

**Sami Lahtinen**

**Renkaan pyöritin**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Helmikuu 2013**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Helmikuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Sami Lahtinen
<b>Koulutusohjelma</b> Kone ja tuotantotekniikka		
<b>Työn nimi</b> Renkaan pyöritin		
<b>Työn ohjaaja</b> Tapio Malinen	<b>Sivumäärä</b> 67+1	
<b>Työelämäohjaaja</b> Työnjohto, Onni Heikkilä		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Raskone Oy:n toimeksiannosta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa renkaan pyöritin, joka helpottaa kuorma- ja henkilöautojen laakerivikojen havaitsemista. Laitteen toiminnallisena tarkoituksena oli pyörittää vapaasti pyörivää rengasta.</p> <p>Työn teoriaosassa perehdyttiin renkaan pyörittäjän suunnitteluun ja toiminnallisiin vaatimuksiin. Teorian avulla valmistin 3D-mallin renkaan pyörittäjästä Raskone Oy:lle.</p> <p>Työn toiminnallisessa osassa rakennettiin 3D-mallista toimiva laite. Lisäksi toiminnallisessa osassa käytiin läpi rakennusvaiheessa ilmenneitä ongelmia ja niiden ratkaisuja.</p>		
<b>Asiasanat</b> 3D-malli, rakentaminen, renkaan pyöritin, suunnittelu		

## ABSTRACT

CENTRIA OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES YLIVIESKA UNIT	<b>Date</b> February 2013	<b>Author</b> Sami Lahtinen
<b>Degree programme</b> Mechanical and production engineering		
<b>Name of thesis</b> Wheel rotator		
<b>Instructor</b> Tapio Malinen	<b>Pages</b> 67+1	
<b>Supervisor</b> Labor management, Onni Heikkilä		
<p>This thesis was commissioned by Raskone Ltd.</p> <p>The purpose of this thesis was to design and build a tire rotator, which facilitates detecting failures in the bearings of trucks and cars. The device was designed to rotate a freely rotating wheel.</p> <p>In the theoretical part of the work the focus was on the tire rotator design and functional requirements. On the basis of theory a 3D-model of the tire rotator was designed Raskone Ltd.</p> <p>In the practical part of the work the aim was to build a working device based on the 3D-model. In addition, the practical part included going through the construction problems encountered in the building phase as well as solutions to them.</p>		
<b>Key words</b> 3D-model, construction, design, tire rotator		

**SISÄLLYS**  
**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 RENKAAN PYÖRITTÄJÄN PERUSRAKENNE</b> .....	<b>3</b>
<b>3 RENKAANPYÖRITTÄJÄN KÄYTTÖ</b> .....	<b>6</b>
<b>4 MALLIN TEKEMINEN SOLIDWORKS-OHJELMALLA</b> .....	<b>7</b>
<b>5 RAKENNE</b> .....	<b>15</b>
5.1 Runko .....	15
5.2 Työntövarsi.....	24
5.3 Lukkolaite.....	28
5.4 Renkaiden akseli .....	31
5.5 Lukkolaitteen kiilapalat .....	35
5.6 Kitkapyörä.....	38
5.7 Kiinnityslaippa .....	40
<b>6 SÄHKÖISET KOMPONENTIT</b> .....	<b>43</b>
6.1 Moottori .....	43
6.2 Pehmökäynnistin .....	46
6.3 Suunnanvaihdin .....	49
6.4 Automaattisulake .....	50
6.5 Moottorin lämpösuoja.....	51
6.6 Käyttökytkimet.....	52
<b>7 SÄHKÖKYTKENNÄT</b> .....	<b>54</b>
<b>8 LAITTEEN KOEKÄYTTÖ</b> .....	<b>56</b>
<b>9 LAITTEEN RAKENTEELLISET MUUTOKSET</b> .....	<b>58</b>
9.1 Kuormituksen pienentäminen .....	58
9.2 Rungon muutokset.....	59
<b>10 PINTAKÄSITTELY</b> .....	<b>63</b>
<b>11 YHTEENVETO JA POHDINTA</b> .....	<b>65</b>
<b>LÄHTEET</b> .....	<b>67</b>
<b>LIITTEET</b>	

## 1 JOHDANTO

Renkaan pyörittäjälaitetta käytetään kuorma- ja henkilöautojen laakerivikojen havaitsemiseen. Renkaan pyörittäjä ei ole kovin yleinen kone ja sitä käyttävät harvat katsastuskonttorit ja korjaamot. Laki ei sitä vaadi, vaikka sen avulla voitaisiin laakeririkot havaita ajoissa. Raskaan kaluston laakeriviat voivat olla hyvin kohtalokkaita liikenteessä.

Laitte soveltuu kaikille laakerityypeille. Yleisin pyörän laakerityyppi on kuorma- ja henkilöautoissa kartiolaakeri. Renkaan pyörittäjä on kohtalaisen tuore keksintö, mutta silti variaatioita on monenlaisia kuten kyljestä ja alta pyörittävä. Laitteen toimintatapa on hyvin yksinkertainen ja siinä ei ole kovin monimutkaisia komponentteja.

Laakerivikoja etsiessä renkaan pyörittäjän avulla on tärkeää hiljainen ympäristö ja hyvä testaajan kuulo, sillä laakerivika havaitaan voimakkaan pyörintä äänen perusteella. Renkaan pyörittäjä saa käyttövoimansa yleisestä sähköverkosta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella ja valmistaa renkaan pyöritin erityisesti kuorma-autojen ja niiden peräkärrijen renkaiden laakereiden testaamiseen. Renkaan pyörittäjä tehtiin työntilaajan eli Ylivieskan Raskoneen työntekijöiden mittojen ja toiveiden mukaan. Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa renkaanpyöritys kone jonka avulla voidaan havaita pyöritettävän renkaan laakerista pyörivän liikkeen aiheuttamat sivuäänet.

Laitte tulisi tarpeeseen, sillä katsastuskonttori huomauttaa laakeriviasta asiakkaan kuorma-autoa katsastaessa ja tämä jälkeempäin tehtävä laakerin vaihto lisää huoltokustannuksia. Kyseisellä katsastuskonttorilla on kaupallinen renkaan pyörittäjä ja he käyttävät sitä päivittäin raskaan kaluston autojen ja karrujen katsastuksessa.

Laitte helpottaisi ja nopeuttasi huomattavasti huoltoihin käytettävää aikaa, sillä laakerivika voitaisiin todeta jo korjaamalla eikä kuorma-autoa tai kärkeä katsastettaessa. Lisäksi laakerin rikkoutuessa korjauskustannukset nousevat monesti johtuen rikkiäisen laakerin aiheuttamasta rakennerikoista tai ennenaikaisista kulumisista.

Suunniteltavan ja rakennettavan koneen piti olla helppokäyttöinen ja kestävä rakenteeltaan. Laitteesta tulisi tehdä selkeä kytkentäkaavio, tarpeelliset merkinnät laitteen kytkimistä. Opinnäytetyön ulkopuolelle rajattiin komponenttien sisäinen rakenne, mitoituksissa käytetyt laskukaavat sekä lujuuslaskelmat. Opinnäytetyö oli toiminnallinen työ ja tämän takia lähteitä ei kertynyt juuri ollenkaan.

Työn alkuosa käsittelee renkaan pyörittäjän perusrakennetta, sen toimintaa ja käyttöä laakerivikoja etsiessä. Työn loppuosa käsittelee renkaan pyörittäjän 3D-mallin tekemistä SolidWorks ohjelman avulla, rakentamista, sähkökytkentöjä ja tuloksia laitteen toimivuudesta ja pohdintaa työn onnistumisesta.

## 2 RENKAAN PYÖRITTÄJÄN PERUSRAKENNE

Renkaan pyörittäjä on peruseriaatteeltaan hyvin yksinkertainen laite. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä renkaan pyörittäjä on tyypiltään kyljestä pyörittävä ja se on täysin siirrettävä alla oleviensa rattaiden ansiosta kuten oleva Dymac WR70 (KUVIO 1). Laitteen toiminnallisena ideana on kiihdyttää vapaana pyörivä rengas n. 60 km/h kehänopeuteen sähkömoottorin vääntömomentin avulla ja löysätä renkaan pyörittäjän kitkarengas pois testattavan laakerin renkaan kyljestä, kun laitteen maksimi kierrosnopeus on saavutettu.



KUVIO 1. Dymac WR70. (Dymatronic Oy 2008.)

Renkaan pyörittäjässä oleva kitkapyörä puristuu testattavan pyöränlaakerin rengasta vasten lukkolaitteen avulla ja tämän aiheuttaman kitkan välityksellä sähkömoottorin vääntömomentti siirtyy renkaan kylkeen. Renkaan pyörittäjää käyttäessä on olennaista, että laite sijoitettu kohtisuoraan pyöritettävää rengasta vasten, ja että laitteen runko tai moottori ei ole kosketuksissa pyöritettävän renkaan kanssa.

Moottori on kiinnitetty laitteen rungon päälle pystyasentoon ja moottorin pyörivä akselin pää on moottorin alapuolella. Laitteen kitkapyörä sijaitsee rungon alla ja tämä on kiinni moottorin pyörivän akselin päässä. Moottorin pyörivä akseli tulee rungon läpi, joka tässä markkinoilla olevassa Dymac WR70 laitteessa on 10 millimetrin teräslevyä.

Renkaan pyörittäjän moottorikiinnitys muistuttaa paljon työnnettävissä ruohonleikkureissa käytettävää moottorin kiinnitystä sillä myös ruhonleikkurissa moottorin pää akseli on pystyssä rungon päällä ja terä rungon alla.

Laitteen sähkömoottoria ohjaa sähköinen komponentti, jonka avulla moottori saadaan kiihtymään tasaisesti tietyllä aikavälillä pysähdyksistä huippukierrosnopeuteen. Käynnistettäessä laitetta sähkömoottori ei pyöri heti maksimi kierrosnopeudella, vaan se saavutetaan käynnistyksestä esim. 20 sekunnin kuluessa.

Tämä edellä mainittu komponentti on renkaanpyörittäjässä tärkeä, koska sen avulla saadaan kitka pidettyä paremmin. Lisäksi tämän sähköisen kiihdytyskomponentin avulla saadaan vähennettyä moottoriin kohdistuvia rasitusvoimia, hetkellistä virran kulutusta. Tämän seurauksena moottori kestää paremmin renkaan pyörittämisestä aiheutuvaa kuormaa.

Laitteen selkeät käyttökytkimet löytyvät työntövarren päästä käden ulottuvilta. Käyttökytkimien avulla käynnistetään moottori ja valitaan moottorin pyörimissuunta joko myötä- tai vastapäivään. Pyörimissuunnan valinta on hyvä ominaisuus, sillä se mahdollistaa molempiin suuntiin pyörittämisen testaus tilanteessa.

Renkaan pyörittäjässä oleva lukkolaite saa käyttövoimansa lukkomekanismin välityksellä laitteen työntövarresta. Renkaan ja kitkapyörän välissä vallitseva kitka on suoraan verrannollinen laitteen käyttäjän käyttämään voimaan millä työntövartta työnnetään testaustilanteessa.

Vapaana pyörivän renkaan laakerista kuuluva rullaussääni kuunnellaan ilman apuvälineitä ja tehdään siitä päätelmä onko laakeri rikki vai ei. Laakerivian kuuluu terveellä ihmiskorvalla. Rengas pyörii vapaasti ja vauhti hidastuu rullaushäviöiden ja kitkavoimien ansiosta ja lopuksi rengas pysähtyy. Vian paljastaa ääni joka yleensä on rohina, kitinä tai kolina tyypistä. Lisäksi voimakas rullaussääni kertoo epäkuntoisesta laakerista ja useasti myös viallinen laakeri välittää värinöitä akselirakenteisiin jotka tuntee paljaalla kädellä.

Viallisen laakerin äänet saattavat kuulua vain tietyllä pyörimisnopeudella ja tämän takia on olennaisen tärkeää kuunnella laakeriääniä tarkasti koko sen ajan mitä rengas pyörii. Terve laakeri ei äännä juuri ollenkaan kun se pyörii vapaasti.

Pyörittäessä ilmenevät äänet voivat myös kertoa kuivasta, likaisesta tai liiallisesta välyksestä laakerissa. Testaustilanteessa ylimääräiset laakerin pyörimiseen liittyvät äänet kertovat oireilevasta viasta joko laakerissa tai sen kiinnityksessä. Useasti myös muita sivuääniä testaustilanteessa ilmenee kuten jarrukilven hankaus ääni ja ko. hankaus ääni on helppo tunnistaa muuksi kuin laakerista lähteväksi ääneksi.

### 3 RENKAANPYÖRITTÄJÄN KÄYTTÖ

Laitteen käyttö vaatii vapaasti pyörivän renkaan, joka on nostettu lattiasta n. 10 cm korkeuteen. Nostomenetelmällä ei sinänsä ole suurta merkitystä kunhan renkaan ja lattia väliin jää n.10 cm ja rengas pyörii kevyesti esim. kädellä ko-keiltaessa. Laitteella voi pyörittää niin yksittäistä kuin paripyörää.

Yleisin este renkaan vapaasti pyörimiseen joko käyttö/käsijarrun kitka tai renkaan yläpuolella olevan lokasuojan painautuminen rengasta vasten nosto tilanteessa. Renkaan vapaan pyörimisen voi myös estää telivetolaiteen vetopyörä, joka sijaitsee vetävän ja telin akselien pyörien välissä. Tämä kyseessä oleva telivetolaite tunnetaan myös nimellä Robson, joka tulee laitteen valmistaja mukaan.

Markkinoilla oleva laite Dymac WR70 vaatii toimiakseen 1-vaihe virtaa 240 voltin jännitettä ja 50 hertzin taajuuden. Lisäksi laite vaatii 16 ampeerin sulakkeen sähköverkosta johon laite kytketään. Renkaan pyörittäjää käytettäessä alusta tulee olla kova ja tasainen, koska laitteen lukkomekanismi toimii ainoastaan kovalla ja tasaisella alustalla.

Laitteella voi testata ainoastaan niiden renkaiden laakereita jotka eivät ole vetäviä. Vetävillä akseleilla tarkoitetaan akseleita minkä välityksellä moottorin tuottama pyörimisenergia välitetään voimansiirron ja renkaan välityksellä kiinteään alustaan eli tiehen.

#### 4 MALLIN TEKEMINEN SOLIDWORKS-OHJELMALLA

Pääperiaatteena suunnitella toimiva renkaan pyöritys ja tehdä mahdollisimman tarkka 3D-malli laitteesta jonka olin suunnitellut ja ideoinut. Laitteen suunnittelussa ajatuksen tasolla oli tavoitteena yksinkertainen ja toimiva laite, jossa ei ollut muuta yhteistä markkinoilla olevan laitteen kanssa kuin kyljestä pyörityvä rakenne.

Kävin katsastuskonttorilla katsomassa Dymac WR70 renkaan pyöritys laitetta ja hahmottelin mahdollisia ongelmia, jotka mielestäni ko. laitteessa esiintyi. Lisäksi haastattelin katsastuskonttorin henkilökuntaa laitteen käytettävyydestä ja siinä esiintyvistä ongelmista. Suurin ongelma Dymac WR70 laitteessa oli tehottomuus.

Laite pyöri 1-vaihe virralla 240 voltin jännitteellä ja vaati 16 ampeerin sulakkeen syöttävästä sähköverkosta. Kiihdytysominaisuus oli toteutettu taajuusmuuntajan avulla. Pyörimis-suunnan vaihto tapahtui keinukytkimellä ja itse päälle kytkentä painonapilla.

