
LÄMMÖNSIIRTIMEN HUOLLOSSA TARVITTAVAN KÄÄNTÖLAITTEEN SUUNNITTELU



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, kevät 2013

Juha Rahkonen

Juha Rahkonen

Riihimäki
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka

Tekijä	Juha Rahkonen	Vuosi 2013
Työn nimi	Lämmönsiirtimen huollossa tarvittavan kääntölaitteen suunnittelu.	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin Rautaruukin Hämeenlinnan tehtaan happolämmönsiirtimien huoltamiseen liittyvien ongelmien ratkaisemiseksi. Toimeksiantajan edustaja oli kunnossapitoinsinööri Timo Leho.

Työn tavoitteena oli parantaa työturvallisuutta ja helpottaa peittäuslinjan happolämmönsiirtimien huoltoa suunnittelemalla kääntölaite. Työn perustana on käytetty asentajilta kerättyä kokemusperäistä tietoa. Suunnittelussa panostettiin laitteen toimivuuteen ja käytettävyyteen asentajien toiveiden mukaisesti. Laitteen suunnittelussa käytettiin apuna Pro Engineer - mallinnusohjelmaa ja lujuusopin teoriaa.

Lopputuloksena oli valmis suunnitelma kääntölaitteen toteuttamiseksi.

Avainsanat työturvallisuus, suunnittelu, kunnossapito

Sivut 18 s. + liitteet 4 s.

Riihimäki

Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

Mechatronics

Author

Juha Rahkonen

Year 2013

Subject of Bachelor's thesis

The designing of a heat exchanger maintenance device

ABSTRACT

This thesis was a commissioned by Rautaruukki's factory in Hämeenlinna. The representative of the commissioner was maintenance engineer Timo Leho. The factory's pickling line has acid heat exchangers and there were problems with moving them. The main objectives were to improve safety and to design a turning mechanism to facilitate the maintenance of the acid heater exchangers.

The basic information was obtained from maintenance staff and the heat exchangers' data sheets. Priority in the design was work safety and practicality. The design was executed with Pro Engineer modeling software and material strength theory.

The outcome of the thesis was a finished design for the maintenance device that was ready to implement.

Keywords work safety, design, maintenance

Pages 18 p. + appendices 4 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TOIMEKSIANTAJA	2
2.1	Konserni	2
2.2	Ruukki Metals Oy	2
3	LÄMMÖNSIIRRIN	3
3.1	Lämmönsiirtimen kaataminen ja kuljettaminen	4
3.2	Lämmönsiirtimen purkaminen ja huolto	5
3.3	Lainsäädäntö.....	6
3.4	Vaaratilanteiden tunnistaminen ja riskiarviointi	7
4	KÄÄNTÖLAITTEEN VAATIMUKSET	7
5	TOTEUTUSVAIHTOEHDOT.....	8
5.1	Laite-ehdotus 1	8
5.2	Laite-ehdotus 2.....	10
5.3	Laite-ehdotus 3.....	11
6	YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU.....	12
6.1	Kääntölaitteen valinta.....	12
6.1.1	Kääntölaitteeseen tehtävät muutokset	12
7	LUJUUSTARKASTELU	13
7.1	Lujuustarkastelun alkunäkökohdat.....	13
7.2	Pohjakokoonpanon lujuustarkastelu.....	14
7.3	Kansikokoonpanon lujuustarkastelu	16
7.4	Lujuustarkastelun yhteenveto.....	17
8	YHTEENVETO	17
	LÄHTEET	19

Liite 1 Kääntölaitteen piirustukset

1 JOHDANTO

Tämä työ oli toimeksianto Rautaruukki Oyj:n Hämeenlinnan tehtaalta. Opinnäytetyössä käsitellään peittauslinjan happolämmönsiirrinten huolto- ja vaihtoprosessia, sekä suunnitellaan työtä helpottava kääntölaite.

Suuret happolämmönsiirtimet ovat hieman alle neljä metriä korkeita ja noin 70 cm leveitä. Siirrin painaa noin kaksi tonnia ja sen sisällä on kahdeksan hiilikennoa, jotka rikkoutuvat herkästi. Tämä tekee siirtimen käsittelystä ja kääntämisestä hankalaa. Siirrin asennetaan ja kuljetetaan pystyasennossa. Huoltoon viemistä varten se kuitenkin pitää kääntää vaaka-asoon. Siirtimen yläpäähän on jo suunniteltu nostoapuväline, mutta siirtimen alapää saattaa silti käyttäytyä kääntötilanteessa arvaamattomasti. Siirtimen pohjalevyssä on hyvät kiinnitysmahdollisuudet, jolloin pohjan ja lattian välille voi kehittää kääntölaitteen.

Kääntölaitteen suunnittelussa tähdättiin erityisesti siihen, että parannettaisiin suurten happolämmönsiirrinten hallitsemista kääntötilanteessa, ja sitä kautta parannettaisiin myös työturvallisuutta sekä vältettäisiin laitevaurioita. Laitteen tavoitteena on myös helpottaa siirtimen käsittelyä ja purkuvaihetta.

Suunnitteluprosessi piti sisällään kolmen eri kääntölaite-ehdotuksen osien ja kokoonpanojen mallintamisen. Näistä valittiin paras vaihtoehto, josta työstettiin lopullinen kääntölaite. Laitteelle tehtiin työ- ja valmistuspiirustukset sekä lujoustarcastelu Pro Engineer - ohjelmalla.

2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Konserni

Rautaruukki Oyj on vuonna 1960 perustettu suomalainen metalliteollisuuden yhtiö, joka on erikoistunut teräkseen ja teräsrakentamiseen. Rautaruukki Oyj käyttää markkinointinimeä Ruukki. Se toimittaa asiakkailleen energiatehokkaita teräsratkaisuja: paremmin rakennettuja ympäristöjä asumiseen, työhön ja liikkumiseen. (Ruukki 2013a.)

Konserni rakentuu kolmesta eri liiketoiminta-alueesta:

- Ruukki Construction Oy, teräsrakennusratkaisut
 - Ruukki Metals Oy, metalli, erikoisteräkset
 - Ruukki Engineering Oy
- (Ruukki 2013 b).

Ruukilla on noin 9000 työntekijää 30:ssä maassa. Sen kotipaikka on Helsinki ja sen suurin tuotantolaitos sijaitsee Raahessa. Ruukin liikevaihto oli vuonna 2011 noin 2,8 miljardia euroa. (Ruukki 2013a.)

Ruukin strategia keskittyy rakentamiseen ja erikoisteräsliiketoiminnan kehittämiseen.

Painopistealueet ovat:

- Kustannuskilpailukyky
 - Erikoisterästuotteet
 - Kasvu rakentamisen liiketoiminnassa – etenkin Venäjällä ja kattotuotteissa
 - Kasvu kehittyvillä markkinoilla
 - Kilpailuaseman vahvistaminen
 - Tuotteiden toistettavuus ja liiketoimintarakenteen tasapainottaminen
 - Innovaatiot
- (Ruukki 2013 c).

