoite on tähän tutkimukseen perustuen täysin uudenlaisen tuotteen valmistus ja sen täysimääräinen tuotteistaminen sekä markkinointi.

Kulunhallintaan tarkoitetun liukuportin automatiikka koostuu nykyisellään erillisistä moduuleista ja osista. Tavoite on suunnitella uusi yhtenäinen yksikkö jossa liukuporttien automatiikan ohjauslogiikka, kytkimet ja koneisto kaapeleineen ovat integroituina yhteiseen keskuksen jolla on myyvä ulkoasu.

Uudet osat ja kokoonpanot suunniteltiin CAD-ohjelmien (Computer-Aided Design) avulla. 3D-mallinnus ja FEM-analyysit (Finite Element Method) toteutettiin Autocad Inventor-ohjelmalla.

Avainsanat 3D-mallinnus, hitsaus, alumiini, ohutlevy
Sivut 34 sivua ja liitteitä 0 sivua

Author Janne Leppä Year 2021
Subject Integrating automation of sliding gates into a unified unit
Supervisors Jaakko Vasko (HAMK), Kari Orenius (Pur-ait Oy)

The purpose of this work was to search for options to plan and design a new improved product for Pur-ait Oy. The main objective for this work was to examine the functionality of the old product and to solve the problems there with new solutions. A second objective was creating a complete manufacturing plan for the new model and productizing it for marketing.

Sliding gates are used for passage control and the automation there consists of separate modules and parts. The aim in this project was to design a new unit where all the automation, controls, switches and motor with its cables were to be integrated together into a saleable center.

New parts and assemblies were designed with CAD-software (Computer-Aided Design). 3D-modeling and FEM-analysis (Finite Element Method) were mostly realised with Autocad Inventor.

Keywords 3D-modeling, welding, aluminium, sheet metal
Pages 34 pages and appendices 0 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Pur-Ait Oy	2
2.1	Yrityksen toiminta	2
2.2	Protector-liukuportti	2
3	Työn tarve ja tarkoitus.....	4
3.1	Lähtötilanne	4
3.2	Tavoitetilanne	6
4	Työn aloittaminen	8
5	Suunnittelu	10
5.1	Rakenne.....	10
5.2	Valmistus ja kokoonpano	15
5.3	Muotoilu.....	20
5.4	Materiaalin valinta	21
5.5	Valmistusmenetelmät	22
5.5.1	Levytyöt.....	22
5.5.2	Hitsaus	25
5.6	Pintakäsittely.....	25
5.6.1	Sinkitys	25
5.6.2	Anodisointi	26
5.6.3	Maalaus	27
5.7	FEM ja FEA.....	27
6	Prototyyppi.....	30
7	Yhteenveto	33
	Lähteet.....	35

1 Johdanto

Sain tämän työn aiheen helmikuussa 2021 työskennellessäni Pur-aitilla hitsaajana. Sen osoittivat minulle esimieheni ja yrityksen tuotantopäällikkö Kari Orenius sekä toimitusjohtaja Marko Salo. Silloinen tapa tuottaa ja toimittaa liukuporttien automatiikka oli jo havaittu ongelmalliseksi ja vanhentuneeksi. Uuden yhteiseen yksikköön integroitavan tuotekokonaisuuden uskottiin ratkaisevan monta asennukseen ja myyntiin liittyvää pientä ongelmaa. Lisäksi tuotteen osia ja rakennetta tulitisiin muuttamaan niin että valmistus sekä kokoonpano nopeutuisivat ja kustannukset vähenisivät niiltä osin.

Kulunhallintaan tarkoitetun liukuportin automatiikka koostuu nykyisellään erillisistä moduuleista ja osista, jotka toimitetaan asennettuina yhdessä liukuportin kanssa. Toiminnan kannalta keskeisimmät osat ovat ohjauskeskus ja sähkömoottori. Asennus on monivaiheinen ja tuotteen elinkaareen kuuluu huolto- ja korjaustoimia jotka voivat olla hankalia Suomen sääoloissa.

Yrityksen tavoite on tulevaisuudessa valmistaa ja kokoonpanna tuotteet pitkälti yrityksen tiloissa ja toimittaa entistä helpommin valmis tuote asiakkaalle. Yhteiseen yksikköön koottu tuotekokonaisuus mahdollistaa ensikertaa sen myynnin yhden nimikkeen alla. Markkinointi ja myyntityö selkiytyy, ja vaikka tuote on suunniteltu ensisijaisesti yrityksen omiin portteihin, toivotaan sen avaavan jopa uusia markkinoita.

Tämän työn tekijänä tavoitteeni on luoda selvitys siitä, millainen uusi tuote voisi olla ja mitä sen suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Pyrin valmistuttamaan toimivan prototyypin ja arvioimaan sitä käytössä. Parhaassa tapauksessa työn tuloksena syntyy valmistussuunnitelma toimivalle konekeskukselle, joka voidaan jatkojalostaa ja tuotteistaa.

2 Pur-ait Oy

Pur-ait Oy on vuonna 1977 perustettu perheyritys joka sijaitsee Helsingin Suutarilassa. Yritys työllistää noin 30 henkeä ja sillä on suomessa seitsemän jälleenmyyjää. Asiakaskunta koostuu noin 70% teollisuudesta, 20% julkishallinnosta ja 10% yksityisistä asiakkaista. Yli viiden miljoonan euron liikevaihdollaan Pur-ait on sanojensa mukaan Suomen suurin aitojen ja porttien valmistaja sekä ylivoimainen markkinajohtaja kotimaassaan. Yrityksen konttori ja tuotantotilat sijaitsevat Helsingin Suutarilassa. (Pur-ait Oy, n.d.)

2.1 Yrityksen toiminta

Yritys valmistaa pääasiassa aitaverkkoa ja kulunhallintaan tarkoitettuja sarana- ja liukuportteja sekä puomeja ja kaiteita. Lisäksi se tarjoaa myös joustavasti muita hitsaus- ja koneistuspalveluja. Se valmistaa erikoistuotteita tilauksesta ja tuottaa kattavat asennus- ja huoltopalvelut kaikille porteille ja aidoille ympäri maan. Lähes kaikki omat tuotteet valmistetaan alumiinista ja tiivistä yhteistyötä on tehty alusta asti kotimaisen alumiinin toimittajan, Purso Oy:n kanssa. Yhteistyönä ovat syntyneet kestävä ja tunnistettavat pursotetut alumiiniprofiilit, joista osat valmistetaan. (Pur-ait Oy, n.d.)

2.2 Protector-liukuportti

Protector-liukuportissa on järeä alapalkki hitsattuna portinlehteen jonka ansiosta se pysyy lujana sulkiessaan jopa kymmenen metrin ajoväylän. Se voidaan toimittaa manuaalisesti ohjattavana eli käsikäyttöisenä tai koneellisenä ja automatisoituna. Automatisoidun portin lisävarusteina voidaan toimittaa erilaisia turvalaitteita jotka pysäyttävät portin ja palauttavat sen auki-asentoon:

- turvareuna asennetaan portin ja sen pylväiden reunoihin sekä muihin paikkoihin joissa on kiilautumisvaara,
- turvasilmukka sijoitetaan maahan ja se havaitsee ajoneuvon,
- liiketunnistin ja turvalokenno havaitsevat kulkijan tai ajoneuvon.

Koneellisen liukuportin mukana toimitetaan sähkömoottori ja ohjauskeskus. (Kuvat 1 ja 2)
Ohjauskeskukseen kuuluu korttikotelo ja kytkinkotelo. Turvalaitteistoa ja muita osia asennetaan ohjauskeskuksen telineeseen ja portin runkoon.

Kuva 1. Koneellinen Protector-liukuportti



Kuva 2. Sähkömoottori ja ohjauskeskus



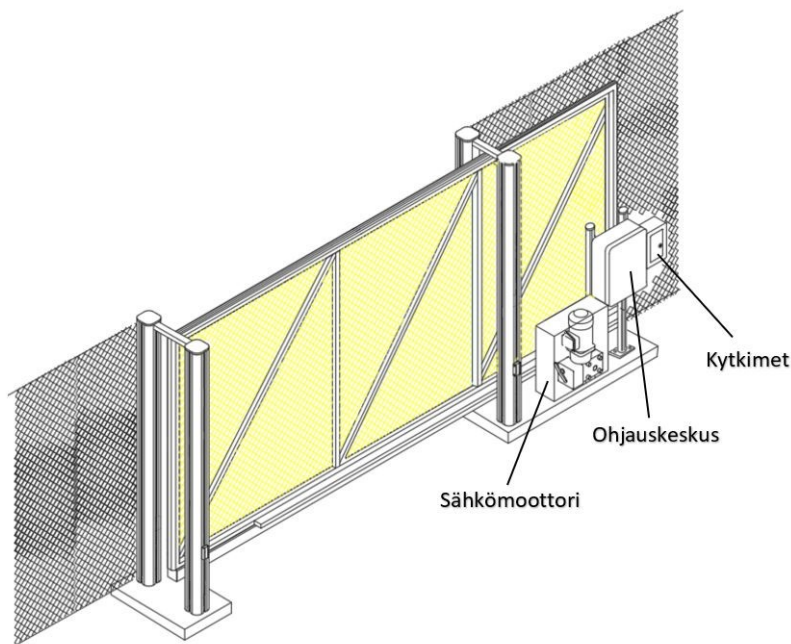
3 Työn tarve ja tarkoitus

Sain aiheen opinnäytetyölleni helmikuussa 2021. Olin silloin työskennellyt kymmenen vuotta yrityksessä hitsaajana. Aiheen osoittivat minulle tuotantopäällikkö ja lähin esimieheni Kari Orenius sekä yrityksen toimitusjohtaja Marko Salo. Idea työlle oli syntynyt jo vuosia aiemmin mutta työkiireiden vuoksi kukaan muu ei ollut vielä alkanut totisesti tutkimaan tilannetta ja kehittämään tuotetta. Joitain ongelmia oli ilmennyt vuosien aikana, mutta niitä oltiin korjattu vain yksittäisillä muutoksilla. Näistä korjaustoimista huolimatta automatiikan toimituksen peruseriaate oli pysynyt samana. Koneisto ja ohjaus toimitettiin erillisinä osina asiakkaalle ja ne kytkettiin toisiinsa asennuskohteessa.

