

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2019

Niklas Tähtinen

LÄMMÖNSIIRTIMIEN NOSTOKORVIEN OPTIMOINTI JA OHJEISTUS

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka

13.6.2019 | 50 sivua, 4 liitesivua

Niklas Tähtinen

LÄMMÖNSIIRTIMIEN NOSTOKORVIEN OPTIMOINTI JA OHJEISTUS

Tämän Vahterus Oy:n tilaaman opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa lämmönsiirtimiin kiinnitettävien nostokorvien tarvetta sekä optimoida käytettävien nostokorvien muotoilu paremmin niiden nimellismitoitusta vastaavaksi. Opinnäytetyön tavoitteena on myös laatia erillinen, nostokorvien sijoittelua ja valintaa helpottava opas lämmönsiirtimiä suunnittelevien henkilöiden käyttöön.

Opinnäytetyö pitää sisällään johdannon nostokorvien käytöstä lämmönsiirtimissä, alkutietojen hankinnan, uusien nostokorvien suunnittelun raportoinnin ja lopputulokset ja niiden analysoinnin.

Opinnäytetyössä päästiin sille asennettuihin tavoitteisiin. Työn tekemisen ohessa laaditut suunnittelumateriaalit selkeyttävät hitsattujen nostokorvien käyttöä suunnitelmissa ja työ todettiin hyödylliseksi kaikkien yrityksen tahojen keskuudessa.

ASIASANAT:

levylämmönsiirrin, hitsattu lämmönsiirrin, avattava lämmönsiirrin, nostokorva

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

13.6.2019 | 50 pages, 4 appendice pages

Niklas Tähtinen

OPTIMIZING OF A HEAT EXCHANGER'S LIFTING LUG AND CREATING GUIDELINES FOR DESIGNERS

This thesis was commissioned by Vahterus Oy. Vahterus designs and manufactures plate and shell heat exchangers in Kalanti, Finland. The purpose of this thesis was to survey the need for lifting lugs and to optimize the lifting lug design to make choosing a right lifting lug easier. The purpose of the thesis was also to write guidelines for designers to help them place and choose the right lifting lugs.

This thesis includes the introduction on how Vahterus Oy uses lifting lugs in their Plate & Shell heat exchangers. This thesis is also divided into three other parts including data collection, reporting the design process of new lifting lugs and collecting results and analyzing them.

The objectives set for this thesis were achieved. All the material created while making this thesis will be beneficial for the design department of the company. Other parties of the Vahterus Oy also saw the subject of this thesis helpful and important.

KEYWORDS:

Plate and shell heat exchanger, fully welded heat exchanger, openable heat exchanger, lifting lug

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	VII
1 JOHDANTO	1
2 YLEISTÄ TIETOA NOSTOKORVISTA	2
2.1 Nostokorvien nykyvalikoima ja käyttö	2
2.2 Nostokorvien kiinnittäminen lämmönsiirtimiin	4
3 TIEDONHANKINTA	6
3.1 Tilastotiedon hankinta ja analysointi	6
3.2 Tuotannon palaute nostokorvia koskien	10
3.3 Tuotannon käyttämät nostosakkelit ja niiden tuomat haasteet	10
4 UUSIEN NOSTOKORVIEN KEHITYSPROSESSIN ALOITTAMINEN	13
4.1 Laskennan esivalmistelut	13
4.2 Ensimmäinen laskentaesimerkki	15
4.2.1 Mallin geometria	16
4.2.2 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – poikittainen vaippa-asennus)	17
4.2.3 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – pitkittäinen vaippa-asennus)	20
4.2.4 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – päätyasennus)	23
4.2.5 Laskennan mallinnus (vino nosto – poikittainen vaippa-asennus)	27
4.2.6 Laskennan mallinnus (vino nosto – pitkittäinen vaippa-asennus)	32
4.2.7 Laskennan mallinnus (vino nosto – päätyasennus)	35
4.3 Ensimmäisen nostokorvan yhteenveto	39
4.4 Loput laskennat	40
4.5 Laskennan tarkastelua yksinkertaisilla kaavoilla	40
5 OSAKUVIEN LAATIMINEN	46
5.1 Osakuvien piirtäminen	46
5.2 Osakuvien piirtämisprosessi	46
6 OHJEISTUKSEN TEKEMINEN SUUNNITTELIJOILLE	47
6.1 Ohjeistuksen formaatti	47
6.2 Kirjallisen ohjeistuksen tekeminen	47
6.3 Kuvallisen ohjeistuksen tekeminen	47

7 YHTEENVETO	49
---------------------	-----------

LÄHTEET	50
----------------	-----------

LIITTEET

- Liite 1. 600 kg:n nostokorvan osakuva
 Liite 2. 1000 kg:n nostokorvan osakuva
 Liite 3. Nostokorvien valinta- ja sijoitteluohje suunnittelijoille
 Liite 4. Nostokorvien kestot taulukoituna

KUVAT

Kuva 1. DIN 580 nostosilmukka	2
Kuva 2. Esimerkki haasteellisesta sijoittelusta. Etäisyys D voi tuottaa ongelmia	3
Kuva 3. Esimerkki virtausohjainkumien (P) ja nostokorvan läheisyydestä (Etäisyys D) ristiinasennuksessa	4
Kuva 4. Periaatekuva nostokorvan aluslevystä	5
Kuva 5. Nostokorvien varaukset suhteessa siirtimien painoihin	7
Kuva 6. Havainnekuva käytössä olleiden nostokorvien olemattomista eroista	7
Kuva 7. Nostokorvien varausmäärät	8
Kuva 8. Nostokorvien varausmäärät materiaaleittain jaettuna	8
Kuva 9. Lämmönsiirtimien painot eri siirrintyypeittäin, huomaa logaritminen kuvaaja	9
Kuva 10. Vahteruksella käytössä olleet nostosakkelit	12
Kuva 11. Esimerkkejä Vahteruksen nostotilanteista	13
Kuva 12. Mutterillinen, turvallisempi nostosakkeli	15
Kuva 13. 1000 kg:n nostokorvan mallin geometria	17
Kuva 14. Poikittainen vaippa-asennus	18
Kuva 15. 900-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät	18
Kuva 16. Hitsissä punaisella näkyvä jännityshuippu	19
Kuva 17. Nostokorvan reikä ei kohdistunut yhtö suuria jännityksiä	19
Kuva 18. Pitkittäinen vaippa-asennus	21
Kuva 19. 1100-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät	21
Kuva 20. Hitsin jännityshuiput toisessa laskentatapauksessa	22
Kuva 21. Reiän jännitykset	22
Kuva 22. Päätyasennuksen mallinnus	23
Kuva 23. 900-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät	23
Kuva 24. Hitsin jännityshuiput kolmannessa laskentatapauksessa	24
Kuva 25. Reiän jännitys kriittinen	24
Kuva 26. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	25
Kuva 27. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän hitsisauman jännitykset	25
Kuva 28. 100 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	26
Kuva 29. 100 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	26
Kuva 30. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	27
Kuva 31. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	27
Kuva 32. Vino nostosuunta vaippa-asennuksessa	28

Kuva 33. 38-kertaisesti liioiteltujen jännityssiirtymien kuva	28
Kuva 34. Hitsisauman jännitykset	29
Kuva 35. Reiän jännitykset	29
Kuva 36. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	30
Kuva 37. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	30
Kuva 38. 100 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	31
Kuva 39. 100 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	31
Kuva 40. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	32
Kuva 41. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	32
Kuva 42. Vino nostaminen pitkittäisellä nostokorvalla	33
Kuva 43. 150-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät	33
Kuva 44. Hitsisauman kriittisyys viidennessä konfiguraatiossa	34
Kuva 45. Reiän jännitykset viidennessä konfiguraatiossa	34
Kuva 46. Päätyihin asennetut nostokorvat	35
Kuva 47. 34-kertaisesti liioitellut siirtymät päätyasennetussa nostokorvassa	35
Kuva 48. Hitsisauman kriittisyys kuudennessa tapauksessa	36
Kuva 49. Reiän jännitykset kuudennessa tapauksessa	36
Kuva 50. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	37
Kuva 51. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	37
Kuva 52. 100 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	38
Kuva 53. 100 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	38
Kuva 54. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset	39
Kuva 55. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset	39

TAULUKOT

Taulukko 1. Kaikki laskentatilanteet taulukoituna, ensimmäinen taulukkoversio	16
Taulukko 2. 1000 kg:n nostokorvan kestot ja rajoittavat tekijät	40

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

PSHE	Vahteruksen levylämmönsiirtimen tuotemerkki
PED	Euroopan painelaitedirektiivi
ASME	Amerikkalaisten insinöörien ylläpitämä yhdistys
Combined	Vahteruksen tuotenimi lauhdutin-höyrystimelle
Compact	Vahteruksen kehittämä kompakti lämmönsiirrin
SWL	Turvallinen työskentelykuorma

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa Vahterus Oy:n lämmönsiirtimiin hitsattavien nostokorvien tarvetta ja tämän jälkeen optimoida nostokorvien muotoilu sekä laatia suunnitteluosastolle ohjenuorat nostokorvien valitsemiseen ja sijoittamiseen.

Myös tiedonhankinta on tärkeä osa opinnäytetyötä. Tulevat parannukset tehdään hankitun tiedon perusteella. IT-osastolta pyydettiin tilastollista tietoa ja yrityksen eri toimissa työskenteleviltä henkilöiltä hankitaan kokemusperäistä tietoa haastattelemalla.

Opinnäytetyön tilaaja Vahterus Oy on vuodesta 1990 lähtien valmistanut omia levylämmönsiirtimiä Kalannissa, Uudessakaupungissa. Vahterus työllistää yhteensä yli 250 ihmistä viidessä eri maassa. Suurin osa Vahterus Oy:n henkilöstöstä työskentelee Kalannissa. Pieni osa henkilöstöstä työskentelee Iso-Britanniassa, Saksassa, Kiinassa sekä Yhdysvalloissa. Vahterus Oy:llä on maailmanlaajuisesti yli 50 jakelijaa. Suurin osa Vahteruksen valmistamista levylämmönsiirtimistä menee ulkomaille vientiin. Lämmönsiirtimet suunnitellaan sovelluksen, asennuspaikan ja asiakkaan vaatimusten mukaan. (Vahterus Oy:n kotisivut.)

2 YLEISTÄ TIETOA NOSTOKORVISTA

Nostokorvia käytetään nimensä mukaisesti mahdollistamaan lämmönsiirtimien turvallinen ja asianmukainen nostaminen. Nostokorvilla saadaan myös osoitettua lämmönsiirtimen oikeat nostokohdat. Vahterus käyttää lämmönsiirtimissään nostokorvien lisäksi ruuvattavia nostosilmukoita. Ruuvattavia nostosilmukoita käytetään yleisesti alle tuhannen kilogramman painoisissa lämmönsiirtimissä. Yleisesti Vahteruksella käytetyt nostosilmukat ovat standardin DIN 580 mukaisia. (Kuva 1.) Tämä opinnäytetyö keskittyy kuitenkin vain nostokorviin.



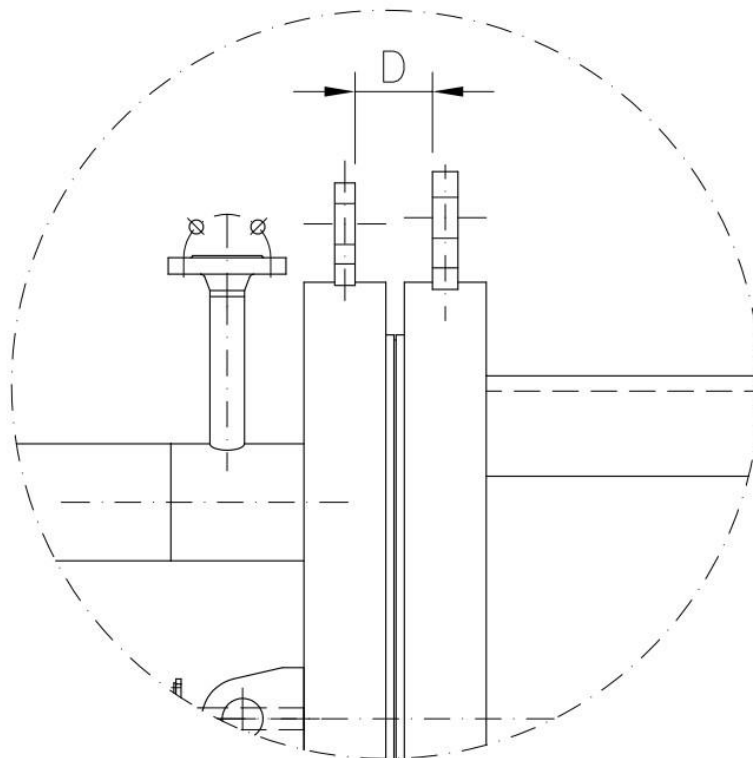
Kuva 1. DIN 580 nostosilmukka

2.1 Nostokorvien nykyvalikoima ja käyttö

Vahteruksella on nykyään valikoimissaan monta erikokoista nostokorvaa. Nostokorvia on myös eri materiaaleista valmistettuja. Käytettävä nostokorva valitaan lämmönsiirtimen painon, materiaalin sekä suunnittelukoodin tai asiakkaan antamien spesifikaatioiden ja mieltymysten pohjalta. Yleisesti hyvä käytäntö on, että varsinkin kevyemmissä, alle 10000 kg:n painoisissa lämmönsiirtimissä, joissa se on mahdollista, yhden nostokorvan nimellinnostopainon tulisi olla isompi kuin lämmönsiirtimen painon. Yleisesti ottaen valittavan nostokorvan materiaali tulee olla vastaavaa materiaalia kuin pinta, johon

se tullaan hitsaamaan kiinni. Materiaalin valintaan vaikuttavat myös esimerkiksi lämmönsiirtimen suunnittelukoodi. Esimerkiksi ASME:n suunnittelukoodia käytettäessä tulee nostokorvien olla ASME:n tuntemaa materiaalia, jotta lämmönsiirrin voidaan hyväksyä ASME:n valtuuttaman tarkastajan toimesta lämmönsiirtimen suunnitelma- ja lopputarkastusvaiheessa.

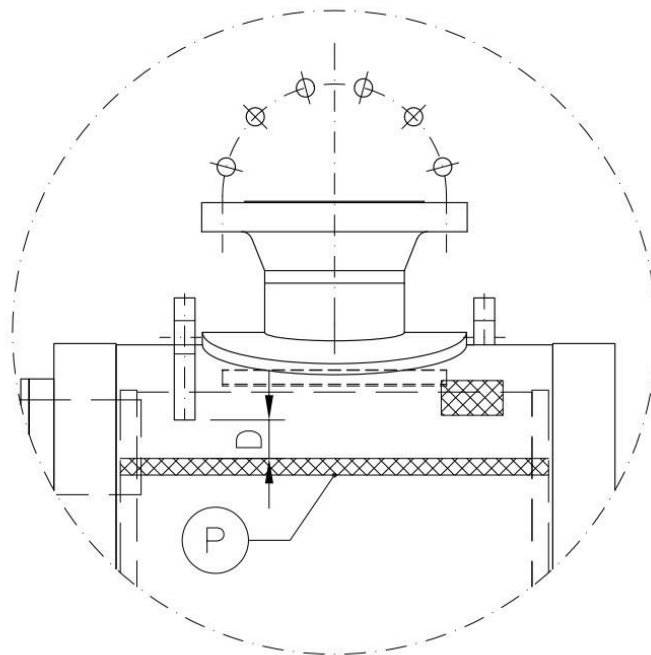
Kokonaan hitsatuissa lämmönsiirtimissä käytetään yleisesti vähintään kahta nostokorvaa. Nostokorvat sijoitetaan lähtökohtaisesti lämmönsiirtimen vaipan yläpintaan. Avattavissa lämmönsiirtimissä nostokorvia asennetaan tarvittava määrä sekä vaippaan että lämmönsiirtimen kanteen, johon myös lämmönsiirtimen levypakka on hitsattu kiinni. Kanteen asennettuna ja laippaan asennettuna nostokorvan väliin tulee jättää tarpeeksi tilaa nostosokkelin kiinnitystä varten. (Kuva 2.) Mikäli kannen ja laipan nostokorvien väliin ei jätetä tarpeeksi tilaa nostosokkelin kiinnitystä varten, tulee joko laipan tai kannen ulkokehän nostokorvien lukumäärää kasvattaa kahteen, jolloin on mahdollista asentaa ne eri kulmiin verrattuna toisen puolen yksittäiseen nostokorvaan. Kanteen asennettuna nostokorva antaa vetopisteen levypakon vetämiselle pois lämmönsiirtimen vaipasta ja helpottaa pakan kiertämistä oikeaan asentoon asennuksen aikana.