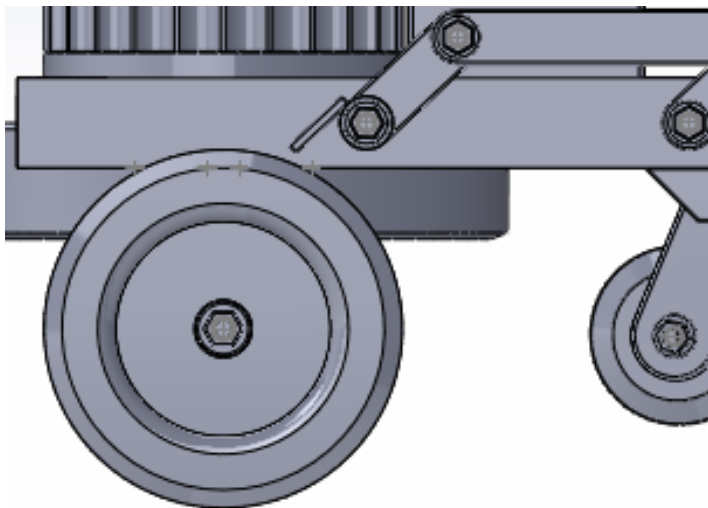
Huomasin myös tutkiessani katsastuskonttorilla laitteen rakennetta että lukkomekanismi oli aika tehottoman oloinen ja kitka renkaan ja kitkapyörän välissä oli ongelma mikä vaati parannusta. Laitteen ulkonäkö ei ollut kovin myyvän näköinen, mutta toisaalta kosmeettisilla seikoilla ei ole yleensä mitään tekemistä toimivuuden kanssa.

Laitteen suunnittelu lähti liikkeelle ongelmien korjaamisella, joita oli tehottomuus, lukkolaite ja ulkonäkö. Koko laite menisi uusiksi niin paperilla kuin käytännössäkin. Tehottomuus ratkaistiin isommalla moottorilla ja vaihtamalla toiminnallisia sähkökomponentteja, mutta siitä tarkemmin myöhemmässä vaiheessa opinnäytetyötä.

Rakennetta miettiessäni laitteen tulisi olla valmistettavissa kaupallisesti satavil-  
la olevista rakenneteräsmuodoista, kuten RHS yms. Lisäksi rungon rakenteen  
tulisi olla jäykkä ja yksinkertainen. Runkoon tulisi voida valmistaa toimiva lukko-  
laite joka saisi voimansa laitteen käyttökahvan välityksellä laitteen käyttäjältä.  
Suunnittelun pääperiaatteena oli että laiteeseen ei tulisi mitään ylimääräistä  
sähköistä tai mekaanista komponenttia, vaan laitteen piti olla mahdollisimman  
yksinkertainen rakenteeltaan. Lisäksi yksinkertainen rakenne mahdollisti hel-  
pon huollettavuuden ja halvat huoltokustannukset. Laitteessa piti olla renkaat  
alla, jotka mahdollistivat laitteen liikuttamisen pitkin korjaamohallia.

Ensimmäisenä ideana oli tehdä laiteeseen kiinteä työntövarsi ja laitteen etu-  
osaan kartiopiikit, jotka toppaisivat lattiaan kallistettaessa laitetta niitä vasten.  
Idea ei ollut toimiva sillä kävin tutkimassa korjaamon lattiaa. Lattia oli murtunut  
ta betonia ja siinä ei olisi kartiopiikki pitänyt tarpeeksi kuin todella suuren mas-  
sa alla. Tämän takia hylkäsin idean kartiopiikistä sillä laitteenhan tulisi olla hel-  
posti siirrettävä ja käsiteltävä, mutta mielestäni satojen kilojen massa ei ole ko-  
vin helposti siirrettävä ja käsiteltävä kuorma.

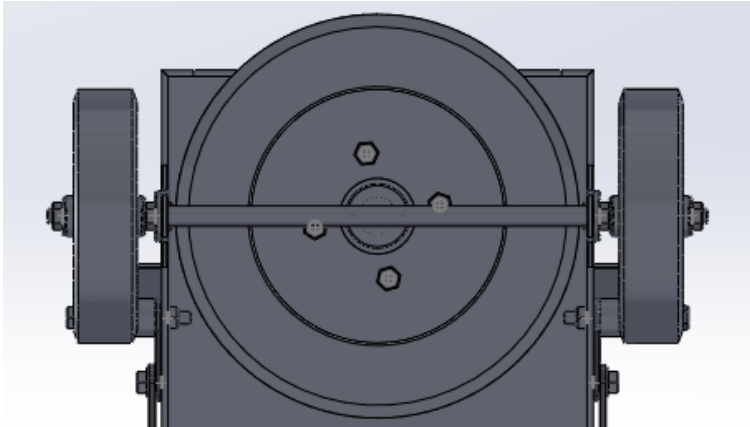
Raskoneen asentajien kanssa käytyjen keskustelujen toimivan lukkolaitteen  
mekanismista ideaksi syntyi lukita etummaisat renkaan laitteesta mekaanisesti  
(KUVIO 2). Tämä mahdollisti hyvän pidon pehmeillä umpikumirenkailla kulu-  
neella betonilattialla ja vielä mahdollisti vipuvoima hyväksi käytön renkaiden lu-  
kitsemisen jälkeen. Selkokielellä renkaiden lukkiutuessa laitetta voisi vielä  
kääntää enempi pyöritettävää rengasta vasten jolloin kitka kasvaa suorassa  
suhteessa voimaan millä työntövarsta työnnetään. Tämä oli todella tärkeä omi-  
naisuus sillä kuorma-auton paripyörä painaa enimmillään yli 200 kg. Lisäksi  
rengasta pyörittäessä pyörivät siihen kiinnitetyt jarrurumpu ja napa eli toisin  
sanoen pyörivien massojen kokonaispaino on lähempänä 300 kg.



KUVIO 2. Lukkomekanismi.

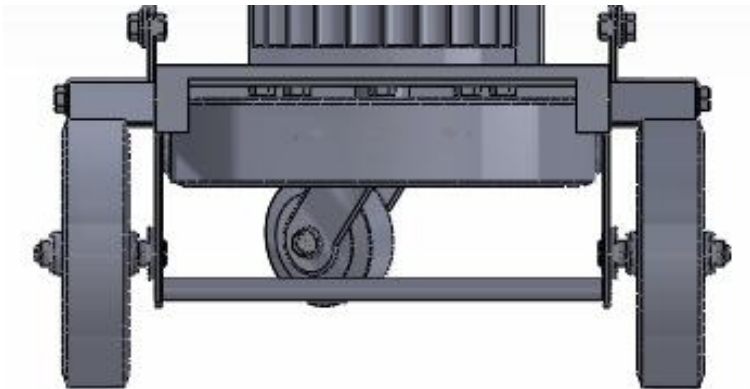
Renkaan pyörittäjän ongelmalista geometriaa hahmottaessa mieleeni tuli kokeilla kahden A4 paperin ja lyijytätekynän kärjen avulla kuinka laite käyttäytyy testausilanteessa. Lyijytätekynän kärki oli kääntö pisteenä, toinen paperi oli pyöritettävä rengas ja toinen paperi renkaan pyöritin. Lopuksi löysin kääntöpisteen, joka oli sopiva laitteen toiminnalle. Kääntöpisteen avulla pääsin hahmottelemaan akselin etäisyyden korkeus suunnassa runkoon nähden. Lisäksi haastetta ja mietintää aiheutti kitkapyörän sijoitus moottorin akselille korkeus suunnassa. Tällä korkeus suuntaisella mitalla tarkoitan etäisyyttä mikä tulee olemaan moottorin päädyn ja kitkapyörän välissä.

Lukkolaitteen geometria vaati tarkkaa suunnittelua ja lisäksi laitteen renkaiden akselin tulisi olla samassa linjassa moottorin akselin kanssa. Kyseinen sijoittelu mahdollisti kumpaakin suuntaan tasaisen kuorman sillä moottorin massa oli akseliin nähden keskellä eli tasapainossa (KUVIO 3).



KUVIO 3. Samassa linjassa olevat akselit.

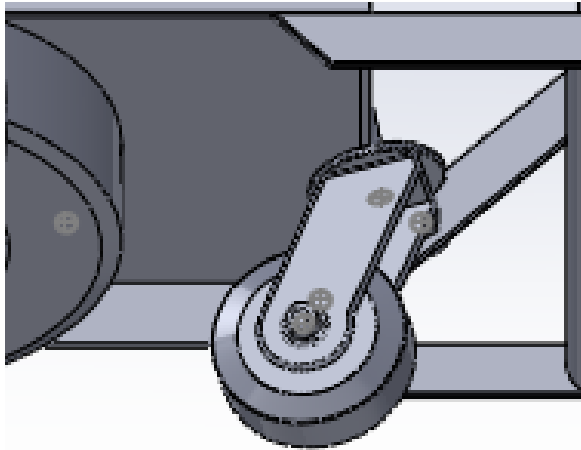
Miettisessäni kitkapyörän sijoituskorkeutta selvisi että se kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle moottoria eikä renkaiden akselia (KUVIO 4). Tämä kitkapyörän sijoittelu mahdollisti toimivan kiristysmekanismin kun laitetta käännetään lukkolaitteen lukituessa eli toisin sanoen lukon yli. Liian lähelle renkaiden akselia sijoitettu kitkapyörä ei toimisi sillä kitkapyörä ei liikkuisi tarpeeksi työnnettäessä työntövarresta.



KUVIO 4. Kitkapyörän sijoituskorkeus.

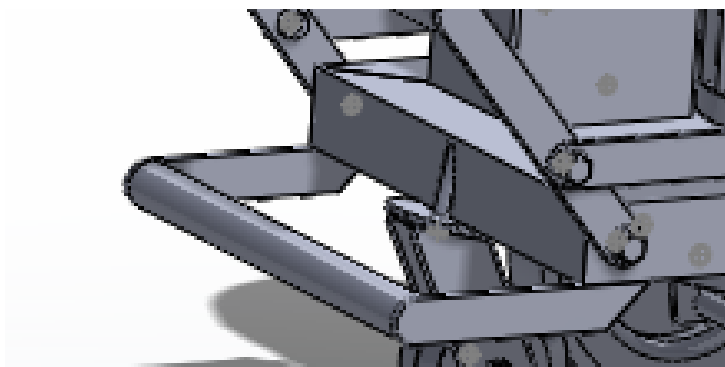
Rakenteen ideoinnin edetessä tuli eteen takapyörien sijoitus ja siinä päädyin yksinkertaisimpaan mahdolliseen eli yhteen kääntyvään teollisuus pyörään. Tämän avulla laite oli tosi helppo siirtää ja se kääntyi käytännössä paikallaan. Lisäksi tämän tyyppin kääntöpyörä ei tarvinnut omaa akselia (KUVIO 5). Kääntyvä rengas olisi helppo kiinnittää keskelle laitteen pohjaa esimerkiksi 4 pultin avulla. Laitteen takarengas piti sijoittaa niin että runko olisi noin 20 asteen kulmassa lattiaan nähden eli hieman keula pystyssä. Tämä ominaisuus mahdollis-

ti kitkarenkkaan paremmin istuvuuden renkaan kylkeen pyöritystilanteessa, sillä kuorma-auton renkaan kylki on hieman viisto. Lisäksi laitteen rungon kulma lattiaan nähden mahdollisti kuorma-autojen eturenkaiden laakereiden testauksen, sillä ongelmaksi olisi muuten muodostunut eturenkaan ulkonevat kiinnityspultit, jotka olisivat ottaneet renkaan pyörittäjän moottorin runkoon testaustilanteessa.



KUVIO 5. Käntöpyörän sijoitus.

Lisäksi suunnittelin renkaan pyörittäjän rungon takaosaan astimen, jonka avulla voi testaaja omalla jalalla painaa laitetta rengasta vasten (KUVIO 6). Tämän astimen avulla saadaan kitkapyörä paljon lujemmin kiinni renkaan runkoon ennen itse lukitusmekanismin käyttöä.

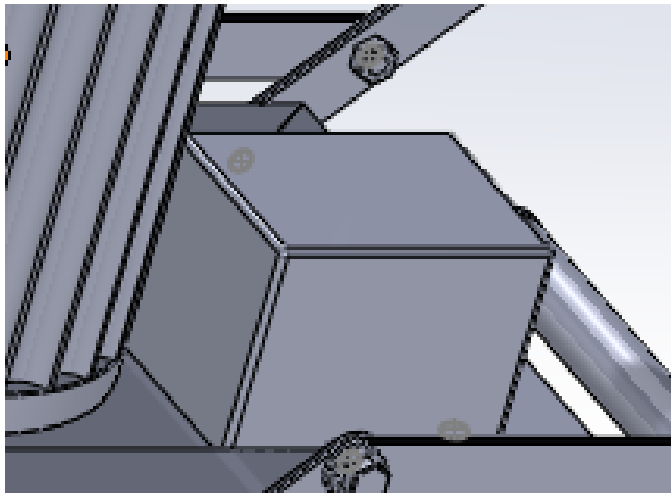


KUVIO 6. Rungon astin.

Mallin tekeminen SolidWorks ohjelmalla ei ollut haastavaa, mutta ideoiden muuttaminen 3D-kuvaksi oli työlästä ja aikaa vievää. Sain kuitenkin laitteen 3D-malliin tehtyä rungon ja lukkolaitteen geometrian selkeästi. Lisäksi kitkapyörän

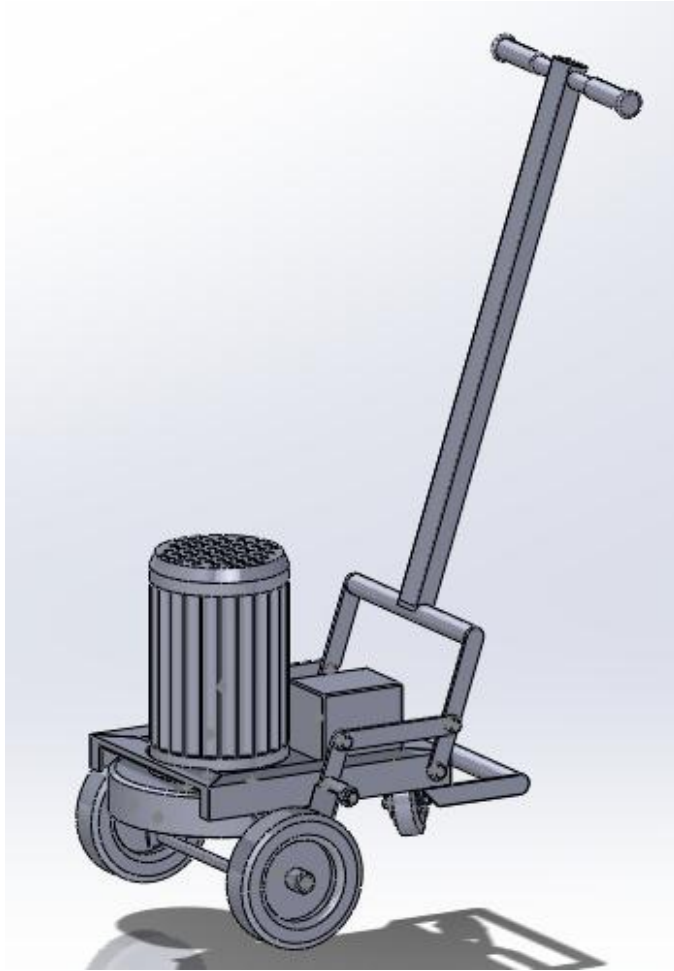
sijoitus hahmottui 3D-mallista. Nämä edellä mainitut seikat olivat tärkeitä ja niistä oli paljon apua esitellessäni 3D-mallia laitteesta työn tilaajalle.

Renkaan pyörittäjän 3D-mallista jätin pois tarkoituksella vähemmän tärkeitä sähkökomponentteja kuten käyttökytkimet, suunnanvaihtimen, moottorin ohjainlaitteen ja roikan. Sen sijaan 3D-malliin piirsin laitteen runkoon moottorin taakse muovisen laatikon, jonka sisään olisi tarkoitus sijoittaa moottorin ohjaukseen tarvittavat komponentit (KUVIO 7). Renkaan pyörittäjän käyttöympäristö oli aika likainen ja pölyinen ja tämän takia mielestäni oli tärkeää suojata toiminnalle tärkeät sähköiset komponentit.