2.2 Ruukki Metals Oy

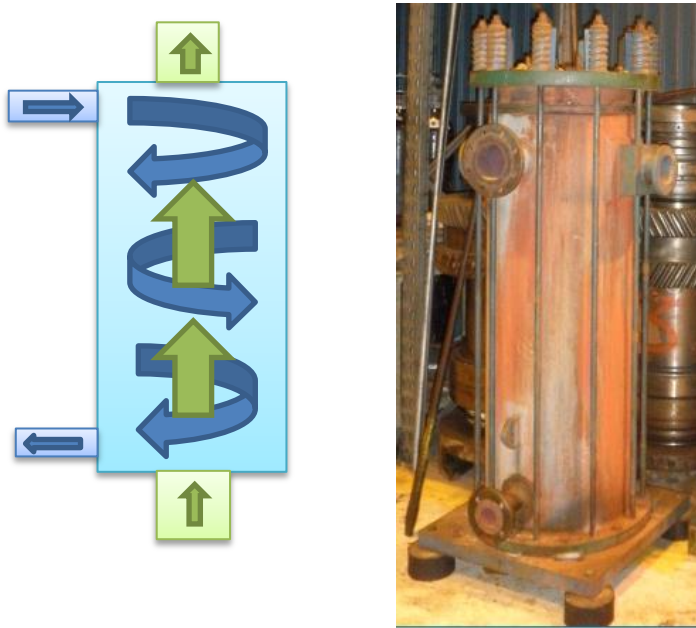
Ruukki Metals Oy:llä oli vuonna 2011 1 783 miljoonan euron liikevaihto. Se tuottaa muun muassa erikoislujuja, kulutusta kestäviä ja erikoispinnoitettuja tuotteita vaativiin, energiatehokkaisiin sovelluksiin. Teräspalvelukeskukset toimittavat terästuotteita sekä niihin liittyviä esikäsittely-, logistiikka- ja varastointipalveluita. (Ruukki 2013 b.)

Hämeenlinnan tehtaalla teräsnauhaa jalostetaan monin tavoin. Sitä kylmävalssataan, pinnoitetaan ja katkotaan asiakkaan tarpeiden mukaan. Tehtaan kuuluu lisäksi putkitehdas, joka tuottaa rakenne- ja ohutseinämäisiä putkia myös ferriittisestä ruostumattomasta teräksestä. (Ruukki 2013 d.)

3 LÄMMÖNSIIRRIN

Lämmönsiirtimellä tarkoitetaan yleisesti komponenttia, joka siirtää lämpöenergiaa kahden eri lämpötilan omaavan aineen välillä. Lämmönsiirtyminen tapahtuu yleisimmin johtumalla tai lämpösäteilynä. Johtumalla tapahtuvassa lämmönsiirrossa lämpö siirtyy jonkin lämpöä johtavan aineen välityksellä toiseen. Tässä lämmönsiirtimessä on kyse johtumisesta.

Ruukki Metals Oy:n Hämeenlinnan tehtaalla tällaisia lämmönsiirtimiä on peittauslinjalla. Lämmönsiirtimen tehtävä on siirtää höyrystä lämpöä suolahappoliuokseen ja lämmittää se vähintään 85 asteiseksi.



Kuva 1. Lämmönsiirtimen toimintaperiaate ja pieni lämmönsiirrin. Periaatekuvassa vihreät nuolet kuvastavat happoa ja siniset nuolet höyryä.

Suolahappoliuos ja höyry erotetaan toisistaan hiilikennoilla, joissa olevien reikien lävitse aineet virtaavat. Putket kytketään siirtimeen laippaliitoksella. Suolahappo virtaa vaihtimen pohjasta ja jatkaa yläkannesta ulos. Höyry tulee kyljestä sisään, kiertää kuoren alla ja tulee toisesta laipasta ulos (kuva 1). Suolahappoa käytetään kuumavalssauksessa syntyneen rautaoksidin poistamiseen teräsnauhasta. Rautaoksidi poistetaan, jottei se tuottaisi ongelmia teräksen jatkojalostuksessa. Teräsnauha kulkee kolmen suolahappoaltaan lävitse, joissa teräksestä irtoaa irtolika ja rautaoksidi. Jokaisella happoaltaalla on pumput, jotka kierrättävät happoa kahden lämmönsiirtimen kautta.

Lämmönsiirtimiä on kahden kokoisia. Suuret ovat noin 3,8 metriä korkeita ja pienet noin 1.8 metriä. Rungon leveys on molemmissa sama 67 senttimetriä. Runko muodostuu kuoresta, joka on teräksinen sylinteri, ja teräksistä päätylevyistä. Kokonaisuus puristetaan kasaan terästangoilla, jotka kiristetään mutterien ja jousien avulla oikeaan kireyteen. Hiilikennot ovat terässylinterin sisällä. Isossa lämmönsiirtimessä on 8 hiilikennoa ja pie-

nessä 3. Painoa isolla siirtimellä on noin 1500 kiloa ja pienellä noin 800 kiloa.

Lämmönsiirrin vaihdetaan, kun se alkaa vuotaa sisäisesti tai sen lämmönsiirtokyky heikkenee hiilikennojen tukkeuduttua. Siirtimet huolletaan konekorjaamolla, jonne ne kuljetetaan linjalta siltanosturin ja pumppukärryjen avulla. Opinnäytetyössäni käsitellään vaihetta, jossa lämmönsiirrin on jo irrotettu linjasta ja tuotu konekorjaamon ovelle tasaiselle alustalle.

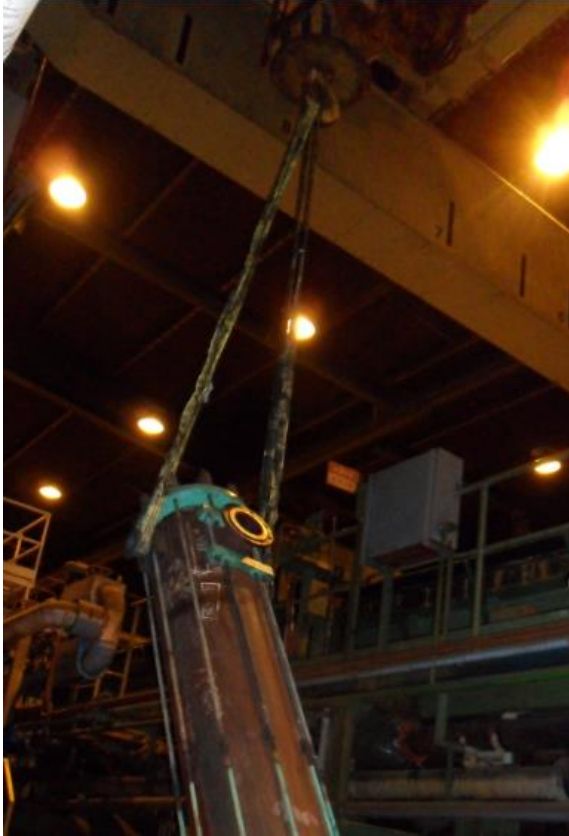
3.1 Lämmönsiirtimen kaataminen ja kuljettaminen

Lämmönsiirrin voidaan tuoda linjan yli pysty- tai vaaka-asennossa. Molemmissa tapauksissa lämmönsiirrintä riiputetaan siltanosturin koukusta nostoliinon avulla. Nostoliinon kanssa lämmönsiirrin heiluu helposti ja sitä on vaikea kontrolloida tarkasti. Vaaka-asennossa tehtävä kuljettaminen on helpompaa, mutta tämän saavuttamiseksi on lämmönvaihdin pitänyt kaataa jo linjalla nosturin kahden koukun avulla. Tämä on hankalaa, sillä linjan vierellä ei ole juurikaan tilaa eikä tasaista alustaa. Lämmönsiirrinten nostoon on suunniteltu nostoapuväline, joka helpottaa nostoa huomattavasti. Tällöin lämmönsiirrin voidaan kuljettaa pystyssä linjan yli. Varsinainen ongelma, jota aion käsitellä, on konekorjaamon ovelle suoritettava kaato.