3.1 Lähtötilanne

Vanha tuotekokonaisuus on kaikinensa toimiva mutta se oli havaittu vanhentuneeksi, sillä markkinoilla oli jo paljon muiden yritysten toimittamia moderneja ja käytännöllisempiä konekeskuksia. Pur-aitin porttien automatiikka on koostunut eri moduuleista ja osista jotka asennetaan liukuportin viereen vakiomenetelmällä. (Kuva 3)

Kuva 3. Havainnekuva asennuksesta



Alla näkyy tavallisessa asetelmassaan koneistettu Protector-liukuportti ja sen automatiikka (Kuva 4). Liukuportin ja sen pylväiden välittömään läheisyyteen on ankkuroitu kiinni rullastoon sähkömoottorin teräksinen kiinnike, jonka päälle on kiinnitetty pultein alumiininen suojakotelo. Kotelon vieressä on sähkömoottorin ohjauskeskus teräskotelossaan kiinnitettynä alumiiniseen telineeseen. Telineessä ovat myös liukuportin manuaaliset kytkimet sekä ohjauksen langaton vastaanotin. Laitteiston kaapelit pyritään peittämään kaapelisuojiilla täysin kulkiessaan telinettä ja betonivalua pitkin maan alle mutta joitain osia kaapeleista ei aina pystytä täysin peittämään. Muita laitteiston osia sijoitetaan kiinni portin runkoon, pylvässarjoihin ja ohjauskeskuksen telineeseen.

Kuva 4. Siirrettävä työmaaportti



Tuotteen ulkonäkö ei ole ollut tärkein prioriteetti asiakaskunnan koostuessa noin 90% teollisuudesta ja muista ei-yksityisistä asiakkaista. Ulkonäkö on silti merkittävä tekijä muiden joukossa ja voi vaikuttaa ostopäätökseen. Jäljelle jäävä 10% yksityisasiakkaita toivoo tuotteelta toimivuuden lisäksi miellyttävää ulkoasua, varsinkin kun portin automatiikka voi muodostaa jopa kolmanneksen ostohinnasta. Teollisissa ympäristöissä toimintavarmuus ja huoltotarve nousevat ulkonäön ohi tärkeimmiksi kysymyksiksi.

Sähkömoottori kotelossaan on pieni ja huomaamaton mutta juuri ohjauskeskuksen teline ja sen kaapelointi on tuottanut asiakastytymättömyyttä. Ohjauskeskuksen telinettä muutettiin vuonna 2021 niin että sen siisti kaapelointi olisi helpompaa. Vaikka yksittäinen tärkeä ongelma ratkesi, muutos kasvatti materiaalikustannuksia ja teki telineen valmistuksesta työläämpää. Koko tuotteesta tuli myös heiman vaikeampi käsitellä. Kuvasarjassa (Kuva 5) näkyy ohjauskeskustelineen kehitysaskel alkuvuonna 2021 ja ensimmäinen konekeskuksen prototyyppi joka valmistettiin ja kokoonpantiin saman vuoden marraskuussa.

Kuva 5. Ohjauskeskustelineen kehitys vuonna 2021



3.2 Tavoitetilanne

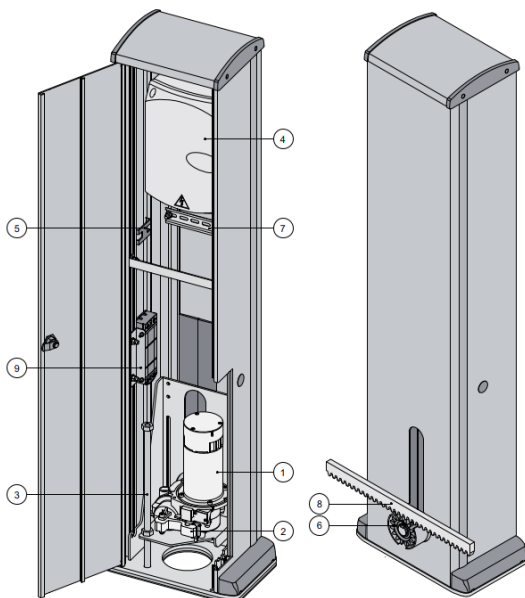
Työn tavoitetilassa on siirrytty modulaarisesta rakenteesta kuvien 6 ja 7 referenssituotteiden suuntaan jossa toimitukseen kuuluu vain yksi päänimike joka on yhtenäinen konekeskus. Saksalaisen Belfoxin ja Italialaisen Ditecin kotelo on valmistettu alumiinista pursottamalla erilaisia profiileja joista muodostuvat seinät ja kansi. Kaikki pinnat on anodisoitu ja ulkonäkö

on siisti. Ulkomaisten toimittajien mikroprosessorit ja moottorit eivät ole täysin kestäneet Suomen sääoloja ja Pur-ait käyttää toistaiseksi muilta laitevalmistajilta tilaamiaan kortteja ja moottoreita. Samoja käytetään myös yrityksen puomikoneissa.

Kuva 6. Belfox ohjauskeskus. (Belfox, n.d.)



Kuva 7. Ditec ohjauskeskus. (Ditec, 2010, s. 8)



Tilaaajan asennus- ja myyntiosastojen tavoite on saada kaikki automatiikkaan liittyvät myyntiartikkelit yhden nimikkeen alle. Se mahdollistaisi ensikertaa tuotteen selkeän markkinoinnin ja järkevöittäisi myyntiä. Tilaus-toimitus-ketjussa tapahtuu toisinaan inhimillisiä virheitä tuotteen moniosaisen kokonaisuuden takia ja niiltä odotetaan osin välttävää, kun kokonaisuus pakataan yhteen pakettiin. Jos virheen mahdollisuutta toimituksessa saadaan pienennettyä, pienenevät myös siitä seuraavat muut välilliset kustannukset, kuten asentajien matka-, ja asennusaika.

4 Työn aloittaminen

Saatuani työn aiheen alkuvuonna 2021, aloitettiin hanke projektiryhmän muodostuksella. Nimellinen projektiryhmä muodostettiin keväällä jossa päällikön virkaa toimitti tämän opinnäytetyön tekijä Janne Leppä. Projektin ohjausryhmän muodostivat ja samalla projektiryhmän jäseninä toimivat yrityksen eri osastojen johtajat kuten sähkötoiden johtaja Mikko Saastamoinen ja tuotantopäällikkö Kari Orenius. Kari toimi myös opinnäytetyöni ohjaajana. Projektin omisti toimitusjohtaja ja työn minulle osoittanut Marko Salo. Työlle määritettiin useita tavoitteita ja odotustaso oli korkea. Kaikki osalliset lähtivät tähän projektiin innostuneena ja avoimin mielin.

Perehdyin opinnäytetyön aikana paremmin yrityksen niihin osastoihin joiden kanssa olin ollut vähemmän tekemisissä. Toimenkuvani oli kymmenen vuotta koostunut pääasiassa hitsaamisesta ja koneistuksista enkä tuntenut yrityksen sähkö- ja asennuspuolta hyvin. Olin toki valmistanut ja kokoonpannut useita porttien automatiikkaan liittyviä komponentteja mutta en tuntenut tuotantoketjua vielä täysin enkä ymmärtänyt silloisten valmistuksellisten ja tuotannollisten ratkaisujen perusteita. Kävin työmailla oppimassa perusteellisesti tuotteen asennusta ja sain sähkötoiden tuntijoilta kattavaa perehdytystä. Työn kannalta oli kriittisen tärkeää oppia tuntemaan tuote niin hyvin kuin mahdollista.

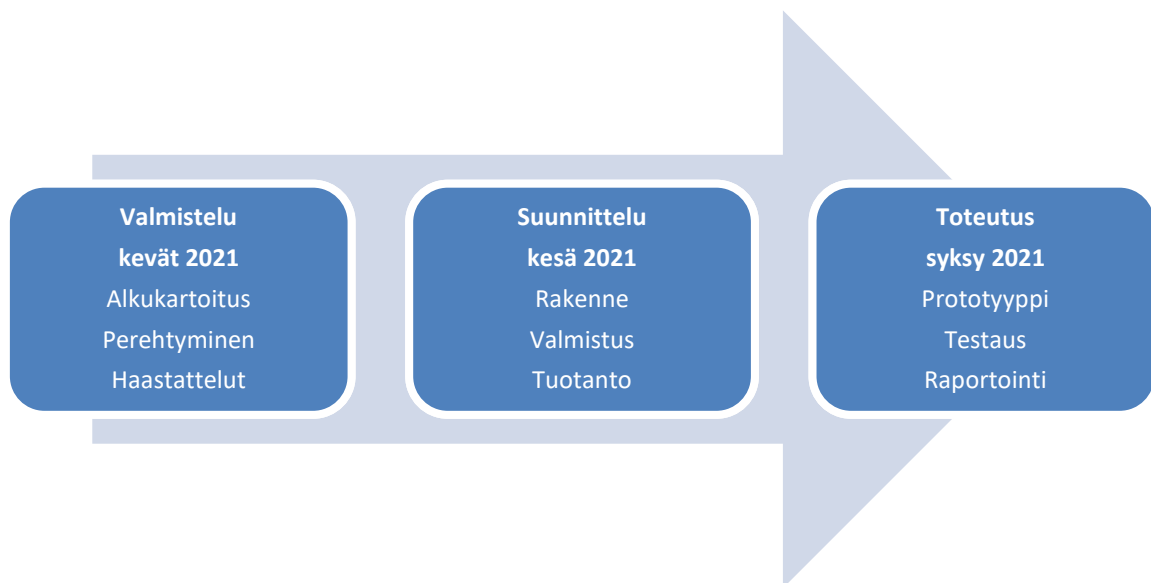
Projektiryhmän muodostuksen jälkeen pidettiin työn edistymisen mukaan, noin kuukausittain, kokouksia joissa toin esille tuottamiani ratkaisuja ja sain ohjausta. Varsinaisen suunnittelutyön alettua syksyllä 2021 ei selvää suuntaa vielä ollut vaan jokaisella

asiantuntijalla oli joitain ajatuksia ja kehitysideoita joita lähdin tutkimaan. Muutamien isojen oivallusten jälkeen syntyi selkeä suunta.

Tilaaajan kanssa laadittiin materiaalin käyttöoikeussopimus ja aineiston hallintasuunnitelma, joissa määritellään esimerkiksi työn aikana syntyvän materiaalin omistussuhteet. Kirjallinen sopimus ja suunnitelma tehdään jotta saavutetaan yhteisymmärrys työn yksityiskohdista.

Työlle ei asetettu tilaaajan puolesta mitään aikarajoja mutta tavoitteiden määrittelyn jälkeen loin karkean aikataulun (Kuva 8) joka johtaisi työn valmistumiseen vuoden lopussa 2021. Valmisteluun kuului nykytilanteen tutkiminen ja arviointi. Sunnittelussa luotiin ratkaisuja havaittuihin ongelmiin. Ratkaisut olivat keskuksen uusi rakenne ja muotoilu, jotka mahdollistaisivat integroinnin. Toteutusvaiheessa valmistettiin prototyyppi, joka vastaisi paremmin tarpeisiin. Prototyyppiä testattiin toiminnassa, arvioitiin ja havainnot kirjattiin ylös. Projekti sovittiin päättyväksi kun havainnot ja jatkosuunnitelma on raportoitu tilaajalle.