Kuva 2. Esimerkki haasteellisesta sijoittelusta. Etäisyys D voi tuottaa ongelmia

2.2 Nostokorvien kiinnittäminen lämmönsiirtimiin

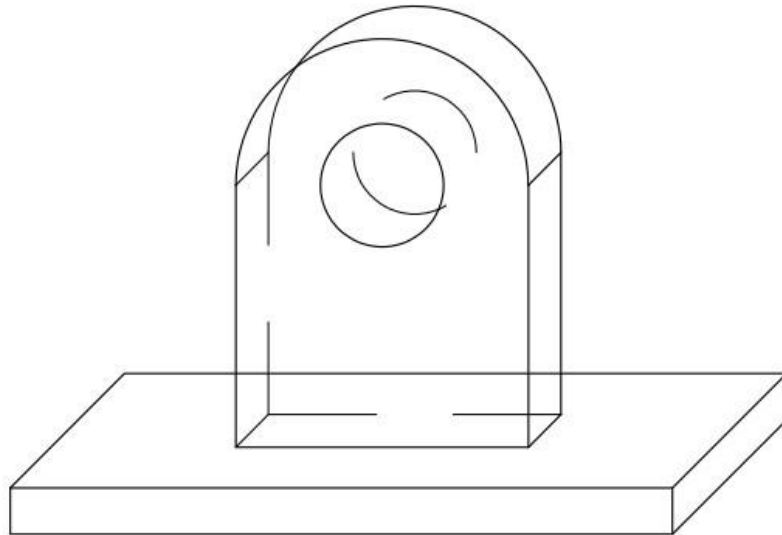
Nostokorvat kiinnitetään yleisesti lämmönsiirtimiin hitsaamalla kolmesta seitsemään millimetriin a-mitaltaan oleva pienahitsi nostokorvan koko alaosan ympäri. Nostokorvien sijoittelussa tulee ottaa huomioon nostokorvan hitsausseaman aiheuttama lämpövaikutus muihin läheisiin hitsausseamoihin. Yleisesti vähintään 50 mm on sopiva etäisyys kahden eri hitsausseaman välillä. Tällöin hitsausseaman tuottama lämpö ei heikennä tai aiheuta muutoksia toiseen hitsausseamaan. Hitsausseamojen välisen minimietäisyyden takia nostokorvat joudutaan usein sijoittamaan ns. ristiin, toisin sanoen toinen nostokorva lämmönsiirtimen vaipan pituussuunnan oikealle ja toinen vasemmalle puolelle. Ristiinasennuksessa on huomioitava myös vaipan sisällä olevan virtausohjainpellin pystykumin sijainti. (Kuva 3.) Samoin kuin vaipan pituussuunnan hitsaaminen myös nostokorvan hitsaaminen aiheuttaa lämpöä vaipan sisäpintaan. Hitsaamisesta syntyvä lämpö saattaa sulattaa virtausohjainpelteihin asennettuja pystykumeja ja täten aiheuttaa toiminnallisia haittavaikutuksia lämmönsiirtimen käyttöä ajatellen.



Kuva 3. Esimerkki virtausohjainkumien (P) ja nostokorvan läheisyydestä (Etäisyys D) ristiinasennuksessa

Hitsisauma tuleeikin siis tehdä tarkalla paikoituksella tai vaihtoehtoisesti ennen lämmönsiirtimen levypakan asennusta vaipan sisälle.

Nostokorvien sijoittelussa haasteita saattavat aiheuttaa myös lämmönsiirtimen vaipan mahdollinen eristys sekä kauluslaippojen sijainnit. Myös lyhyisiin lämmönsiirtimiin tai malliltaan pienimpiin siirtimiin voi välillä olla hyvinkin vaikea löytää asennuspaikkoja nostokorville. Ongelmia tuottaa myös nostokorvien asentaminen painavaan lämmönsiirtimeen, jossa on ohut, noin 10 mm seinämävahvuudeltaan oleva vaippa. Näissä tapauksissa pelkän nostokorvan käyttäminen suoraan lämmönsiirtimen vaippaan hitsattuna on kielletty. Nostokorva tulee hitsata erilliseen sitä varten tehtyyn aluslevyyn, joka taas hitsataan vaippaan kiinni. Aluslevy jakaa nostamisesta vaippaan aiheutuvaa räsitusta huomattavasti tasaisemmin isommalle alueelle sen pinnassa. (Kuva 4.)



Kuva 4. Periaatekuva nostokorvan aluslevystä

3 TIEDONHANKINTA

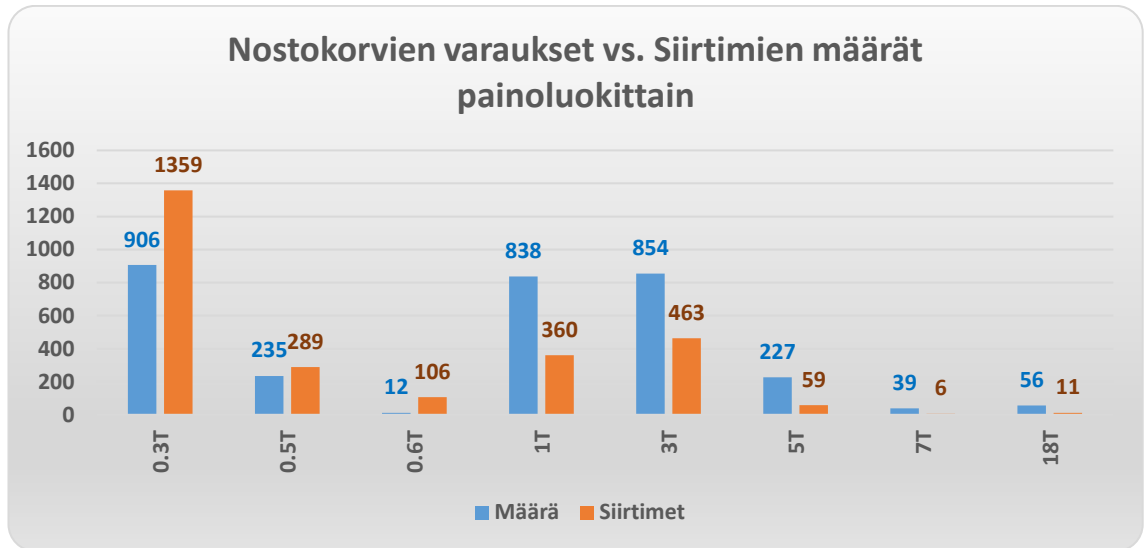
Nostokorvien suunnitteluprosessi voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan. Ensin prosessin tekeminen aloitettiin hankkimalla tilastotietoa yrityksen IT-osaston avustuksella Vahterus Oy:n valmistamien lämmönsiirtimien painoista sekä lämmönsiirtimiin varattujen nostokorvien määrästä tuotekoodeittain. Opinnäytetyön tekemisen aikana hankittiin myös tietoa ja mielipiteitä yrityksen tärkeimmiltä osapuolilta, kuten suunnittelulta, tuotannolta, tuotekehitykseltä ja ostohenkilöstöltä.

Kun tarvittava tilastotieto oli saatu yrityksen IT-osastolta ja analysoitu riittävällä laajuudella, oli seuraavana vuorossa todellisen tarpeen kartoitus tulevaisuutta ajatellen. Tilastojen pohjalta lähdettiin kartoittamaan, montako eri nostokorvan nimelliskokoa kannattaa tuoterekisterissä pitää ja millä kokoväleillä. Kun tarvittavat nimelliskoot oli saatu sovittua, oli seuraavana vuorossa nostokorvien muotojen optimointi ja lopullinen mallinnus yhteistyössä suomalaisen teknilliseen laskentaan keskittyvän yrityksen, Comatecin, kanssa.

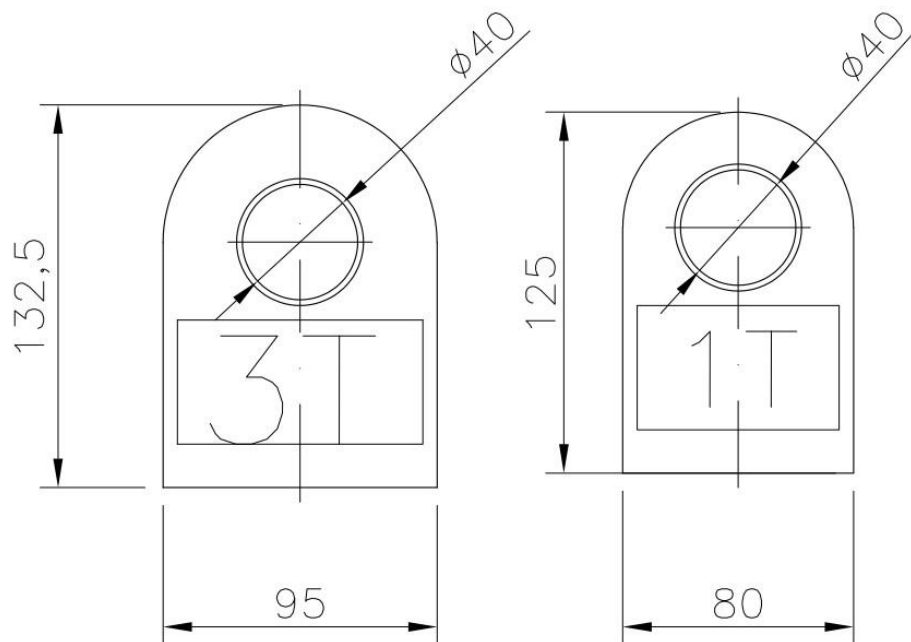
3.1 Tilastotiedon hankinta ja analysointi

Tieto valmistettujen lämmönsiirtimien painoista ja varattujen nostokorvien tyypistä saatiin yrityksen IT-osastolta laskentataulukkoon listattuna. Tämän jälkeen lajiteltiin lämmönsiirtimet niiden rakenteiden mukaisesti. Tämä opinnäytetyö keskittyi Vahterus Oy:n mallistosta kokonaan hitsattuihin, avattaviin Combined sekä Compact –lämmönsiirtimiin. Eri lämmönsiirintyyppien pohjalta laadittiin havainnollistavat kuvaajat siitä, millaisia nostokorvia on erityyppisissä ja -painoisissa lämmönsiirtimissä on käytetty.

Yleisesti nostokorvien nimelliskantavuudet seurasivat kohtalaisen tarkasti lämmönsiirtimien painoja. (Kuva 5.) Eniten varattuja nostokorvia olivat 0.3T-, 1T- sekä 3T- nostokorvat. Näistä 1000 kg:n nimelliskantavuuden omaavien nostokorvien käyttö suunnitelmissa lopetettiin virallisesti syksyllä 2018, koska ne oli mitoitettu liian lähelle 3T-nostokorvia eikä niiden käytöstä saataisi täten todellista hyötyä suhteessa vaivaan, jota useamman nimikkeen tilaaminen ja varastoiminen aiheuttaa. (Kuva 6.) 1000 kg:n nostokorvien poisto valikoimasta siirsi loppuvuodesta 2018 painopistettä yhä enemmän 3000 kg:n nostokorvien suuntaan.

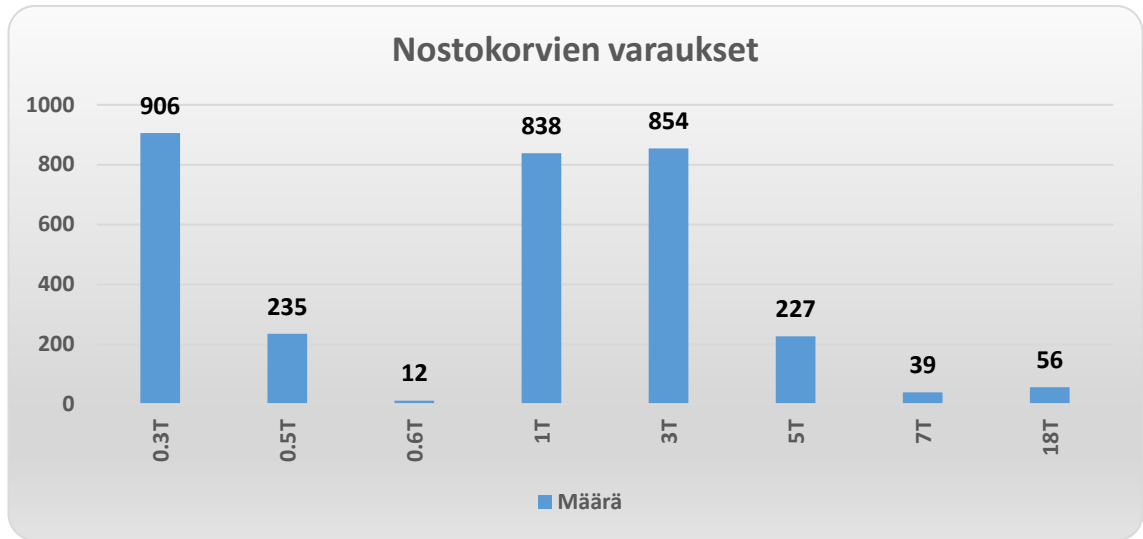


Kuva 5. Nostokorvien varaukset suhteessa siirtimien painoihin



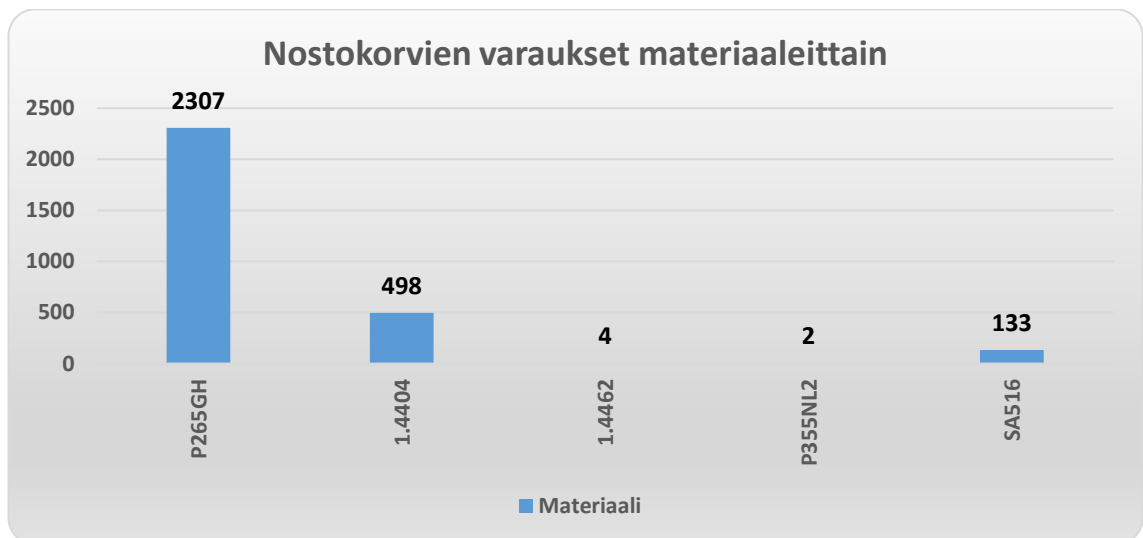
Kuva 6. Havainnekuva käytössä olleiden nostokorvien olemattomista eroista

Kaikista varatuista nostokorvista kappalemääriltään jopa 31 % oli 300 kg:n nimelliskes-
tävyuden omaavia nostokorvia. 28 % varatuista nostokorvista oli 1000 kg:n nostokorvia
ja 29 % 3000 kg:n nostokorvia. (Kuva 7.)



Kuva 7. Nostokorvien varausmäärät

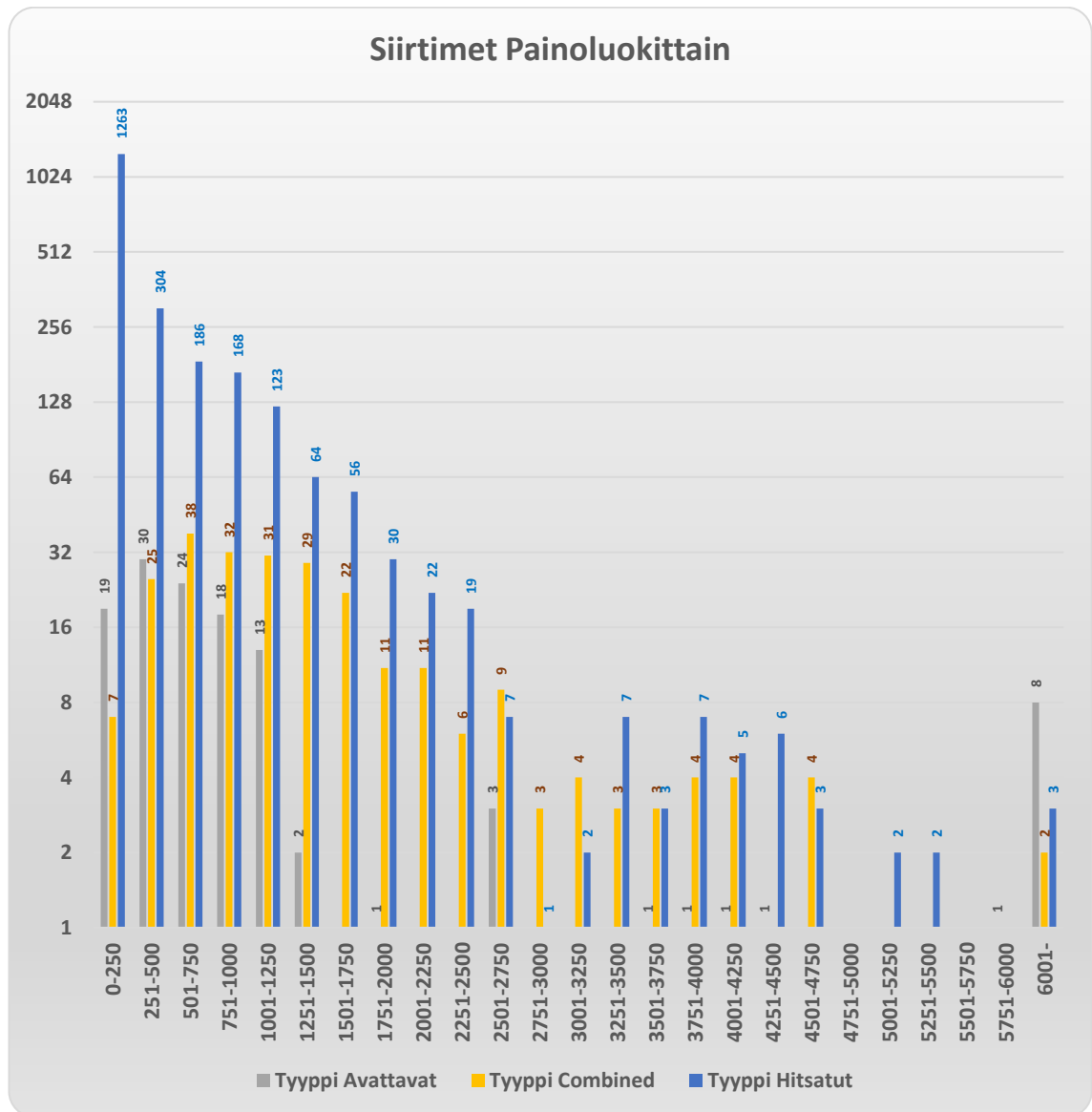
Varatuista nostokorvista normaalia hiiliterästä oli 83 % kaikista nostokorvista. Normaalia haponkestävää terästä oli käytännössä loput 17 %. (Kuva 8.)