KUVIO 7. Muovinen laatikko.

Esitellessäni valmista 3D-mallia renkaan pyörittäjästä työntilaaajalle ilmeni paljon kysymyksiä (KUVIO 8). Lukkolaitteen toimivuus oli monelle asentajalle liian hienoa tekniikkaa, mutta todellisuudessa se oli mekanismiltaan aika yksinkertainen.



KUVIO 8. Renkaan pyörittäjän 3D-malli.

Renkaan pyörittäjän 3D-mallia esittäessäni työntilajalle huomasin yhden ongelman lukkolaitteeseen liittyen. Laitetta liikuttaessa paikasta toiseen voi lukkolaitte lukita renkaat tahattomasti. Tämän takia kiireessä voi tulla tapaturma kun esim. lyö pänsä laitteen työntövarteen.

Ongelman ratkaisuksi kehitin laitteen rungon ja lukkolaitteen välille 2 vetojous-ta, jotka ovat säädettäviä vanttipulttien avulla. Näiden säädettävien jousien avulla sain vedätettyä työntövartta taaksepäin ja lukko pysyi auki työnnettäessä laitetta vapaasti eteenpäin. Toinen vaihtoehto olisi ollut työntövarren lukitusmekanismi, mutta hylkäsin kyseisen idean.

Säädettävien jousien avulla saatiin renkaanpyörittäjään uusi ominaisuus. Nimit-täin jousien voimia säätämällä voitiin vaikuttaa siihen voimaan millä kitkapyörä painautuu pyöritettävän renkaan runkoa vasten ennen lukkolaitteen lukittumis-

ta. Mitä kireämmäksi näitä jousia säätää vanttipulttien avulla sitä enempi on kitkaa kitkapyörän ja pyöritettävän renkaan välissä testaustilanteessa.

Jousia kiristettäessä olennaista oli yhtä suuri jousien jännitys keskenään. Jouset sijaitsevat lukkolaitteen molemmilla puolilla ja niihin kohdistuva voima oli sama. Eroavat jännitykset jousissa aiheuttavat lukkomekanismiin ristikkäisiä voimia, jotka väännättävät lukkolaitteen niveliä.

Kaikesta huolimatta sain näiden selkeiden 3D-mallin kuvien avulla vakuutettua työn tilaajan laitteen toimivuudesta. Seuraavaksi aloin tekemään itse renkaan pyörittäjää 3D-mallista todelliseksi laitteeksi.

## 5 RAKENNE

Tässä luvussa opinnäytetyötä käsitellen renkaanpyörittäjän rakennetta, joka koostuu monesta eri osasta. Rakenne on pyritty tekemään mahdollisimman yksinkertaiseksi. Rakenne koostuu pää-asiansa erilaisista rakenne teräksistä, jotka olivat helposti saatavilla. Kaikki laitteen rakenteessa olevat hitsaukset ovat toteutettu MIG hitsauksella.

### 5.1 Runko

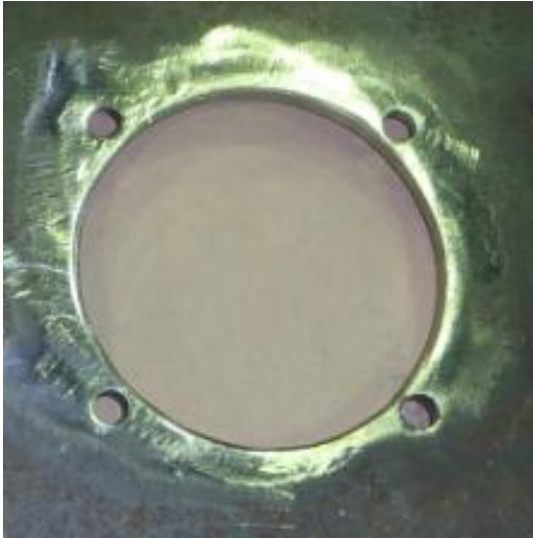
Runko on valmistettu neljästä kulmaprofiilisesta teräspalkista, jotka ovat mitoiltaan 50 x 50 x 5 millimetriä. Pituudeltaan nämä kulmaprofiiliset teräspalkit olivat 340 ja 400 millimetriä. Nämä neljä kulmaprofiilista teräspalkkia olivat sahatu päistä 45 asteen kulmaan, koska kulmat helpottivat kokoonpanoa. Lisäksi rungossa on käytetty 10 millimetrin paksuista teräslevyä mitoiltaan 390 x 320 millimetriä.

Renkaiden akseli paikat ovat valmistettu kahdesta 5 millimetrin paksuisesta teräslevystä, jonka mitat ovat 80 x 130 millimetriä. Lisäksi akselin paikkaa varten käytettiin kulmaprofiilista teräspalkkia tukevoimaan akselin kiinnitystä. Tämä kulmaprofiilinen teräspalkki oli mitoiltaan 50 x 50 x 330 x 5 millimetriä.

Rungossa vetojousien kiinnitys paikat on valmistettu kahdesta U-profiilisesta palkista. Molempien vetojousien kiinnitys paikkojen U-profiilisten palkkien mitat olivat samat eli 40 x 40 x 5 millimetriä ja pituudeltaan nämä palkit olivat 100 millimetriä.

Ensimmäinen työvaihe oli mitata teräslevyyn sähkömoottorille tarvittavat kiinnitysreiät ja kiinnityslaipan läpimeno. Moottori tuli levyyn kiinni neljällä M8 pultilla.

Moottorin kiinnityspisteet sijaitsivat moottorin päädyssä olevassa kiinnityslaipan ulkokehällä. Laipan läpimeno vaati halkaisijaltaan 104 millimetrin kokoisen pyöreän reiän (KUVIO 9).



KUVIO 9. Moottorin kiinnitysreiät ja läpimeno.

Ensimmäisenä tein isoimman eli laipan läpimenon. Ongelmaksi muodostui reiän iso koko ja symmetrinen vaatimus. Reiän teko ei onnistunut sorvilla, koska reikä ei ollut keskellä teräslevyä ja tämän takia sorvatessa levyn reuna oli ottanut kiinni sorvin runkoon. Pylväsporakoneeseen ei ollut riittävän isoa terää joten siitäkään ei ollut apua. Työstökeskuksella reikä olisi onnistunut, mutta sitä ei ollut käytettävissä.

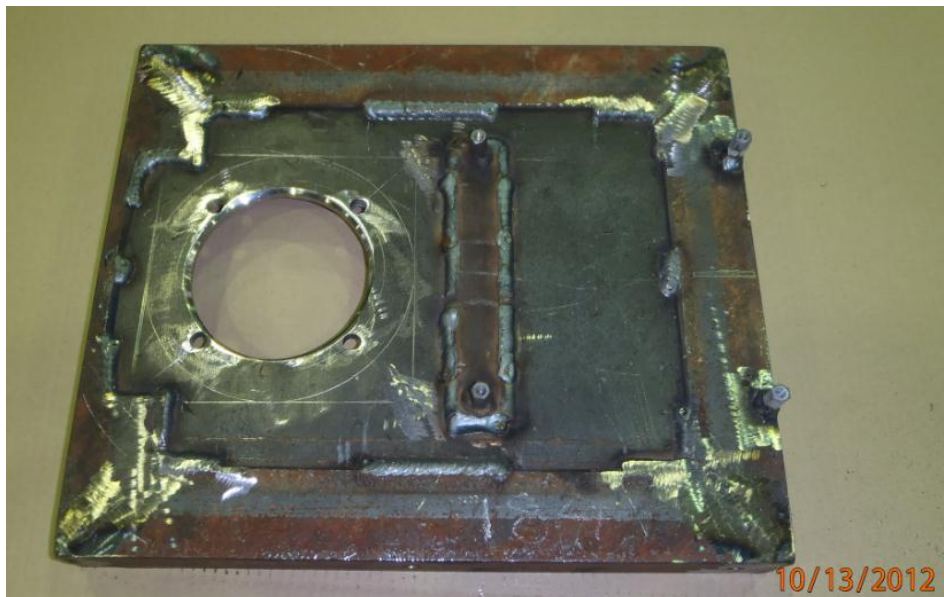
Ratkaisua miettiessäni yksi Raskoneen asentajista kertoi että kaasupilleihin löytyisi työkalu, jonka avulla symmetrisen ympyrän leikkaaminen levyyn oli mahdollista. Tämä polttoleikkaus harppi oli täysin säädettävä ja todella toimiva ratkaisu. Säädin harpin säteen hieman pienemmäksi kuin 52 millimetriä, koska en ollut varma todellisen reiän koosta polttoleikkauksen jälkeen ja enkä halunnut että reiästä tulisi väljä.

Polttoleikkauksen jäljiltä reikä oli n. 5 millimetriä liian pieni ja tämän lopun materiaalin poistaminen symmetrisesti aiheutti taas uuden ongelman. Polttoleikkaamista ei voinut uudestaan suorittaa sillä reiän keskipiste oli polttoleikattu irti levystä.

Ratkaisin ongelman kulmahiomakoneella, jossa oli halkaisijaltaan sopivan kokoinen hiontalaikka eli 104 millimetriä. Ideana oli painaa kulmahiomakoneen sopivan kokoinen hiomalaikka levyn läpi laikan ollessa levyn suuntaisesti. Reiän tekeminen kulmahiomakoneella oli työlästä, mutta lopulta sain valmiiksi sopivan kokoisesti reiän teräslevyyn.

Levyn reikien ja kiinnitys laipan läpimenon sovittaminen moottorin kanssa ei kerralla onnistunut vaan vaati kiinnitysreikien työstämistä. Työstämiseen käytin pylväsporakonetta, vaaka-akseli hiomakonetta ja kulmahiomakonetta. Sovitin välillä moottoria teräslevyyn ja tutkin kuinka tiukka moottorin kiinnityksestä tulee laipan läpimenon ja kiinnitys pulttien reikiä osalta. Lopuksi sain moottorin hyvin istumaan levyä vasten ja sähkömoottorin kiinnitys oli valmis.

Hitsaamisen aloitin neljästä kulmaprofiilisesta teräspalkista, joista tein aluksi kehyksen. Seuraavaksi sijoitin kehyksen sisään 10 millimetrin paksuisen teräslevyn. Kulmaprofiiliset teräspalkit sijoitettiin toisiinsa nähden 90 asteen kulmaan teräslevyn päälle ja kulmaprofiilisten teräspalkkien väliin tuli puskusauha. Rakenne muistutti paljon taulua, jossa teräslevy oli kangas ja kulmaprofiiliset teräspalkit muodostivat ympäröivän kehyksen (KUVIO 10).



KUVIO 10. Rungon rakenne

Rungon takaosassa sijaitseva astin on tehty kahdesta 5 millimetrin paksuisesta teräslevyn siivusta joiden mitat ovat 30 x 150 millimetriä. Astimessa on lisäksi käytetty putkipalkkia, joka on 4 millimetrin seinämällä ja mitoiltaan 30 x 30 x 330 millimetriä. Nämä astimen teräsosat hitsattiin erillään yhdeksi kokonaisuudeksi ja tämä astin kokonaisuus kiinnitettiin valmiiseen runkoon. Astimen teräslevyjen siivut kiinnittyivät runkorakenteen alaosaan puskusauma tyypillisesti ja ne hitsattiin kiinni toisiinsa teräsrakenteiden reunoista.

Renkaiden akselin paikka tuli laitteen rungon alle ja akselin kiinnityksen toteutin kahdella teräslevyn palasella, jotka olivat mitoiltaan 130 x 80 x 5 millimetriä. Nämä teräslevyt toimivat akselin kiinnityskorvina eli akseli menisi näiden molempien teräslevyjen läpi. Näihin teräslevyihin piti porata reiät halkaisijaltaan 20 millimetriä. Reikien keskipiste teräslevyllä oli yläreunasta mitattuna 80 millimetriä ja sivureunasta 40 millimetriä eli reikä tulisi sivusuunnassa teräslevyn keskelle. Tämä 20 millimetrin reiän halkaisija kiinnityskorviin mahdollisti 20 millimetrin halkaisijan renkaiden akselille. Lisäksi korvien alaosaan akselin alle tuli kulmaprofiilinen teräspalkki, jonka mitat olivat 50 x 50 x 330 x 5 millimetriä. Kulmaprofiili teräspalkin tarkoitus oli jäykistää akselin kiinnityskorvia sivusuunnassa.

Renkaan akselin kiinnityskorvat sijoitettiin rungon alle ja keskitettiin sivusuunnassa moottorin akseliin. Kiinnityskorvien etureunan etäisyys laitteen rungon moottorin päästä oli 70 millimetriä ja rungon toisesta päästä korvien takareunaan 250 millimetriä. Kiinnityskorvat hitsattiin puskusauma tyypillisesti kiinni rungossa olevien kulmaprofiilisten teräspalkkien reunaan. Kiinnityskorvien leveys oli ulkopinnalta mitattuna sama kuin rungonkin eli 340 millimetriä.

Lopuksi sijoitin 330 millimetrin kulmaprofiilisen teräspalkin akselin korvien väliin ja hitsasin sen kiinni n. 5 millimetrin matkalta kiinnityskorvien alapäistä. Kulmaprofiili teräspalkin etäisyys oli molempien kiinnityskorvien yläpäästä 125 millimetriä (KUVIO 11).



KUVIO 11. Kulmaprofiilisen teräspalkin liitos.

Renkaan pyörittäjän runkoon tuli myös ympäripyörivä takarengas, joka mahdollisti käännoksien tekemisen liikuttaessa laitetta. Tilasin takarattaan Manner Oy:ltä. Takaratas oli teollisuusmallia ja halkaisijaltaan 80 millimetriä. Materiaalilta takarattaan runko oli valurautaa ja pinta polyuretaania. Kantavuutta rattaalla oli 700 kg. Kääntöpyörän tyyppi kyseisen yrityksen luettelossa oli SKL -82 VV / K L ja tuotenumero 600035 (Manner 2012).

Sijoitin ympäripyörivän takarattaan rungon taakse keskelle. Takarattaan kiinnitys tapahtui neljällä M8 pultilla ja mutterilla. Valmistin takarattaalle sopivan kiinnityksen leikkaamalla sopivan kokoisen palasen 5 millimetrin vahvuisesta teräslevystä, joka vastasi takarattaan kiinnityslaipan kokoa. Seuraavaksi porasin teräslevyn palaseen 8 millimetrin halkaisijalta olevat reiät oikeisiin kohtiin takarattaan kiinnityslaippaa apuna käyttäen.

Seuraavaksi kiinnitin leikatun teräslevyn palasen laitteen rungon alle takaosaan sopivaan kulmaan, joka oli n. 20 astetta. Kiinnitin teräslevynpalasen rungon kehyksen reunaan hitsaamalla. Tämän jälkeen tein 30 x 5 millimetrisestä latta-teräksestä tuen rungon kehyksen ja teräslevyn väliin, joka tuki kulmaan hitsattua teräslevyä kuormittaessa takaratasta. Sijoitin tuen keskilinjaan laitteen runkoon nähden ja kiinnitin molemmista päistä hitsaamalla.

Takarattaan kiinnityspaikan ollessa valmis kiinnitin takarattaan neljällä M8 pultilla ja mutterilla paikalleen. Takarattaan kiinnityksestä tuli tukeva ja toimiva. Takaratas sijoittui hyvin astimen ja rungon väliseen tilaan (KUVIO 12).



KUVIO 12. Takarattaan sijoitus.