Kuva 2. Lämmönsiirtimen alapää kaatotilanteessa

Kaataminen tapahtuu siten, että lämmönvaihdin lasketaan maassa olevien patikoiden päälle. Tämä jälkeen nosturia ajetaan sivulle niin kauan kunnes lämmönsiirrin alkaa kaatua. Koska lämmönsiirrin on lähes neljä metriä korkea ja kaksi tonnia painava, saattaa se heilahtaa väärään suuntaan ja aiheuttaa vakavan tapaturman.



Kuva 3. Lämmönsiirtimen yläpää kaatotilanteessa

Kun lämmönsiirrin alkaa kaatua, lasketaan nostokoukkua hitaasti ja ajetaan nosturia kaatumissuuntaan. Lämmönsiirtimen yläpää lasketaan kuormalavalle ja patikoiden päälle. Kun siirrin makaa vaakatasossa, voidaan se kuljettaa pumppukärryillä konekorjaamolle sisään.

Siirrin on tähän asti kuljetettu konekorjaamolle kyljellään pumppukärryjen ja kuormalavojen päällä. Kuljetuksen käännoksissä siirrin kuitenkin luistaa lavojen päällä, koska missään välissä ei ole niveltä, joka sallisi käännoksen. Tämä vaikeuttaa siirtimen kuljettamista ja rikkoo lavat.

3.2 Lämmönsiirtimen purkaminen ja huolto

Siirtimiä huolletaan noin kolme kappaletta vuodessa. Niiden huoltaminen aloitetaan irrottamalla päädyistä happoputkiliitoskappaleet ja huuhtomalla sisään jäänyt happo pois. Sen jälkeen siirrin tuodaan huoltopaikalle ja nostetaan pystyyn. Tämän jälkeen siirrin kiinnitetään ruuveilla lattiaan. Siirtimen pohjaan kiinnitetään säilytyskorokkeet varastoinnin ajaksi, jotta ki-ristyngot eivät ottaisi maahan kiinni.



Kuva 4. Lämmönsiirtimen säilytyskorokkeet

Tämän jälkeen avataan kiristystangot, jotka pitävät siirtimen koossa. Sitten voidaan kuori nostaa pois, jolloin esille jää vain hiilielementit päällekkäin pinossa. Hiilielementit puhdistetaan poraamalla tukkeutuneet happokanavat auki. Kun vielä tiivisteet ovat vaihdettu ja siirrin koottu, se on valmis asennettavaksi takaisin linjaan.

3.3 Lainsäädäntö

Itse kääntölaitetta käsittelevää standardia tai lainsäädäntöä ei Suomessa ole. Tähän tapaukseen pätee kuitenkin painelaitelaki sekä työturvallisuuslaki. Lait tukevat tämän työn keskeisiä tavoitteita eli henkilö- ja laitevahinkojen välttämistä.

Painelaitelaki (21.11.2008/731)

2 §

Tässä laissa tarkoitetaan:

painelaitteella säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, sekä painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia.

3 §

Painelaite on rakennettava ja sijoitettava ja sitä hoidettava, käytettävä ja tarkastettava niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta. (Finlex 2013 a).

Työturvallisuuslaki (23.8.2002/738)

8 §

Työnantajan yleinen huolehtimisvelvoite:

Työnantaja on tarpeellisilla toimenpiteillä velvollinen huolehtimaan työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä työssä. Tässä tarkoituksessa työnantajan on otettava huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön samoin kuin työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. (Finlex 2013 b).

3.4 Vaaratilanteiden tunnistaminen ja riskiarviointi

Kääntövaiheessa on monia riskejä, joihin olisi hyvä saada ratkaisu. Hallitsemattomat liikkeet voivat aiheuttaa henkilö- ja materiaalivahinkoja.

- Nosturilla joudutaan tekemään vinovetoa, jolloin siirrin voi kaatua yhtäkkiä hallitsemattomasti vaurioittaen hiilikennoja.
- Sirriin voi heilahtaa sivulle ja osua työntekijöihin tai ympäröiviin rakenteisiin.
- Puupatikat voivat luistaa alta ja siirtimen perä voi osua työntekijöihin.

4 KÄÄNTÖLAITTEEN VAATIMUKSET

Uutta kaatoapuvälinettä suunniteltaessa tärkeimpänä tavoitteena on parantaa turvallisuutta. Seuraavana tavoitteena on laitevaurioiden välttäminen, sillä ison lämmönsiirtimen rahallinen arvo on noin 56000 € ja pienemmän noin 30000 €. Kolmantena tavoitteena on siirtimen helppo kuljettaminen kyljellään.

Tässä ehdottomat seikat, jotka tulee ottaa huomioon kääntölaitetta suunniteltaessa:

- Lämmönsiirrin pitää voida kääntää hallitusti ja turvallisesti.
- Laitteen pitää olla vähintään 100 mm korkea, ettei siirtimen pohjassa olevat pultit ota maahan.
- Laite ei saa olla yli 400 mm korkea, jotta siirtimen kuori voidaan nostaa pois vaihtimen ollessa pystyssä.
- Laite pitää saada lattiaan kiinni purkamisen ajaksi, jotta siirrin pysyy paikallaan. Korjaamon lattiassa on vaihtimen pohjan jaolla kierrereiät M16.

Suosittelavat seikat, jotka tulee ottaa huomioon:

- Laitteen tulisi olla sellainen, että se voidaan kiinnittää heti jo peittäushallin puolella siirtimen pohjaan. Laite voisi olla koko huollon ajan kiinni siirtimessä, eikä sitä tarvitsisi irrottaa ennen kuin vaihdin asennetaan seuraavan kerran linjaan.
- Laitteen tulee olla matala, helposti liikuteltava ja helposti asennettava.

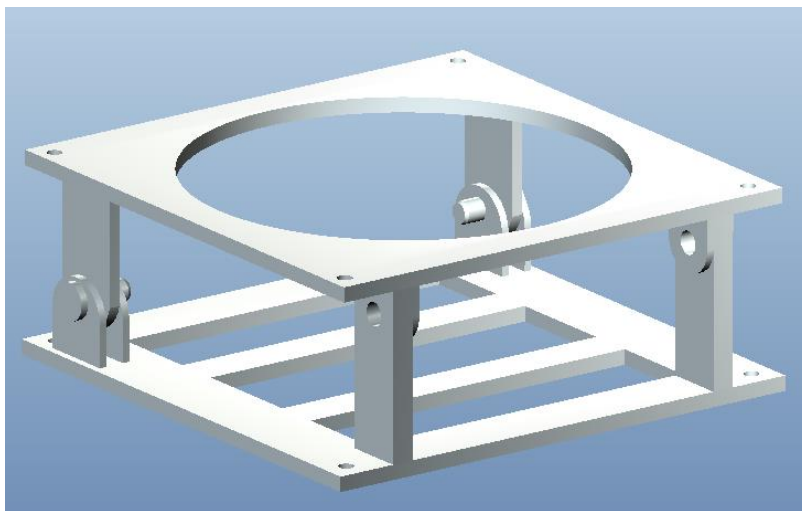
5 TOTEUTUSVAIHTOEHDOT

5.1 Laite-ehdotus 1

Ensimmäisessä suunnitelmassa toteutuu helppo kaataminen, vähintään 100 millimetrin korkeus ja lattiaan kiinnitettävyyys. Lämmönsiirintä voidaan myös säilyttää tässä laitteessa.