Kuva 8. Nostokorvien varausmäärät materiaaleittain jaettuna

Myös valmistettujen lämmönsiirtimien tilastot olivat opinnäytetyön tekemisen kannalta kiinnostavia. Vahterus Oy:n valmistamista lämmönsiirtimistä alle 1000 kg painoi jopa noin 80 % valmistetuista lämmönsiirtimistä. Yhdestä tuhannesta kilogrammasta kolmeen tuhanteen kilogrammaan painoltaan rajautuneita lämmönsiirtimiä oli kokonaisvalmistusmäärästä vähän yli 17 %. Yli 3000 kg:n painoisia lämmönsiirtimiä oli enää vain alle 3 %.

Painavimmat lämmönsiirtimet olivat painoltaan yli 15000 kg. Näitä painavimpia oli kuitenkin vain todella pieni osuus kaikista valmistetuista lämmönsiirtimistä. (Vahterus Oy sisäinen tietokanta.) (Kuva 9.)



Kuva 9. Lämmönsiirtimien painot eri siirrintyypeittäin, huomaa logaritminen kuvaaja

Tilastoja tulkitsemalla huomattiin, että valmistettujen lämmönsiirtimien painojen painotuksessa 1000 kg:n luokkaan oli tämä otettava huomioon myös tulevaisuuden tarpeessa. Koska vain 3 % kaikista lämmönsiirtimistä painoi yli 3000 kg, oli isoimmille nostokorville käyttöä vain harvoin. Kevyempirakenteisia nostokorvia pitäisi siis löytyä huomattavasti

aiempaa parempi valikoima kuin isompia, painavampien lämmönsiirtimien nostamiseen suunniteltuja, nostokorvia.

3.2 Tuotannon palaute nostokorvia koskien

Tärkeä osa jokaisen kehitysprojektin onnistumista kannalta on kysyä mielipidettä tärkeimpiin asioihin jokaiselta ammattiryhmältä. Nostokorvien paikoittamiseen ja valintaan liittyviin kysymyksiin haettiin vastausta suoraan pitämällä palaveri tehtaan puolella tuotannon vuorovastaavan kanssa, joka on päivittäin tekemässä nostokorvien asentamisen kanssa. Keskustelussa tuli ilmi muutama tärkeä suunnitteluun vaikuttava seikka. Tuotannon toivomuksena oli esimerkiksi vähentää nostokorvien niin sanottua ristiinasetusta aina, kun se on vain mahdollista. Toinen paikoittamiseen vaikuttava asia liittyi nostokorvien asennussuuntaan. Nostokorvat tulisi asentaa niin, että nostokorvan kapea sivu olisi päätyjä kohti aina kun mahdollista. Tällöin vältetään nostokorvien alareunan profiiloinnilta vaipan muotojen mukaan.

Avattavissa lämmönsiirtimissä tuotannon toivomus oli, että kannen ja laipan ylimmät nostokorvat tulisi sijaita peräkkäin suoraan ylhäällä aina, kun se on nostokorvien välisen etäisyyden puolesta mahdollista. Avattavien siirtimien muut nostokorvat tulisi yleisesti sijaita kannessa, sen keskivaiheilla sekä hitsatussa päädyssä tai vaipan hitsatun päädyn puoleisessa päässä, mikäli etäisyys vaippayhteeseen sallii asennuksen.

Yksi tärkeä asia aihepiiriin liittyen on myös varmistaa tuotannon käyttämät nostotavat. Varsinkin isompia siirtimiä nostetaan käyttäen kahta erillistä kattoon kiinnitettyä kiskonosturia. Ennen nostoa nostokorviin kiinnitetään nostosakkelit. Nostosakkeli mahdollistaa nostolaitteen turvallisen kiinnittämisen lämmönsiirtimen nostokorvaan. Tuotannolta varmistettiin myös, onko nostosakkeleiden tappien mahduttamisessa nostokorviin ollut ongelmia. Tuotannon vuorovastaavan mukaan Vahteruksen käyttämien vakiomallisten nostokorvien kanssa ei ole ollut ongelmia liittyen sakkeleiden ja nostokorvien yhteensovivuuteen.

3.3 Tuotannon käyttämät nostosakkelit ja niiden tuomat haasteet

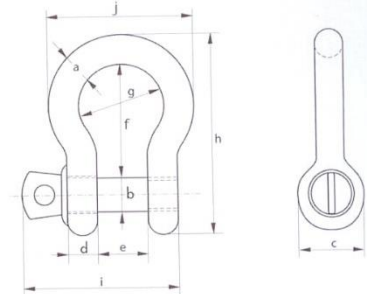
Tuotantoa haastatellessa kävi ilmi myös, että Vahteruksessa käytetään pääosin vain kahta erikokoista nostosakkelia, nimelliskuormaltaan 8.5T- ja 12T-mallia. Nostosakkelit

ovat EN13889 -standardia, joilla on laskennallinen varmuuskerroin kuusi. (Kuva 10.) Pienemmissä nostokorvissa tämä tarpeettoman isojen nostosakkeleiden käyttö suurentaa nostokorvan reiän halkaisijaa kohtuuttoman isoksi ja täten nostokorvan yleismitat kasvavat merkittävästi. Esimerkiksi 3T-nostokorvassa on ison nostosakkelin vuoksi halkaisijaltaan jopa 40 mm reikä, kun taas sopivammassa 3.25T-nostosakkelissa on käytössä vain 19 mm tapin halkaisija. Käytettävien nostosakkeleiden hyöty- ja haittapuolista eri tuotannon nosto- ja kuljetusvaiheissa käytiin rakentavaa keskustelua myös tuotannonjohdon ja tuotekehityksen välillä. Kun kaikkia yrityksen omia osapuolia oli kuultu, alkoi uusien nostokorvien kriteerit määrittäjä osa osalta.

G4161 Green Pin® vakiosakkeli

pussisakkeli

- Varmuuskerroin:
6 x nimelliskuorma
- Standardi : EN 13889
- Kuumagalvanoitu
- Käyttölämpötila:
-20°C – +200°C



Nimellis- kuorma	rungon halkai- sija	tapin halkai- sija	silmän halkai- sija	silmän leveys	sisäle- veys	sisäpi- tuus	sisähal- kaisija	pituus	tapin pituus	leveys	Paino kpl
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
tonnia	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
0.33	5	6	12.5	5	9.5	22	16	41	31	28	0.02
0.5	7	8	17	7	12	29	20	54	40	37	0.05
0.75	9	10	21	9	13.5	32	22	61	49	42	0.1
1	10	11	23	10	17	36.5	26	71	56	49	0.14
1.5	11	13	26	11	19	43	29	80	68	54	0.19
2	13.5	16	34	13.5	22	51	32	91	76	63	0.36
3.25	16	19	40	16	27	64	43	114	93	79	0.63
4.75	19	22	47	19	31	76	51	136	107	94	1.01
6.5	22	25	53	22	36	83	58	157	123	107	1.5
8.5	25	28	60	25	43	95	68	176	141	124	2.21
9.5	28	32	67	28	47	108	75	197	158	137	3.16
12	32	35	74	32	51	115	83	218	176	154	4.31
13.5	35	38	80	35	57	133	92	240	192	170	5.55
17	38	42	89	38	60	146	99	262	208	183	7.43
25	45	50	104	45	74	178	126	314	250	226	12.84
35	50	57	111	50	83	197	138	358	281	250	18.15
42.5	57	65	134	57	95	222	160	414	321	287	26.29
55	65	70	145	65	105	260	180	463	355	329	37.6

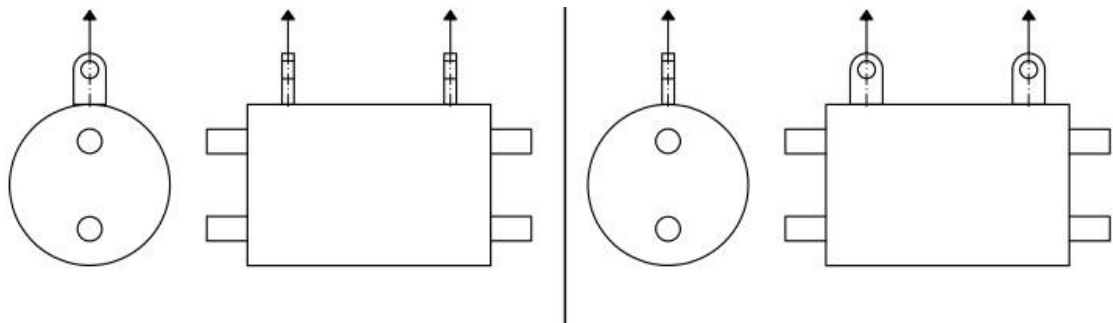
MYynti EPPoS OY

Poroholmantie 15, 27800 Säskylä
puh 02-8645500, fax 02-8645545,
seppo.suteja@eppos.fi

Kuva 10. Vahteruksella käytössä olleet nostosakkelit

4 UUSIEN NOSTOKORVIEN KEHITYSPROSESSIN ALOITTAMINEN

Kun tarvittavat tiedot ja yrityksen eri osapuolien mielipiteet oli käsitelty, oli seuraavaksi vuorossa tulevaisuudessa tarvittavien nostokorvien mallien ja asennustapojen kartoitus. Tuotevalikoimaksi päätettiin valita 0.6T-, 1T,- 3T-, 5T-, 10T-, 15T- ja 20T-nostokorvat. Osa nostokorvista on täysin uusia, eikä niitä ennen ole valikoimista löytynyt. Kaikki valikoimiin jäävät nostokorvat mitoitettiin yhteistyössä Comatecin kanssa. Comateciä kiinnosti myös käytettävät nostosakkelit ja yleisimmät Vahteruksen käyttämät nostotilanteet. (Kuva 11.)



Kuva 11. Esimerkkejä Vahteruksen nostotilanteista

4.1 Laskennan esivalmistelut

Yleisimmistä nostokorvien paikoittamisista laadittiin yksinkertaiset esimerkit auttamaan Comateciä ymmärtämään, miten Vahterus käyttää nostokorvia. Esimerkit käytiin läpi Vahteruksen pääsuunnittelijan, suunnittelun esimiehen sekä tuotantoa edustavan osapuolen kanssa. Tärkeintä oli löytää kaikkia osapuolia tyydyttävä yhteisymmärrys siihen, miksi asiat tehdään, niin kuin tehdään.

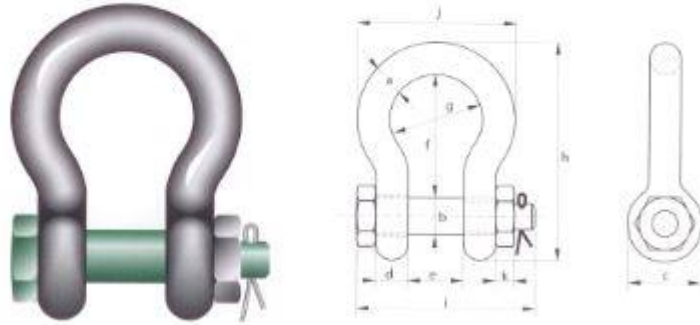
Yhdessä Comatecin kanssa järjestetyssä Lync-palaverissa käytiin läpi nostokorvien laskentaan vaikuttavat yksityiskohdat sisältäen esimerkiksi nostotavat ja kestävyysvaatimukset eri nostokorville. Yksi merkittävimmistä nostokorvien mallinnukseen liittyvistä asioista on varmuuskertoimen valinta. Varmuuskerroin ei anna lupaa ylittää turvallisen nostokuorman lukemaa, vaan antaa nostokorvalle pelivaraa sen vanhenemisen ja kulumisen vuoksi sekä valmistustarkkuuden vaihdelta. Nostolaitteiden turvallisuutta säättävän konedirektiivin (Konedirektiivi 2006/42/EY) mukaan virallisten nostoapuvälineiden,

kuten ruuvattavien nostosilmukoiden, varmuuskertoimien on oltava vähintään 4.0 jokaiseen rasiin suuntaan. Hitsattuja nostokorvia ei kuitenkaan luokitella virallisiksi nostoapuvälineiksi. Hitsattujen nostokorvien yleisimmät varmuuskertoimet ovat usein välillä 1.5 - 4.0. Vahteruksen uusille nostokorville valittiin varmuuskerroin 2.0. Varmuuskerroin on tapana mitoittaa materiaalin myötörajan nähden. Palaverissa asetettiin myös nostokorvan pienahitsille käytännön syistä maksimi A-mitaksi noin 7 mm. Laskentalämpötilaksi sovittiin 20 Celsius-astetta. Kyseistä lämpötilaa käytetään yleisesti nostokorvien mitoituksissa ympäri maailmaa. Käytettäviksi nostosakkeleiksi päätettiin vaihtaa turvallisemmat mutterilliset sakkelit. Käytettäviksi sakkeleiksi valittiin kooltaan 1T-, 3.25T-, 6.5T-, 12T- ja 25T-nostosakkelit. (Kuva 12.)

G4163 Green Pin® vakiosakkeli

pussisakkeli lukittava

- Varmuuskerroin:
6 x nimelliskuorma
- Standardi : EN 13889
- Kuumagalvanoitu
- Käyttölämpötila:
-20°C – +200°C



Nimelliskuorma	rungon halkaisija	tapin halkaisija	silmän halkaisija	silmän leveys	sisäleveys	sisäpituus	sisähalkaisija	pituus	tapin pituus	leveys	mutterin paksuus	Paino, kpl
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
tonnia	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
0,5	7	8	17	7	12	29	20	54	43	37	4	0.06
0,75	9	10	21	9	13,5	32	22	61	51	42	5	0.11
1	10	11	23	10	17	36,5	26	71	61	49	8	0.16
1,5	11	13	26	11	19	43	29	80	68	54	11	0.22
2	13,5	16	34	13,5	22	51	32	91	83	63	13	0.42
3,25	16	19	40	16	27	64	43	114	99	79	17	0.74
4,75	19	22	47	19	31	76	51	136	115	94	20	1.18
6,5	22	25	53	22	36	83	58	157	131	107	23	1.77
8,5	25	28	60	25	43	95	68	176	151	124	25	2.58
9,5	28	32	67	28	47	108	75	197	167	137	28	3.66
12	32	35	74	32	51	115	83	218	179	154	31	4.91
13,5	35	38	80	35	57	133	92	240	198	170	34	6.54
17	38	42	89	38	60	146	99	262	202	183	19	8.19
25	45	50	104	45	74	178	126	314	244	226	24	14.22
35	50	57	111	50	83	197	138	358	270	250	27	19.85
42,5	57	65	134	57	95	222	160	414	302	287	30	28.33
55	65	70	145	65	105	260	180	463	330	329	33	39.59
85	75	83	163	75	127	329	190	556	376	355	40	62

Kuva 12. Mutterillinen, turvallisempi nostosakkeli

4.2 Ensimmäinen laskentaesimerkki

Ennen kaikkien uusien nostokorvien laskentaa ja mallinnusta päätettiin aloittaa yhdellä nostokorvalla. Ensimmäisenä kehitettiin 1000 kg:n nostokorva. 1000 kg:n nostokorvan kehityksen yhteydessä sovittiin Comatecin kanssa nostokorvien geometrian yksityiskohdista ja rajoitteista. Nostokorvan suunnittelussa käytettiin referenssinä myös vanhoja