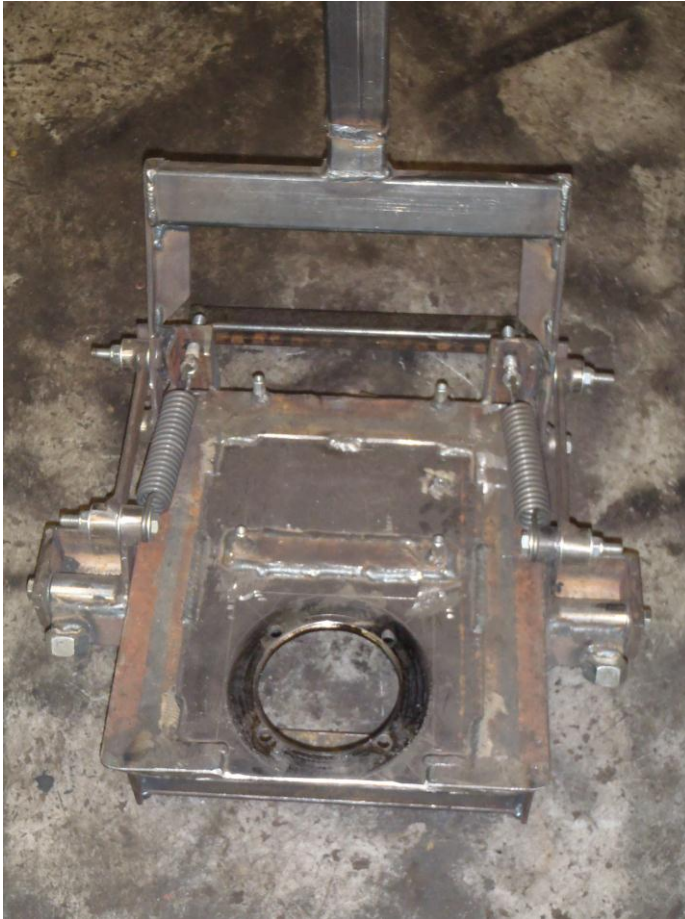
Lukkolaitteen vetojousien kiinnitys paikat tein U-profiilisten palkkien avulla rungon kehyksen päätyihin molempiin laitoihin. Aloitin vetojousien kiinnityspaikkojen tekemisen poraamalla molempien U-profiilisten palkkien toiseen päähän 12 millimetriä halkaisijalta olevat reiät. Reikien sijoituskohdat U-profiili palkin ulkotasosta mitattaessa oli laidasta ja päädystä 20 millimetriä. Reikien tarkoitus U

profiilipalkissa oli lukkolaitteen jousen kiinnittäminen säädettävän vanttipultin avulla (KUVIO 13).



KUVIO 13. Vetojousien vanttipultti.

Poraamisen jälkeen sijoitin U-profiiliset palkit sopivalle paikalle rungon reunoihin niin että molempien palkkien avonainen sivu oli rungon moottorin päätyä kohti. Tämän jälkeen hitsasin molemmat U-profiiliset palkit kiinni rungossa olevaan kulmateräksen sivuun. Vetojousien U-profiilisten palkkien paikat olivat rungon sivusta katsottuna 50 millimetriä korkealla ja ylhäältä katsottuna 10 millimetriä sisälle päin sijoitettuna rungon kehyksen ulkolaitaan nähden. Rakennetta selvittääkseni kiinnityspaikkoja kuten vetojousiakin oli 2 kappaletta eli molemmille puolille runkoa yksi kiinnityspaikka ja vetojousi (KUVIO 14).



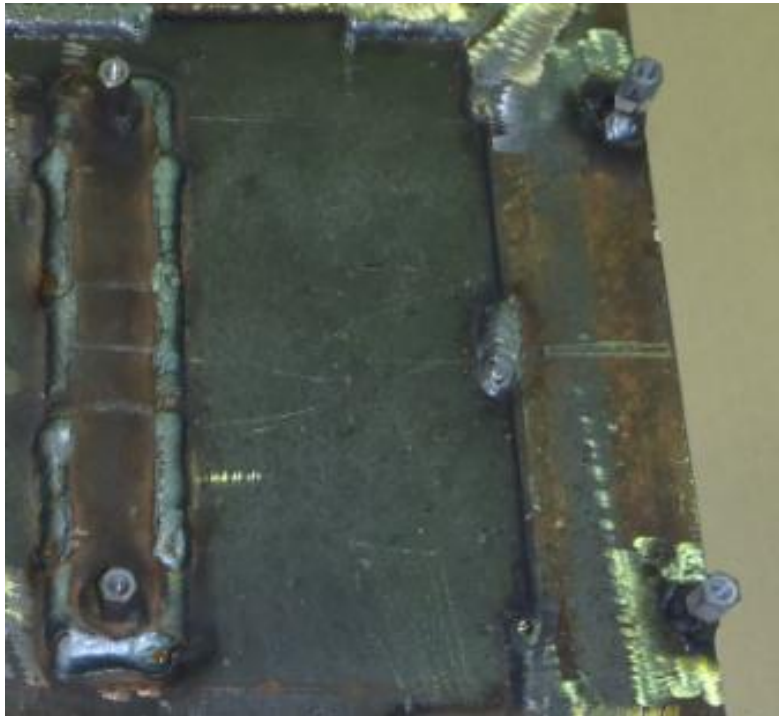
KUVIO 14. Vetojousien kiinnitys rungossa.

Laitteen runkoon tuli lisäksi neljä kiinnityspistettä muovista suoja rasiaa varten, jonka sisälle moottorin sähköiset ohjauskomponentit sijoitettiin. Suojakotelo oli muodoltaan neliö ja sen koko oli 190 x 190 x 110 millimetriä (KUVIO 15).



KUVIO 15. Suojakotelo.

Nämä neljä kiinnityspistettä toteutin käyttämällä pitkiä mutteriholkkeja, jotka hitsasin laitteen runkoon samoihin kohtiin muovisen suojakotelon kiinnitys reikien kanssa (KUVIO 16). Mutteriholkit olivat tyypiltään M6 x 25 millimetriä. Aluksi kiinnitin mutteriholkit muovisen suojakotelon pohjassa sijaitseviin kiinnitys reikiin pulttien avulla. Seuraavaksi sovitin muovisen suojalaatikon sopivaan kohtaan rungon päälle moottorin taakse. Tämän jälkeen hitsasin pienet pisteet holkin ja rungon väliin, jolloin holkit jäivät kiinni itse laitteen runkoon. Lopuksi ruuvasin irti muovisen suojakotelon mutteriholkeista ja hitsasin oikeilla paikolla olevat mutteriholkit kiinni runkoon.



KUVIO 16. Suojakotelon kiinnityspaikat rungossa.

Tulevia sähkötoita miettiessäni mieleeni tuli suojamaadoituksen paikan tekeminen runkoon. Valmistin suojamaadoituksen paikan ja sen kiinnityksen M6 mutterilla. Aloitin suojamaadoituspaikan tekemisen poraamalla rungon teräslevyn läpi 6 millimetriä halkaisijaltaan olevan reiän, joka tulisi sijaitsemaan muovisen suojakotelon alla. Seuraavaksi sijoitin M6 mutterin teräslevyssä olevan reiän keskelle pulttin avulla ja hitsasin mutterin kiinni teräslevyyn. Poistaessani pulttin

runkoon jäi kiinni hitsattu mutteri läpimeno reiän kanssa. Näin sain tehtyä kestävän ja kierteellisen suojamaan paikan runkoon, joka oli hieman koholla teräslevyn pinnasta (KUVIO 17).



KUVIO 17. Suojamaan paikka rungossa.

## 5.2 Työntövarsi

Renkaan pyörittäjässä työntövarrella oli kaksi toiminnallista tehtävää. Ensimmäinen tehtävä oli toimia kädensijoina liikuteltaessa laitetta paikasta toiseen. Toinen tehtävä oli toimia renkaiden lukkolaitteen käyttövartena eli tämän työntövarren välityksellä välitettiin työntävä voima käyttäjältä laitteen renkaiden lukkolaitteeseen.

Työntövarsi on valmistettu kahdesta RHS teräspalkista, pyöreästä putkesta, viidestä lattateräksestä ja kahdesta pyöreästä terästangon kappaleesta. RHS

palkit olivat mitoiltaan 50 x 30 x 950 millimetriä ja 30 x 30 x 346 millimetriä. Molempien RHS palkkien seinämäpaksuus oli 3 millimetriä. Pyöreä putki oli mitoiltaan 30 x 330 millimetriä ja seinäpaksuudeltaan 3 millimetriä. Lattateräkset olivat teräslevystä leikattuja siivuja, joista kaksi oli mitoiltaan 230 x 30 x 5 millimetriä ja näissä molemmissa oli 2 kappaletta 10 millimetrin halkaisijaltaan olevaa reikää. Loput kolme lattateräksen pätkää olivat erilaisia keskenään joista kaksi olivat mitoiltaan 150 x 30 x 5 millimetriä ja yksi 60 x 30 x 5 millimetriä. Pyöreän tangon kaksi pätkää olivat mitoiltaan 30 x 25 millimetriä.

Aloitin työntövarren tekemisen RHS palkkien asettamisella oikeille paikoille toisiinsa nähden. Mittailun ja sijoittelun seurauksena löysin keskikohdan ohuemmalta RHS palkilta mistä se liitetään paksumpaan RHS palkkiin puskusaumatyypisesti. Palkkien liittäminen toisiinsa tapahtui hitsaamalla

Seuraavaksi liitin hitsaamalla pidemmät reiälliset lattateräkset ohuemman palkin päihin samaan linjaan kuin paksumman RHS palkin, mutta vastakkaiseen suuntaan. Lattateräksin reiät sijaitsivat hitsaus-saumojen vastakkaisissa päissä.

Pidempien lattateräksien sisempiin reikiin hitsasin pyöreällä kupukannalla olevat 10 millimetrin täkkipultit. Täkkipulttien pyöreä kanta tuli sisäänpäin työntövarren rakennetta edestäpäin katsoessa. Normaalien pulttien kannat olisivat tulleet liian ulos lattateräksen pinnasta ja olisivat olleet lukitusmekanismin jousien tiellä. Täkkipulttien oli tarkoitus toimia kiinnityspisteinä ja nivelinä laitteen lukitusmekanismille.

Seuraavaksi jäykistin lyhyimmillä kahdella lattateräksellä nämä aikaisemmin liitetyt reiälliset lattateräkset sivusuunnassa. Jäykistäminen tapahtui hitsaamalla lyhyemmän lattateräksen kylki pidemmän lattateräksen sisempään sivuun kiinni. Tämä jäykistäminen esti tehokkaasti varren vääntymisen reiällisten lattateräksien osalta sivusuunnassa.

Pyöreästä putkesta tein kädensijat paksumman RHS palkin toiseen päähän. Hitsasin putken kiinni RHS palkkiin, mutta sijoitin pyöreän putken hieman toi-

selle reunalle RHS palkin päästä katsottuna. Tämän reunaan sijoittamisen ansiosta kaapelin läpivienti laitteen käyttökytkimeltä moottorinohjaukselle onntoa RHS putkea pitkin oli helppoa.

Työntövarren kiinnitystä miettiessäni ja tulevan lukkomekanismin käyttöä työntövarren välityksellä ongelmaa aiheutti lukkomekanismin nivelien kestävyys. Lukkomekanismin 5 millimetrin paksuinen lattateräs ei vaikuttanut riittävän paksulta, koska nivelpiste toteutettiin pultti reikään menetelmällä eli liikkuvan nivelen teki pultin varsi saranan tavoin. Esimieheni kanssa pohdittaessa asiaa tulimme tulokseen että reikien soikeaksi kuluminen olisi ollut todennäköistä 5 millimetrin ainevahvuuksilla.

Ongelmaan oli kaksi ratkaisua. Toinen oli reikien karkaisu ja toinen reikien ainevahvuuden lisääminen eli reikien paksuuden, jolloin pultin varresta reikään kohdistuva pintapaine pieneni. Ratkaisuksi valitsin ainevahvuuden lisäämisen.

Toteutin kahdesta pyöreään tangon kappaleesta paksut rikat työntövarren molemmille puolille pitkien lattateräksien päihin olevien reikien jatkoiksi. Porasin molempien tankojen keskelle 10 millimetrin reiän sorvin avulla. Valmiit paksut rikat sijoitin molempien hitsattujen lattateräksien ulkopuolelle ja keskitin reiät pultin avulla. Tämän jälkeen hitsasin paksut rikat kiinni molempien puolien lattateräksiin ja poistin pultit.

Ideana paksuilla rikoilla oli estää reikien kuluminen soikeaksi pienentämällä reiän seinämän ja pultin välissä vallitsevaa pintapainetta. Tämä oli tärkeää huomioida, koska näiden reikien välityksellä työntövarsi tuli kiinni runkoon ja lukkolaitteeseen kohdistuvat voimat myös menivät näiden kiinnitysreikien kautta.

Lopuksi tein lyhyimmästä lattateräksen kappaleesta kiinnityspaikan muoviselle käyttökytkimien suojarasialle. Kiinnityspakka tuli samaan päähän RHS palkkia mihin pyöreä putki oli hitsattu. Porasin lattateräkseen kaksi 5 millimetrin halkaisijalta olevaa reikää ylä- ja alapäähän keskitetysti eli 15 millin päästä mo-

lemmista lattateräksen reunoista. Näiden reikien avulla oli tarkoitus kiinnittää muovirasia lattateräkseen kahdella pultilla ja mutterilla.

Sopivan paikan löysin käyttökytkimille pyöreän putken alapuolelta eli laitetta käyttäessä käyttökytkimet sijaitsivat työntövarren kädensijojen alapuolella. Asettelin lattaraudan pystyyn RHS palkin päästä katsottuna keskelle ja hitsasit kiinni puskusauma tyypillisesti.

Työntövarren rakennetta on haastavaa selittää lukijalle mutta mielestäni se muistuttaa paljon talikkoa, josta on poistettu keskimmäiset piikit ja reunoille jätetty yhdet. Talikon varsi on tämä paksumpi RHS palkki ja ohuemmalla RHS palkilla nämä piikit ja varsi ovat kiinni toisissaan. Piikkejä kuvaa nämä lattateräkset, joita oli vahvistettu. (KUVIO 18).



KUVIO 18. Työntövarsi.

### 5.3 Lukkolaite

Lukkolaitteen toiminnallinen tarkoitus oli lukita renkaanpyörittäjän renkaat käytössä laitetta. Lukkolaiteen rakenteelliset osat ovat yksinkertaisia. Valmistin lukkolaitteen osat samoista teräsmateriaaleista joita olin aikaisemminkin käyttänyt laitteen rakenteessa. Lattateräksestä valmistettuja osia oli kolmen tyyppiä ja niiden mitat olivat 100 x 30 x 5 millimetriä, 210 x 30 x 5 millimetriä ja 55 x 30 x 5 millimetriä. Kaikkia lattateräksestä valmistettuja osia oli kaksi kappaletta eli kuusi kappaletta yhteensä. Käytin myös pyöreää terästankoa lukkolaitteen valmistamiseen. Terästangosta katkaisin kahdella eri pituudella kappaleita joiden mitat olivat 30 x 25 millimetriä ja 30 x 55 millimetriä. Lyhyempiä terästangon kappaleita tuli 6 kappaletta ja pitempiä 2 kappaletta.

Terästangoista kahteen 25 millimetrin kappaleeseen sorvasin molempiin ohuen kauluksen toiseen päähän kappaletta, joka oli halkaisijaltaan 20 millimetriä. Kauluksen pituus oli 5 millimetriä ja sen tarkoitus oli toimia jousen paikkana. Vetojousen kiinnityskoukku kiinnittyi tähän kaulukseen ison rikan sekä pultin avulla (KUVIO 19).



KUVIO 19. Vetojousen kiinnitys.

Lukkolaitteen valmistamisessa ensimmäinen työvaihe oli työntövarsien valmistus. Työntövarsien tehtävä oli välittää vaakasuuntainen voima työntövarrelta jarruvivulle. Tämän seurauksena jarruvivun päässä oleva lattaraudan kappale liikkuu tukipisteensä ympäri ja jarruttaa rengasta painautumalla renkaan kumi-pintaa vasten. Valmistin työntövarret kaikista pisimmistä lattateräksen kappaleista joiden molempiin päihin porasin halkaisijaltaan 10 millimetrin kokoiset reiät. Reikien etäisyys lattateräksen reunoista ja päistä oli 15 millimetriä (KUVIO 20)



KUVIO 20. Lattateräkset.