Laite kiinnitetään neljällä ruuvilla lattiaan ja lämmönsiirrin kiinnitetään neljällä ruuvilla laitteen ylempään levyyn. Laitteen korkeus on 265 mm ja leveys 680 mm.

Nivelet on liukulaakeroitu, jotta kääntö sujuu mahdollisimman tasaisesti.



Kuva 5. Kääntölaite-ehdotus 1.

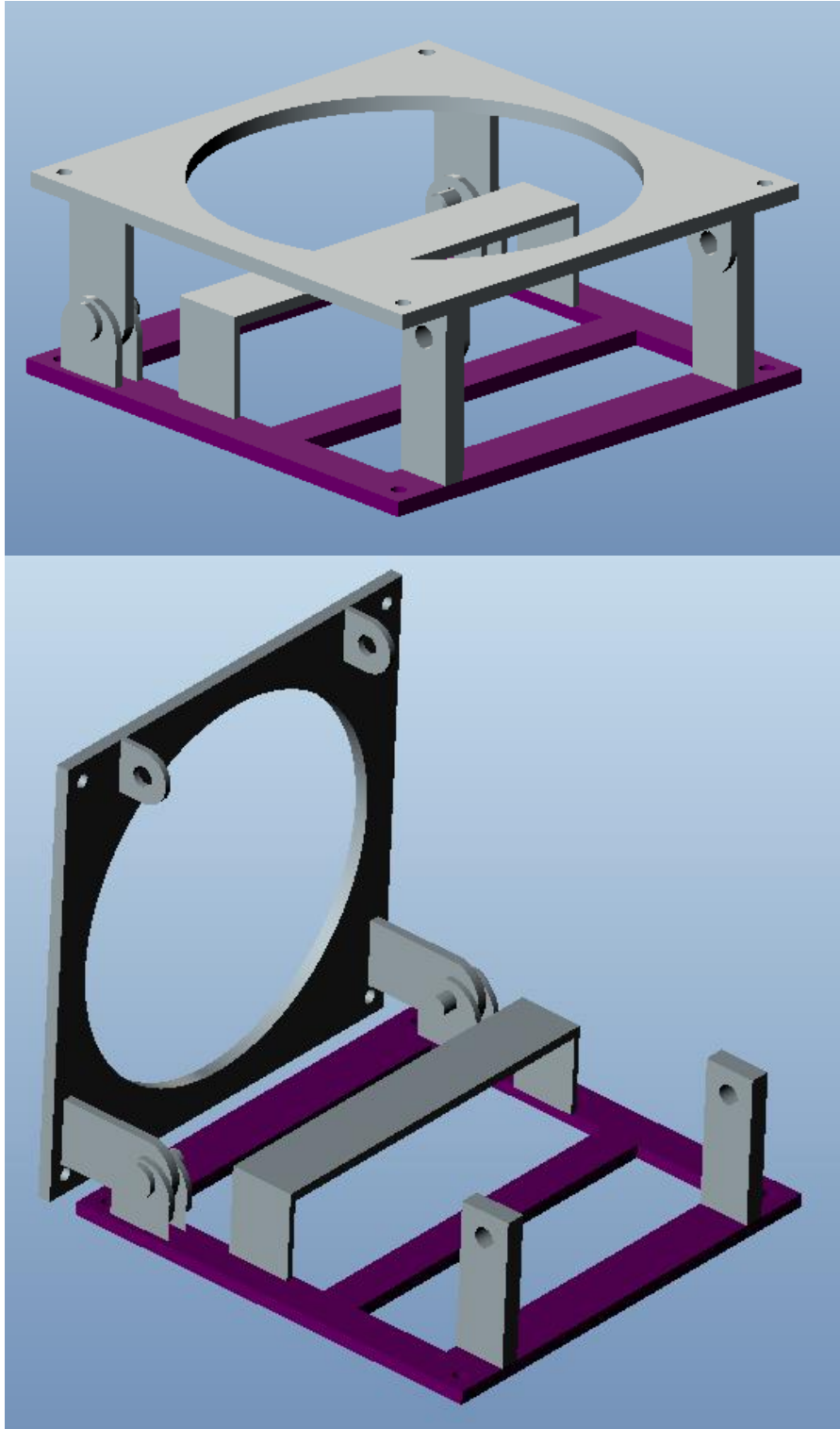
Hyvät ominaisuudet:

- Varma kiinnitys ja hyvä siirtimen hallittavuus.
- Voidaan lukita pystyasentoon.
- Huolto ja purku voidaan suorittaa kääntölaitteessa.

Huonot ominaisuudet:

- Lattiassa pitää olla reiät ruuveille, jotta laite pysyy paikallaan.

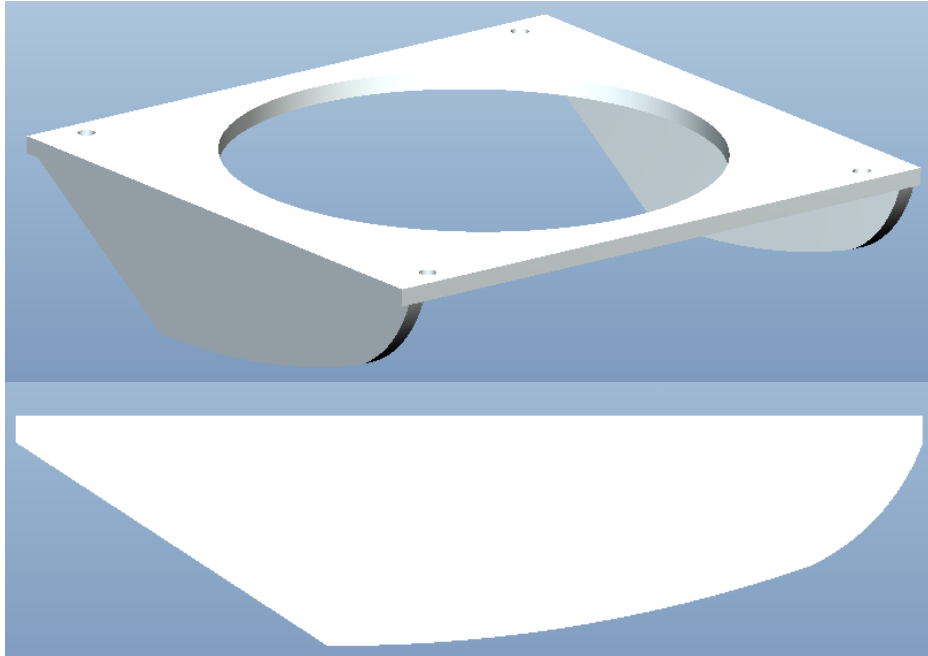
Tässä laite 1. johon lisätty nostorauta, jonka avulla laitetta voidaan liikuttaa pumppukärryllä.



Kuva 6. Kääntölaite-ehdotus 1. nostoraudalla

5.2 Laite-ehdotus 2

Tämä suunnitelma on erittäin yksinkertainen. Laite kiinnitetään lämmönsiirtimen pohjaan neljällä ruuvilla. Kun lämmönsiirrin lasketaan maahan, mahdollistaa laite 2:n vino muoto kallistumisen haluttuun suuntaan. Laitteen korkeus on 250 mm ja leveys 730 mm.