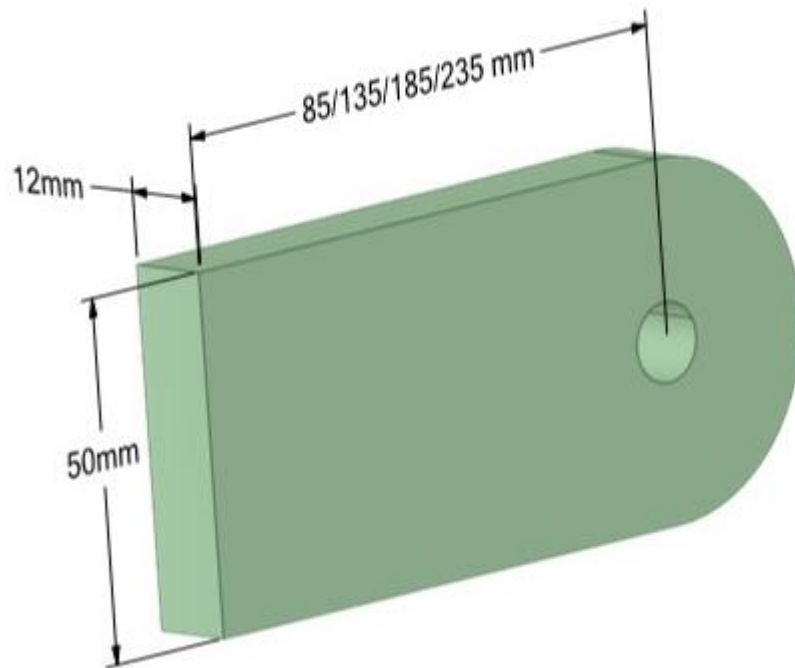
nostokorvien osakuvia. Hiiliteräsmateriaalin (P265GH / SA516-GR70) myötörajaksi valittiin 265 MPa. Haponkestävän materiaalin (1.4404 / SA240-316L) myötörajaksi valittiin 195 MPa. Laskenta suoritettiin kaikilla aiemmin laaditun taulukon tilanteilla. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Kaikki laskentatilanteet taulukoituna, ensimmäinen taulukoversio

PERPENDICULAR LIFTING	Diagram 1		MAXIMUM ALLOWED LIFTING LOADS		Diagram 3	
	SWL [kg] / Lifting lug		SWL [kg] / Lifting lug		SWL [kg] / Lifting lug	
	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L
0.6T						
1.0T						
3.0T						
5.0T						
10T						
15T						
20T						
CONNECTED LIFTING	Diagram 4		Diagram 5		Diagram 6	
	SWL [kg] / Lifting lug		SWL [kg] / Lifting lug		SWL [kg] / Lifting lug	
	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L	P265GH / SA516-GR70	1.4404 / SA240-316L
0.6T						
1.0T						
3.0T						
5.0T						
10T						
15T						
20T						

4.2.1 Mallin geometria

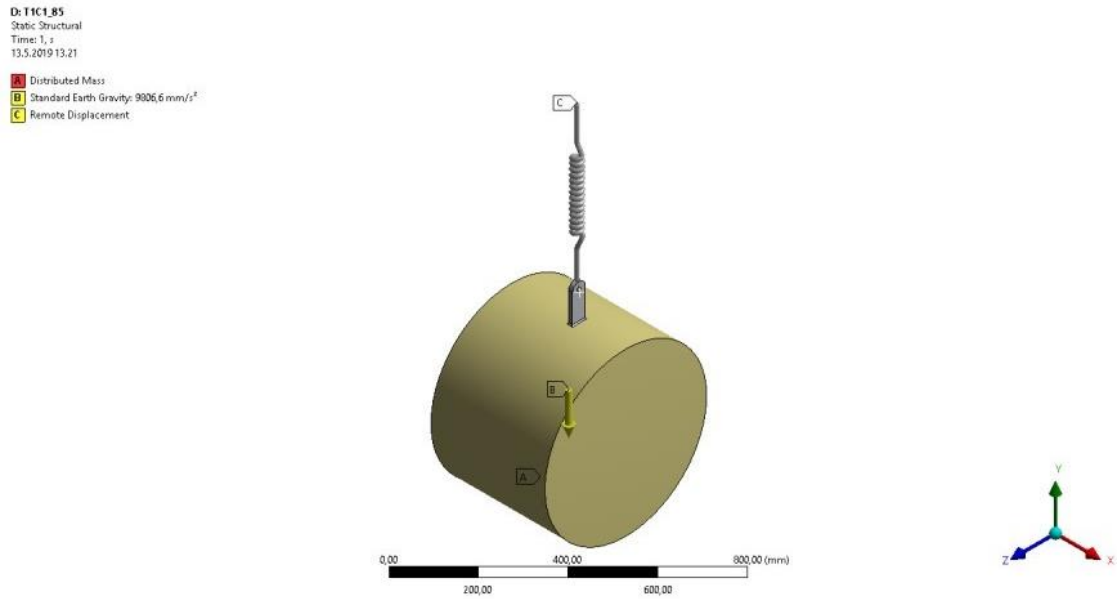
1000 kg:n nostokorvasta tuli 110 mm pitkä ja 50 mm leveä. Nostokorvan levyepaksuudeksi valittiin 12 mm. Pidennettyjen nostokorvien pituudeksi muodostui 160 mm, 210 mm ja 260 mm. Nostokorvan reikä on yhden millimetrin siihen kiinnitettävää sakkelia isompi, halkaisijaltaan 12 mm. (Kuva 13.)



Kuva 13. 1000 kg:n nostokorvan mallin geometria

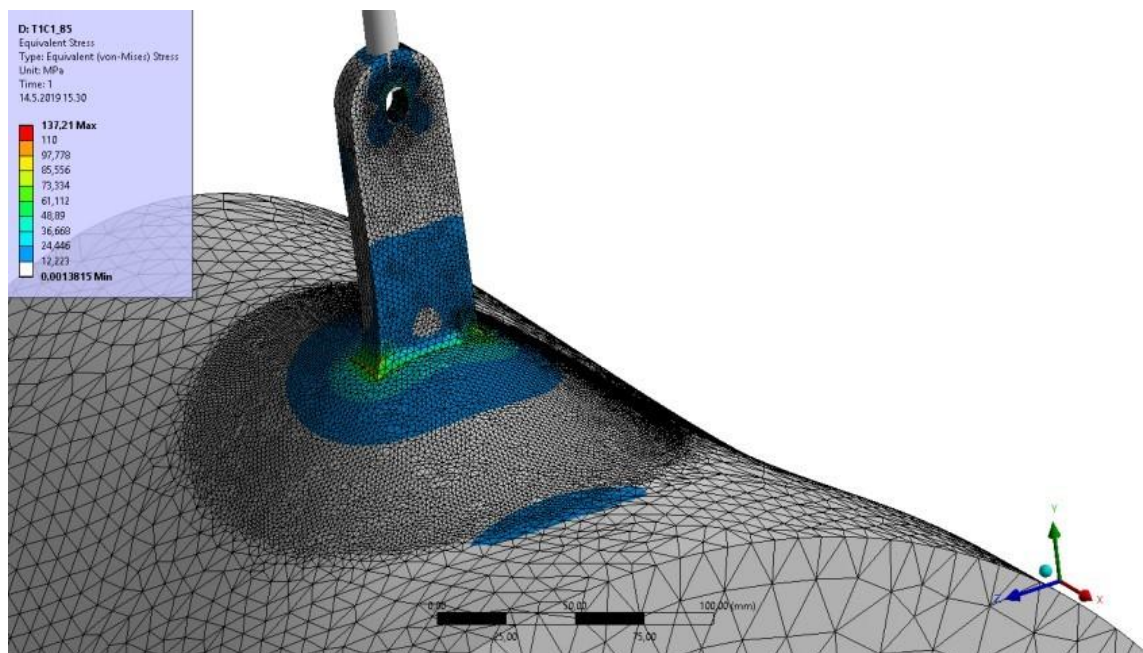
4.2.2 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – poikittainen vaippa-asennus)

Laskentamalli mallinnettiin Comatecin käyttämään simulointiohjelmaan. Simulointiin mallinnettiin itse nostokorva ja lämmönsiirtimen vaipparunko päätyineen. Vaipparungon mittoina käytettiin Vahteruksen käyttämiä vakiomittoja. (Kuva 14.)



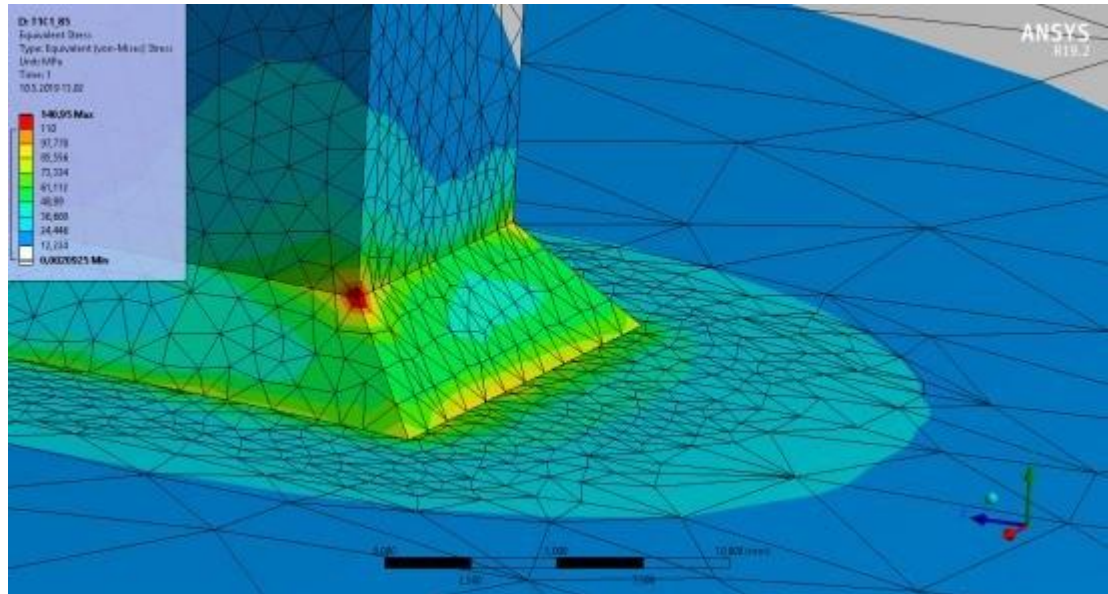
Kuva 14. Poikittainen vaippa-asennus

Simuloinnissa tutkittiin lämmönsiirtimen nostokorvan jännityksiä. Simuloinnissa käytettiin myös niin sanottuja liioiteltuja siirtymiä kuvaamaan nostokorvan ja kiinnityspinnan muo-
 vautumista nostokorvan reikään kohdistuvan vedon aikana. Kaikissa simulointitapauk-
 sissa nostokorvaa kuormitettiin sen nimellisnostokuorman suuruisella kuormalla. (Kuva
 15.)

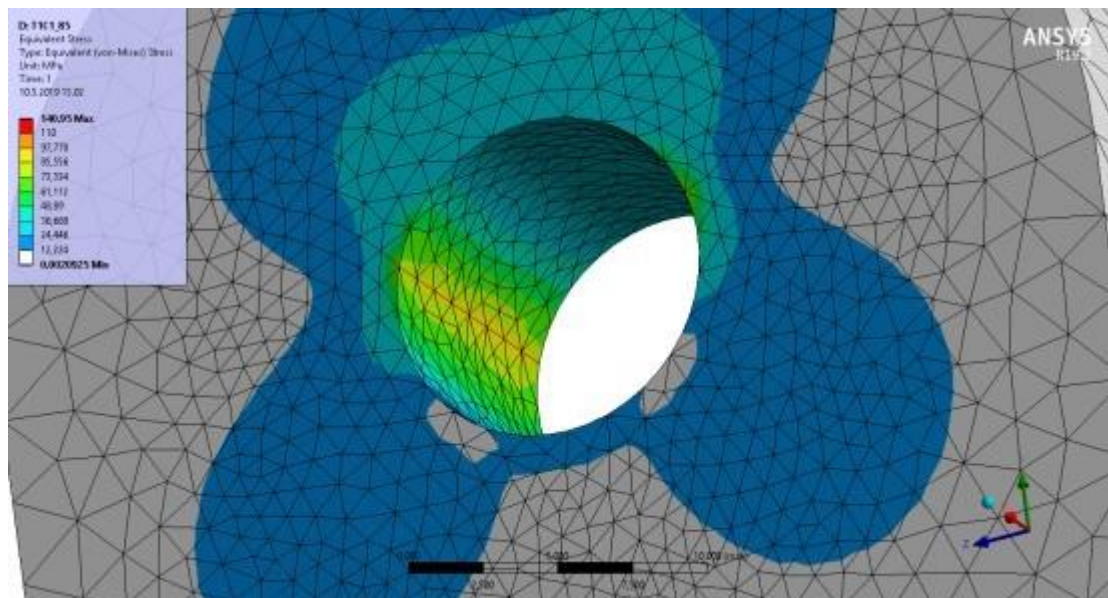


Kuva 15. 900-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät

Ensimmäisessä nostotapauksessa havaittiin kriittisemmäksi tekijäksi nostokorvan ja vai-pan välinen pienahitsi. Pienahitsin kulmaan kohdistui 1000 kg:n kuormituksella 110 MPa jännitys. (Kuva 16.) Nostokorvan reikään ei kohdistunut yhtä isoja jännityksiä. (Kuva 17.)



Kuva 16. Hitsissä punaisella näkyvä jännityshuippu



Kuva 17. Nostokorvan reikään ei kohdistunut yhtä suuria jännityksiä

Suurimman sallitun nostokuorman laskennassa käytettiin kaavaa, joka ottaa huomioon materiaalin myötörajan ja käytettävän varmuuskertoimen. Kaava tarvitsee osakseen

myös käytetyn kuorman, joka tässä tapauksessa on suoraan nostokorvan nimellisnostokuorma. Kaavassa on käytetty FEM-lukua, joka saadaan simulaation tuloksia tarkastelemalla punaisen värikuvaajan avulla. (Comatec Oy.)

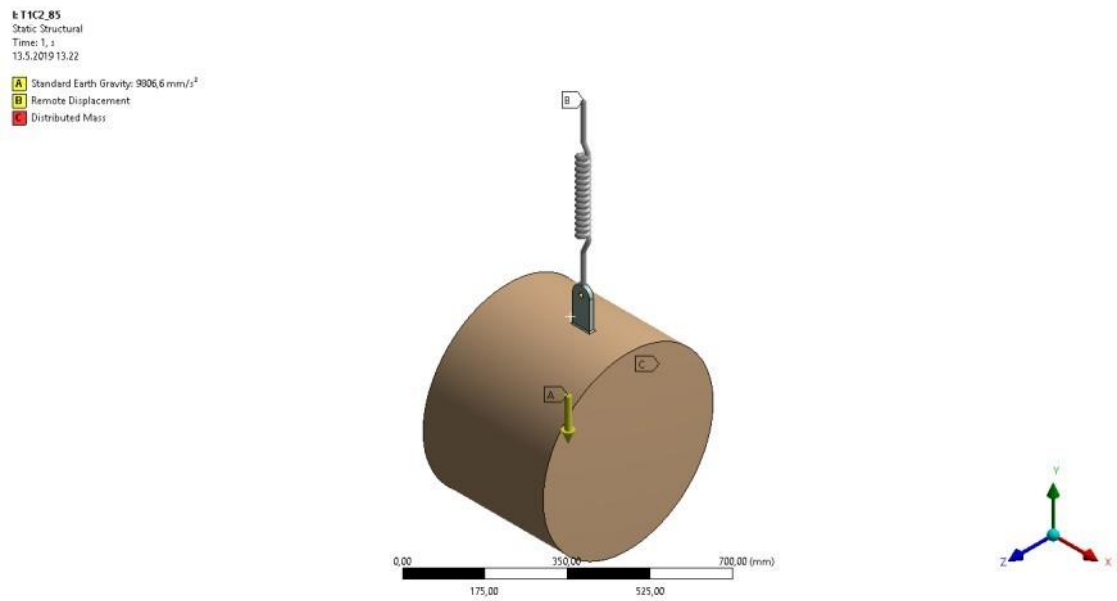
SWL-laskukaava:

$$\frac{\frac{R_{eL}}{n}}{FEM} = \frac{SWL}{W} \rightarrow SWL = \frac{R_{eL}}{FEM} \cdot W$$

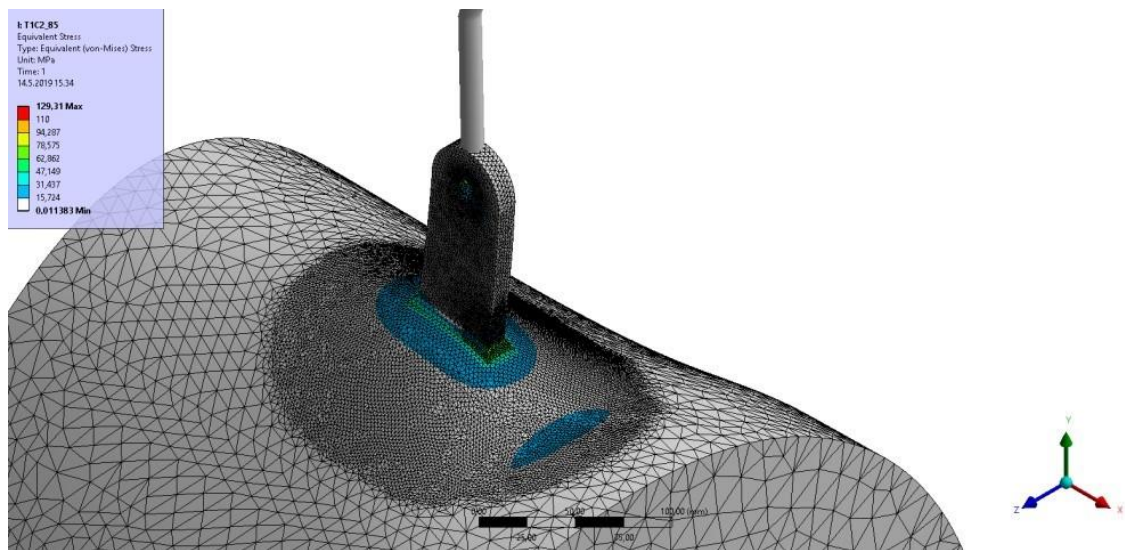
Jossa R_{eL} on materiaalin myötöraja
 n on varmuuskerroin (arvo nyt 2)
 FEM on laskennasta saatava jännitysarvo (punaisen raja)
 SWL on yhden korvan sallittu kuormitus
 W on käytetty kuorma (esim. 1.0T-nostokorvalla 1000 kg)

4.2.3 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – pitkittäinen vaippa-asennus)

Toisessa nostotapauksessa tutkittiin nostokorvan pitkittäisen vaippa-asennuksen jännitteitä. (Kuva 18.) Tästäkin tapauksesta laadittiin kuva liioitelluista siirtymistä. (Kuva 19.) Liioitellun siirtymisen kuvasta näkyy, miten nostokorva ja lämmönsiirtimen vaipan pinta alkaa muovautumaan, kun siirtymiä liioitellaan 1100-kertaisesti. Kuvasta käy selvästi ilmi nostamisen aiheuttamien jännitteiden suunnat ja niiden aiheuttamat seuraukset.