Kuva 8. Aikataulu



5 Suunnittelu

Varsinainen työ aloitettiin tutkimalla vanhan tuotekokonaisuuden rakennetta ja valmistusprosessia. Haastatteleamalla asiantuntijoita, kuten asentajia ja työnjohtoa, saatiin kokemusperäistä ensikäden tietoa asennukseen ja toimitukseen liittyvistä ongelmista sekä asiakastyytyvyydestä. Olin valmistanut ja kokoonpannut joitain tuotteen osia jo kauan joten tunsin itsekin hyvin jotain tuotteen elinkaaresta. Työssä haluttiin parantaa tuotteen rakennetta, valmistusprosessia ja ulkonäköä. Rakenteen suunnittelussa kiinnitettiin paljon huomiota asennus-, huolto- ja korjaustoimien helpottamiseen. Muotoilussa keskityttiin myös toimivuuteen sekä myyvään ulkoasuun.

Tärkeintä oli integroida kaikki automatiikkaan liittyvä yhteen koteloon. Kaikessa lähdettiin liikkeelle siitä että asiakkaalle halutaan voida toimittaa yksi yhteinen paketti joka voidaan sellaisenaan ottaa käyttöön. Työn alussa tarkasteltiin voidaanko mitään aiempia osia käyttää edelleen tai saadaanko niitä muokkaamalla toimivia uusia osia. Kuitenkin projektin edetessä ilmeni niin monta haastetta ja uusia kunnianhimoisia näkemyksiä että kaikkien komponenttien suunnittelu päätettiin aloittaa alusta, puhtaalta pöydältä. Kaikkia uusia ratkaisuja verrattiin joka askeleella vanhaan kokonaisuuteen ja mietittiin paraneeko kokonaisuus. Osien 3D-mallinnus ja piirtäminen tehtiin pääasiassa Autodesk Inventor-ohjelmistolla.

5.1 Rakenne

Uusi konekeskus voidaan jakaa viiteen pääelementtiin jotka ovat jalka, kotelo, kiinnike, korttikotelo ja sähkömoottori. Uusia valmistettavia osia on yhteensä noin kymmenen joista osa koostuu edelleen useammasta pienemmästä osasta. Varsinaisia uusia osto-osia tarvitaan vain yksi. Tavanomainen sarjoitettu kalustelukko tai kolmioavaimella käytettävä.

Konekeskus suunnitellaan niin että sen kokoonpano ja asennus nopeutuvat vanhaan verrattuna. Materiaali-, ja kokonaiskustannuksien odotetaan suunnitteluvaiheessa pysyvän lähes samana kuin ennen mutta varsinkin työstä johtuvia kuluja ja aikaa pyritään vähentämään. Uuden rakenteen varastoimiseen tarvitaan vain sama tai jopa vähemmän tilaa

kuin ennen ja kompakti muotoilu helpottaa myös toimitusta. Täydellinen varusteltu uusi konekeskus painaa noin 45kg mikä on noin kolmannes enemmän kuin ennen. Muotoilunsa ansiosta sen liikuttelu ja toimittaminen on helpompaa kuin ennen. Keskus voidaan myös tarvittaessa kasata vain osittain jolloin sen osat painavat vähemmän ja mahtuvat pienempään tilaan. Vaikka tähdätäänkin vakiotapaan toimittaa ja asentaa keskus yhteisenä yksikkönä, tuotteen rakenteen suunnittelussa ja muotoilussa pyrittiin luomaan toimitukseen ja asennukseen jonkin verran vapautta.

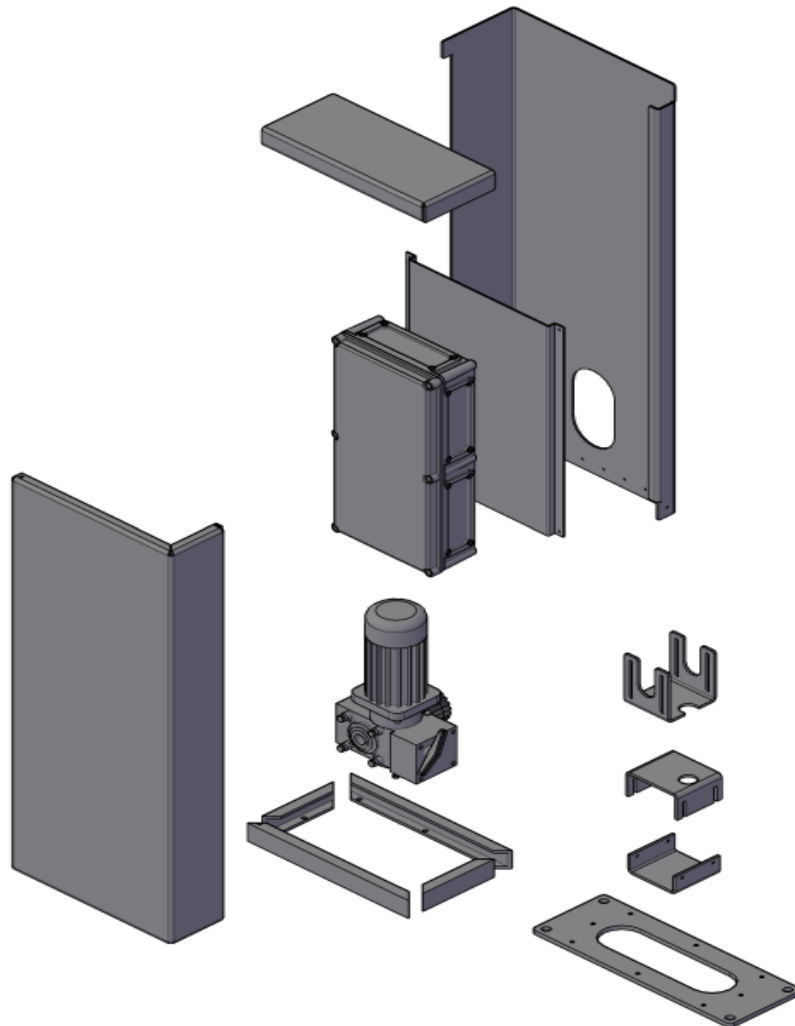
Kuva 9. Konekeskuksen havainnollistava render-kuva



Konekeskuksen rakennetta muutettiin vanhaan nähdessä niin että moottori on, toisin kuin ennen, purettavissa keskuksesta ilman muita purkutoimia. Kaikki muutkin komponentit ovat entistä helpommin saavutettavissa yhden kannen takana. Tuote suunnitellaan toimitettavaksi täysin kokoonpantuna asiakkaalle yhteisenä yksikkönä jollaisena se ankkuroidaan paikoilleen ja sähköistetään, mutta se voidaan kokoonpanna tarvittaessa myös paikan päällä tai purkaa ilman moottoria.

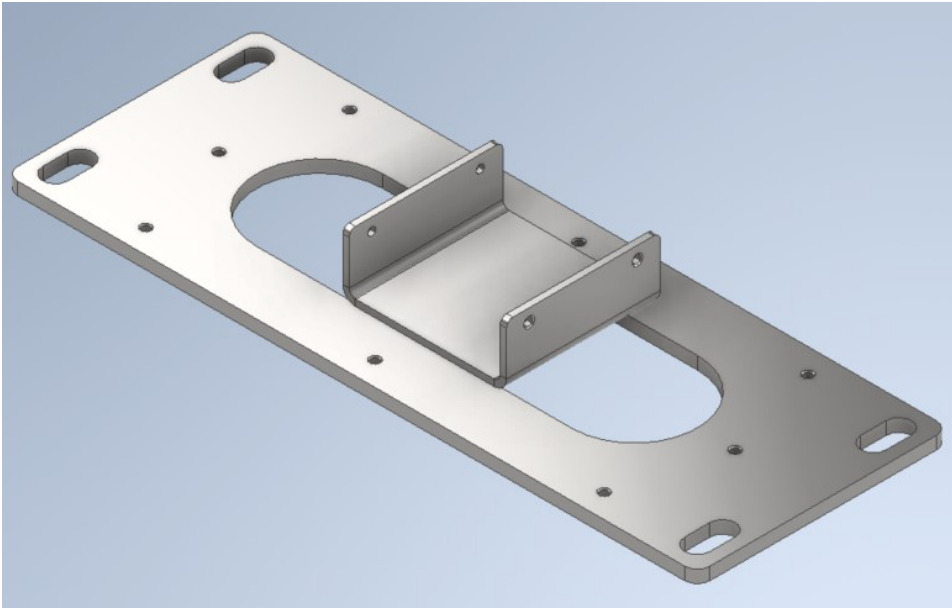
Pääkokoonpanon räjäytyskuvassa (Kuva 10) näkyvät kaikki konekeskuksen valmistettavat komponentit sekä osto-osista sähkömoottori ja korttikotelo.

Kuva 10. Pääkokoonpanon räjäytyskuva



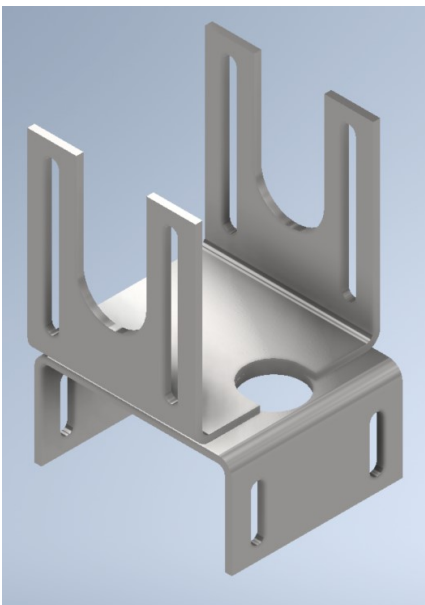
Jalka koostuu pohjalevystä ja sen päälle hitsatusta kiinnikkeen vastakappaleesta (Kuva 11). Pohjalevy on 10mm paksua teräslevyä ja siinä on ovaalit reiät ankkureita varten sekä kiertetyt M8 reiät kotelon ja sokkelin kiinnitystä varten. Kiinnikkeen vastakappale on 5mm paksua taivutettua terästä ja siinä on myös kiertetyt M8 reiät joista siihen kiinnittyy sähkömoottori kiinnikkeessään. Suuri hahlo levyn keskellä on kaapeleiden poistoa varten.