Kuva 7. Kääntölaite-ehdotus 2.

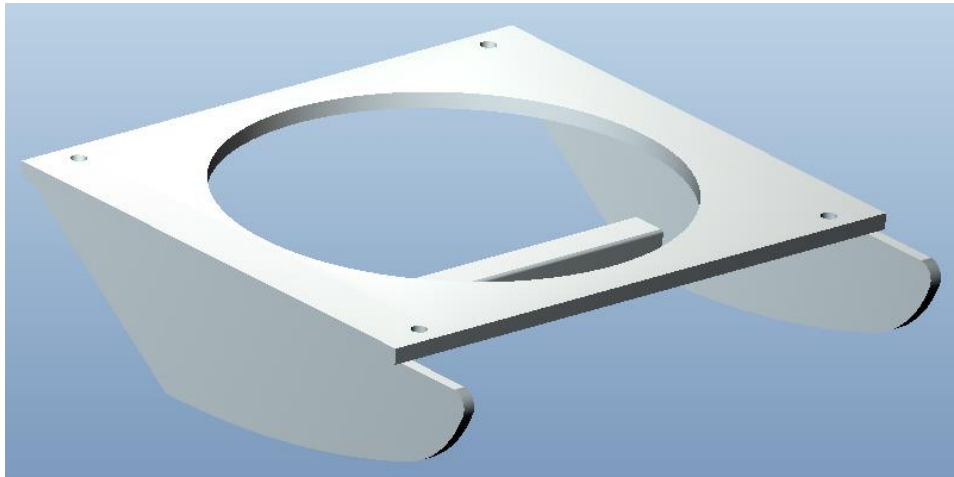
Hyvät ominaisuudet:

- Laitteen käyttöpaikka ei ole rajattu (ei vaadi lattiaan reikiä).
- Kääntyy helposti haluttuun suuntaan.

Huonot ominaisuudet:

- Siirrin ei pysy pystyasennossa ilman nosturia.
- Vaikea kiinnittää siirtimen pohjaan.

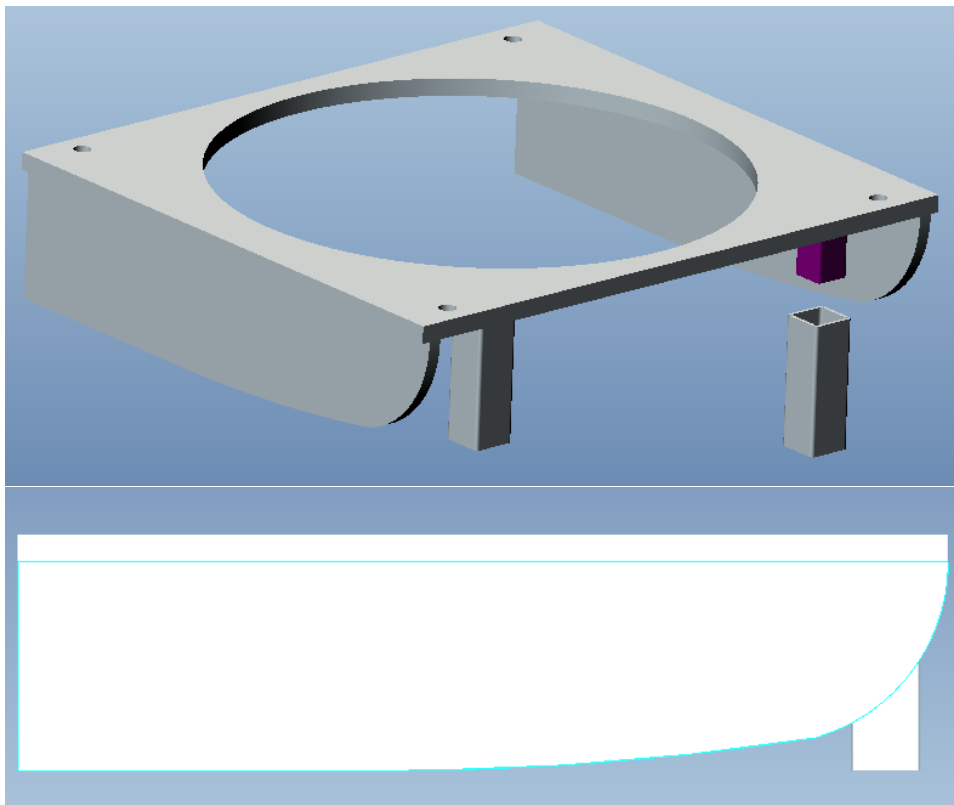
Kehitin myös parannetun version laitteesta 2. Sivulevyihin on lisätty puituutta, jolloin lämmönsiirtimen ollessa vaakatasossa siirtimen ja lattian väliin jää noin 100 mm:n rako. Tällöin siirtimen voi nostaa suoraan pumpukärryillä.



Kuva 8. Kääntölaite-ehdotus 2. paranneltu versio

5.3 Laite-ehdotus 3.

Myös tässä laitteessa kalteva pinta mahdollistaa lämmönsiirtimen kallistamisen haluttuun suuntaan. Erona laite 2:een ovat lukituskappaleet, joiden avulla siirtimen saa pysymään pystyssä ilman nosturia. Korkeus on 150 mm ja leveys 730 mm.



Kuva 9. Kääntölaite-ehdotus 3.

Hyvät ominaisuudet:

- Laitteen käyttöpaikka ei ole rajattu (ei vaadi lattiaan reikiä).
- Kääntyy helposti haluttuun suuntaan.
- Voidaan lukita pystyasentoon.

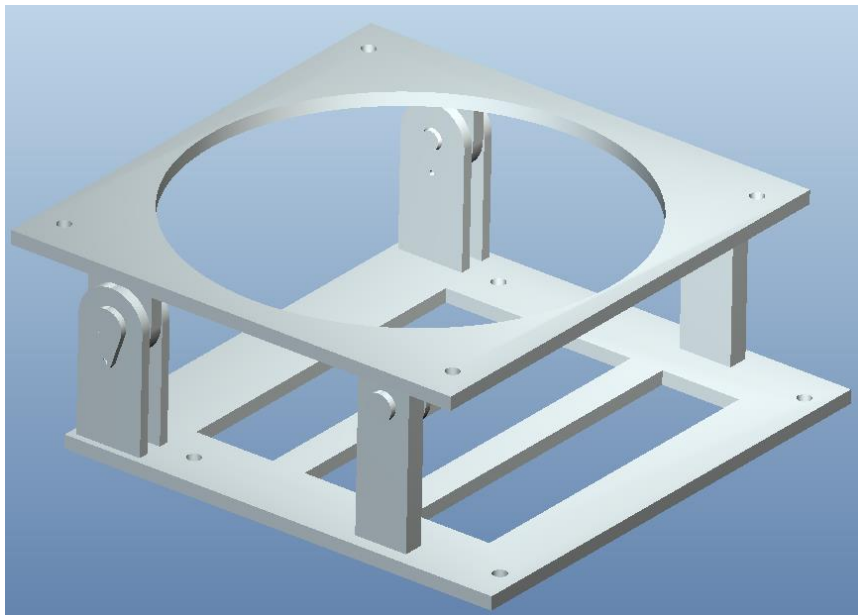
6 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

6.1 Kääntölaitteen valinta

Ruukilla käydyssä palaverissa valittiin laite 1. parhaaksi ja todettiin, ettei kääntölaitetta tarvita peittaushallin puolella. Peittaushallin nosturissa on kaksi koukkuja, joiden avulla siirrin voidaan kääntää turvallisesti. Tämä helpotti suunnittelua, sillä laitetta ei tarvitse siirrellä ja sitä tullaan käyttämään vain yhdessä työpisteessä, jossa lämmönsiirrin puretaan ja huolletaan.