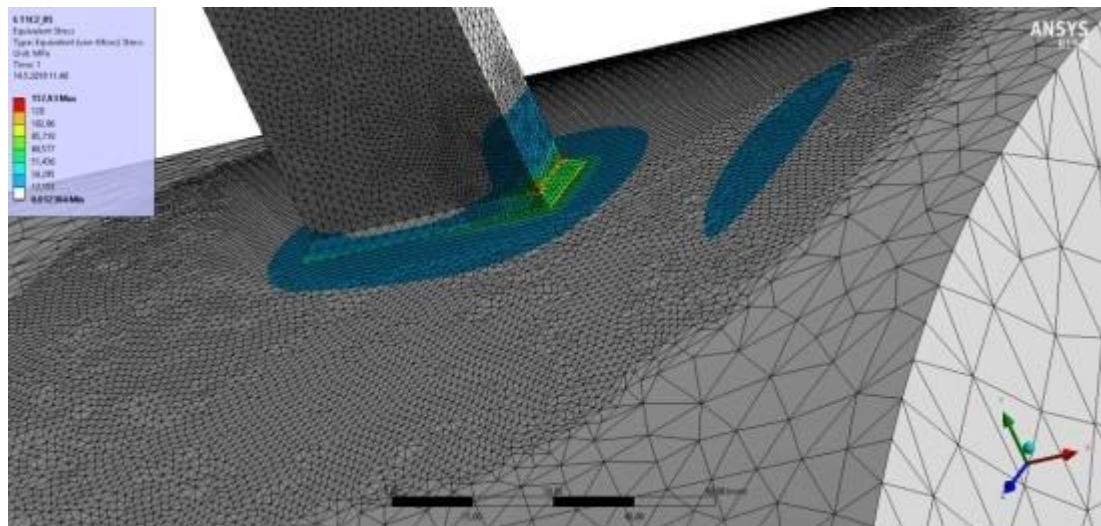


Kuva 18. Pitkittäinen vaippa-asennus

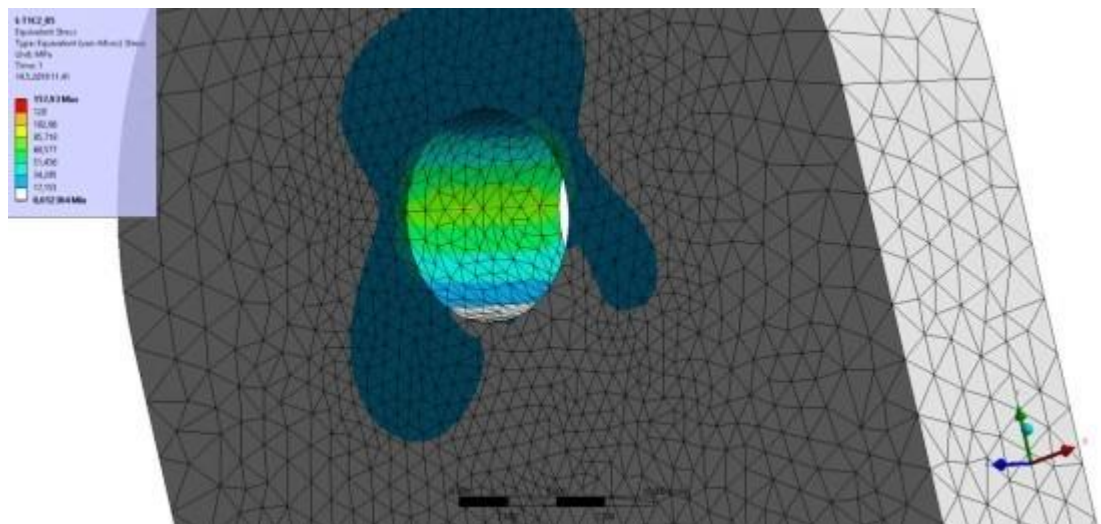


Kuva 19. 1100-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät

Tässäkin tapauksessa nostamista rajoittavammaksi tekijäksi muodostui nostokorvaa ympäröivän pienahitsin kesto. (Kuva 20.) Hitsisaumassa jännityshuipuksi saatiin jopa 210 MPa. Nostokorvan reiässä ei havaittu rajoittavia jännityksiä. (Kuva 21.)



Kuva 20. Hitsin jännityshuiput toisessa laskentatapauksessa

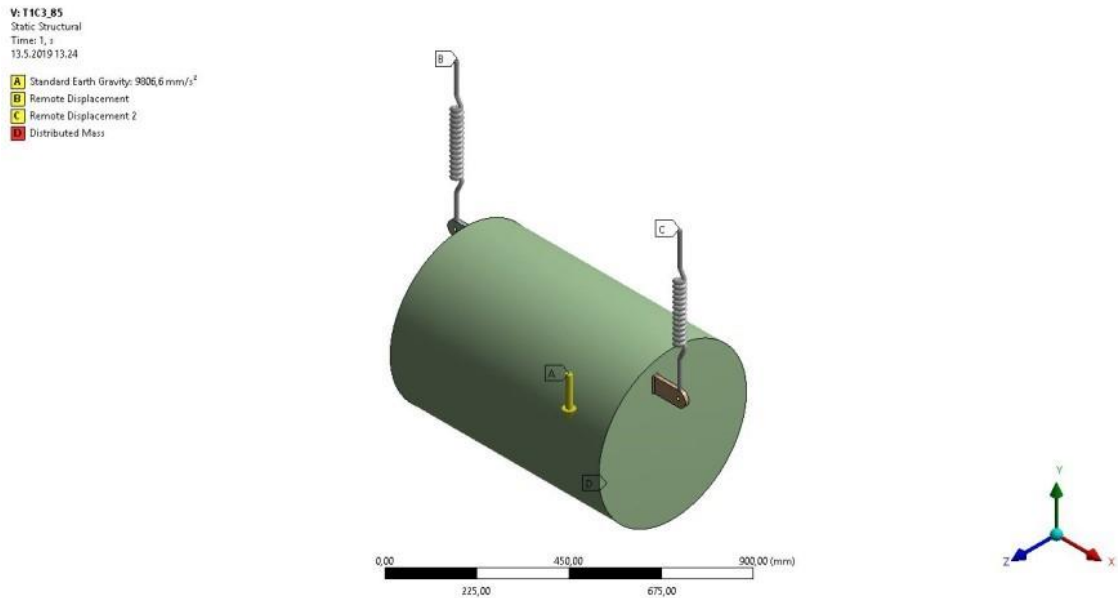


Kuva 21. Reiän jännitykset

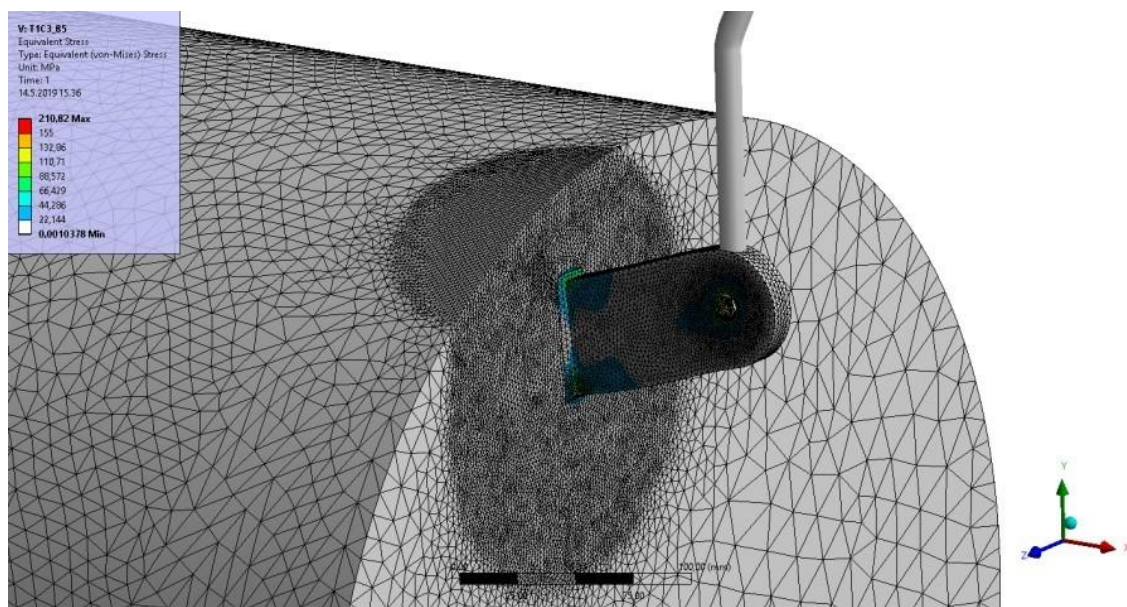
Vaippa-asennuksissa ei tarvinnut laskea nostokorvien pidentämisen aiheuttamaa vaikutusta sen kuormannostokykyyn, sillä nostokorvan suorakulmaisen osion poikkileikkaus ei ole kestävyyttä rajoittava tekijä.

4.2.4 Laskennan mallinnus (pystysuora nosto – päätyasennus)

Kolmannessa tapauksessa siirryttiin nostokorvien päätyasennuksiin. (Kuva 22.) Lioittelujen jännityssiirtymien kuvassa näkyy (Kuva 23), miten paljon enemmän nostokorva raistuu pystysuorassa päätyasennuksessa verrattuna pystysuoriin vaippa-asennuksiin.

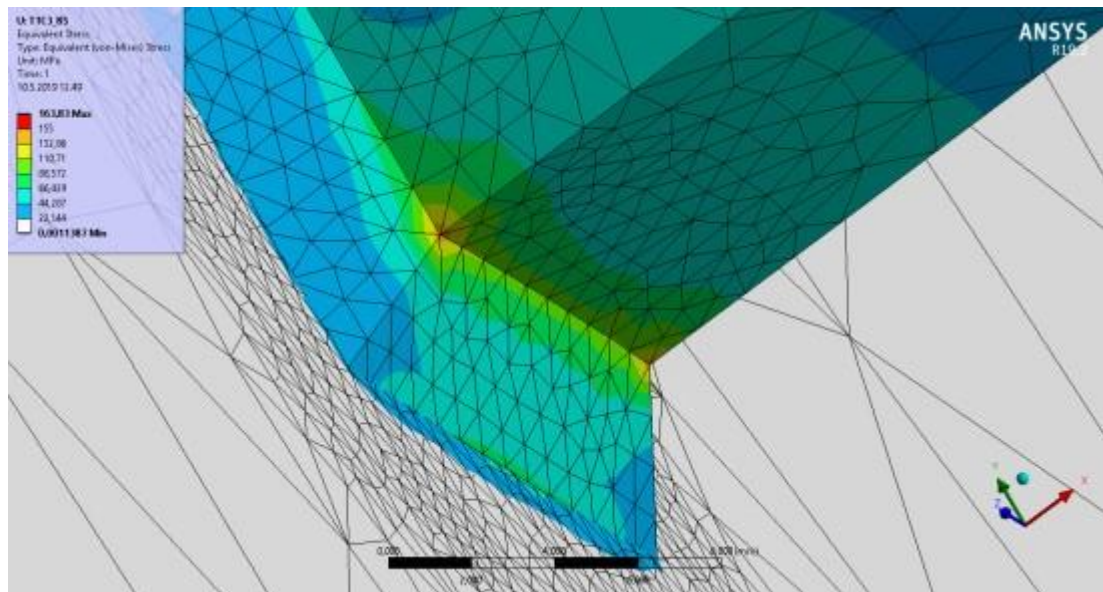


Kuva 22. Päätyasennuksen mallinnus

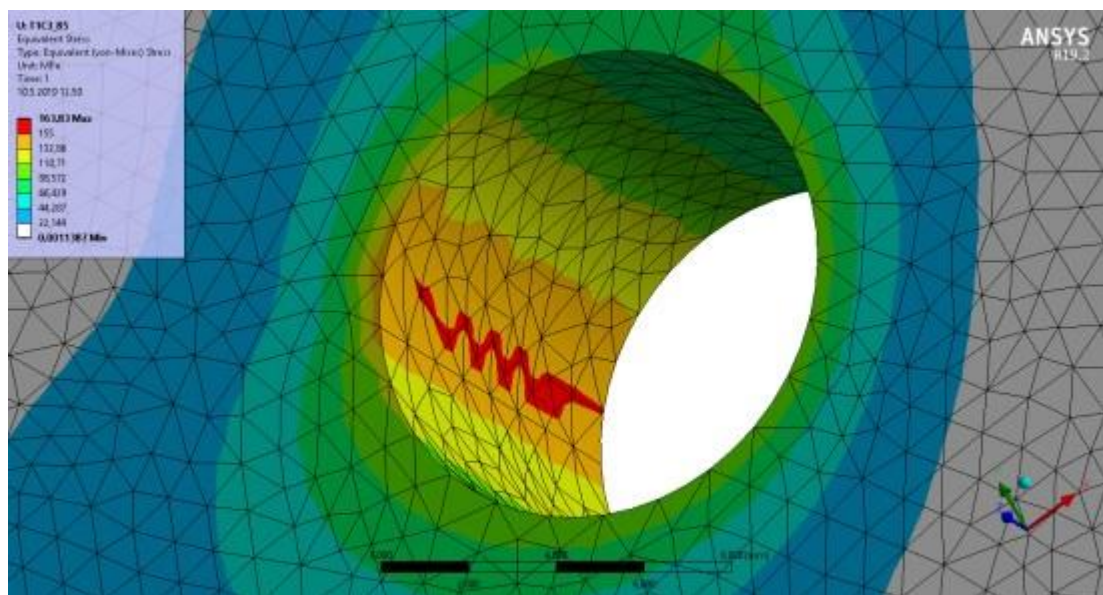


Kuva 23. 900-kertaisesti lioitellut jännityssiirtymät

Toisin kuin aikaisemmissa laskentatapauksissa, havaittiin päätyasennuksessa nostokorvan reiän kestävyuden olevan hitsisauman kestävyyttä kriittisempi. (Kuvat 24 ja 25.)