Seuraavaksi porasin sorvin avulla 10 millimetrin kokoisen reiän kaikkiin pyöreän tangosta katkottuihin kappaleisiin. Poraaminen oli helpointa umpinaiseen tankoon sorvilla. Lisäksi sorvilla poratessa reikä tuli suoraan ja tarkasti keskelle kappaletta.

Seuraava vaihe oli kiinnittää toisiinsa 210 millimetriä pitkä lattateräs ja kaksi 25 millimetriä pitkää terästangon kappaletta. Keskitin 10 millimetrin pultin avulla lattateräksen päässä olevan reiän ja terästangossa olevan reiän. Tämän jälkeen kiristin mutterin avulla kiinni terästangon kappaleen lattateräkseen ja kiinnitin samalla tavalla toiseenkin päähän lattaterästä samanlaisen terästangon kappaleen. Sijoitin molemmat terästangon kappaleet samalle puolelle lattaterästä. Seuraavaksi hitsasin terästangon kiinteäksi kokonaisuudeksi lattateräk-

sen kanssa. Valmistin myös toisen työntövarren samalla menetelmällä. Tämän jälkeen poistin molemmista työntövarsista pultit ja mutterit, koska niiden tarkoitus oli pitää kappaleet paikallaan toisiinsa nähden hitsauksen ajan. Lopuksi hion molempien työntövarsien hitsaussaumot siistiksi ja lukkolaitteen työntövarret olivat valmiita.

Seuraavaksi valmistin lukkolaitteen jarruvivut joiden avulla työntövarsien voima muutetaan renkaan pintaan kohdistuvaksi puristusvoimaksi. Jarruvipujen piti olla kiilaavia ja tukipisteen ympäri pyöriä. Ratkaisu muistuttaa nokka-akselin toimintaa, jossa nokan nostolla ahdistetaan renkaan pyörimistä.

Jarruvipujen valmistus alkoi poraamalla reiät lyhyimpien lattateräksien päihin pylväsporakoneella. Porasin lattateräksien molempiin päihin halkaisijalta 10 millimetrin reiät. Reikien etäisyys 100 millimetriä pitkissä lattateräksissä oli reunoista sekä päästä 15 millimetriä. Tämän jälkeen liitin pitkän pultin avulla toisen lattateräksen ja aikaisemmin valmistamani pyöreän tangon 55 millimetrin pätkän toisiinsa ja kiristin ne toisiinsa mutterin avulla. Pultin avulla sain molempien kappaleiden reiät kohtamaan keskitetysti.

Lattateräksen toiseen päähän tein myös saman toimenpiteen mutta vaihdoin pyöreän teräspätkän lyhyempään aikaisemmin valmistamaani 25 millimetrin pätkään, jossa oli sorvattu kaulus. Sijoitin kappaleen sorvatun kauluspään lattateräksestä pois päin ja keskitin molempien teräskappaleiden reiät pultin avulla. Lisäksi kappale piti sijoittaa vastakkaiselle puolelle lattaterästä eli sille puolelle missä ei vielä ollut pyöreää terästankoa liitettynä lattateräkseen. Tämän jälkeen kiristin mutterilla liitoksen ja kappale oli valmis hitsattavaksi.

Valmistin myös toisen jarruvivun lyhyestä valmiiksi poratusta lattateräksestä samalla tavalla. Tämän jälkeen hitsasin molempien jarruvipujen liitokset yhdeksi kokonaisuudeksi. Seuraavaksi poistin molemmista jarruvipujen liitoksista pultit ja mutterit. Lopuksi hion nauhahiomakoneella hitsauksien saumat siistiksi molemmista kappaleista ja jarruvivut olivat valmiit (KUVIO 21).



KUVIO 21. Jarruvipu.

Viimeinen vaihe jarruvipujen teossa oli kiilapalojen kiinnittäminen hitsaamalla jarruvipuihin. Kiilapalojen oikeaa paikkaa ja kulmaa oli vaikea hahmottaa, koska rungossa ei ollut vielä tässä vaiheessa renkaita paikallaan. Renkaiden merkitys oli suuri asettaessa kiilapaloja oikeisiin kohtiin, sillä kiilapalojen tehtävä oli ottaa kiinni renkaan pintaan ja lukita rengas. Miettiessäni asiaa tulin lopputulokseen että lukkolaitteen kiilapalojen asentaminen oli ajankohtaista vasta siten, kun renkaanpyörittäjässä oli renkaat paikoillaan rungossa.

#### 5.4 Renkaiden akseli

Renkaanpyörittäjän renkaiden akselin olin suunnitellut 3D-malliin siten että varsinaista akselia ei ollut vaan renkaat olisivat tulleet pultilla kiinni kiinnityskorvaan molemmille puolille erikseen. Miettiessäni kiinnityspulttien korvaamista yhtenäisellä akselilla tuli mieleeni ratkaisu, jolla saisin molempien kiinnitystapojen tuomat etuudet hyödynnettyä.

Erillisten kiinnityspulttien etuus oli niiden tuoma tila kitkapyörän alle, mutta tämä ratkaisu oli rakenteeltaan heikko. Yhtenäinen akseli oli parempi kantokyvyltään ja mekaaniselta kestävyydeltään, mutta se taas vei tilan kitkapyörän alta ja vaikeutti huoltamista.

Mieleeni tullut ratkaisu, joka oli helposti purettava kiinteä akseli. Toteutin purettavan renkaiden akselin käyttämällä 20 millimetrin kierretankoa, joka oli pituudeltaan 560 millimetriä. Kierretanko olisi helppo asentaa ja kiristää rungossa oleviin akselin kiinnityskorviin.

Kierretankoa piti hieman työstää että se sopisi käyttötarkoitukseensa. Kierretangon päihin tulisi renkaat, joiden molempien kiinnitysreiän halkaisija oli 12 millimetriä. Ongelmaksi muodostui renkaiden kiinnitys järkevästi kierretangon päihin. Lisäksi renkaat pitäisi tarvittaessa saada helposti purettua akselistä.

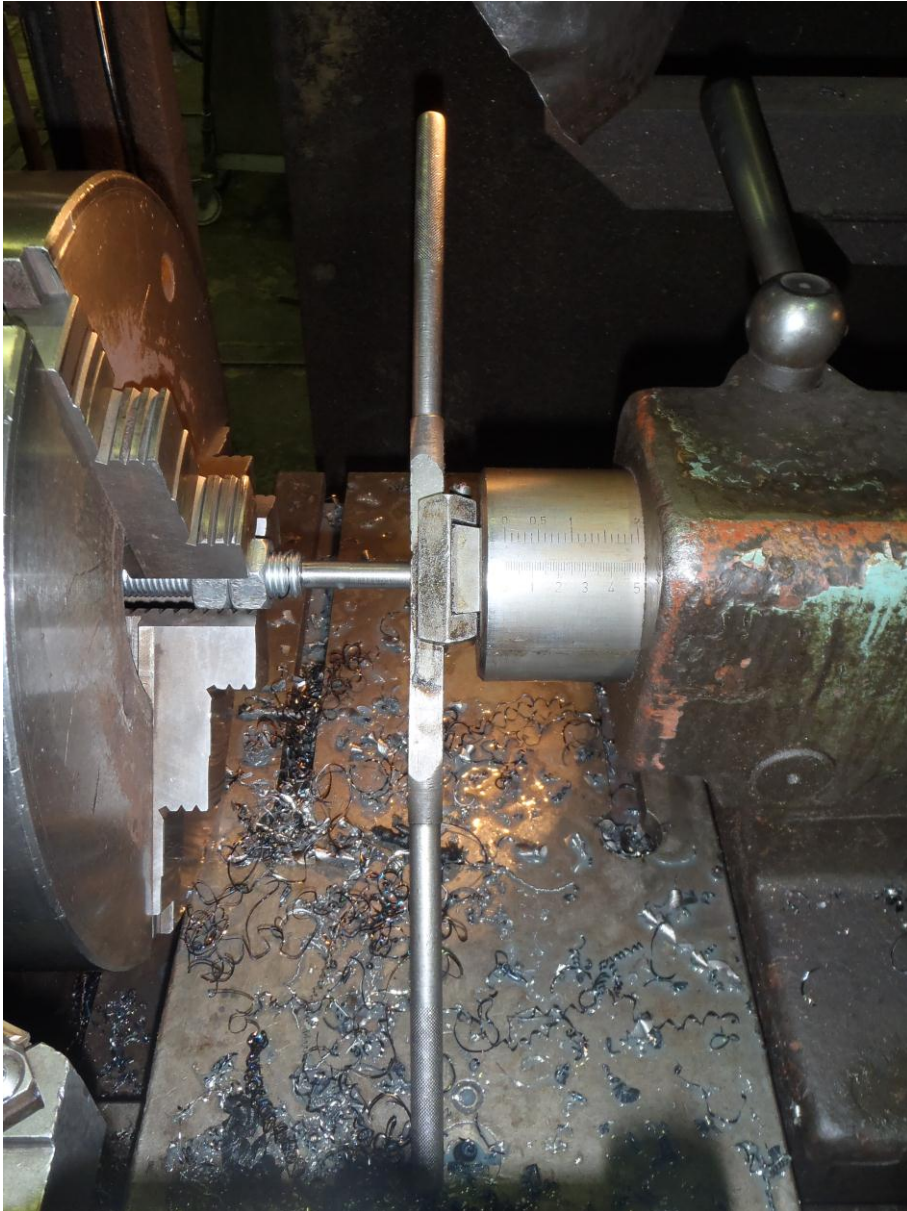
Ratkaisin kiinnitysongelman sorvaamalla kierretangon molemmista päistä 8 millimetriä pois 90 millimetrin matkalta. Sorvaamalla sain akselin eli kierretangon molempiin päihin ohuemmat kaulat, josta renkaan kiinnitysreikä menisi helposti läpi. Kierretangon sorvaaminen oli helppoa, mutta kierretangon kiinnittäminen sorviin ei ollut yksinkertaista. Ongelmaksi muodostui kiinnitysleukojen kiristäminen, koska se olisi pilannut tangossa olevan kierteen. Ratkaisin ongelman suojaamalla kierteen kahdella 20 millimetrin mutterilla ja kiristämällä ne tiukasti toisia vasten. Tämän jälkeen kiristin sorvin kiinnitysleuat muttereita vasten ja kierretanko pysyi sorvissa kiinni ilman että kierre olisi mennyt pilalle. Muttereiden kiristäminen kierretangolla toisiaan vasten oli tärkeää, sillä muuten kierretanko olisi ruvennut pyörimään tyhjää muttereiden sisällä sorvatessa (KUVIO 22).



KUVIO 22. Kierretangon sorvaus.

Renkaan asentamisen jälkeen akselin kaulasta jäi 30 millimetriä renkaan kiinnitysreiän ulkopuolelle. Hyödynsin tämän 30 millimetriä ulkopuolelle tulevan akselinpään tekemällä siihen M12 kierteen. Tein kierteen kierretyökälulla johon kuului kierrepakka ja väännin. Ongelmana tehdessä ulkopuolista kierrettä esimerkiksi akselin pintaan on saada kierre suoraan.

Ratkaisin ongelman edellä mainittua metallisorvia hyödyntäen. Kiinnitin akselin sorvin kiinnitysleukoihin ja painoin kierretyökäluä kohtisuoraan akselin pintaan nähden sorvin kärjen avulla. Sorvin kärki oli samassa linjassa kiinnitettyä akselin kanssa ja tämän takia kierretyökälu pysyi suorassa akselin pintaan nähden (KUVIO 23).



KUVIO 23. Kierteen valmistus metallisorvin avulla.

Kierteen valmistus itsessään metallisorvilla oli helppoa. Asensin sorvin pyörimään hitaasti n. 20 kierrosta minuutissa ja samalla syötin kärjen syöttöruuvilla kierretyökalua suorassa akselin pintaan nähden. Lopuksi kun kierre oli ajettu sorvilla molempiin suuntiin, niin pyöristin nauhahiomakoneella kierteen pään jolloin mutteri lähtisi helpommin kierteelle. Kierteen avulla sain renkaan kiinnitettyä tukevasti kiinni M12 mutterilla ja se ei päässyt irtoamaan akselin päästä. Tein samat työvaiheet akselin molempiin päihin ja akseli oli valmis (KUVIO 24). Asensin valmiin akselin kiinni laitteen runkoon ja kiinnitin renkaat akselin molempiin päihin M12 mutterilla.



KUVIO 24. Valmis akseli.

Renkaan pyörittäjän akselissa käytettävät umpikumiset renkaat ovat 200 millimetriä halkaisijaltaan ja metallirungolla. Kantokyky kyseisellä umpikumisella teollisuus renkaalla oli 230 kg. Tilasin renkaat Manner Oy:ltä. Renkaan tyyppi oli kyseisen yrityksen kuvastossa Li-200 KK I ja tuotenumero 401264 (Manner 2012).

### 5.5 Lukkolaitteen kiilapalat

Lukkolaitteen kiilapalat olivat olennaisessa osassa laitteen toimivuutta ja niiden tehtävä oli lukita renkaat testaustilanteessa. Aikaisemmin kiilapalojen asentaminen ei onnistunut, koska laitteen rungossa ei ollut renkaita eikä akselia paikoillaan. Näiden edellä mainittujen seikkojen takia kiilapalojen oikeiden paikkojen hahmottaminen tarkasti olisi ollut lähes mahdotonta.

Valmistin kiilapalat samasta 30 millimetrin levyisestä lattateräksestä kuin aikaisemmatkin lukkolaitteen osat ja kooltaan kiilapalat olivat 30 x 65 x 5 millimetriä. Kiinnitin molemmat kiilapalat lukkolaitteen jarruvipuihin hitsaamalla. Kiilapalo-

jen etäisyys renkaan pinnasta lukkolaitteen auki asennossa oli n. 2 millimetriä. (KUVIO 25).



KUVIO 25. Lukkolaitteen kiilapala.

Lukkolaitteen kiilapalojen suhteen ongelmaksi muodostui kiilapalojen painuminen pehmeään renkaan sisään lukittaessa laitetta testausilanteessa. Kiilapalan pää mikä vastasi renkaan pintaan oli pinta-alaltaan 65 x 5 millimetriä ja ilmeisesti kiilapalan vaikutusalue oli liian pieni. Seurauksena liian pienestä kiilapalan vaikutusalueesta renkaan pinnassa oli huonosti toimiva lukkolaite.

Ratkaisin ongelman hitsaamalla molempien kiilapalojen kylkeen M30 mutterin vaaka-asentoon jolloin kiilapalan vaikutusalue kasvoi renkaan pintaa vasten.

Muutoksen seurauksena lukkolaite rupesi pitämään huomattavasti paremmin ja toimi myös hyvin laitetta testattaessa lukiten renkaat tehokkaasti (KUVIO 26).



KUVIO 26. Lukkolaitteen kiilapalan muutos.

Katkaisin kulmaprofiilisesta teräspalkista kaksi 65 millimetrin kappaletta ja pyöristin kappaleista terävät kulmat. Leikkasin vanhat kiilapalat Renkaan pyörittäjän lopulliseen kokoonpanoon tein uuden kiilapalat, jotka korvasivat aikaisemmat kehitysversiot. Uudet kiilapalat tein samasta kulmaprofiilisesta teräspalkista mitä käytin laitteen rungon valmistamisessa. Mitoiltaan kulmaprofiilinen teräspalkki oli 50 x 50 x 5 millimetriä.

pois molemmilta jarruvivuilta kulmahiomakoneella ja asensin kulmaprofiiliset teräspalkin kappaleet samalle paikalle missä vanhat kiilapalat olivat. Sijoitin uudet kiilapalat molemmilla puolella laitetta n. yhden millimetrin päähän renkaan pinnasta lukkolaitteen ollessa auki asennossa. Lopuksi kiinnitin uudet kiilapalat jarruvipuihin hitsaamalla.