6.1.1 Kääntölaitteeseen tehtävät muutokset

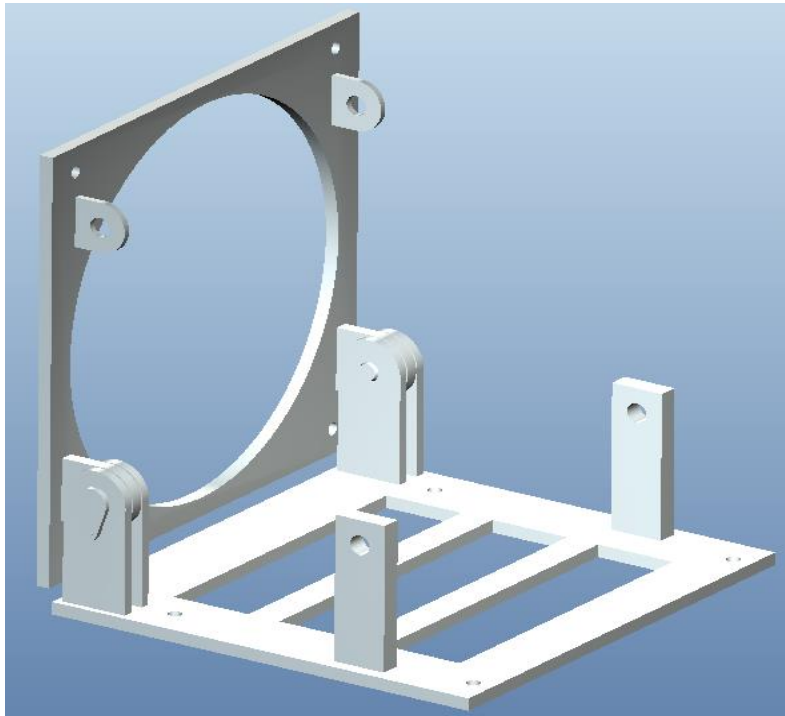
Laite oli muuten melko toimiva jo valmiiksi, mutta kääntämistä haluttiin helpottaa siirtämällä niveltä lähemmäksi lämmönsiirtimen massakeskipistettä. Tämän saavuttamiseksi pohjalevyä ja nivelen osia muokattiin monin tavoin. Ylälevyn reikä paljastui hieman liian pieneksi, joten myös ylälevyn reikää ja kokoa kasvatettiin.



Kuva 10. Valmis kääntölaite

6.2 Nivelen laakerointi

Kääntölaitteen niveliin kohdistuu noin kahden tuhannen kilon kuorma. Lämmönsiirtimen tasaisen kääntymisen varmistamiseksi nivelet tulee laakeroida. Koska niveliä käytetään vähän ja sen liike on hidasta, valitsin laakeriksi pronssisen liukulaakerin. Liukulaakerit kiinnitetään ahdustusosavitteella nivelen yläkorvakkeisiin.



Kuva 11. Valmis kääntölaite käännetyssä asennossa

7 LUJUUSTARKASTELU

7.1 Lujuustarkastelun alkunäkökohdat

Kääntölaitteen rakenteelle tehtiin alustava lujuustarkastelu. Tavoitteena oli saada suuntaa siitä, ettei materiaaliin muodostu korkeita jännityksiä. Tarkastelu suoritettiin Pro Engineer - ohjelman mechanica - moduulilla.

Mechanican jännityslaskenta perustuu Von Misesin yhdistetyn jännityksen hypoteesiin, jossa lasketaan yhteen normaali- ja leikkausjännitykset.

$$\sigma_{\text{vert}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_z - \sigma_x\sigma_z + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}$$

(1)

σ = normaali- ja leikkausjännitys

τ = leikkausjännitys

(Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen, Suoranta 1992, 309).

Tarkastelu tehtiin ylä- ja alakokoonpanolle erikseen, joissa osat on kiinnitetty toisiinsa jäykästi hitsiliitoksilla. Nivelen tapin jännitys laskettiin leikkausjännityksen kaavalla. Tapin halkaisija oli 30 mm ja kuorma niveltä kohti tuhat kiloa.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2)$$

τ = leikkausjännitys

F = lämmönvaihtimen massan aiheuttama voima

A = tapin poikkipinta-ala

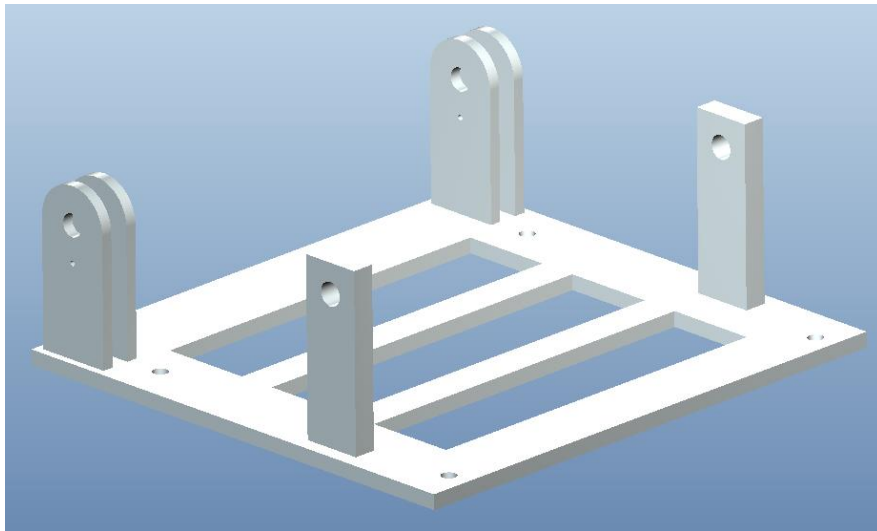
(Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen, Suoranta 1992, 12).

Jännitykseksi jäi noin 14 MPa joka on erittäin pieni jännitys.

Lujuustarkastelussa käsiteltiin pohja- ja kansikokoonpanoa erillisinä kapaleina, jotta niistä saataisiin lujuusopillisesti oikeita tuloksia.