Kuva 11. Konekeskuksen jalka



Kiinnike (Kuva 12) on kaksi kantattua 5mm teräslevyä hitsattuna kiinni toisiinsa. Kiinnikkeen ylä- ja alaosassa on molemmissa neljä hahloa joista se kiinnitetään pultein jalan vastakappaleeseen ja sähkömoottoriin. Sähkömoottorin korkeutta säädetään liikuttamalla kiinnikettä ja moottoria hahloissa pystysuuntaisesti.

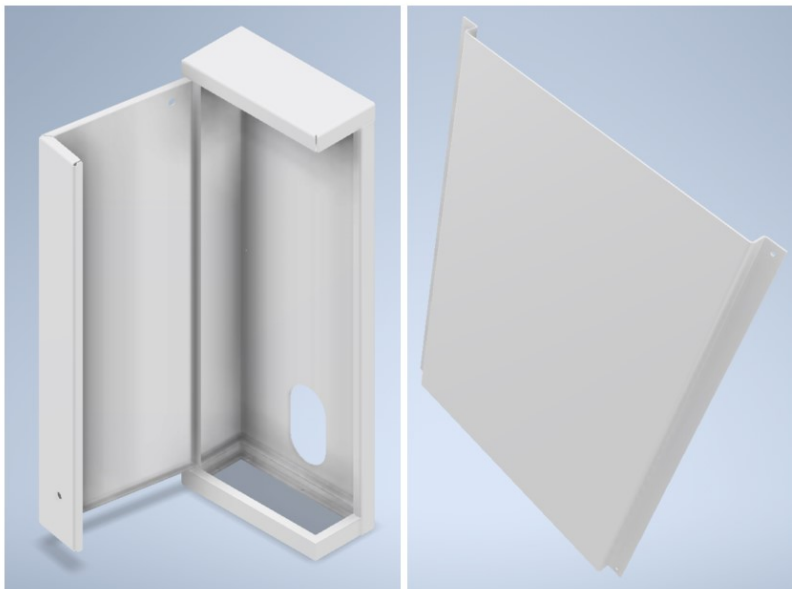
Kuva 12. Sähkömoottorin kiinnike



Kotelo (Kuva 13) koostuu kolmesta 3mm paksusta levyosasta jotka hitsataan toisiinsa TIGillä. Kansi, eli konekeskuksen ovi, saranoidaan sen ylä- ja alapäistä pulttiliitoksin kotelon hattuun ja sokkeliin. Muoviset aluslevyt tekevät kannesta hiljaisen ja sen liikkeestä pehmeän. Takalevy niitataan vetoniiteillä sokkeliin. Sokkeli sahataan 50x25x3 U-profiilista ja hitsataan MIGillä. Kaikki kotelon valmistettavat osat ovat alumiinia.

Kytkentälevy on 1-2mm paksua alumiinilevyä ja se niitataan kotelon takalevyyn. Siihen kiinnitetään poraruuvein korttikotelo ja osa kaapeleista voidaan sijoittaa sen taakse.

Kuva 13. Kotelo ja kytkentälevy



Aiemmin käytetyt kaksi teräksistä kytkentäkoteloa tultaisiin korvaamaan yhdellä muovisella korttikotelolla (Kuva 14). Kytkinkotelossa olevat auki-seis-kiinni-painikkeet ja telineessä sijaitseva hätäseis-painike upotetaan muovikotelon kanteen. Uuteen muovikoteloon mahtunee myös pariliukuportin ohjauslogiikka ja kaikki muut lisävarusteet, joita varten on tähän asti käytetty vieläkin suurempaa teräksistä kytkentäkoteloa.

Kuva 14. Vanhat teräskotelot ja uusi muovikotelo

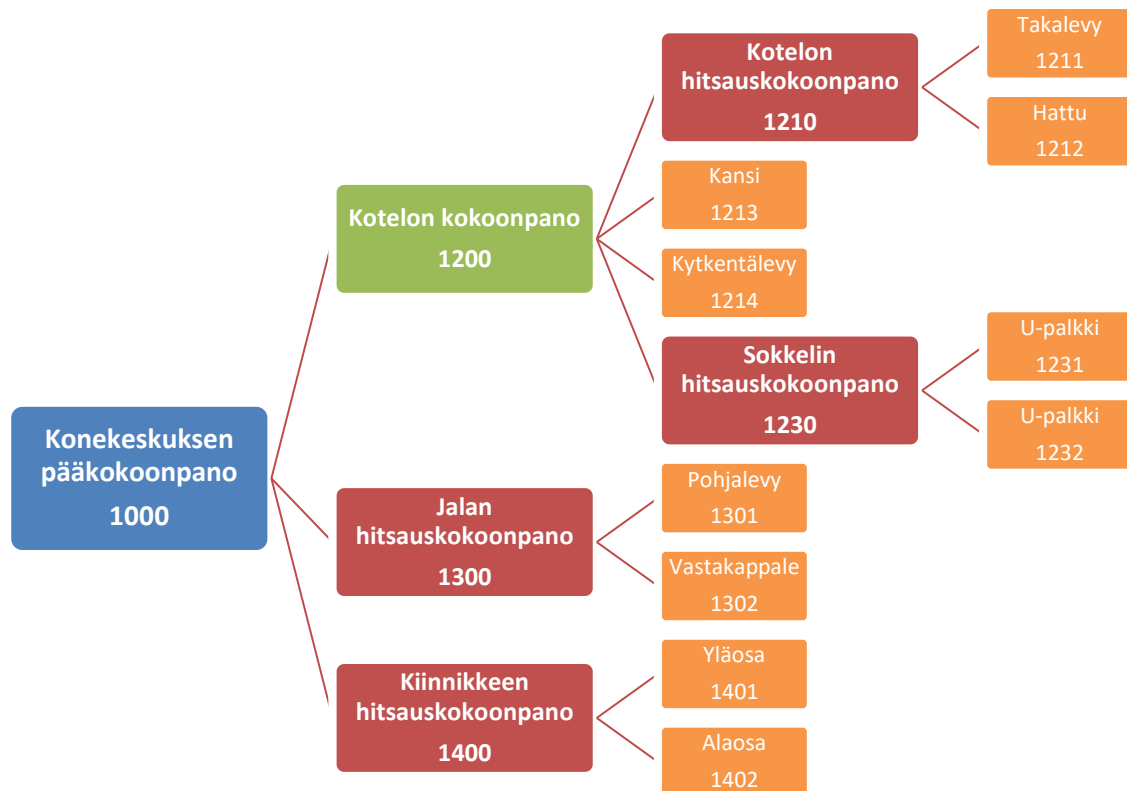


5.2 Valmistus ja kokoonpano

Kaikki valmistukseen liittyvät asiat tuodaan selkeästi ilmi valmistuspiirustuksissa jotka jaetaan tarkoituksen mukaisiin vaiheisiin. Valmistuksen vaiheet eli hitsaus-, koneistus- ja varustelupiirustukset erotellaan toisistaan, jotta kuvat, ohjeet ja merkinnät pysyisivät selkeinä. (Piironen, 2013, s. 55)

Valmistuspiirustukset mukailevat tuotteen rakennetta. Konekeskuksen valmistuspiirustukset on numeroitu niin että yksittäiset osat ja kokoonpanot, joihin ne kuuluvat, on helppo jäljittää ja kokonaisuus on helppo hahmottaa.

Kuvio 1. Konekeskuksen valmistuspiirustusten rakenne ja numerointijärjestelmä



Konepiirustuksista kannattaa vähimmillään käydä ilmi ainakin piirustuksen omistaja, yrityksen nimi, kappaleen nimitys ja piirrosnumero. Kokoontaloon liitettävä osaluettelo kertoo mitä yksittäisiä osia valmistetaan. Piirustukset tehdään käyttäen selkeää järjestelmää joka ohjaa valmistusta ja tuotantoa. Piirustuksien ja koko valmistusprosessin tulee ennen kaikkea olla ymmärrettäviä. Reifer Oy antaa arvokkaan neuvon kotisivuillaan:

”Piirustusmerkintöjen tulee noudattaa standardeja, mutta liian erikoisia ja harvakseltaan käytettyjä piirustusmerkintöjä tulisi välttää – lukijalla ei välttämättä ole samaa piirustuksiin liittyvää ammattitaitoa kuin suunnittelijalla. Liian erikoisien merkkien sijasta kannattaa harkita lyhyttä sanallista lisäohjeistusta.” (Reifer Oy, 2021)

Piirustuksia tarvitaan moneen tarkoitukseen ja ne tehdään palvelemaan määrättyä valmistusvaihetta. Erilaisten valmistuspiirustusten esimerkkejä selitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Valmistuspiirustustyyppinä (Piironen, 2013, s. 55)

Osapiirustus	Polttoleikepiirustus mitoitettuna ja polttoleikegeometria (DXF), työstöt, särmäykset ja hionnat. Valupiirustus.	Palvelee leikkaajaa, särmääjää, koneistajaa, valajaa.
Osahitsauskokoonpanopiirustus	hitsattava tuote on jaettu sopiviin, työpistekehtaisiin pienempiin kokonaisuuksiin, jotta valmistuksen hallinta ja tehokkuus tulisi optimoitua.	Palvelee hitsaajaa ja koneistajaa.
Hitsauskokoonpanopiirustus	Osat ja osahitsauskokoonpanot liitetään yhteen hitsaamalla, niittaamalla, liimaamalla tai muulla purkamattomalla liitosmenetelmällä. Yleensä tämän vaiheen lopuksi tuote pintakäsittelään.	Palvelee hitsaajaa ja maalaajaa.
Varustelupiirustus	Hitsauskokoonpanot ja osat kytketään toisiinsa purettavilla liitoksilla, kuten ruuveilla tai tapeilla. Tämä voi olla myös tuotteen ylimmän tason piirustus tai tuotteen moduuli.	Palvelee varustelijaa.
Pääkokoonpanopiirustus	Tässä piirustuksessa kytketään aiemmin mainitut osat ja kokonaisuudet yhteen. Piirustus esittää tuotteen kokonaisuutena. Kun tämän piirustuksen alikokoonpanot puretaan osiksi, sisältää se kaikki tuotteen osat. Piirustus kertoo, kuinka osat kytkeytyvät toisiinsa.	Palvelee valmistuksessa kokoonpanoa.

Tämän työn osat valmistetaan suurilta osin alihankkijoilla sillä Pur-aitilla ei ole toistaiseksi laitteistoa jolla leikata tai taivuttaa levyä. Hitsaus ja kokoonpano voidaan kuitenkin täysimittaisesti suorittaa yrityksen tiloissa. Kokoonpano voidaan vaiheistaa niin että ensin kokoonpannaan hitsaamalla teräksiset osat, sen jälkeen alumiiniset ja sitten ne liitetään

toisiinsa. Osien toiminnalliset piirteet on mitoitettu niin että valmistuksessa voidaan käyttää standardin SFS EN 22768-1 (Taulukko 2) karkeaa yleistoleranssia, mutta hitsauskoonpanoissa on syytä käyttää vähintään taulukoissa 3 ja 4 näkyvää standardin ISO 13920 tarkkuusluokkaa BE.