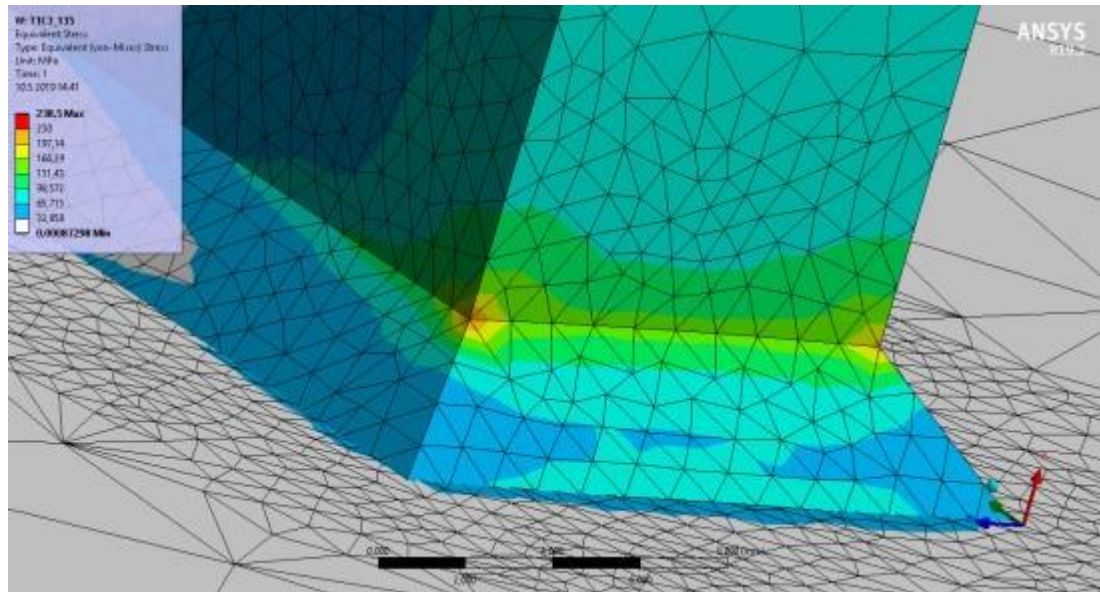


Kuva 24. Hitsin jännityshuiput kolmannessa laskentatapauksessa

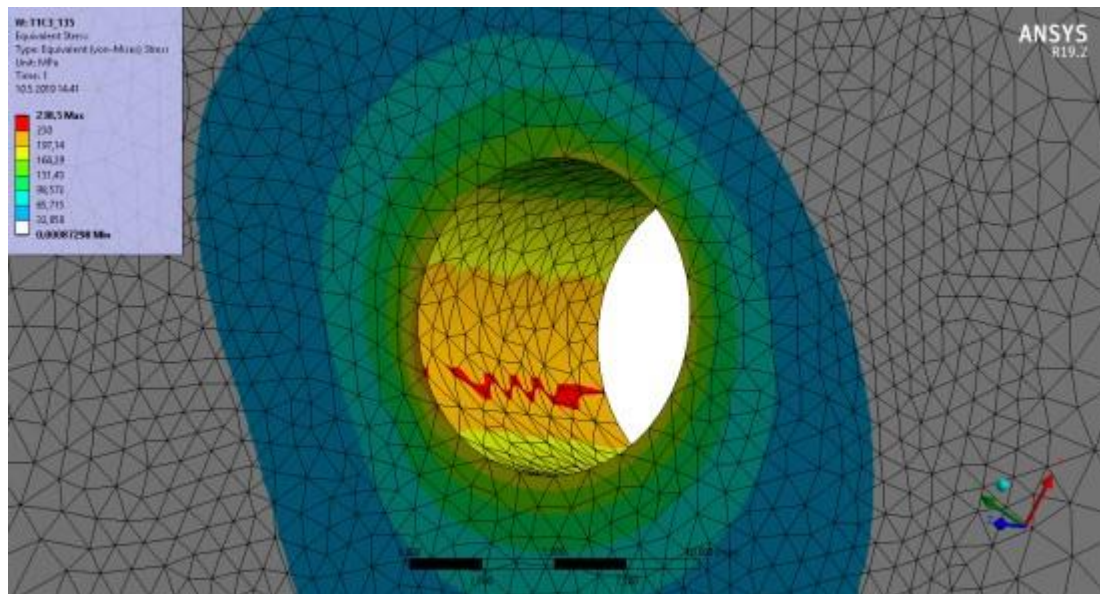


Kuva 25. Reiän jännitys kriittinen

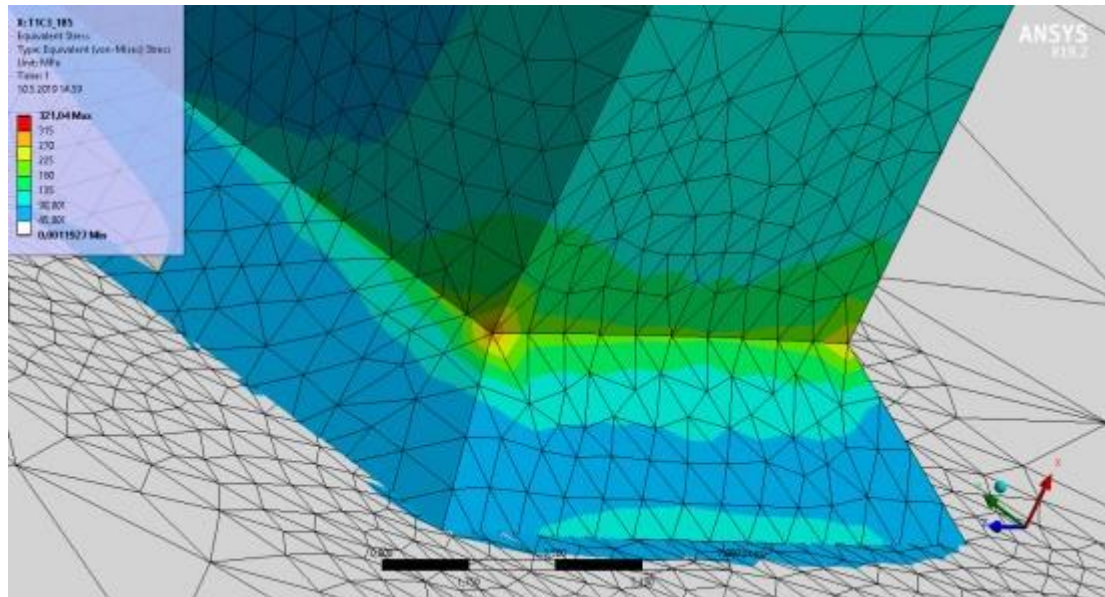
Pidennettyjenkin nostorvienkin tapauksessa havaittiin reiän olevan nostokorvan hitsisauman kesto kriittisempiä. (Kuvat 26-31.)



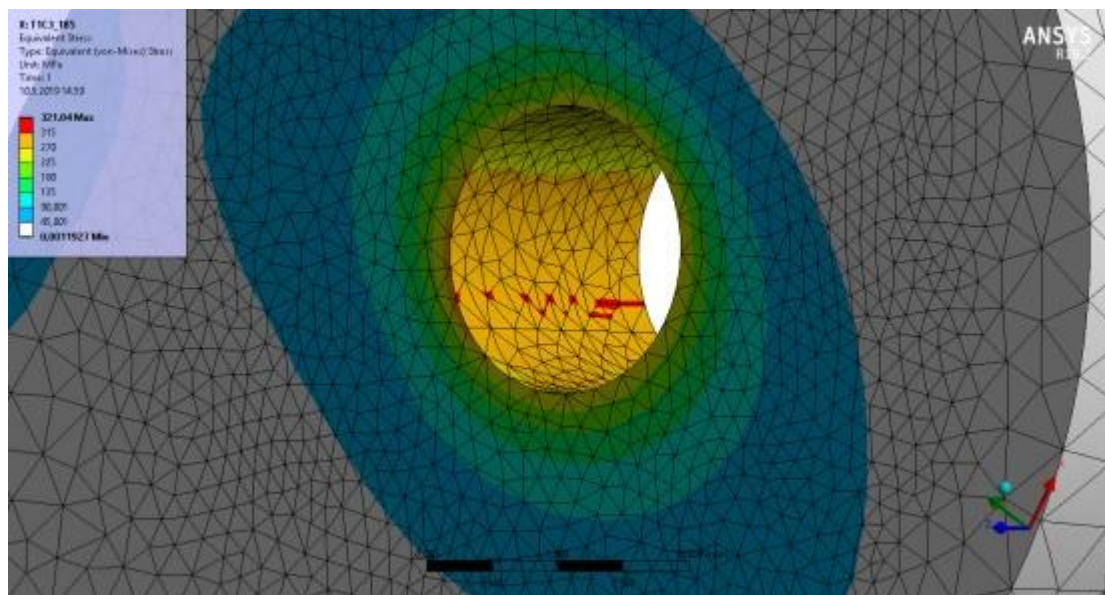
Kuva 26. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



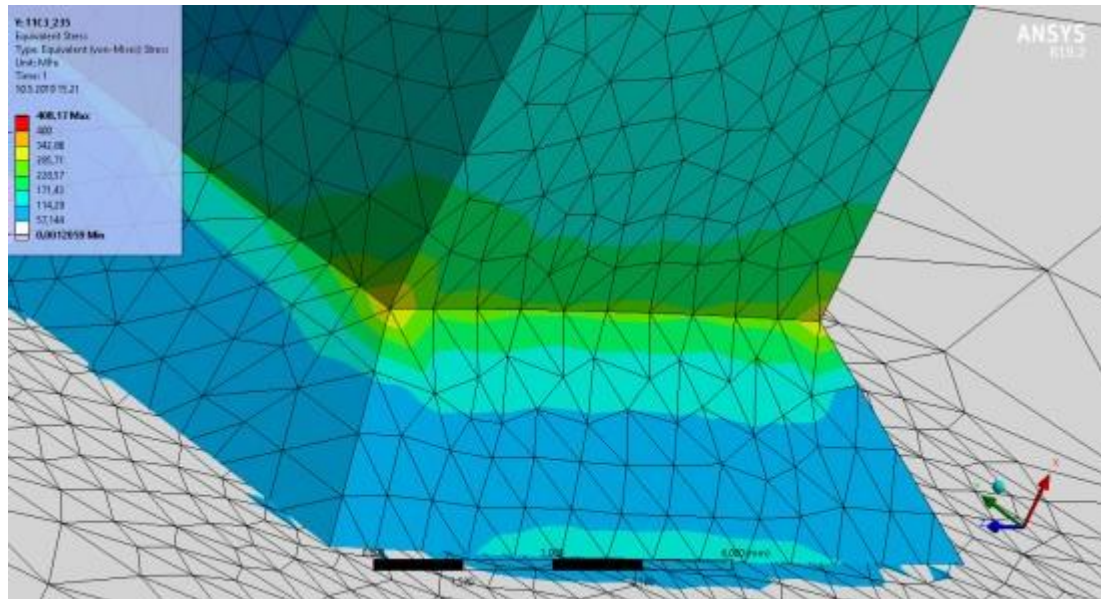
Kuva 27. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän hitsisauman jännitykset



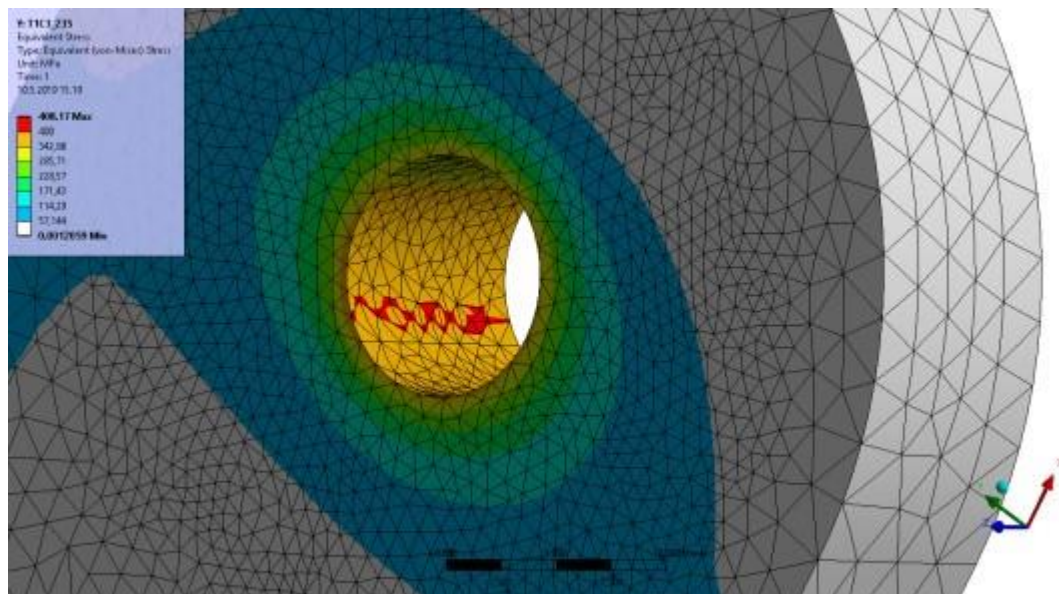
Kuva 28. 100 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



Kuva 29. 100 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset



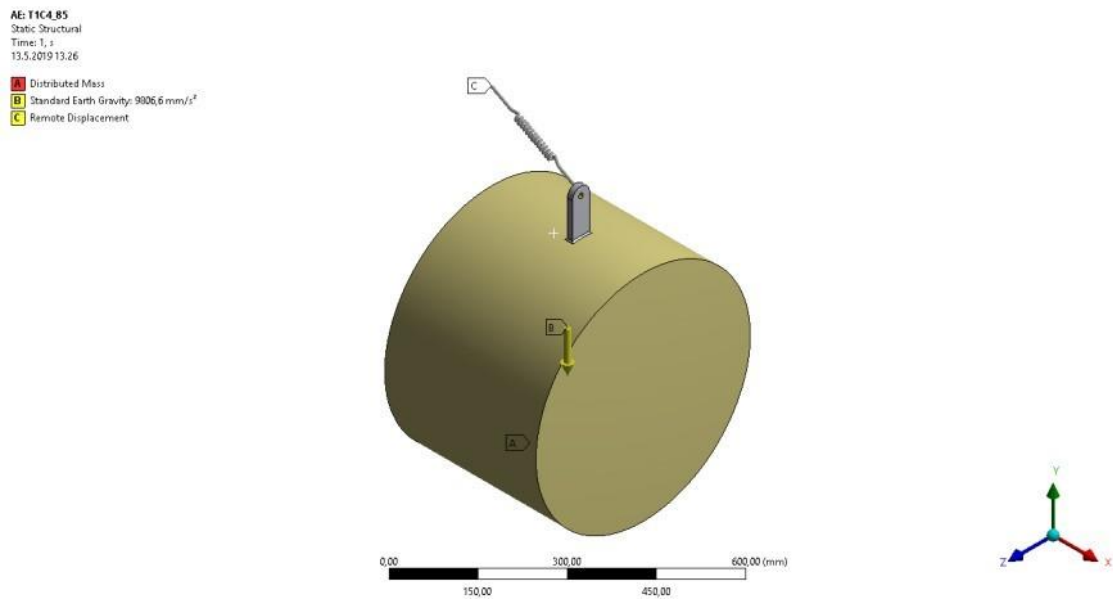
Kuva 30. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



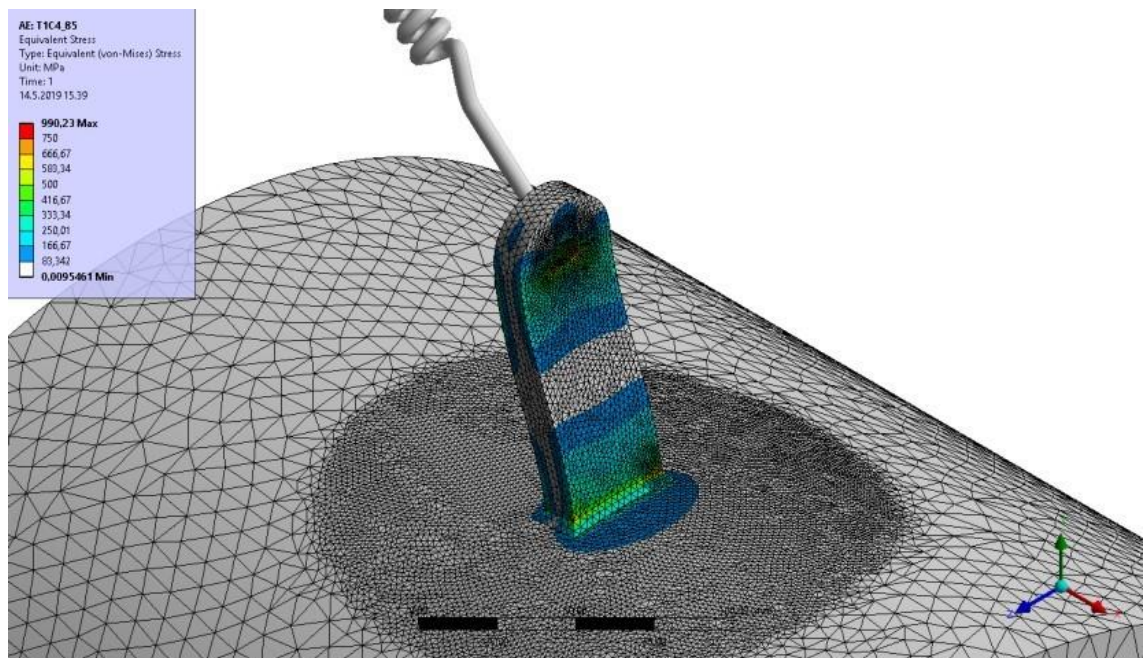
Kuva 31. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset

4.2.5 Laskennan mallinnus (vino nosto – poikittainen vaippa-asennus)

Seuraavaksi oli vuorossa vinojen, yhdistetystä nostopisteestä tapahtuvien nostojen, mallinnus. Neljännessä tapauksessa nostokorva oli asennettuna poikittain vaipan pituuteen verrattuna. (Kuva 32.) Lioiteltujen siirtymien kuvassa havaittiin, että jo 38-kertaisesti lioitelluin siirtymin oli nostokorvissa havaittavissa selvää epämuodostumista. (Kuva 33.)