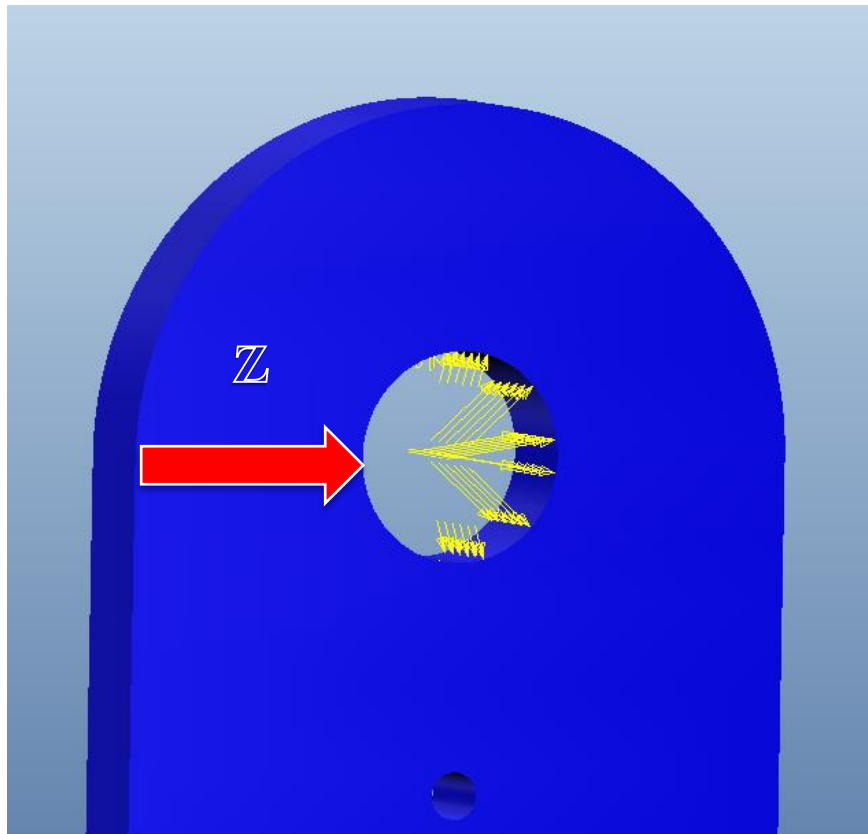
Kokoonpanojen oletettiin olevan yhtenäistä materiaalia, jolloin hitsiliitokset eivät ole pyöristämässä osien liitoskohtia. Tämän takia liitosten reunaan muodostuu suuri jännitys.

7.2 Pohjakokoonpanon lujuustarkastelu

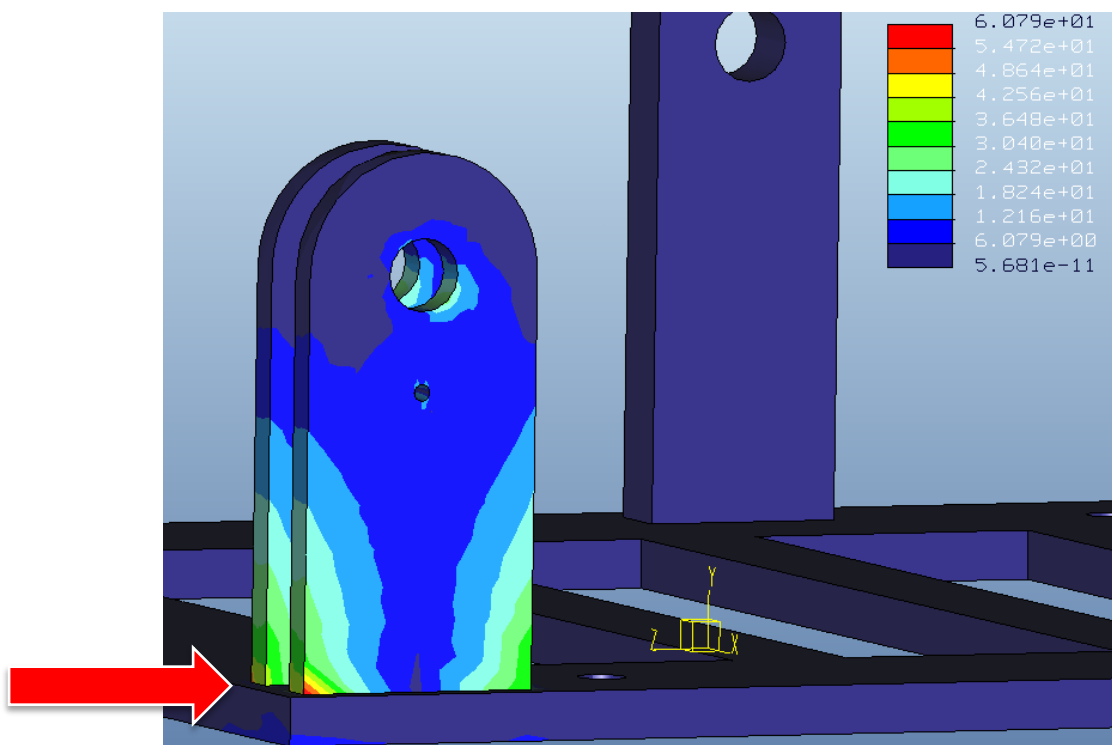


Kuva 12. Pohjakokoonpano

Kokoonpanon pohja asetettiin kiinnitetyksi siten, että se ottaa voimaa sekä momenttia vastaan joka suunnasta. Kuormittava voima asetettiin vaikuttamaan Z - suunnasta, jolloin kääntölaite joutuu kovimmalle rasitukselle. Tämä tilanne muodostuu kun lämmönsiirrin on lähes kyljellään tai kyljellään, jolloin siirtimen paino tai nosturin vinoveto aiheuttaa sivusta vaikuttavan voiman. Voima jaettiin tasaisesti reiän toiselle sivulle.



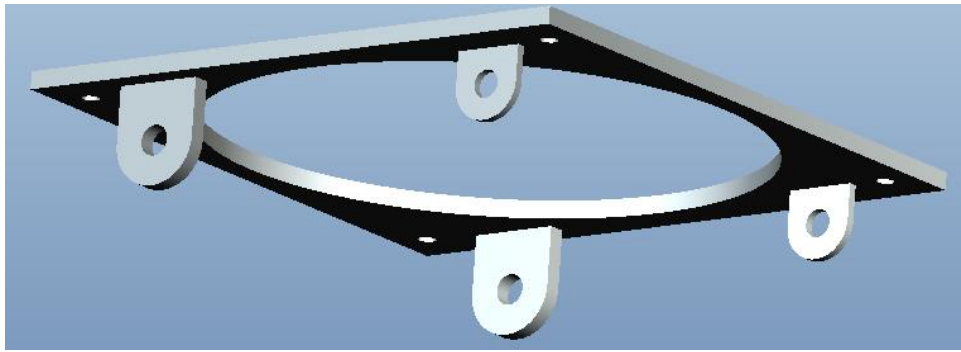
Kuva 13. Voiman kohdistuminen



Kuva 14. Alakorvakkeeseen muodostuneet jännitykset. Yksikkö on MPa.

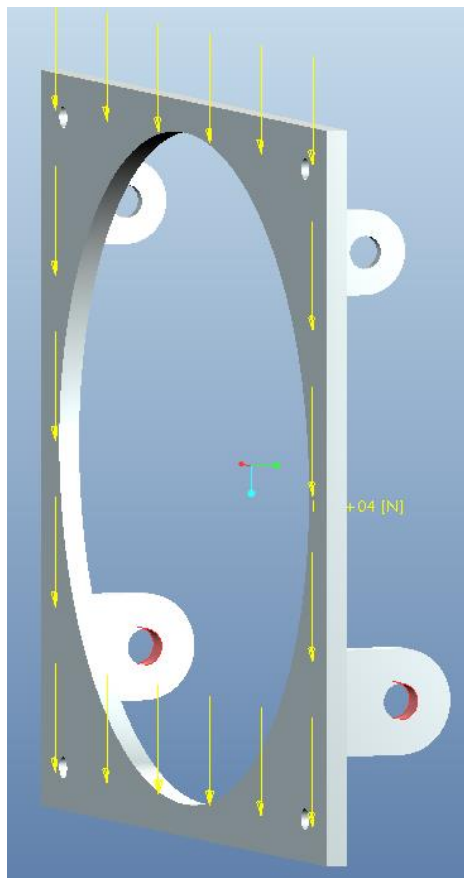
Suurimmat jännitykset muodostuivat korvakkeiden alaosaan, osien saumakohtaan.