Taulukko 2. Pituusmittojen sallitut poikkeamat (SFS EN 22768-1/1993, s. 5)

		Arvot mm							
Toleranssiluokka Tunnus	Kuvaus	Sallitut poikkeamat nimellismita-alueella							
		> 0,5 ¹⁾ ≤ 3	> 3 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400 ≤ 1 000	> 1 000 ≤ 2 000	> 2 000 ≤ 4 000
f	hieno	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	–
m	keskikarkea	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	karkea	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	erittäin karkea	–	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

1) Nimellismitoille < 0,5 mm, eromitat tulee merkitä vastaavan nimellismitan viereen.

Taulukko 3. Hitsattujen rakenteiden pituusmittoja koskevat toleranssit (ISO 13920/1996, s. 5)

Nimellismita-alueet / mm Range of nominal sizes / in mm											
Tarkkuus- luokka Tolerance class	2 ... 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400 ≤ 1000	> 1000 ≤ 2000	> 2000 ≤ 4000	> 4000 ≤ 8000	> 8000 ≤ 12000	> 12000 ≤ 16000	> 16000 ≤ 20000	> 20000
Toleranssit t mm Tolerances t in mm											
A	± 1	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9
B		± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16
C		± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27
D		± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40

Taulukko 4. Hitsattujen rakenteiden suoruus-, tasomaisuus ja yhdensuuntaisuustoleranssit (ISO 13920/1996, s. 7)

Nimellismita-alueet, t, mm (koskee pinnan pitempää sivua) Range of nominal sizes / in mm (relates to longer side of the surface)										
Tarkkuus- luokka Tolerance class	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	> 400 ≤ 1000	> 1000 ≤ 2000	> 2000 ≤ 4000	> 4000 ≤ 8000	> 8000 ≤ 12000	> 12000 ≤ 16000	> 16000 ≤ 20000	> 20000
Toleranssit, t, mm Tolerances t in mm										
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

Lopuksi keskukseen asennetaan ohjauslaitteisto ja kaapelit. Kokoonpanoon käytetään kuusioruuveja ja vetoniittejä. Asennuksessa käytetään samoja kemiallisia ankkureita, kuin tähänkin asti. Asennus nopeutuu merkittävästi vanhaan nähden sillä ankkureiden määrä jopa puolittuu, kun ohjauskeskuksen telinettä ei enää käytetä.

Aiemman tuotteen valmistusprosessi ja matka konepajalta asiakkaalle koostuu karkeasti seuraavista viidestä vaiheesta:

- Teräksisen konekiinnikkeen valmistus
- Alumiinisen konekotelon valmistus
- Alumiinisen ohjauskeskustelineen valmistus
- Ohjauskeskuksen kokoonpano ja kytkennät
- Koneen ja ohjauskeskuksen asennus ja kytkennät

Tulevaisuuden konekeskuksen valmistusprosessi ja matka asiakkaalle tulisi karkeasti koostumaan seuraavista viidestä vaiheesta:

- Teräksisen jalan valmistus
- Alumiinisen kotelon valmistus
- Keskuksen kokoonpano
- Korttikotelon sähköiset kytkennät
- Konekeskuksen asennus ja sähköistäminen

Prosessit ovat samankaltaiset mutta uusi rakenne tekee tarpeettomaksi ohjauskeskuksen alumiinisen telineen jonka kustannukset ovat yritykselle noin 7% ja 2021-uudistetun telineen kustannukset yritykselle noin 11% koneellisen portin automatiikan kokonaishinnasta.

Konekeskuksen verrattain suurempien levyateriaalikustannuksien arvioidaan olevan jossain tuon haarukan välissä.

5.3 Muotoilu

Tuotteen suunnittelussa kannattaa alusta asti ottaa huomioon muotoilu ja toimivuus. Suunnitteluvirheitä vältetään niin että jo osia hahmotellessa mietitään millä menetelmillä ja mistä materiaaleista ne valmistetaan. (Matilainen ym., 2011, s.255)

Keskus 3D-mallinnettiin niin pitkälle kuin mahdollista ennen kuin ensimmäistäkään osaa valmistettiin. Osien malleja testattiin CAD-avaruudessa jotta varmistuttaisiin siitä että sen voi kokoonpanna ja manuaalisesti kasata niin kuin on tarkoitettu.

Konekeskuksesta pyrittiin saamaan mahdollisimman pieni ja kompakti, mutta kuitenkin niin että sen asentaminen ja käyttö on mukavaa. Muotoiluun vaikutti suuresti asennukseen ja huoltoon liittyvä käytännöllisyys eli miten kotelon ja sen sisällä tehtävä asentaminen, kokoonpano ja moottorin säätäminen onnistuu. Tuotteen lopullista kokoa mietittäessä otettiin huomioon yleiset levyjen ahiokoot sillä on kannattavaa käyttää materiaalia tehokkaasti niin että ylimääräisiä työvaiheita ja hukkamateriaalia vältetään. Konekeskuksen sisälle tulevien osien määrä ja niiden tilantarve on muotoiluvaiheessa jo tiedossa joten sekin osaltaan rajaa käytettävää kokoa. Moottori keskitetään kotelon keskelle niin että se on aina samankätinen ja asennustöille tarvitaan tilaa moottorin sivuilla. Muoviset korttikotelot rajaavat eniten keskuksen leveyttä. Aiemman kahden teräskotelon sijaan käytetään enää vain yhtä muovikoteloja jonka kanteen on upotettu koneen käyttökytkimet. Päällekkäin asennettavat moottori ja korttikotelo rajaavat eniten keskuksen korkeutta.

Mahdollisia myöhempiä huolto- ja korjaustoimenpiteitä pyrittiin helpottamaan kehittämällä kantattu kansi muuten varsin kompaktiin koteloon. Erityinen ovi saranoidaan kiinni kotelon etureunaan ja auetessaan se vapauttaa tarvittavan asennus- ja säätötilan moottorille joka on aina saman kätinen ja samassa asennossa kiinnikkeessään. Kotelossa on myös matala sokkeli joka helpottaa talvella lumen ympäröimän keskuksen avaamista.

Asennuksessa pyritään standardoituun menetelmään, jossa konekeskus asennetaan lähtökohtaisesti aina samalla tavalla samaan paikkaan suhteessa porttikokonaisuuden muihin osiin. Varsinkin koneiston toiminnalliset mitat ovat pääsääntöisesti vakioitu mutta joitain poikkeuksia kuitenkin ilmenee. Joissain harvinaisissa mutta säännöllisissä tapauksissa portin maavara on normaalia suurempi jolloin sähkömoottoria joudutaan myös nostamaan. Tämä voidaan toteuttaa kasvattamalla edelleen konekiinnikkeen säätövaraa tai korottamalla koko koteloa jalkoineen.

5.4 Materiaalin valinta

Alumiini on harvoin hyvä rakenneaine mutta sillä on muita hyviä ominaisuuksia kuten työstettävyys ja keveys.

Tuotteen osista lähinnä jalkaan kiinnitettävä koneiston kiinnike ja moottori sen sisässä kokevat merkittäviä voimia jotka aiheuttavat niihin monenlaisia jännityksiä. Moottori kiihdyttää yli satakiloisen portin täyteen vauhtiin alle sekunnissa. Yleiset rakenneteräkset kuten S235 ja S355 ovat edullisia ja kestävät sopivassa aineenvahvuudessa hyvin portin liikuttelun aiheuttamat voimat. Myös koteloa ja koneistoa kannatteleva jalka on syytä valmistaa samasta materiaalista suuremmalla aineenvahvuudella jotta se ja siihen hitsatut saumat sekä muut koneiston kiinnikkeen saumat kestävät käytön. Portin liike on havaittuna portaaton ja moottori kiihdyttää portin valtavalla voimalla sen vakionopeuteen. Repäisevä voima liikkeen alussa rasittaa suuresti teräskiinnikettä ja sen liitoskohtia.

Keveyden ja korrosion keston takia muiden kuin rakenneosien materiaaliksi kannattaa valita jokin magnesiumseosteinen alumiini. Useimmat 5- ja 6-sarjojen alumiiniseokset ovat hyvin hitsattavia (Kuva 15) ja kestävät korroosion hyvin useimmissa ympäristöissä. Lujimmalla 6-sarjan seoksella voi olla 1.6-3.2 kertainen myötölujuus heikoimpaan 5-sarjan alumiiniin nähden. (Matilainen ym., 2011, s.72).

Taulukko 5. Alumiiniseosten hitsattavuus (Lukkari, 2001, s.76)

Hyvin hitsattavia seoksia	Nimike	
	Numeerinen EN AW	Koostumus EN AW
Kaikki seostamattomat alumiinit. Esim.:	1050A	Al99,5(A)
Useimmat karkenemattomat seokset. Esim.:	3103	AlMn1
	5052	AlMg2,5
	5083	AlMg4,5Mn0,7
Useat karkenevat seokset. Esim.:	6005	AlSiMg
	6005A	AlSiMg(A)
	6063	AlMg0,7Si
	6063A	AlMg0,7Si(A)
	6082	AlSi1MgMn
	6101	EAlMgSi
	7021	AlZn5,5Mg1,5

5.5 Valmistusmenetelmät

5.5.1 Levytyöt

Ohutlevyosien valmistuksessa voidaan käyttää pääosin karkeimpiakin toleransseja, mutta joissain kohdissa toimivuuden takia voidaan joutua käyttämään tarkempia toleransseja. Sellaisia piirteitä ovat esim. lukkoreiät ja kiinnityskohdat. Keskuksen muotoilussa on huomioitu toimivuus ja käyttömukavuuskin niin ettei teräviä reunoja tai kulmia juurikaan ole ja konekeskuksen kokoonpantavuudenkin kannalta karkea toleranssi riittää. Toleranssi voi olla karkein niissä osissa ja levyjen kohdissa joissa on välyksiä ja hitsisaumoja.