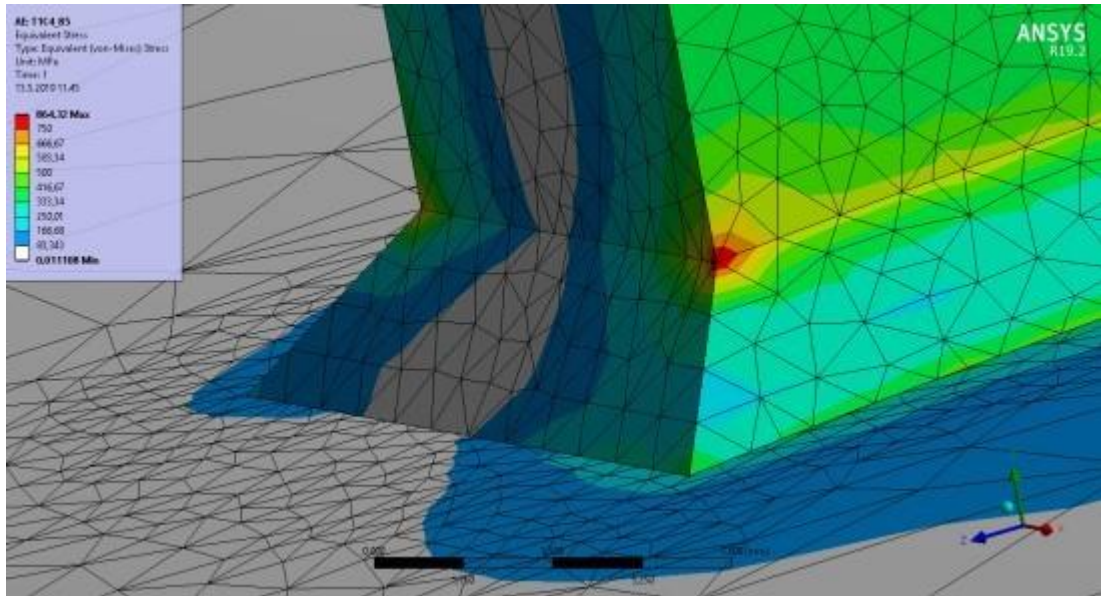


Kuva 32. Vino nostosuunta vaippa-asennuksessa

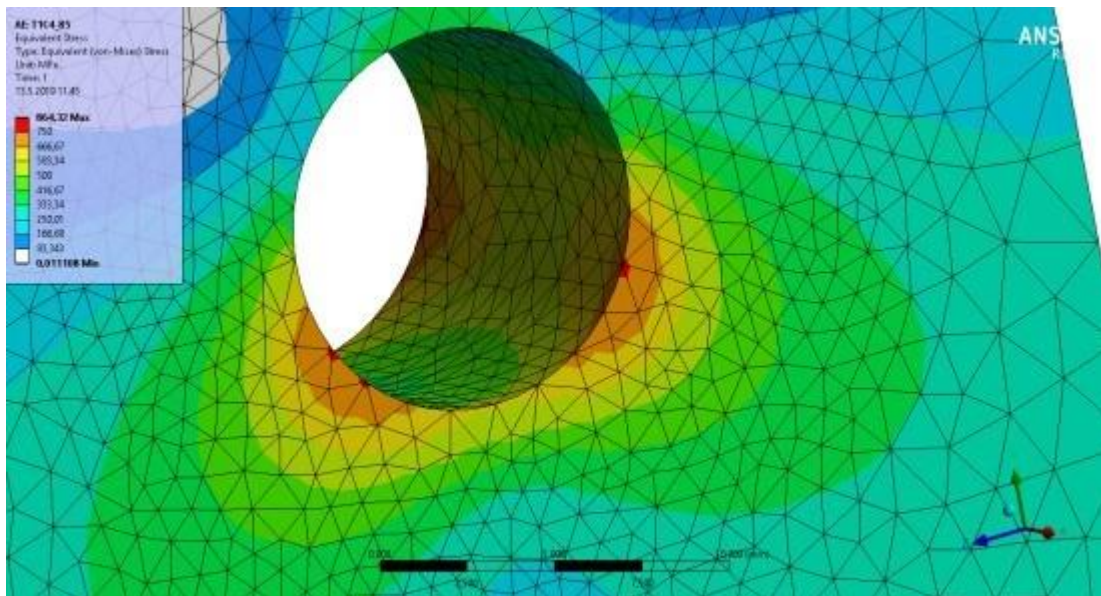


Kuva 33. 38-kertaisesti liioiteltujen jännityssiirtymien kuva

Neljännessä laskentatapauksessa havaittiin, että hitsisaumaan kohdistuu simulointitilanteessa jopa 750 MPa pistemäinen jännitys. (Kuva 34.) Kyseessä on siis moninkertainen lukema materiaalien omaan myötörajaan nähden. Nostokorvalle annettava suurin nostokuorma jäisi siis paljon sen nimellisnostokuormaa suuremmaksi. Reiässä ei havaittu yhtä kriittisiä jännityksiä. (Kuva 35.)

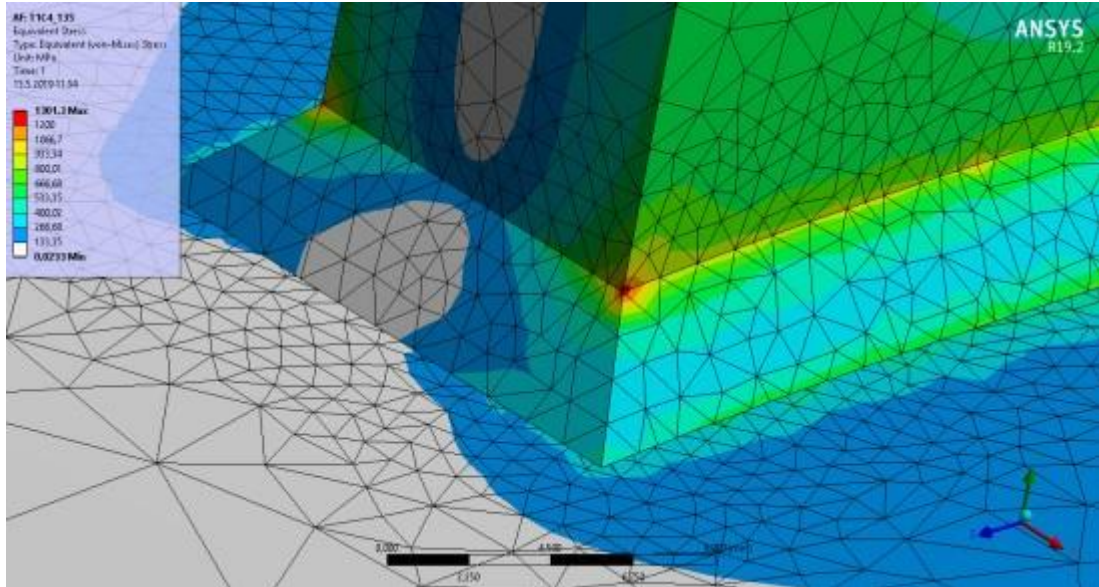


Kuva 34. Hitsisauman jännitykset

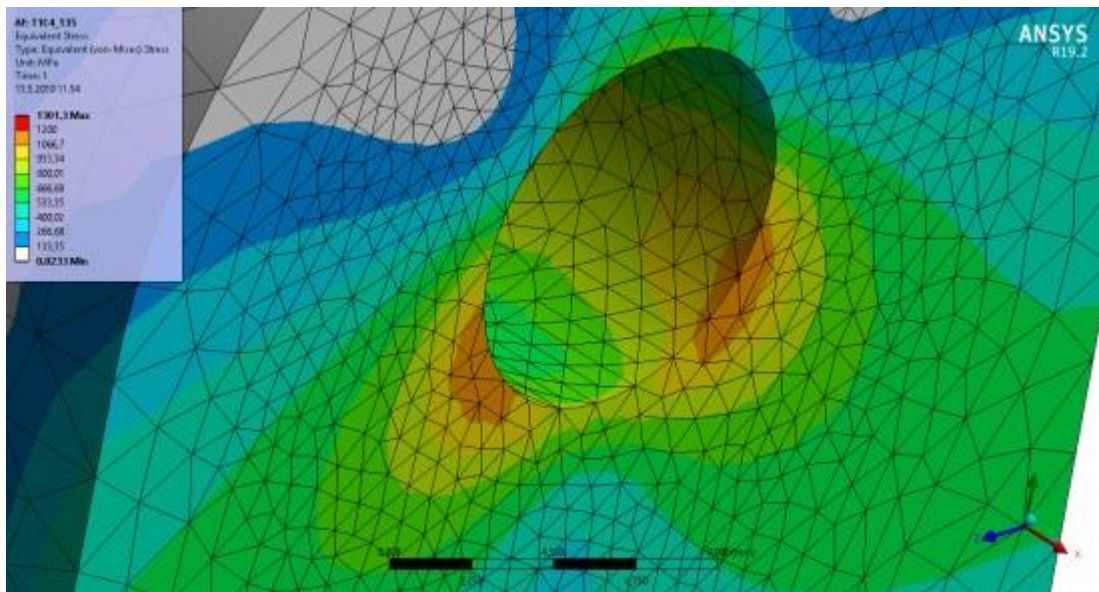


Kuva 35. Reiän jännitykset

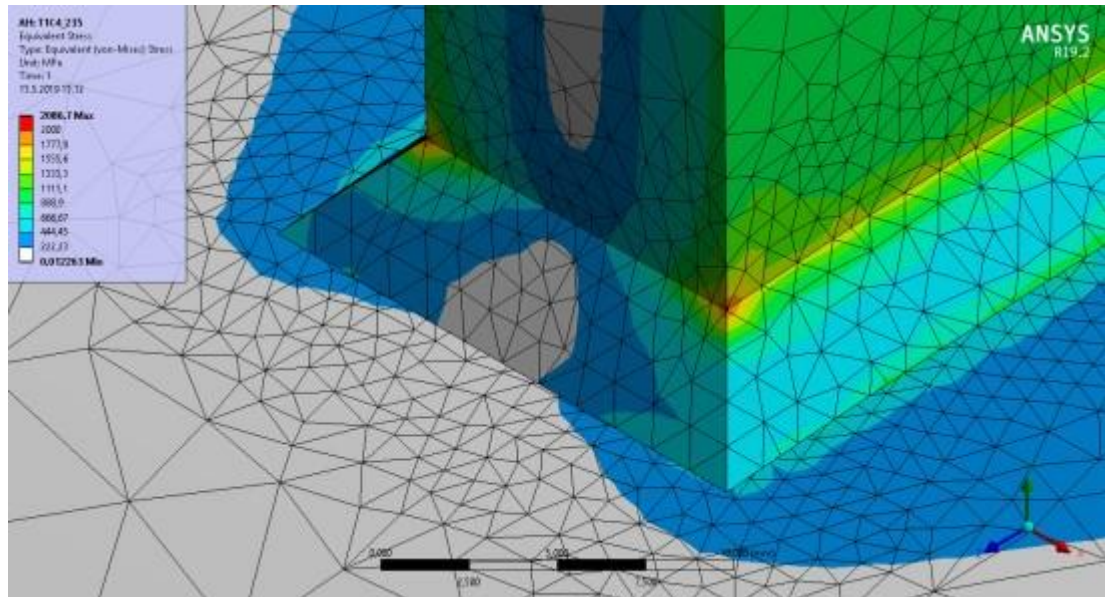
Pidennetyissä nostokorvissa havaittiin 50 mm ja 100 mm pidennyksissä kriittisemmäksi tekijäksi nostokorvan hitsisauma. 150 mm pidennyksessä kriittisemmäksi tekijäksi muodostui nostokorvan reikä. (Kuvat 36-41.)



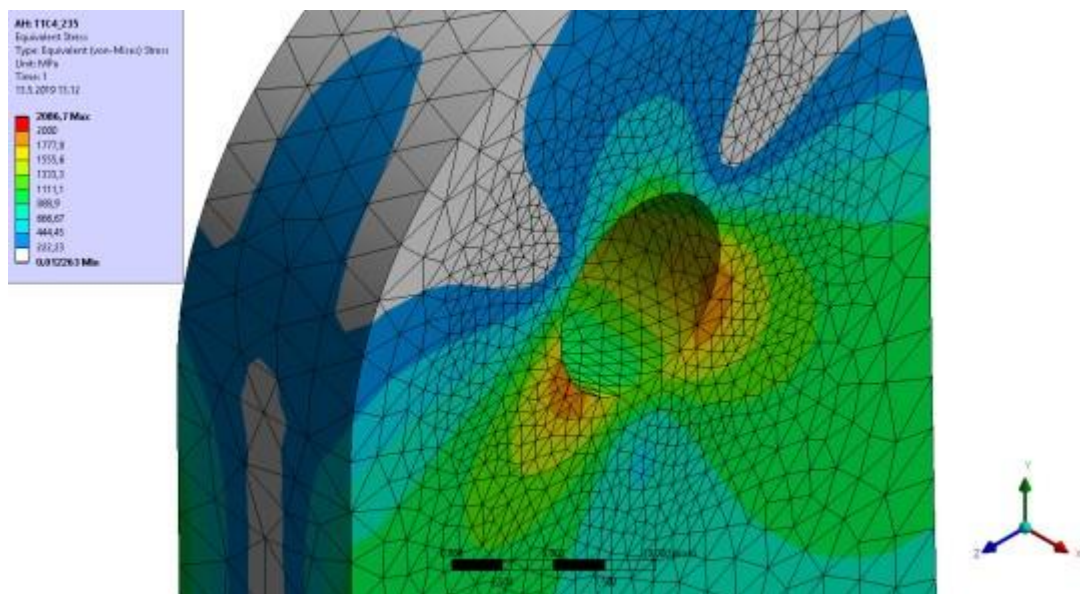
Kuva 36. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



Kuva 37. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset



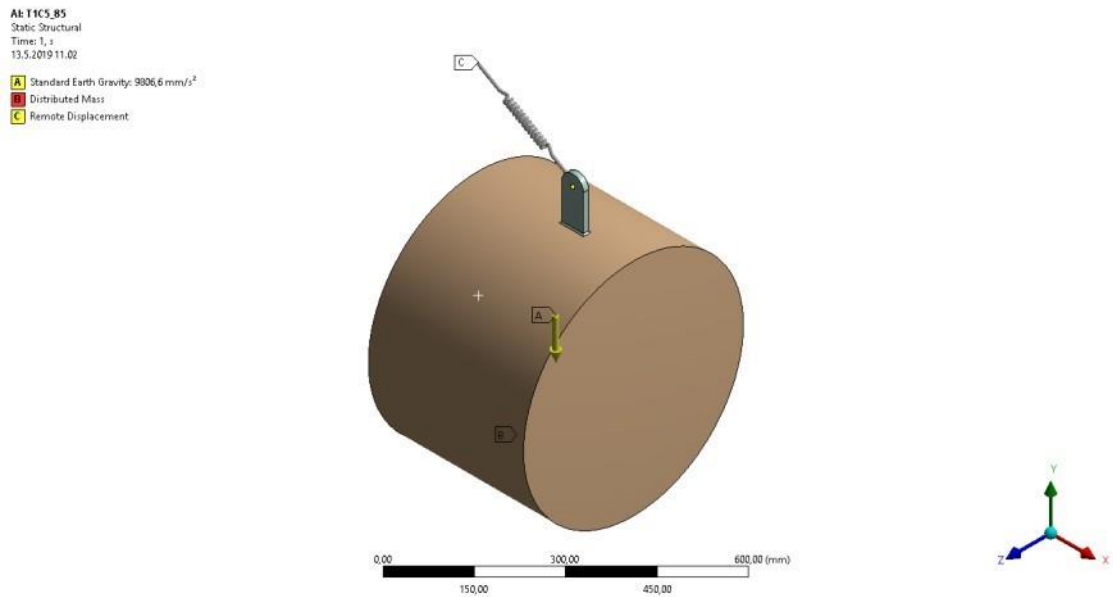
Kuva 40. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



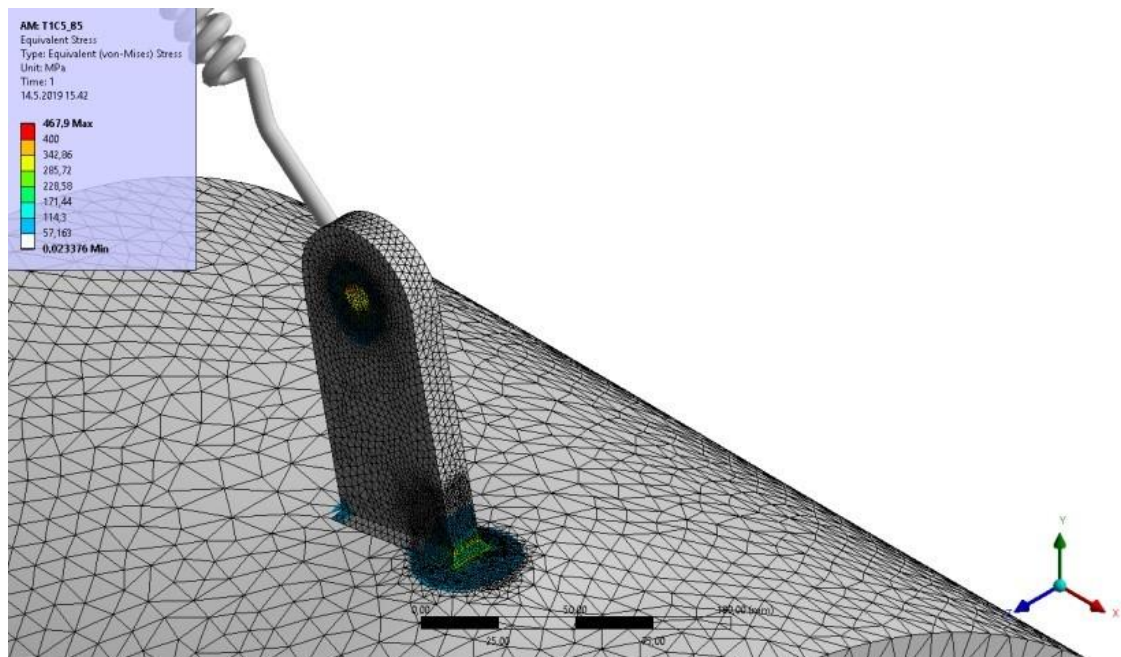
Kuva 41. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset

4.2.6 Laskennan mallinnus (vino nosto – pitkittäinen vaippa-asennus)

Viidennessä konfiguraatiossa paneuduttiin vinoon nostamiseen pitkittäisellä vaippa-asennuksella. (Kuva 42.) Liioiteltujen jännitysvoimien kuvassa nähdään 150-kertaisella voimalla kuormitetun nostokorvan ja vaipan muovautuminen. (Kuva 43.)