7.3 Kansikokoonpanon lujuustarkastelu

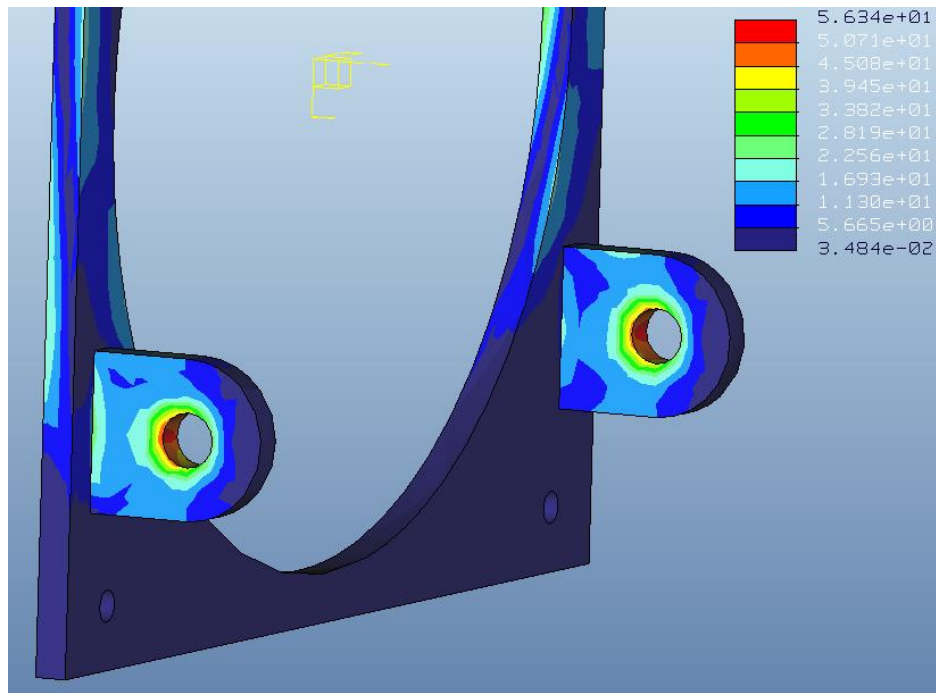


Kuva 15. Kansikokoonpano

Tässä tarkastelussa käsiteltiin voimia, jotka muodostuvat kansiosan korvakkeisiin lämmönsiirtimen ollessa kyljellään. Korvakkeiden reikiin asetettiin kiinnityspisteet, jotka ottavat vastaan voimaa joka suunnassa, mutta ei momenttia. Voima asetettiin kansilevyn koko alalta vaikuttamaan alaspäin.



Kuva 16. Asetetut tuet punaisella ja voimat keltaisella.



Kuva 17. Korvakkeisiin muodostuneet jännitykset. Yksikkö on MPa.

Suurimmat jännitykset muodostuivat yllättäen reikien reunoille. Korvakkeen ja kansilevyn saumakohdan jännitykset jäivät pieniksi, vain noin 17Mpa.

7.4 Lujuustarkastelun yhteenveto

Rakenteen lujuus osoittautui hyväksi. Suurin jännitys oli noin 56 MPa, joka on S355 rakenneteräksen myötörajan nähden alhainen. Laskennassa käytettiin suurimpia voimia, joita normaalissa käytössä laitteeseen voi kohdistua. Tästä voimme todeta, että laitteen rakenne kestää sille tarkoitettua käyttöä hyvin.

8 YHTEENVETO

Aloittaessani tätä opinnäytetyötä oli Ruukilla selkeä tarve lämmönsiirtimen kääntölaitteelle. Tämän ansiosta työ lähti hyvin käyntiin ja mieleeni tuli useita ideoita siitä, millainen laite voisi olla. Oikeanlaisen laitteen suunnittelu oli kuitenkin haastavaa, koska laitteesta tuli kompromissi eri vaatimusten suhteen. Laitteeseen haluttiin useita eri toimintoja, mutta sen piti olla helppo ja yksinkertainen käyttää eri työvaiheissa. Painopiste oli kuitenkin itse kääntämisessä.

Helmikuussa 2013 Ruukilla pidetyssä palaverissa päätettiin, että laitetta käytetään vain lämmönsiirtimen purku- ja huoltovaiheessa konekorjaamolla. Samalla myös valittiin laite-ehdotus 1. parhaaksi vaihtoehdoksi, joka suunniteltiin loppuun asti. Tässä vaihtoehdossa hyvää oli se, että lämmönsiirrin on kiinnitettynä koko ajan ja sen voi purkaa paikallaan laitteessa.

Lopullisessa suunnittelussa ja lujuustarkastelussa ei ilmennyt suuria yllätyksiä. Toimeksiantajan tulee kuitenkin tarkastuttaa rakenteen lujuus, sekä liukulaakerointi ammattilaisella ennen valmistusta. Mielestäni laite pysyi riittävän yksinkertaisena niin valmistajan kuin käyttäjän kannalta.

Opin tarkastelemaan asioita monelta eri suunnalta ja tekemään kompromisseja eri ominaisuuksien välillä. Uskon että tavoitteeseen päästiin ja laitetta tullaan käyttämään siihen tarkoitukseen johon se on suunniteltu.

LÄHTEET

Finlex a. Painelaitelaki. Viitattu 20.1.2013.

[http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869?search\[type\]=pika&search\[pika\]=painelaitelaki](http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869?search[type]=pika&search[pika]=painelaitelaki)

Finlex b. Työturvallisuuslaki. Viitattu 20.1.2013.

[http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search\[type\]=pika&search\[pika\]=laki%20ty%C3%B6turvallisuudesta](http://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search[type]=pika&search[pika]=laki%20ty%C3%B6turvallisuudesta)

Rautaruukki Oyj a. Tietoa Yhtiöstä. Viitattu 15.1.2013.

<http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta>

Rautaruukki Oyj b. Tietoa yhtiöstä. Konsernin rakenne. Viitattu 15.1.2013. <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Konsernirakenne>

Rautaruukki Oyj c. Tietoa yhtiöstä. Strategia. Viitattu 15.1.2013. <http://www.ruukki.fi/Tietoa-yhtiosta/Strategia>

Rautaruukki Oyj d. Ota yhteyttä. Ruukin toimipisteet. Viitattu 15.1.2013

<http://www.ruukki.fi/Ota-yhteytta/Ruukin-toimipisteet/>

Karhunen, Lassila, Pyy, Ranta, Räsänen, Saikkonen, Suoranta. 1992. Lujuusoppi. Helsinki: Otatieto.

Haastattelut:

Jorma Koivumäki. 2013. Asentaja. Ruukki Metals Oy. Haastattelu 28.2.2013

Muut tiedonantajat:

Kimmo Koukkari, Juho Mäkelä, Timo Leho, Ari Orava. 2012-2013. Ruukki Metals Oy Hämeenlinna.

SKS Laakerit 13.3.2013

http://www.sks.fi/tuotteet/lagermetall_pronssiseoksiset_ahiot_ja_liukulakerit