Taulukko 6. Poltto- ja plasmaleikkausta koskevat sallitut eromitat toleranssiluokalle 1. (SFS EN-ISO 9013/2017, s. 22)

Työkappaleen aineenpaksuus	Nimellimitat							
	> 0 < 3	≥ 3 < 10	≥ 10 < 35	≥ 35 < 125	≥ 125 < 315	≥ 315 < 1000	≥ 1000 < 2000	≥ 2000 < 4000
	Sallitut eromitat							
> 0 ≤ 1	± 0,04	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,3	± 0,3
> 1 ≤ 3,15	± 0,1	± 0,2	± 0,2	± 0,3	± 0,3	± 0,4	± 0,4	± 0,4
> 3,15 ≤ 6,3	± 0,3	± 0,3	± 0,4	± 0,4	± 0,5	± 0,5	± 0,5	± 0,6
> 6,3 ≤ 10	–	± 0,5	± 0,6	± 0,6	± 0,7	± 0,7	± 0,7	± 0,8
> 10 ≤ 50	–	± 0,6	± 0,7	± 0,7	± 0,8	± 1	± 1,6	± 2,5
> 50 ≤ 100	–	–	± 1,3	± 1,3	± 1,4	± 1,7	± 2,2	± 3,1
> 100 ≤ 150	–	–	± 1,9	± 2	± 2,1	± 2,3	± 2,9	± 3,8
> 150 ≤ 200	–	–	± 2,6	± 2,7	± 2,7	± 3	± 3,6	± 4,5
> 200 ≤ 250	–	–	–	–	–	± 3,7	± 4,2	± 5,2
> 250 ≤ 300	–	–	–	–	–	± 4,4	± 4,9	± 5,9

Levynleikkaus kannattaa tehdä termisillä CNC-ohjatuilla menetelmillä koska ne ovat nopeita ja tarkkoja. Konekeskuksen osissa on paljon piirteitä ja jotkut niistä voivat vaikuttaa tuotteen kokoonpantavuuteen. Vesileikkaus tai minkäänlainen manuaalinen levyn leikkaus on liian kallista tämän työn kannalta. (Matilainen ym., 2011, s.201)

Laserleikkauksen tarkkuudesta ei ole hyötyä tämän työn kannalta, joten kustannussyistä suositellaan käytettäväksi plasmaleikkausta joka sekin on riittävän tehokas ja tarkka menetelmä. (Piironen, 2013, s. 20)

Taulukko 7. Leikattavat metallit (Piironen, 2013, s. 18)

	POLTOLEIKKAUS	PLASMALEIKKAUS	LASERLEIKKAUS
Seostamaton teräs	kyllä	kyllä	kyllä
Niukkaseosteiset teräkset (C < 0,3%)	kyllä	kyllä	kyllä
Seostetut teräkset	vaatii esilämmityksen	kyllä	kyllä
Ruostumattomat teräkset	ei	kyllä	kyllä
Alumiini	ei	kyllä	kyllä
Kupari	ei	kyllä	kyllä

Taulukko 8. Menetelmien vertailu (Piironen, 2013, s. 19)

	POLTTOLEIKKAUS	PLASMALEIKKAUS	LASERLEIKKAUS
AINEPAKSUUS	3 – 250...3200 mm	...30 mm	...25 mm
TARKKUUS	0,5 – 5 mm	0,1 - 0,5 mm	0,05 – 0,1 mm
LEIKKAUSNOPEUS	60 – 800 mm/min	1000...10000 mm/min	500...2000 mm/min
LEIKKAUSJÄLKI	Tyydyttävä	Kiitettävä	Kiitettävä

Osien toimivuuden kannalta käytetään mahdollisimman pieniä pyörityssäteitä mutta kuitenkin niin ettei materiaali haurastu. 5-sarjan alumiiniseoksilla pyritään 1.5 ± 0.5 *levynpaksuus ja 6-sarjan 2.5 ± 0.5 *levynpaksuus pyörityssäteisiin. Pehmeämmillä laaduilla pyörityssäteeksi riittää levyn paksuus. (Matilainen ym., 2011, s.65).

Konekeskuksen levyosissa on joitain piirteitä jotka on parempi tehdä samalla kun levyä leikataan numeerisella ohjauksella. Sen arvioidaan olevan nopeampaa ilman lisäkustannuksia. Tällaisia piirteitä ovat kuvan 15 hätäseis-painikkeen pyöreä ja kaluste- tai kolmiolukon puolipyöreä reikä.

Kuva 15. Hätäseis-painike ja kalustelukko



5.5.2 Hitsaus

Alumiinin väsymislujuus ja vaimennuskerroin ovat yleisesti todella matalat joten hitsisaumojen tulee olla hyviä ja virheettömiä kestääkseen pienet ja vaihtelevat rasitukset. Juohevat saumat laskevat loviherkkyyttä ja huomiota tulee kiinnittää saumojen lopetukseen ettei synny kraaterihalkeamia. (Lukkari, 2001, ss. 85, 87)

Alumiiniseoksen hitsattavuus kannattaa ottaa huomioon siinäkin tapauksessa että tuotteen muotoilu ja rakenne säästää hitsisaumoja rasitukselta. Kotelon alumiiniosat on paras hitsata TIGillä josta ei synny roiskeita tai muita palamisjälkiä. Kanttauksista aiheutuvat välit ja railot hankaloittavat myös MIGillä hitsaamista.

5.6 Pintakäsittely

Tuote tulee ainakin osittain pintakäsittellä jo pelkän korroosioneston takia, mutta sillä voidaan myös helposti parantaa tuotteen yleisilmettä tai personoida sitä tarpeen mukaan. Jos eri materiaaleja liitetään toisiinsa, täytyy ottaa huomioon että varsinkin epäjalompi alumiini syöpyy kosteassa kosketuksessa teräksen kanssa. Tämä voidaan ehkäistä tehokkaasti esimerkiksi sinkillä. (Matilainen ym., 2011, s.71).

5.6.1 Sinkitys

Sinkitys on yleinen ja toimiva tapa suojata teräsosat korroosiolta. Se perustuu siihen että sinkki on teräksen rautaa epäjalompi metalli ja sen moniosainen hapettuminen muodostaa tiiviin suojan teräkselle. (Coatings.fi, n.d.)

Sinkitys tehdään useimmiten elektrolyttisesti eli sähkösinkityksellä jolloin sille tulee hieno ja kiiltävä pinta jonka paksuus on 10-15 μ m. Toinen yleinen tapa on kuumasinkitys jossa pinnoitettava kappale kastetaan sulaan sinkkiin. Kuumasinkityksellä saadaan aikaan paksumpi 60-150 μ m kerros mutta jälki ei ole yhtä siisti ja tasalaatuinen. (Sorsa, 2015, s.92)

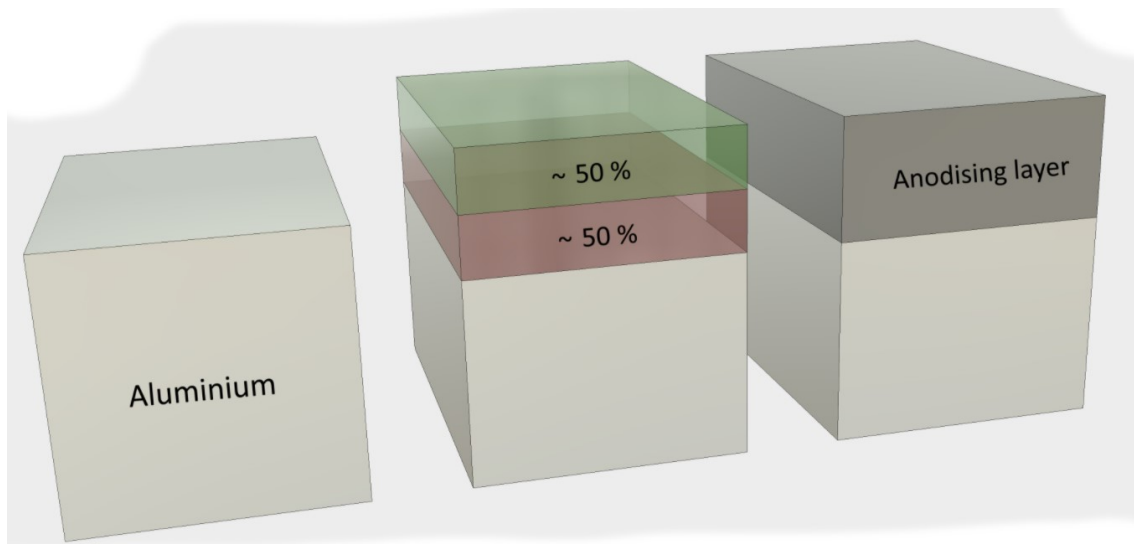
Sinkkipinnoituksen kestävyys riippuu ympäristöstä ja rasituksesta, mutta sen korroosionopeus on huomattavan pieni. (SFS-EN ISO 14713-1, s. 6) Pinnoitteen antama suoja on suoraan verrannollinen pinnoitepaksuuteen. (Matilainen ym., 2011, s.13).

Konekeskuksen sinkittyjen osien ulkonäöllä ei ole merkitystä, sillä osat ovat pääosin piilossa kotelossa. Vain pinnoituksen kestävyydellä ja toimivuudella nähdään merkitystä tämän työn tapauksessa.

5.6.2 Anodisointi

Anodisointi tarkoittaa sähkökemiallista pintakäsittelyä jossa alumiinin pintaan muodostetaan luonnollinen oksidikerros. Oksidikerroksen paksuus voi olla tarpeen mukaan 10-25 mikrometriä. Anodisoidun tuotteen pinta on siisti ja matta. Sen kova pinta kestää hyvin kulutusta ja korroosiota. Alumiinioksidipinta muodostuu alkuperäisen pinnan molemmille puolille kuvan 16 näyttämällä tavalla.

Kuva 16. Alumiinioksidin muodostuminen (valmistajat.fi, n.d.)



Hyvin anodisointiin sopivia alumiiniseoksia ovat 5- ja 6-sarjojen laadut. Kuparia sisältävät seokset eivät sovellu anodisointiin. (Matilainen ym., 2011, s. 365).

Konekeskuksen kotelo suositellaan lähtökohtaisesti anodisoitavan hienon ja kulutuskestävän pinnan takia. Se voidaan vielä lisäksi jauhemaalata, jolloin nuo ominaisuudet paranevat edelleen.

5.6.3 Maalaus

Korroosionestomaalaus on huomioitava jo osien suunnitteluvaiheessa. Terävät kulmat ja reunat kannattaa pyöristää tai viistää jottei maali rakoile tai epäpuhtauksia pääse kertymään. Maalauskohta pitää olla myös saavutettavissa jotta sen puhdistus ja maalaus onnistuu. (Matilainen ym., 2011, s. 362).