Uudet kiilapalat toimivat testaustilanteessa hyvin, koska niissä oli riittävästi vaikutusalueita renkaan pintaa vasten. Lisäksi uudet kiilapalat olivat asiallisemman näköiset kuin vanhat M30 mutteri ratkaisut ja laiteesta tuli enempi kehitetty teollisuustuotteen näköinen (KUVIO 27).



KUVIO 27. Lukkolaitteen uusi kiilapala.

## 5.6 Kitkapyörä

Renkaanpyörittäjän olennainen osa toimivuuden kannalta oli kitkapyörä, jonka avulla sähkömoottorin vääntömomentti välitettiin testattavan laakerin renkaaseen. Kitkapyörän kohdistuvia vaatimuksia miettiessäni olennaisia ominaisuuksia olivat hyvä pito pyöritettävää rengasta vasten, oikea pyörän halkaisija ja materiaali.

Kitkapyörän pinnan piti olla sellaista materiaalia millä saadaan hyvä pito pyörittävää rengasta vasten. Vaihtoehdoiksi muodostuivat joko kumi tai pehmeä muovi. Myös voimakkaasti kuvioitu metalli oli voinut olla toimiva vaihtoehto pidon kannalta, mutta se olisi todennäköisesti vahingoittanut pyörittävän renkaan kylkeä.

Kitkapyörän halkaisijalla oli olennainen merkitys renkaanpyörittäjän toimivuuteen. Halkaisija vaikutti nopeuteen millä pyörittävä rengas pyöri testaustilanteessa eli mitä isompi kitkapyörä sitä nopeampaa testattava rengas pyöri. Halkaisijan mitoituksen lähtökohtana oli saada rengas pyörimään n. 87 km/h jolloin renkaan kehänopeus on 24 metriä sekunnissa.

Halkaisijaa laskiessani tarvitsin tiedon sähkömoottorin pyörimisnopeudesta ja renkaan kehänopeudesta. Moottorin pyörimisnopeus oli 1445 kierrosta minuutissa ja renkaan haluttu kehänopeus oli n. 24,1 metriä/sekunnissa. Laskettuani halkaisijan lopputulokseksi tuli 318 millimetriä eli kitkarengaan kehän pituus olisi tällä halkaisijalla 1000 millimetriä. Kuorma-auton on rajoitettu nopeutensa suhteen kulkemaan 85 km/h, joten mielestäni rengas pyörisi riittävästi.

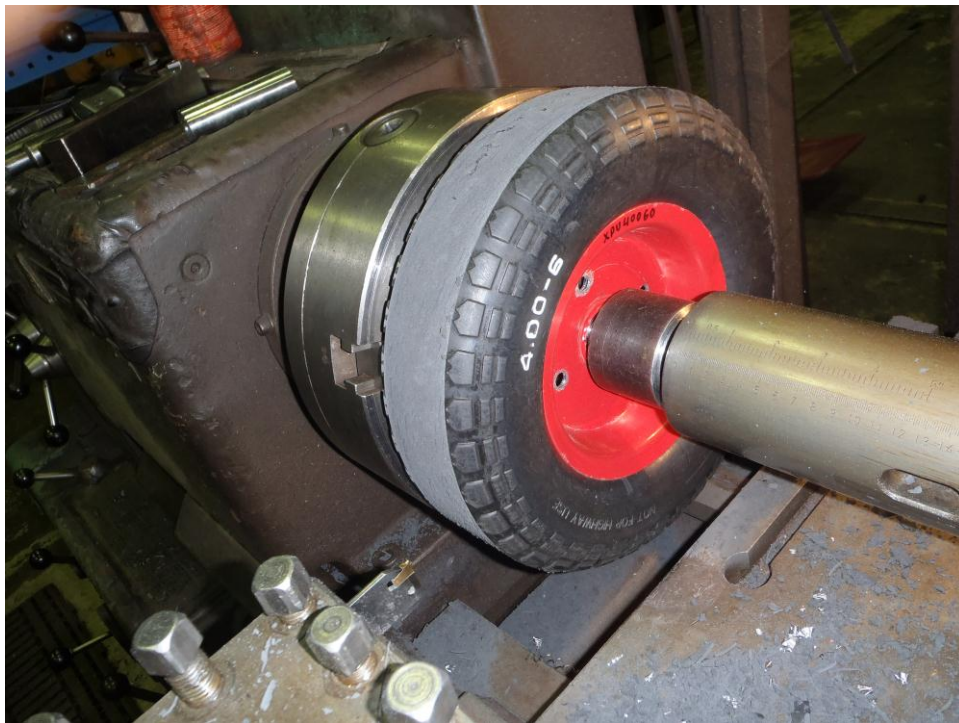
Kitkapyörän rungon materiaali piti olla metallia, jotta kiinnitys onnistuisi kiinnityslaipan avulla moottoriin. Kiinnittäminen laippaan tapahtuisi neljän pultin avulla ja tämän takia muovirunkoinen kitkapyörä ei soveltunut käyttötarkoitukseen. Muovirunkoisen kitkapyörän halkeaminen olisi ollut todennäköistä asennusvaiheessa kiristettäessä kiinnityspultteja tai renkaanpyörittäjää käytettäessä.

Miettiessäni kitkarengas aihiota, jossa oli metallia runko ja kuminen tai muovinen kehä mieleeni tuli valmiit kalustopyörät. Selatessani internetissä olevia kuvastoja sopivan kokoisia ei ollut. Valmiit irtonaiset kalustopyörät olivat halkaisijaltaan joko 300 tai 350 millimetriä. Vaihtoehdoiksi jäi tehdä itse kitkapyörä metallista ja päällystää sen kehä kumilla tai tyytyä valmiiseen vääränkokoiseen ratkaisuun.

Sattumalta löysin työkalukaupasta nimeltä Tarviketori Oy:stä umpinaisen kottikärryn renkaan mikä oli kooltaan 13 tuumaa ja metalli rungolla. Tämä umpinai-

nen kottikärryn rengas soveltui hyvin ahioksi kitkapyörälle ja siihen ei tarvinnut tehdä kuin kiinnitysreiät laipalle ja sorvata halkaisijaa pienemmäksi. Ulkokehän materiaali oli muovia ja kehän sorvaaminen metallisorvin avulla oli helppoa.

Sorvasin metallisorvin avulla umpinaisen renkaan halkaisijasta 10 millimetriä pois katkaisuterän avulla, koska se soveltui hyvin pehmeille materiaaleille (KUVIO 28). Sorvaamisen jälkeen umpinaisen renkaan halkaisija oli 318 millimetriä ja kehän pituus 1000 millimetriä.



KUVIO 28. Umpinaisen renkaan sorvaus.

## 5.7 Kiinnityslaippa

Kitkapyörän kiinnityslaipan tarkoitus oli kiinnittää kitkapyörä sähkömoottorin akseliin. Kitkapyörän kiinnityslaipan sähkömoottoriin valmisti Raskoneen työn-tekijä. Laippa on valmistettu teräksestä ja se koostuu kahdesta osasta, jotka ovat putki ja kiinnityslaippa. Putki ja laippa on kiinnitetty toisiinsa hitsaamalla. Laippaan oli tarkoitus kiinnittää kitkapyörä ja putken avulla kiinnityslaippa tuli kiinni moottoriin. Sähkömoottorin akseli tuli laipassa olevan putken läpi. Ras-

koneen työntekijä sovitti myös kiinnityslaipan kitkarenkaan metallirunkoon ja toteutti kiinnityksen neljällä M10 pultilla.

Toimitin valmiin laipan ja siihen kiinnitetyn kitkapyörän Ylivieskalaiselle yritykselle, jonka nimi oli Aution Auto Oy. Aution Auto Oy teki laipan sisäputkeen sopivan kiilauran, joka oli mitoiltaan 4 x 8 millimetriä ja pituudeltaan 60 millimetriä. Kiilaura piti teettää toisessa yrityksessä, koska Raskoneella ei ollut tarvittavia työkaluja. (KUVIO 29).



KUVIO 29. Laipan kiilaura.

Lopuksi kun sain laipan kitkapyörineen takaisin, huomasin että laipan kiinnityspotken reikä oli liian ahdas moottorin akseliin. Tämän takia jouduin vielä hioimaan laipan kiinnitysreikää hieman isommaksi, sillä liian tiukka sovite rikkoisi sähkömoottorin kiinnityslaippaa asennettaessa. Hioin laipan kiinnitysreikää akkukuporakoneella ja siihen kiinnitetyn hiekkapaperirullan avulla. Laipan kiinnitysreikä oli kutistunut hieman laipassa olevan hitsaussauman kohdalta. Hionnan jälkeen sain laipan menemään sähkömoottorin akselin päälle ja sovite oli sopivan tiukka (KUVIO 30). Lisäksi laippa itsessään tuli kiinni moottorin akselin

päästä M8 pultin ja rikan avulla. Pultin ja rikan ansiosta laippa ei pääsyt karkaamaan akselin päältä vaikka kitkapyörälle kohdistuisi voimia, jotka vetäisivät kiinnityslaippaa pois sähkömoottorin akselin päältä.



KUVIO 30. Kiinnityslaippa sähkömoottorin akselissa.

## 6 SÄHKÖISET KOMPONENTIT

Sähköisillä komponenteilla oli olennainen merkitys renkaanpyörittäjän toimivuuden kannalta. Tavoitteena oli tehdä tarpeeksi tehokas laite, jossa olisi yksinkertaiset sähkökomponentit. Renkaanpyörittäjä oli tarkoitus toimia joko 240 voltin 1-vaiheisella tai 400 voltin 3-vaiheisella jännitteellä. Lisäksi sähkökaavion tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä. Renkaan pyörittäjän sähköisistä komponenteista löytyy kuusi erilaista komponenttia, jotka muodostavat toimivan kokonaisuuden.

### 6.1 Moottori

Renkaanpyörittäjään sähkömoottoria valitessani ilmeni monenlaisia ongelmia. Työn tavoitteena oli tehdä toimiva laite mikä oli tehokkaampi kuin markkinoilla oleva Dymac WR70. Kyseisessä laitteessa oli 2,2 kilowatin 3-vaihe oikosulkumoottori, joka toimi 240/400 voltin jännitteellä ja huippukierrokset olivat 1445 kierrosta minuutissa. Mielestäni markkinoilla olevassa laitteessa oli liian pieni moottori ja tämän takia laite oli tehoton. Ensimmäinen vaihe sähkökomponenttien valinnassa oli sopivan moottorin valinta.

Laskiessani sähkötehoa mitä sähköverkosta saa 240 voltin jännitteellä 16 ampeerin virralla oli noin 3,8 kilowattia. Ensimmäinen suunnitelma oli tehdä 3 kilowatin sähkömoottorilla ja 240 voltin jännitteellä toimiva ratkaisu. Laskiessani 3 kilowatin sähkömoottorin ottamaa tehoa verkosta 240 voltin jännitteellä moottorin ottoteho oli n. 3,6 kilowattia. Lisäksi 3 kilowatin 3-vaihe oikosulku moottori olisi vaatinut taajuusmuuttajan toimiakseen 1-vaiheisella 240 voltin jännitteellä.

Ongelmaksi laitetta käyttäessä oli muodostunut 1-vaiheisella syöttövirralla, 3 kilowatin oikosulkumoottoria ja taajuusmuuntajaa käytettäessä liian tiukka mitoitus. Toisin sanoen laite ei olisi saanut tarvittavaa sähkötehoa toimiakseen oikein ja tämän takia olisi polttanut sulakkeita sähköverkosta. Ilmeisesti juuri tämän takia markkinoilla oleva kaupallinen Dymac WR70 laite oli toteutettu 2.2 kilowatin sähkömoottorin avulla.

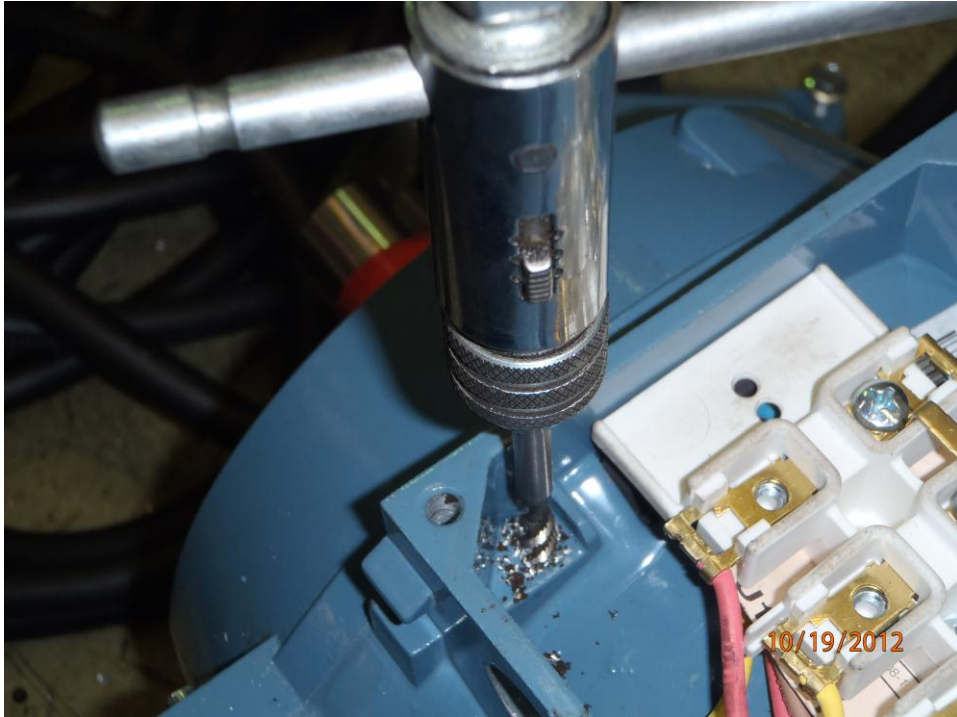
Miettiessäni sähkömoottori vaihtoehtoja, jotka olivat 2.2 kilowattia 1-vaiheisella syöttövirralla tai 3 kilowattia 3-vaiheisella syöttövirralla. Valitsin 3-vaiheisen syöttövirta ratkaisun. Valintaani myös tuki voimavirran modulaarisuus eli laitteeseen olisi helpompi vaihtaa isompi moottori, koska 3-vaiheinen 400 voltin jännite mahdollisti suuremman sähkötehot kuin 1-vaiheinen 240 voltin jännite. Vertaillessani 1-vaiheisen 240 voltin ja 3-vaiheisen 400 voltin tehoeroja 16 ampeerin virralla ero oli merkittävä.

Valitsin moottoriksi ABB:n 3 kilowatin oikosulkumoottorin 200 millimetrin halkaisijalla olevalla alumiinirungolla ja b14 kiinnityslaipalla (KUVIO 31). Moottorin kierrosnopeus oli 1450 kierrosta/minuutissa ja vääntö oli 19.7 newtonmetriä. Moottori toimi 3-vaihe virralla ja 400 voltin jännitteellä. Tyypiltään kyseinen moottori oli M2BA ja tuotekoodiltaan ABB:n luettelossa 3GBA 102 214. (ABB 2013.) Moottoriin tulevien syöttökaapeleiden kiinnittäminen tapahtui ruuvikiristettävien liitimien avulla, jotka sijaittivat moottorin päällä olevassa kytkentä rasiassa.



KUVIO 31. ABB:n sähkömoottori

Sähkömoottoriin piti kytkeä myös suojamaadoitus, jotta laitteen käyttö olisi turvallista. Moottorin rungossa oli paikka suojamaadoitukselle, mutta siihen piti itse tehdä kierteet kiinnitysruuville. Kiinnityksen toteutin puristettavan rengasliittimen avulla. Tein M5 kierteen valmiiseen suojamaadoituksen kiinnitysreikään ja poistin ylimääräiset maalit, jotta sähkökontakti olisi mahdollisimman hyvä (KUVIO 32). Kiinnitin suojamaadoituksen kaapelin päässä olevan rengasliittimen moottorin runkoon M5 kierteisellä ristipää ruuvilla ja suojamaadoituksen kytkentä oli valmis.



KUVIO 32. Suojamaan kiinnityspaikka.

Valitsemassani moottorissa rungon halkaisija oli 200 millimetriä ja se oli sopiva tähän käyttötarkoitukseen, sillä kyseinen halkaisija mahdollisti sähkömoottorin kompaktin sijoittelun renkaanpyörittäjän rungon päälle. Lisäksi moottorin b14 kiinnityslaippa mahdollisti moottorin kiinnittämisen pystyasentoon ja rungon rakenteesta saatiin mahdollisimman yksinkertainen.

## 6.2 Pehmökäynnistin

Renkaan pyörittäjän moottorille tarvittiin ohjauskomponentti, joka mahdollisti hitaan ja tasaisen kiihtyvyyden. Lisäksi kiihtyvyyttä piti pystyä säätämään tarpeen vaatiessa. Hidas kiihtyvyys oli tärkeä ominaisuus renkaan pyörittäjässä, sillä se mahdollisti pidon pysymisen testaustilanteessa kitkarenkaan ja pyörittävän renkaan välissä. Lisäksi moottorin ottama hetkellinen käynnistysvirta pieneni, kun se käynnistettiin tasaisesti kiihtyen ohjauskomponentin avulla. Suoralla kytkennällä käynnistettäessä moottoria ilman ohjauskomponenttia ongelmaksi olisi muodostunut liiallinen luistaminen kitkapyörän ja testattavan renkaan välissä. Tämän takia testattavan renkaan pyörittäminen olisi ollut todella haastavaa.

Toimivaa ohjauskomponenttia valitessani renkaanpyörittäjään vaihtoehtoja oli kaksi ja molemmat löytyivät ABB valikoimista. Ensimmäinen vaihtoehto olisi ollut taajuusmuuntaja, johon ohjelmoitiin sopiva kiihtyvyys ja aikajakso millä kiihdyttäminen tapahtuu. Toinen vaihtoehto oli pehmokäynnistin, josta pystyi säätämään manuaalisesti samat tarpeelliset toiminnot kiihtyvyyden suhteen kuin taajuusmuuntajasta.

Taajuusmuuntaja olisi mahdollistanut monipuoliset ominaisuudet moottorin ohjaamiseen. Ongelmaksi taajuusmuuntajan osalta muodostui ohjelmointi. Komponentteja vaihdettaessa sähkökytkentään joudutaan taajuusmuuntaja ohjelmoimaan aina uudestaan uusille komponenteille sopivaksi.

Tutkiessani ABB:n taajuusmuuntajaa, joka oli mallilta: ACS355 -03X- 07A3-4 huomasin laitteen olevan sopimaton vaihtoehto (KUVIO 33). Kyseessä olevassa laitteessa ohjelmointi tapahtui erillisen näppäimistön kautta ja se oli monimutkaista. Taajuusmuuntajalla oli hintaa 270 euroa ja näppäimistöllä 100 euroa.



KUVIO 33. ABB taajuusmuuntaja. (Palmer Company 2012.)

Pehmokäynnistin oli mielestäni paljon parempi ratkaisu sähkömoottorin ohjaukseen ja lisäksi se oli todella yksinkertainen. Valitsin pehmokäynnistimeksi ABB PSR16 -600 -70, joka oli teholtaan 7.5 kilowattia 400 voltin jännitteellä

(KUVIO 34). Hinnaltaan pehmokäynnistin oli 239 euroa ja se ei tarvinnut mitään oheislaitteita toimiakseen. Pehmokäynnistimessä oli vain kolme säätöruuvia kotelon päällä, josta säädettiin lähtöteho prosentteina, kiihtyvyyss sekunneina ja moottorin jarrutus sekunneissa. (ABB 2013.)



KUVIO 34. ABB:n pehmokäynnistin.

Pehmokäynnistimen asentaminen on helppoa ja sitä ei tarvitse ohjelmoida. Se vain kytketään vaiheiden väliin ennen sähkömoottoria. Lisäksi pehmokäynnistimessä on apukärjet, joiden avulla moottorin käynnistämistä voi ohjata. Ohjauspuolen apukärjet toimivat 240 voltin jännitteellä ja sen voi ottaa yhdeltä vaiheelta N-johdinta vasten, jolloin jännite on 240 voltia. Ohjauksen voi toteuttaa joko painonapilla tai keinuvipukytkimellä. Kaapeleiden kiinnittäminen pehmokäynnistimeen oli toteutettu ruvikiristettävien liittimien avulla.

Sijoitin pehmokäynnistimen renkaanpyörittäjässä olevaan muoviseen suojalaatikkoon, joka sijaitsi rungon päällä takaosassa. Kiinnitys tapahtui yleismallisen kiinnityskiskon avulla, joka oli ruuvattu kiinni suojalaatikon pohjaan. Lisäksi tein suojalaatikon pohjasta avonaisen, jotta ilma jäähdyttäisi rasituksessa lämpenevää pehmokäynnistintä.

### 6.3 Suunnanvaihdin

Renkaan pyörittäjässä piti olla myös mahdollisuus sähkömoottorin pyörimissuunnan vaihtamiseen. Suunnanvaihto oli hyvä ominaisuus, sillä vaihtaessa kuorma-autossa testauspuolta vasenmalta oikealle testattava rengas pyörisi vastakkaiseen suuntaan. Laakerivikojen äänet kuuluvat todennäköisesti molempiin suuntiin pyörittäessä, mutta ääni voi olla toisinpäin pyörittäessä paljon vaimeampi.

Pyörimissuunnan vaihtaminen oikosulku sähkömoottoreissa on yksinkertaista ja se onnistuu muuttamalla vaihe järjestystä moottorin syöttövirrasta. Vaihejärjestystä muuttaessa moottorien käämit toimivat erijärjestyksessä ja tämän takia sähkömoottori pyörii vastakkaiseen suuntaan.

Suunnanvaihtajaksi valitsin kytkimen, jossa oli kolme asentoa 1, 0 ja 2. Nolla asento oli tärkeä, sillä sen avulla saatiin renkaanpyörittäjästä sähkötkytettyä pois päältä vaikka pistotulppa olisi kytketty sähköverkkoon. Suunnanvaihdin kytki vaiheet 1 asennossa suorina ilman että muutti vaihejärjestystä. Suunnanvaihdin vaihtoi 2 asennossa kahden vaiheen paikkaa keskenään eli kytki ne ristiin. Kaapeleiden kiinnittäminen suunnanvaihtimeen tapahtui ruuvikiristettävien liittimen avulla.

Sijoitin suunnanvaihtimen muovisen suojakotelon kanteen, jossa se oli hyvin esillä ja käytettävissä. Lisäksi tein tekstitarrat kanteen, joista ilmeni oikea pyörimissuunta testaustilanteessa. Suunnanvaihtimen 1 asennossa kuskin puoli pyöri vastapäivään ja 2 asennolla apukuskin puoli myötäpäivään. Suunnanvaihtimen kiinnitys onnistui kahdella ruuvilla muovisen suojarasian kanteen ja toteutus oli asiallinen (KUVIO 35).



KUVIO 35. Suunnanvaihdin muovisen suojarasian kannessa.

#### 6.4 Automaattisulake

Pehmokäynnistimen apukiskon syöttökaapelin väliin tuli erillinen sulake. Miettiessäni sulake tyyppiä, jonka toimisi yhdellä vaiheella päädyin käyttämään 10 ampeerin automaattisulaketta. Automaattisulake oli helppo käyttää ja siihen ei tarvinnut vaihtaa sulaketta, kuten perinteiseen sulakepesään sulakkeen palaessa. Automaattisulakkeen lauetessa sen kannessa oleva vipukytkin kääntyy 0-asentoon. Käännettäessä vipu takaisin 1-asentoon sulake on takaisin päällä eli toiminnassa. Oikosulku tilanteissa automaattisulake ei kytkeydy takaisin 1-asentoon vipua käännettäessä. Automaattisulakkeen saa vasta sitten päälle, kun vika virtapiirissä on korjattu ja oikosulkua ei enää aiheudu.

## 6.5 Moottorin lämpösuoja

Sähkömoottori tarvitsi lämpösuojan mikä suojaisi moottoria ylikuumentumiselta. Valitsemani lämpösuoja oli merkiltään EATON, tyybiltään automaattinen ja kooltaan 10 ampeeria. Yleisin käytetty lämpösuoja on tyybiltään automaattinen ja sen kytkentä on helppoa. Lämpösuojan kaapeleiden kytkentä tapahtui kiristettävien ruuviliitosten avulla ja se kytkettiin syöttövaiheiden väliin.

Moottorin lämpösuojan tehtävä oli suojata moottoria ylikuumentumiselta ja liialliselta rasitukselta. Lämpösuojan toiminta perustui moottorin ottaman syöttövirran suuruuteen ja liiallisen virrankulutuksen seurauksena lämpösuoja katkaisi syöttövirran moottorin kaikilta kolmelta vaiheelta. Syöttövirran takaisin kytkentä oli helppoa ja se tapahtui lämpösuojan päällä olevan käännettävän vivun avulla.

Sijoitin moottorin lämpösuojan muovisensuoja kotelon sisään, jossa olivat myös suunnanvaihdin, automaattisulake ja pehmokäynnistin. Kiinnitin moottorin lämpösuojan muovisen suojakotelon pohjaan samaan kiinnityskiskoon mihin oli myös asennettu automaattisulake ja pehmokäynnistin (KUVIO 36).



KUVIO 36. Sähköiset komponentit kiinnityskiskossa.

## 6.6 Käyttökytkimet

Käyttökytkimiä suunnitellessa ongelmaksi muodostui Raskoneen asentajien eriävät mielipiteet siitä että kumpi on parempi: Painonappi tai keinuvipu tyyppinen käyttökytkin ratkaisu. Painonapilla renkaanpyörittäjää pystyi kiihdyttämään testaustilanteessa pätkittäin, joka oli hyvä ominaisuus jos pitoa ei saatu riittävästi kitkapyörän ja testattavan laakerin renkaan väliin. Keinuvipu tyyppinen pitävä kytkentä ratkaisu taas mahdollisti yhtäjaksoisen kiihdyttämisen ilman että nappia olisi pitänyt painaa koko kiihdyttämisen ajan. Ratkaisua miettiessäni päätin käyttää kumpaakin kytkintyyppiä.

Renkaan pyörittäjän käyttökytkimet tulivat laitteen työntövarrenpäähän muovisen suojakotelon sisään käden ulottuville. Käyttökytkimien suojakotelo on kooltaan noin 70 x 100 x 50 millimetriä ja siinä on kaksi kytkintä kannessa. Nämä kytkimet ovat tyypiltään painonappi ja vipukytkin. Painonappi on tyypiltään kytkevä ja vipukytkin ON/OFF (KUVIO 37).



KUVIO 37. Käyttökytkimet.

Käyttökytkimien avulla ohjattiin renkaan pyörittäjän sähkömoottoria. Laitteen käyttö piti olla helppoa, joten toteutin käyttökytkimet mahdollisimman yksinkertaisesti. Molemmat katkaisimet ovat selkeästi esillä ja käden ulottuvilla.

Renkaanpyörittäjän käyttökytkimet ovat hyvin selkeitä. Aluksi valitaan haluttu pyörimis-suunta suunnanvaihtimelta. Tämän jälkeen valitaan vipukytkimellä halutaanko pitopiirin olla kytkettynä vai ei. Seuraavaksi käynnistetään sähkömoottori vihreää nappia painamalla.

Pitopiirin idea on jättää sähkömoottori päälle niin kauaksi aikaa kunnes se kytketään vipukytkimellä pois päältä. Renkaan pyörittäjä myös pyörii vaikka pitopiiri ei ole kytketty päälle, mutta vain niin kauan kuin vihreää käynnistys nappia pidetään pohjassa. Laitetta voi käyttää kahdella tavalla joko painonapilla tai pitopiirillä.

## 7 SÄHKÖKYTKENNÄT

Renkaan pyörittäjän sähkökytkennät ovat hyvin yksinkertaiset ja noudattavat pitkälti ABB pehmokäynnistimen mukana tullutta kytkentäkaaviota. (ABB 2013.) Jouduin muokkaamaan kytkentäkaaviota hieman pehmokäynnistimen ohjauksen ja suunnanvaihtimen osalta (LIITE 1).

Kaaviossa ei ollut merkitty suunnanvaihdinta, joten lisäsin sen kytkentään. Miettiessäni suunnanvaihtimen paikkaa kaaviossa päädyin kytkemään suunnanvaihtimen ensimmäiseksi koko kaavioon ja se toimii myös samalla päävir-takatkaisimena 0-asentonsa ansiosta. Tämä oli tärkeä ominaisuus, sillä moottorin lämpösuojaa ei saanut kytkettyä takaisin päälle ilman että siltä katkaisee syöttövirran.

Renkaan pyörittäjän kytkentä kaavion komponentti järjestys selkeä ja järjestys on lueteltu suunnanvaihtimelta moottoriin. Sähkökytkennässä ensimmäisenä on suunnanvaihdin, joka on kytketty laitteeseen tulevaan kumiseen syöttökaapeliin. Suunnanvaihtimelta sähkö johdetaan moottorin lämpö suojalalle. Ennen lämpösuojaa 1-vaiheen johtimelta haaroitetaan johdin pikasulakkeelle ja siitä johdin matkaa pehmokäynnistimen apukärjen tulolle. Apukärkien lähtö on kytketty kumisen syöttökaapelin 0-johtimeen. Lämpösuojan jälkeen kaikki kolme vaihetta on kytketty pehmokäynnistimen tuloihin. Pehmokäynnistimen kolme lähtöä on kytketty oikosulkumoottorille kumikaapelin välityksellä.

Renkaan pyörittäjän kytkentä sähköverkkoon tapahtui 5 x 1.5 kumikaapelilla, joka oli pituudeltaan n. 15 metriä. Sähkökytkennän välikaapelin koot vaihtelevat 1,5 neliömillimetristä 4 neliömillimetriin riippuen kytkettävästä komponentista. Käytin tarkoituksella välillä paksumpaa kaapelia, koska joidenkin sähkökomponenttien kaapeleiden kiinnityspisteet olivat ohuemmalle kaapelille väljiä.

Mielestäni paksumman kaapelin käytöstä kytkennöissä ei ollut haittaa vaan ennemminkin hyötyä tukevan kiinnityksen ansiosta.

Renkaanpyörittäjän komponenteista suurin osa tuli muovisen suojalaatikon sisälle laitteen rungon päälle. Ainostaan käyttökytkimet tulivat toiseen muoviseen suojarasiaa työntövarteen käden ulottuville. Asensin komponentit ja välikaapelit siistiin järjestykseen rungon päälle muoviseen suojalaatikkoon. Asennuksesta tuli asiallinen ja lisäksi niputin välikaapelit nippusiteillä, jotta tarvittaessa laitteen huoltaminen olisi helpompaa.

Tähän rungon päällä olevaan muoviseen suojalaatikkoon tulee kolme kaapelia, jotka ovat laitteen syöttö-, moottorin syöttö- ja ohjauskaapeli (KUVIO 38). Moottorin ja laitteen syöttökaapelit ovat tyypiltään samaa kaapelia eli 5 x 1.5 neliömillimetrin kumikaapelia. Ohjauskaapeli on tyypiltään 4 x 1.5 neliömillimetristä muovipäällysteistä kaapelia.



KUVIO 38. Muovinen suojalaatikko rungon päällä.