5.7 FEM ja FEA

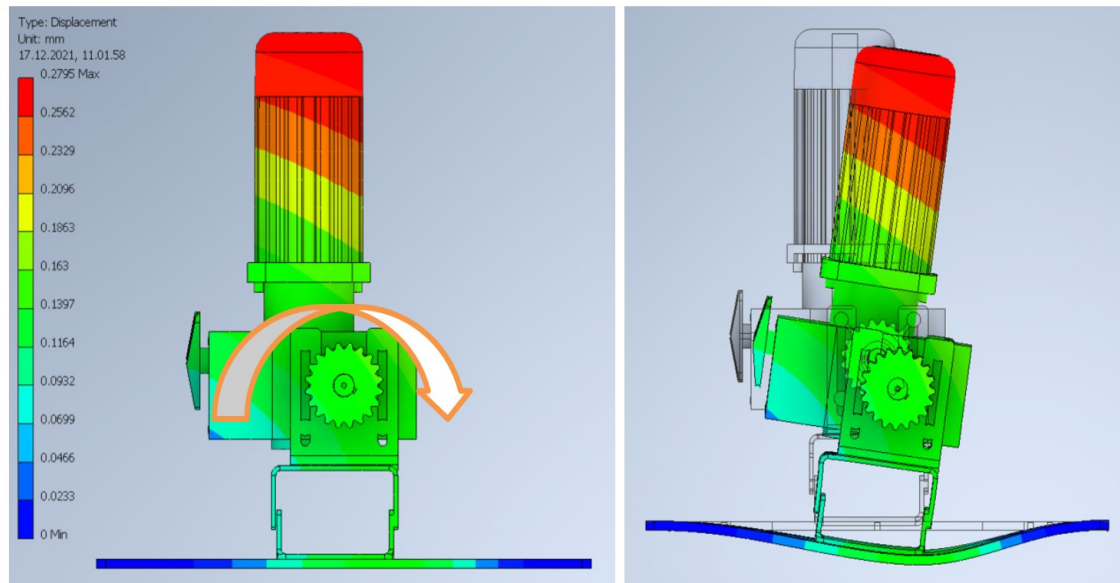
Tuotteen suunnittelussa käytettiin apuna FEM-ohjelmistoa (Finite Element Method) ja tutkittiin kestävätkö suunnitellut rakenteet laskennallisesti toivotulla tavalla. FEM tai FEA (Finite Element Analysis) eli elementtimenetelmä, tai -analyysi perustuu monimutkaisen rakenteen jakamiseen rajalliseen määrään elementtejä joiden keskinäistä toimintaa tarkastellaan tietokoneella simuloimalla. Näin saadaan likiarvoja esimerkiksi rakenteen lujuuksille ja muodonmuutoksille. (Syrjä, 2019, s. 6)

Konekeskuksessa käytettävän sähkömoottorin suurin sallittu vääntömomentti on 60 Nm ja käytön aiheuttamat voimat ovat riippuvaisia liikutettavan portin hitausvoimasta eli käytännössä massasta. Moottorin liukukytkin säädetään laitteen pohjasta sellaiseksi ettei liian suurta momenttia pääse syntymään ja portti pysähtyy jos sitä jarrutetaan. (Ovitor, 2009, ss. 6, 9)

Kun porttikoneisto kytkeytyy päälle ja portti lähtee liikkeelle, moottorin kiihtyvyys aiheuttaa hetkeksi suuren vääntömomentin sekä leikkausjännityksen hammaspyörän akseliin ja koneen rungon kautta puristuksen kiinnikkeen ja jalan rakenteisiin. Kuvissa 17, 18 ja 19 nähdään moottorin kiinnikkeen liioiteltu muodonmuutos sekä suurimmat jännitykset saavutetaan moottorin ohjeistettu maksimaalinen vääntömomentti. Kuvan hammaspyörä pyörii vastapäivään jolloin rakenteeseen syntyy vastakkaissuuntainen vääntömomentti.

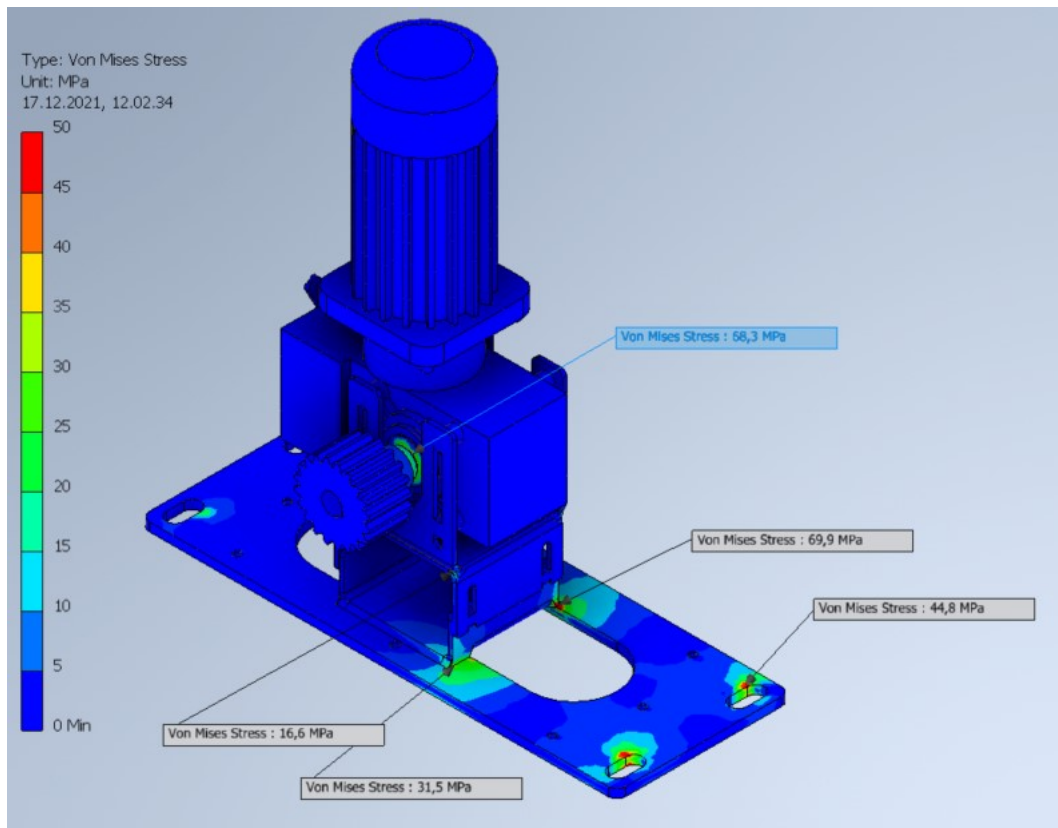
Todellisuudessa tilapäisen rasituksen aiheuttamat siirtymät ovat suurimmillaan vain noin millimetrin suuruusluokkaa mutta simulaatio auttaa ymmärtämään paremmin rakenteen ja sen osien käyttäytymistä.

Kuva 17. Moottorin ja teräsosien FEM-rakenneanalyysin siirtymät

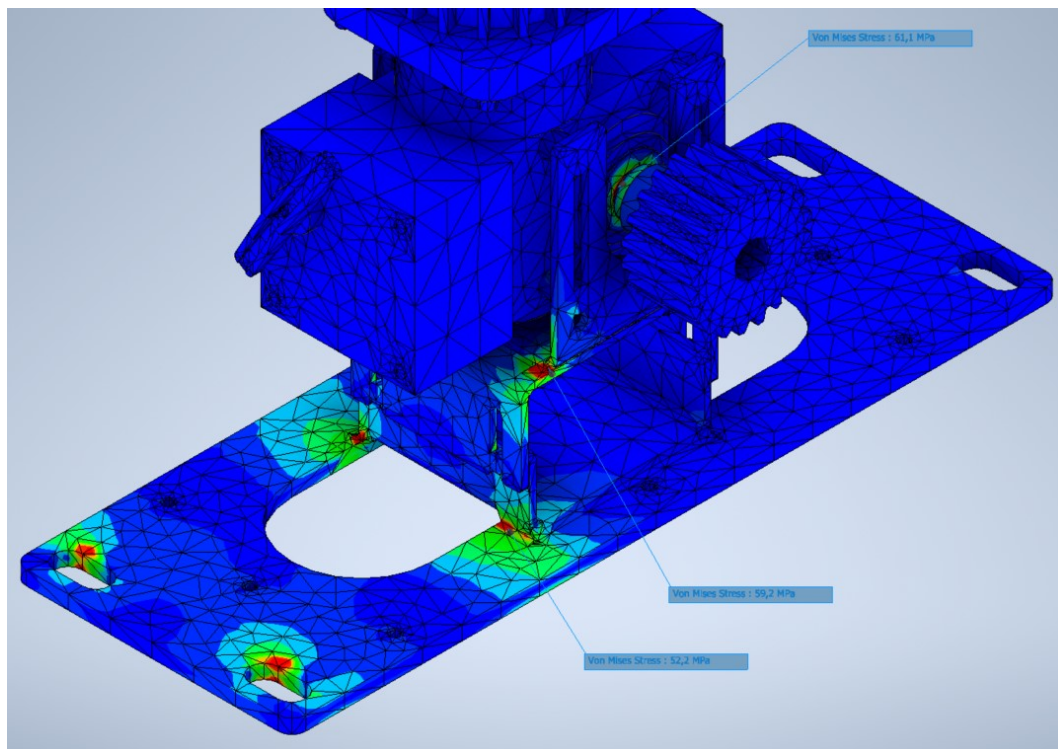


Kuvassa 19 näkyy kappaleen pinnassa elementtiverkko ja jännityshuiput, kun kuvan hammaspyörä pyörii myötäpäivään ja vääntömomentti syntyy vastakkaiseen suuntaan. Hitsisaumojen reunoihin kiinnikkeessä ja jalassa kohdistuu suurimmillaan noin 60 MPa puristusjännitys, jonka saumat kestävät hyvin. Varmuuskertoimet ovat moninkertaiset kaikkialla rakenteessa eikä juuri minnekään kohdistu suoranaista veto- tai leikkausjännitystä.

Kuva 18. Suurimmat jännitykset



Kuva 19. Elementtiverkko ja jännityshuiput



6 Prototyyppi

Ensimmäinen prototyypin teräsosa valmistettiin alihankkijalla lokakuussa 2021. Se oli onnistunut konekiinnikkeen testikappale (Kuva 20) ja siihen tehtiin kosmeettisia korjauksia vielä ennen keskuksen täyttä kokoonpanoa. Seuraavat testikappaleet valmistettiin marraskuussa ja niistä kokoonpantiin ensimmäinen täydellinen prototyyppi.

Kuva 20. Sähkömoottorin kiinnike ja vastakappale



Marraskuussa 2021 täydellinen varusteltu prototyyppi asennettiin siirrettävään työmaaportin betonivaluun (Kuva 21) ja sillä suoritettiin testiajoja. Konekeskus toimi odotetulla tavalla ja sen toimivuus sekä ulkoinen olemus saivat yrityksen johdolta ja työntekijöiltä positiivista palautetta. Myös kehitys- ja jatkojalostus ideoita syntyi paljon ja joitain niistä alettiin heti työstämään.

Kuva 21. Prototyyppi asennettuna



Kotelon alumiiniset levyosat valmistettiin kaikkienensa alihankkijoilla sillä Pur-aitilla ei ole laitteistoa jolla tarkasti tai käytännöllisesti leikata tai taivuttaa levyä. Kun tuotanto lopulta aloitetaan, levyosat valmistetaan alihankkijalla mutta lopullinen kokoonpano, hitsaus ja varustelu voidaan tehdä yrityksen omissa tiloissa. Mahdolliset pintakäsittelyt, kuten anodisointi, jauhemaalauk ja sinkitys, tullaan tekemään myös alihankkijoiden toimesta.

Keskuksen kotelon eli alumiinisten levyosien kokoonpano hitsaamalla ja niittaamalla onnistui suunnitellusti. Sokkelin ensimmäinen prototyyppi oli vaikea valmistaa riittäväällä mittatarkkuudella ja sen liittäminen jalkaan oli odotettua haastavampaa. Kotelon ja keskuksen jäykkyys kuitenkin yllätti sillä vaikka ensimmäiset osat valmistettiin vetelämmästä alumiinilaadusta ja sokkelin kiinnitykseen käytettiin vain puolet paikoitetuista ruuveista, rakenne tuntui todella jämäkältä. Sokkelin ja pohjalevyn liitoskohtien paikoitusta parannettiin jatkoa ajatellen niin että sokkeli olisi helpompi valmistaa ja liittää pohjalevyyn.

Moottorin kiinnike toimi myös suunnitellusti ja oli nopea asentaa keskuksen, mutta tässä vaiheessa huomattiin että 3D-mallit, joiden mukaan keskus oli mitoitettu, olivat olleet virheellisiä tai vanhentuneita. Moottorin ja sen komponenttien, kuten akselin ja hammaspyörän mittasuhteet olivat erilaiset kuin mallien. Keskus saatiin kasattua mutta toiminnalliset mitat eivät olleet mitä odotettiin. Akseli vaihdettiin toimittajan toiseen, eri

mittaiseen ja se toimi hyvin. Hammaspyörä oli myös todellisuudessa hieman eri kokoinen kuin mallinsa mutta muuttamalla hieman kiinnikkeen toiminnallisia mittoja saatiin sekin ongelma korjattua.

Ensimmäiseen kokoonpanoon arvioitiin kuluvan kaikkiaan noin tunti, jonka jälkeen sähkömiehet varustivat sen loppuun ja tekivät siihen sähköiset kytkennät. Lopuksi se asennettiin kiila-ankkurein siirrettävään betonivaluun. Siihen kului noin viisitoista minuuttia.

Keskus asennettiin uuteen paikkaan rullastojen keskelle, toisin kuin ennen, jolloin moottori on sijainnut etummaisen rullaston välittömässä läheisyydessä. Aiemmin ohjeistettu hammaspyörän ja liukuportin muovisten hampaiden välissovite on kuitenkin muuttunut portin aukeamisen ja sulkeutumisen aikana, ja kuluttanut hampaita jopa rikkoontumiseen asti. Sijoitettuna rullastojen väliin ohjeistettu välisovite pysyy samana koko aukeamisen ja sulkeutumisen ajan eikä tarkoituksetonta kulumista pitäisi päästä tapahtumaan. Voi silti olla hyvä varautua asentamaan keskus muuallekin sillä useissa kohteissa rullastojen väli vaihtelee ja aina ei ole mahdollista sijoittaa keskusta niiden keskelle. Keskus voi alustavan arvion mukaan olla vanhan kotelon tavoin myös lähellä etummaista portinpylvässarjaa tai missä vain, kunhan kytkennöille jää hieman tilaa keskuksen oikealle puolelle ja kansi mahtuu avautumaan.

Prototyypin kansi eli ovi aukesi alkujaan noin 100 astetta. Tulevaisuuden kytkentöjä ajatellen esitettiin toive että ovi avautuisi enemmän joten seuraavan prototyypin kotelon muotoilua muutettiin niin että se onnistuisi. Seuraavan prototyypin kansi avautuu 180 astetta.

Suljetussa kotelossa huriseva moottori vaikuttaa testikäytön aikana hiljaisemmalta kuin aiemmin. Vanha kotelo on pohjasta täysin avonainen.

7 Yhteenveto

Työn tuloksena syntyi täydellinen valmistussuunnitelma uudelle tuotekokonaisuudelle jossa liukuportin automatiikka eli aiemmin erilleen asennetut ohjauskeskus kytkimineen ja sähkömoottori koteloineen integroitiin yhteiseen yksikköön. Tuotetta on kutsuttu projektin aikana nimellä Konekeskus. Se on kuvaava nimi sillä se on portin ohjauksen keskus ja kaikki automatiikkaan liittyvä löytyy sieltä tai kytkeytyy sinne. Valmistussuunnitelma pitää sisällään selonteon Konekeskuksen valmistusprosessista, asennuksesta sekä sen valmistus- ja kokoonpanokuvat.

Alustavan arvion mukaan konekeskuksen valmistaminen ja toimittaminen on kaikkiaan noin 7% edullisempaa yritykselle kuin aiempien tuotekokonaisuuksien keskimäärin. Vanhan kompleksin kustannukset ovat suurimmillaan noin 15% enemmän kuin Konekeskuksen. Ostosien ja materiaalien kustannuksissa ei tapahdu merkittävää muutosta. Työn määrän ja kustannusten arvioidaan vähenevän 12%. Arvioihin ei sisälly mahdollisia alumiinin pintakäsittelyjä, kuten anodisointia tai jauhemaalauksia.

Uuden konekeskuksen ulkonäkö on huomattavasti viehättävämpi ja sen toimittamiseen liittyy mukavuustekijöitä joiden rahallista arvoa on vaikea arvioida, kuten yksioikoisempi asennus ja kytkentä. Tuote on selkeämpi myyntiartikkeli ja se tukee yrityksen avaimet-käteen-toimitusperiaatetta.

Työn tekijänä olen erittäin tyytyväinen työn lopputulokseen ja mielestäni kaikki työn alussa määritetyt tavoitteet täyttyivät. Työ eteni hyvin alusta asti ja omat odotukseni työltä kasvoivat tahdin myös kiihtyessä loppua kohden. Opinnoistani ja konepajan työkokemuksestani tuntui olevan suurta hyötyä, sillä tunsin hyvin osan valmistusmenetelmistä ja minulla oli jo vähän kokemusta erilaisista suunnittelutöistä. Projektin suunnittelu ja hallinta oli haastavaa mutta opettavaista. Uskonkin seuraavissa töissä ja projekteissa hyötyväni suuresti tämän opinnäytetyön aikana onnistuneista asioista ja tekemistäni virheistä. Vaikka työskentelin pääosin yksin, tunnen vuorovaikutus- ja ryhmätyöskentelytaitojeni parantuneen ja tunnen kehittyneeni suunnittelijana tämän työn aikana.

Lopuksi haluan kiittää Pur-aitin toimitusjohtaja Marko Saloa ja tuotantopäällikkö Kari Oreniusta tämän työn osoittamisesta minulle ja kaikesta tuesta sen aikana. Työ oli alusta asti jännittävä ja mielekäs. Työ oli myös haastava ja jouduin oppimaan paljon uutta saattaakseni sen kunniakkaasti loppuun. Haluan myös kiittää kaikkia muita Pur-aitin työntekijöitä, alihankkijoita ja työkavereitani joilta sain korvaamatonta apua ja ohjausta opinnäytetyöni aikana.

Lähteet

- Pur-ait Oy. (n.d.). *Aitojen ja porttien valmistaja Pur-ait Oy – turvallisuutta kaikkialle Suomen suurimmalta aitojen ja porttien valmistajalta*. Haettu 10.9.2021 osoitteesta <https://purait.fi/purait-oy/aitojen-ja-porttien-valmistaja-yritysesittely/>
- Ditec. (2010). *Installation and maintenance manual for automations for sliding gates*. Haettu 16.9.2021 osoitteesta https://manuals.easygates.co.uk/PDF/ditec/ALTA7EH_IP2115EN.pdf
- Belfox. (n.d.). *Drives and operators*. Haettu 20.10.2021 osoitteesta <https://www.belfox.de/en/products/drives-and-operators/sliding-gate-drives/>
- Piironen T. (2013). *Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen* [opinnäytetyö, Savonia ammattikorkeakoulu]. <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>
- SFS-EN 22768-1 (1993) *Yleistoleranssit. Osa 1: Ilman toleranssimerkintää olevien pituus- ja kulmamittojen toleranssit*. SFS Online.
- SFS-EN 22768-1 (1996) *Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti*. SFS Online.
- SFS-EN ISO 9013:2017 (2017) *Terminen leikkaus. Termisesti leikattujen pintojen luokittelu. Geometrinen tuotemäärittely ja laatutoleranssit*. SFS Online.
- SFS-EN ISO 14713-1:2017 (2017) *Sinkkipinnoitteet. Ohjeet ja suositukset rauta- ja teräsrakenteiden korroosionestoon. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet ja korroosionkestävyys*. SFS Online.
- Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E., Hultin, S., 2011. *Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja*. Teknologiainfo Teknova Oy.
- Lukkari, J. (2001) *Alumiinit ja niiden hitsaus*. Metalliteollisuuden kustannus Oy
- Sorsa, J. (2015) *Materiaalitekniikka*. Sanoma Pro Oy.

Coatings.fi. (n.d.) *Sinkitys eli galvanointi*. Haettu 16.12.2021 osoitteesta

<https://www.coatings.fi/galvanointi/>

valmistajat.fi. (n.d.) *Anodisointi*. Haettu 12.11.2021 osoitteesta

<https://valmistajat.fi/menetelmat/pintakasittely/anodisointi>

Syrjä, R. (2019) *Elementtimenetelmään perustuvan ohjelman käytön perusteet*.

Rakennustekniikan laitos.

Reifer Oy. (n.d.). *Tekninen piirustus alihankintavalmistajan näkökulmasta*. Haettu 15.11.2021

osoitteesta <https://reifer.fi/tekninen-piirustus-alihankintavalmistajan-nakokulmasta/>

Ovitor. (2009). *KÄYTTÖOHJE OVIKONEISTO TVR(FC) 5*. Haettu 17.12.2021 osoitteesta

<https://docplayer.fi/293970-Kayttoohje-ovikoneisto-tvr-fc-5.html>