## 8 LAITTEEN KOEKÄYTTÖ

Koekäytössä renkaanpyörittäjä toimi niin kuin pitikin ja lukkolaite oli todella toimiva vaikka oli itse kehitetty. Lukkolaitteen toimivuutta testattaessa kiinteää seinäpilaria vasten sain moottorin lukittua kitkapyörän välityksellä vaikka renkaanpyörittäjä oli käynnissä. Renkaanpyörittäjän lukkolaite oli vahvempi kuin oikosulkumoottori.

Laitetta testattaessa oikeassa tilanteessa eli rengasta pyörittäessä ilmeni ongelma käytettävyyden kannalta (KUVIO 39). Pyörittäessä kuorma-auton nostotelin paripyöriä ongelmaksi muodostui renkaanpyörittäjässä olevan moottorinlämpösuojaan herkkyys. Tämän ongelman seurauksena laitteesta katkesivat virrat kahden peräkkäisen testauksen jälkeen.



KUVIO 39. Laitteen testaus.

Tutkiessani ongelmaa syyksi paljastui moottorin liiallinen rasitus. Lisäksi moottori lämpeni voimakkaasti käyttäessä laitetta. Miettiessäni ratkaisua moottorin rasituksen pienentämiseen päätin kuitenkin aluksi mitata moottorin sähköisiä arvoja. Selvitin moottorin virrankulutusta yhtä vaihetta kohti pyörittäessä ren-gasta. Suoritin virran mittaamisen haarukkamittarin avulla.

Mittaustilanteessa ohitin moottorin lämpösuojan eli käytin moottoria ilman ko. komponenttia. Moottorin hetkellinen virrankulutus testaustilanteessa eli kuor-mapäällä oli n. 30 ampeeria eli melkein viisinkertainen ilmoitettuun käyttövir-taan nähden, joka oli 6.49 ampeeria. Lisäksi kiihdytyksiä tulisi tapahtumaan useita peräkkäin, joten moottori joutuisi kyseisellä kokoonpanolla aivan liian ahtaalle.

Ratkaisuja ongelmaan oli kaksi, jotka olivat isompi moottori tai kevyempi kuorma. Puntaroidessa vaihtoehtoja mietin miten kaupallinen Dymac WR70 laite oli saatu pyörimään pienemmällä moottorilla ja vähemmällä teholla. On-gelman vastaus oli yksiselitteinen. Kaupallisessa laitteessa oli pienempi kitka-pyörä, jonka ansiosta pyöriytyksestä aiheutuva rasitus oikosulkumoottorille oli huomattavasti pienempi.

## 9 LAITTEEN RAKENTEELLISET MUUTOKSET

Rakenteellisissa muutoksissa käsittelen muutoksia mitä joudun tekemään renkaan pyörittäjän rakenteeseen. Muutosten tarkoitus oli tehdä laitteesta toimivampi. Muutostyöt on jaettu kahteen osaan, jotka käsittelevät kuormituksen pienentämistä ja rungon muutoksia.

### 9.1 Kuormituksen pienentäminen

Päädyin ongelman ratkaisussa samaan menettely tapaan kuin kaupallisessa laitteessa. Pienensin kitkapyörän halkaisijaa 318 millimetristä 250 millimetriin (KUVIO 40). Kitkapyörän pienennys oli helppoa metallisorvin avulla. Kitkapyörän muovisen rungon sorvaus onnistui hyvin katkaisuterällä, joka teki riittävän siistin jäljen kitkapyörän pintaan. Sorvauksen jälkeen kiinnitin kitkapyörän takaisin paikalleen ja kokeilin laitetta.



KUVIO 40. Kitkapyörä.

Uudella kitkapyörällä ongelman hävisivät ja renkaan pyöritin toimi paremmin. Sähkömoottorin hetkellinen virrankulutus kiihdytystilanteessa oli tippunut 30 ampeerista 19 ampeeriin. Lisäksi moottorin lämpeneminen väheni huomattavasti pienentyneen kuormituksen ansiosta.

Huonopuoli laitteen kitkapyörän pienentämisellä oli testaustilanteessa laskenut testattavan laakerin renkaan pyörittämisnopeus. Ennen kitkapyörän pienennystä laite pyöritti testaustilanteessa rengasta n. 87 kilometriä tunnissa ja pienemmällä kitkapyörällä testattava rengas pyöri n. 68 kilometriä tunnissa. Pienempi nopeus ei sinänsä aiheuttanut ongelmaa, koska alhaisempikin renkaan pyörimisnopeus paljasti viallisen laakerin.

## **9.2 Rungon muutokset**

Renkaanpyörittäjän runko vaati muutostöitä johtuen pienemmästä kitkapyörästä. Ongelmaksi käytön kannalta pienemmällä kitkapyörällä muodostui laitteen sähkömoottorin ja pyörivän renkaan väliin jäävä vähäinen tila. Laite oli pienemmällä kitkapyörällä paljon lähempänä pyörivää rengasta ja renkaanpultit ottivat kiinni laitteen sähkömoottorin runkoon testattaessa kuorma-auton eturenkaiden laakereita.

Ratkaisu sähkömoottorin ja pyöritettävän renkaan väliin jäävän tilan suurentamiseksi oli muuttaa renkaanpyörittäjän rungon kulmaa hieman jyrkemmäksi lattia tasoon nähden. Toteutin muutoksen siirtämällä laitteen pyörivää takarengasta lähemmäksi eturenkaita, jolloin laitteen käyttökulma jyrkkeni (KUVIO 41). Käyttökulman jyrkentämisen seurauksena testaustilanteessa renkaanpyörittäjän sähkömoottorin ja pyörivän renkaan väliin jäävä tila kasvoi huomattavasti. Rungon muutoksen seurauksena sähkömoottorin ja renkaan väliin jäävä tila oli riittävä eikä tuottanut ongelmaa testattaessa kuorma-auton eturenkaiden laakereita.



KUVIO 41. Takarenaan muutettu paikka.

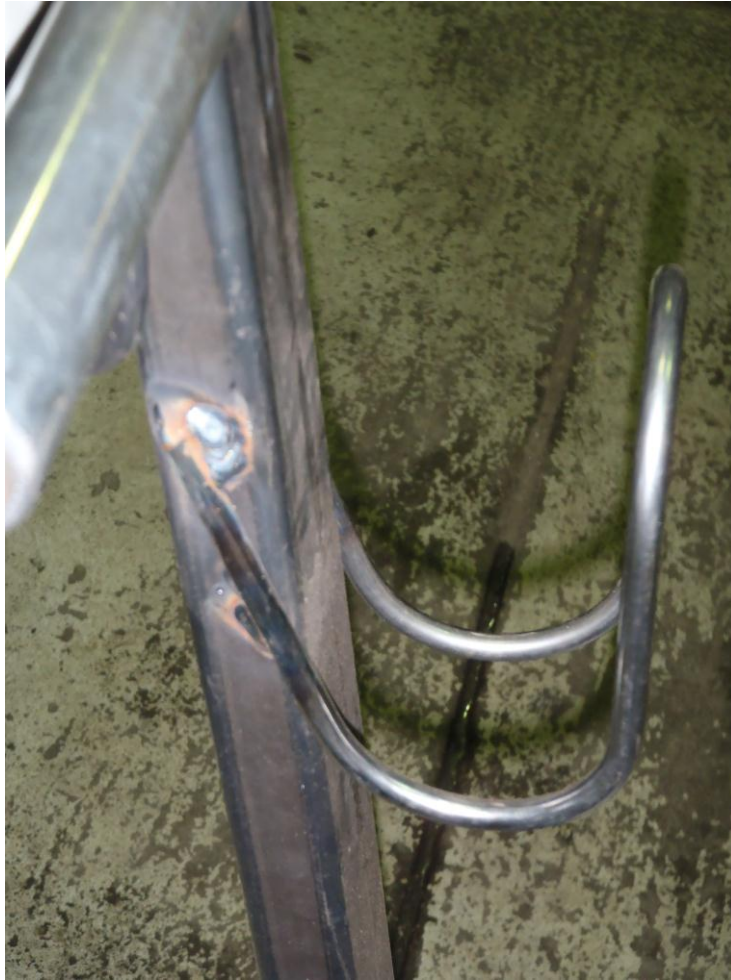
Renkaanpyörittäjän jyrkemmän käyttökulman takia myös laitteen työntövarsi vaati muutostöitä. Työntövarsi oli huonossa asennossa käytettävyyden kannalta ja lisäksi esti laitteessa olevan astimen käytön. Ulkonevan työntövarren takia laitteen käyttäjän jalka ei yltänyt astimelle.

Ratkaisin työntövarteen liittyvän ergonomisen ongelman muuttamalla työntövarren käyttökulmaa pystymmäksi. Muutoksen toteutin katkaisemalla työntövarren 50 x 30 millimetriseen RHS palkin alapäästä ja tekemällä 45 asteen kulman katkaisukohtaan kulmahiomakoneella. Tämän jälkeen hitsasin varren takaisin yhdeksi kokonaisuudeksi. Muutoksen jälkeen varsi oli parempi ja myös mahdollisti laitteessa olevan astimen käytön testaustilanteessa (KUVIO 42).



KUVIO 42. Muokattu työntövarsi.

Lisäksi tein työntövarteen laitteen sähköroikalle paikan, johon se voidaan kääriä. Valmistin roikan paikan varteen taivuttamalla 6 millimetrin paksuisen terästangon kolmesta kohti puoliympyrään muotoon, jotka muodostivat pyöreän koukkumaisen rakenteen. Lopuksi kiinnitin hitsaamalla taivutetun telineen terästankojen päistä työntövarren RHS palkin kylkiin (KUVIO 43).



KUVIO 43. Sähköroikan paikka.

## 10 PINTAKÄSITTELY

Renkaan pyörittäjän valmistamisessa viimeinen vaihe oli pintakäsittely eli maalaaminen. Suoritin laitteen maalaamisen vasta viimeisenä työvaiheena, koska tiesin työn alussa että ongelmia tulisi laitetta testattaessa ja muutokset laitteen runkoon olivat tämän takia väistämättömiä. Maalatun laitteen rakenteen muuttaminen olisi ollut työlästä ja turhauttavaa, joten jätin pintakäsittelyn viimeiseksi työvaiheeksi.

Renkaan pyörittäjän pintakäsittely alkoi lopullisen kokoonpanon purkamisella osiin. Pintakäsittely oli tarkoitus toteuttaa metalliset osat erikseen maalamalla. Pintakäsittely ei koskenut sähköisiä komponentteja, muovisia suojakoteloita, pultteja/muttereita, akselia ja renkaita.

Rungon metalliset osat piti ennen maalaamista viimeistellä ja hiekkapuhaltaa, jotta lopputuloksesta tulisi asiallinen. Viimeistely tarkoitti käytännössä kappaleiden hitsaus-saumojen ja terävien särmien hiomista. Hiekkapuhalluksen tarkoitus oli puhdistaa maalattavan kappaleen pinta ruosteesta ja muista epäpuhtauksista.

Maalasin aluksi rungon metalliosat sinkkispray maalilla, joka toimi samalla pohjamaalina tulevalle pintamaalille. Sinkkimaalin etu verrattuna perinteiseen pohjamaaliin on parempi korroosion kestävyys. Pintamaaliksi valitsin periteisen tinneri ohenteisen tummansinisen akryylimaalin, joka soveltui metallipinnoille. Suoritin pintamaalaamisen ruiskulla.

Pintakäsittely ei onnistunut ensimmäisellä kerralla. Maalipiinan korjaus tapahtui pääasiassa maali valumien poistamisella ja uudelleen maalaamisella. Poistettiin valuneet maali kerrokset hiekkapaperilla tai tiivistepinnan kaapimella. Uudelleen maalaamisen suoritin sinisellä spray maalilla, joka oli hieman erisävyi-

nen kuin ruiskulla maalattu pintamaali. Sävyero oli sen verran häiritsevä että maalasin kaikki osat samalla spray maalilla millä olin alun perin korjannut maalausvirheitä.

Pintakäsittelyn jälkeen annoin uuden maalipinnan kuivua ja kokosin renkaan pyörittäjän viimeisen kerran. Viimeiseen kokoonpanoon asensin laitteen työntövarren reikiin ohjauskaapelille läpivienti kumit, jotka suojasivat kaapelia hierymästä reikien reunoja vasten. Lisäksi laitteen työntövarren päähän tuli harmaat kumiset kädensijat, jotka paransivat laitteen käytettävyyttä ja viimeistelyä ulkonäköä (KUVIO 45).



KUVIO 45. Valmis laite.

## 11 YHTEENVETO JA POHDINTA

Renkaan pyörittäjän suunnittelu ja valmistaminen onnistui kokonaisuutena hyvin. Laitteen suunnittelu toimivaksi ja käyttäjäystävälliseksi tilaajan toiveiden mukaan oli haastavinta koko työssä. Laitteen ominaisuuksiin liittyviä ideoita oli monia ja niiden toteuttamisen suhteen oli pakko tehdä kompromisseja.

Alustavat suunnitelmat olivat helpoin tehdä kynällä ja paperilla, koska paperilta oli jo helppo nähdä toimiiko idea vai ei. Toimivat ideat olivat helppo muuttaa 3D-malliksi SolidWorks-ohjelman avulla. Lisäksi toimivien ideoiden esittäminen työn tilaajalle oli helpompaa 3D-mallin avulla.

Renkaan pyörittäjän rakentamisen aloitin vasta kun tilaaja oli hyväksynyt esittämäni 3D-mallin laitteesta. Itse laitteen rakentaminen ei ollut haastavaa 3D-mallista, sillä laitteen malli oli tehty olemassa olevia teräsmateriaaleja käyttäen. Koneistettavia osia laitteessa olivat renkaiden akseli ja kitkapyörän kiinnityslaippa.

Renkaan pyörittäjän avulla tarkoitus oli paljastaa laakerinviat vapaasti pyörivästä renkaasta. Joudun laskemaan laitteen pyörittämisnopeutta huomattavasti moottorin kuormituksen pienentämiseksi. Laitteen pienemmästä pyörittämisnopeudesta huolimatta viallisen laakerin epämääräiset rullausäänet kuuluivat selvästi. Lisäksi laitteen lukitusmekanismiin jouduin tekemään muutoksia kokoonpanovaiheessa, jotta renkaat lukittuisivat kunnolla testaus tilanteessa. Kaiken kaikkiaan laite oli lopullisessa kokoonpanossa toimiva ja asiallinen kokonaisuus.

Opinnäytetyötä tehdessäni tein yhteistyötä Safarin Katsastuksen kanssa, joka sijaitsee Ylivieskassa. Heillä oli kokemusta raskaan kaluston laakeri testauk-

sista katsastuksen yhteydessä ja he pitivät renkaan pyörittäjän avulla tapahtuvaa testausta luotettavana. Mielestäni raskaankaluston pyöränlaakereiden testaus lisää huomattavasti turvallisuutta liikenteeseen ja auttaa havaitsemaan laakerin rikkoutumiseen liittyvät riskitekijät ajoissa.

Työ oli sopivan haastava ja siinä oli paljon asiaa. Liitteiden osuus opinnäytetyössä on aika suppea, sillä laite on tilaajan toiveiden mukaan suunniteltu ja toteutettu. Tehokkaammalla moottorilla renkaan pyörittäjä olisi ollut vieläkin parempi ja toimivampi kokonaisuus.

## LÄHTEET

ABB 2013. Luettu 29.1.2013

<http://www.abb.fi/ProductGuide/>

Dymatronic Oy 2008. Luettu 29.1.2013

<http://www.dymatronic.com/uploads/lisalaitteet.pdf>

Palmer Company 2012. Luettu 29.1.2013

[https://www.rlpco.com/timthumb.php?src=product/ABB\\_drive\\_ACS355\\_250x250.jpg&w=250&zc=1&q=100](https://www.rlpco.com/timthumb.php?src=product/ABB_drive_ACS355_250x250.jpg&w=250&zc=1&q=100)

Manner 2012. Luettu 31.1.2013

<http://www.manner.fi/324>

LIITE 1