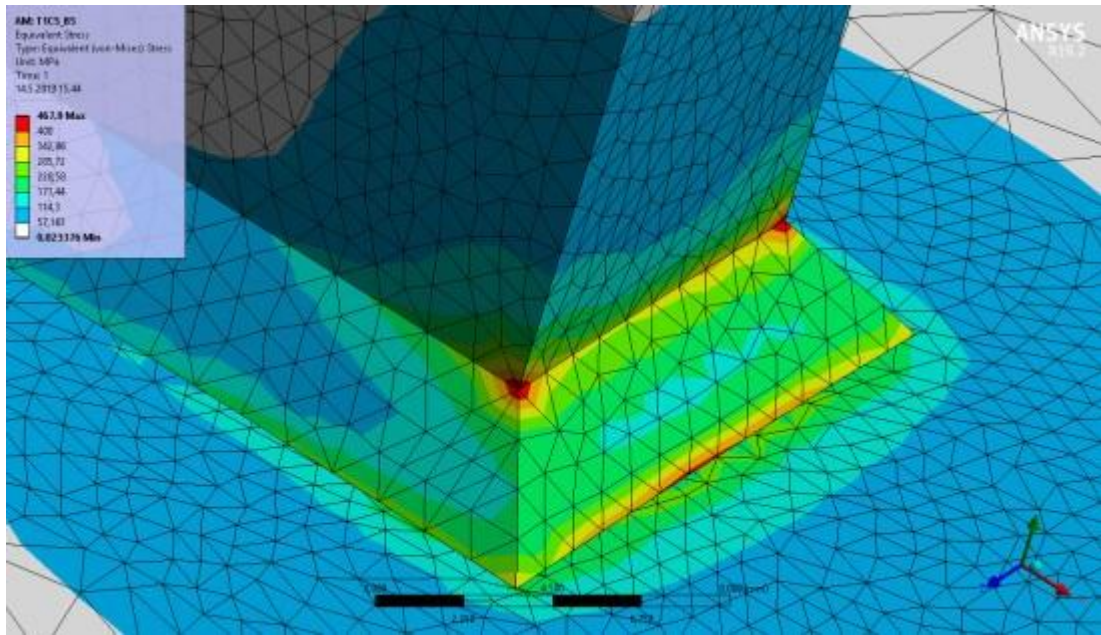


Kuva 42. Vino nostaminen pitkittäisellä nostokorvalla

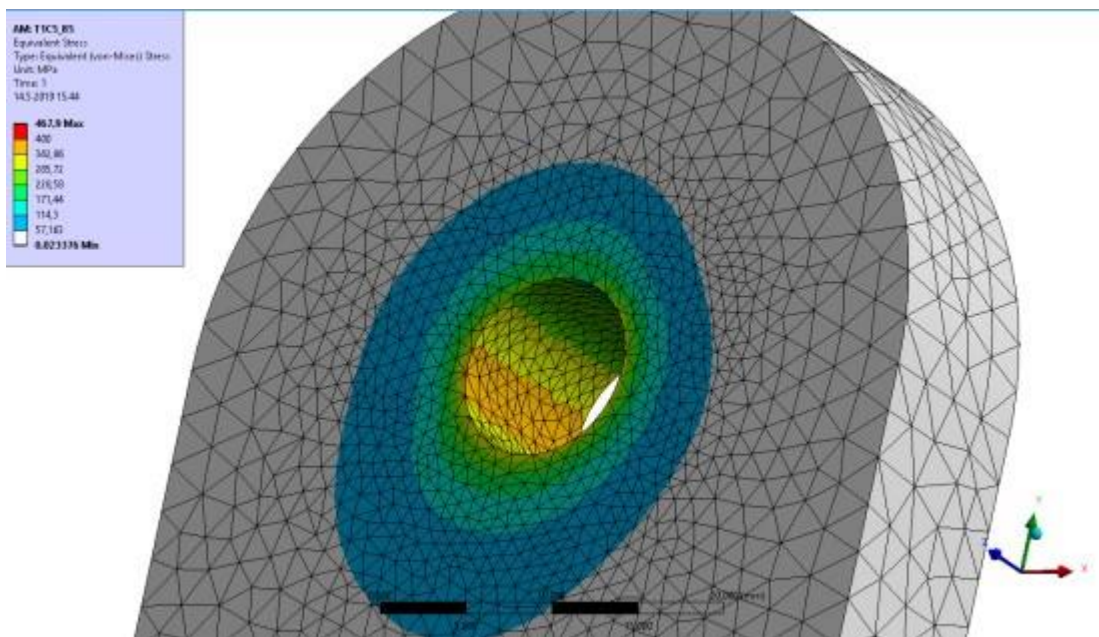


Kuva 43. 150-kertaisesti liioitellut jännityssiirtymät

Viidennen tapauksen kriittisimmäksi tekijäksi havaittiin tällä kertaa hitsisauman kestävyys. Reiässä ei muodostunut yhtä kriittisiä jännityksiä. Hitsisauman huippujännitykset olivat simulointitilanteessa jopa 400 MPa. (Kuvat 44 ja 45.)



Kuva 44. Hitsisauman kriittisyys viidennessä konfiguraatiossa



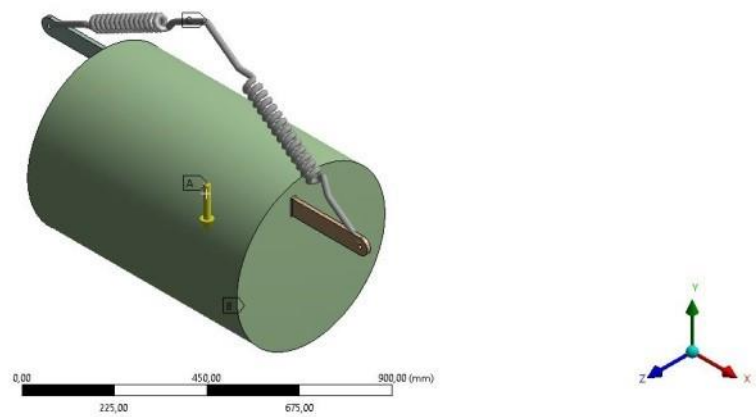
Kuva 45. Reiän jännitykset viidennessä konfiguraatiossa

4.2.7 Laskennan mallinnus (vino nosto – päätyasennus)

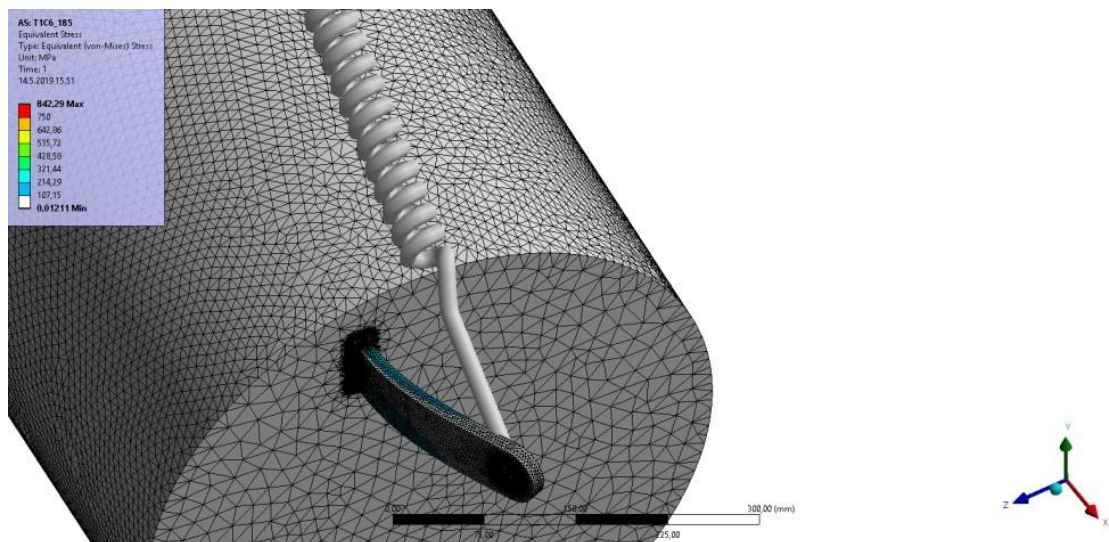
Kuudes eli viimeinen laskentatapaus kuvaa nostokorvien kestoja lämmönsiirtimen päätyihin asennettuna. (Kuva 46.) Liioiteltujen siirtymien kuvasta käy ilmi, miten nostokorvat alkavat taipua sivuttaissuunnassa. (Kuva 47.)

AI: T1C6_235
 Static Structural
 Time: 1, s
 13.5.2019 14.00

A Standard Earth Gravity: 9806,6 mm/s²
 B Distributed Mass
 C Remote Displacement

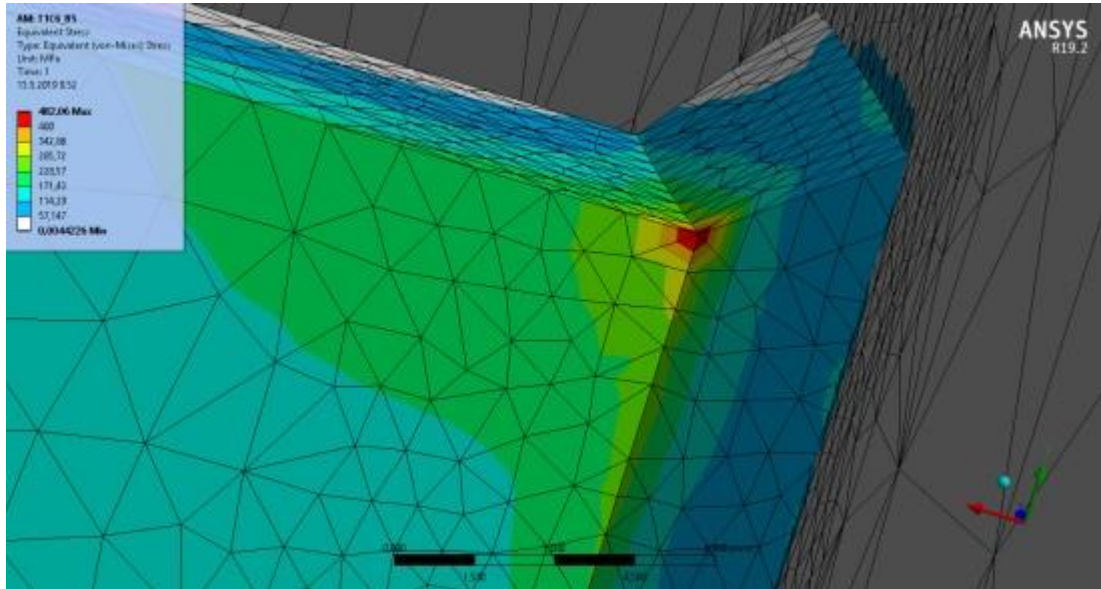


Kuva 46. Päätyihin asennetut nostokorvat

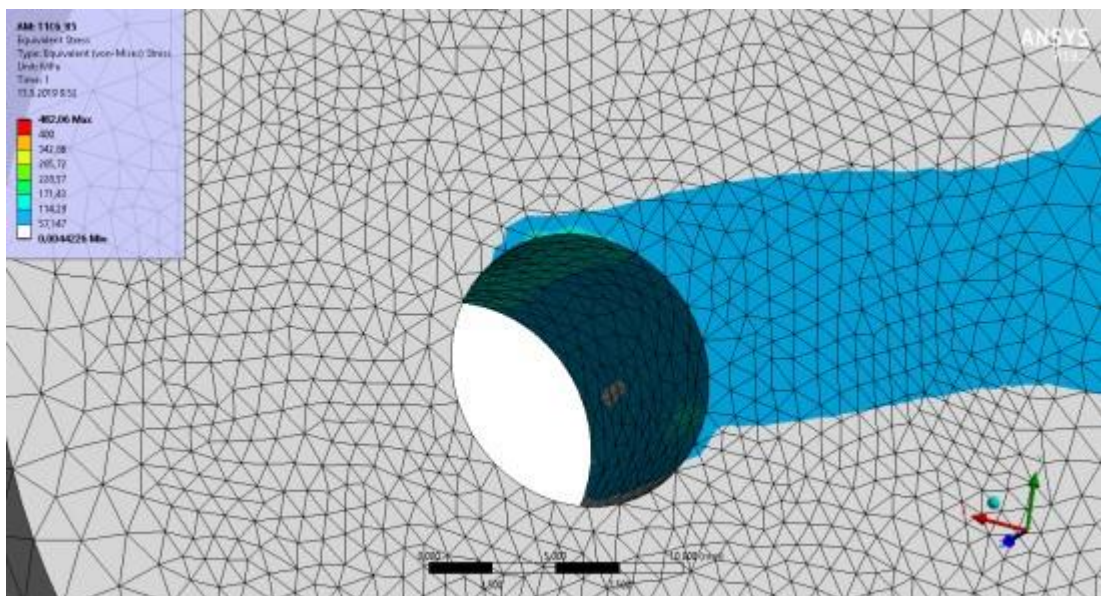


Kuva 47. 34-kertaisesti liioitellut siirtymät päätyasennetussa nostokorvassa

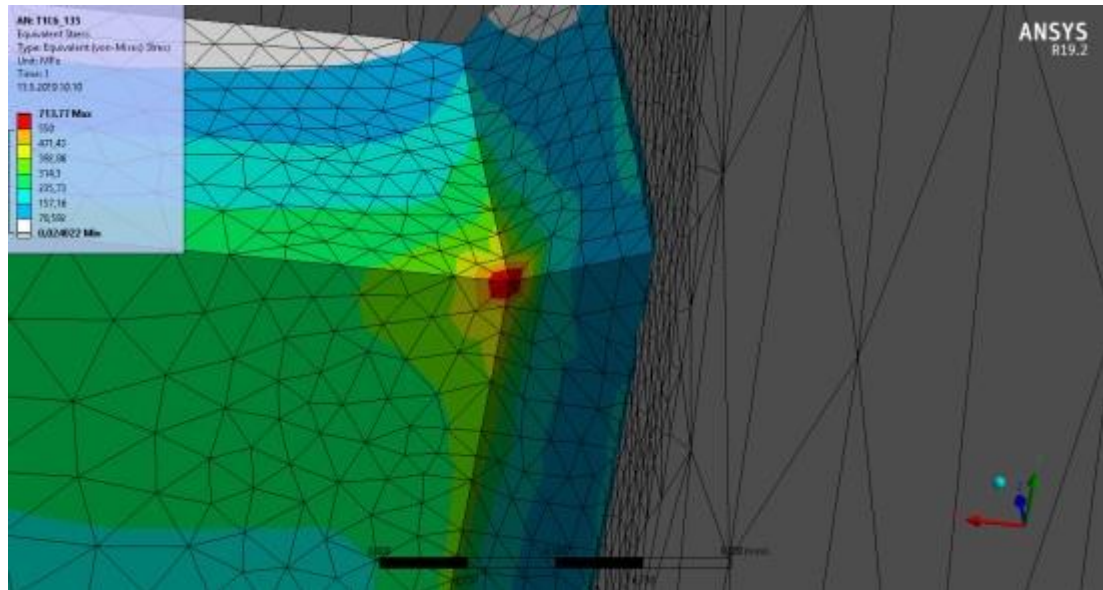
Kuudennen skenaarion kriittisemmäksi tekijäksi muodostui hitsisauman kestävyys. Hitsisaumassa havaittiin suuruudeltaan 500 MPa jännityksiä. (Kuvat 48 ja 49.) Myös kaikissa pidennetyissä nostokorvissa sen kestävyyttä rajoittavaksi tekijäksi havaittiin hitsisauman kestävyys. (Kuvat 50-55.)



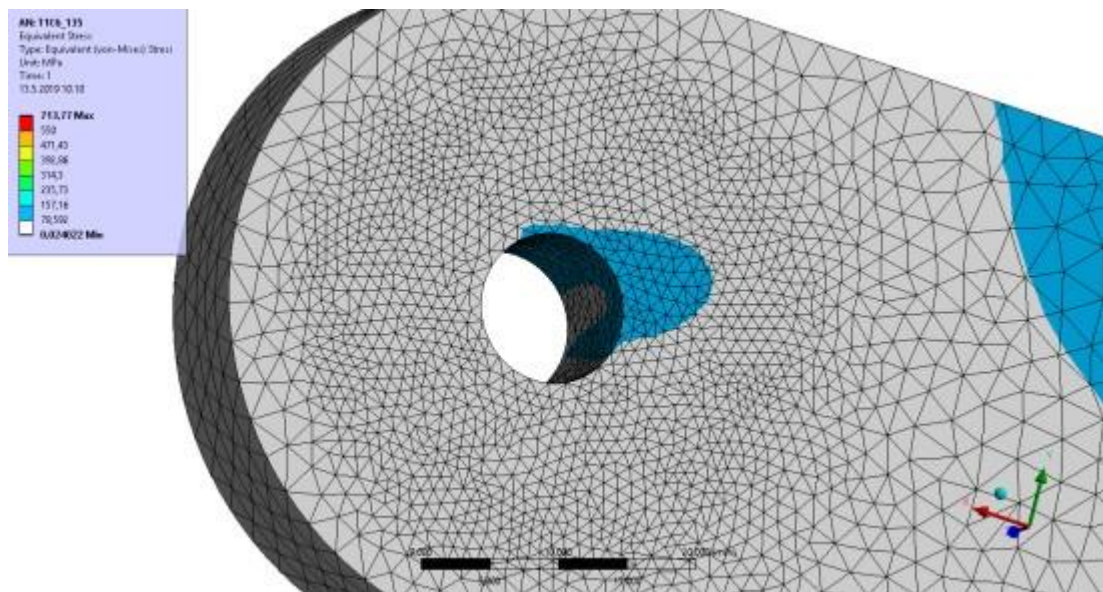
Kuva 48. Hitsisauman kriittisyys kuudennessa tapauksessa



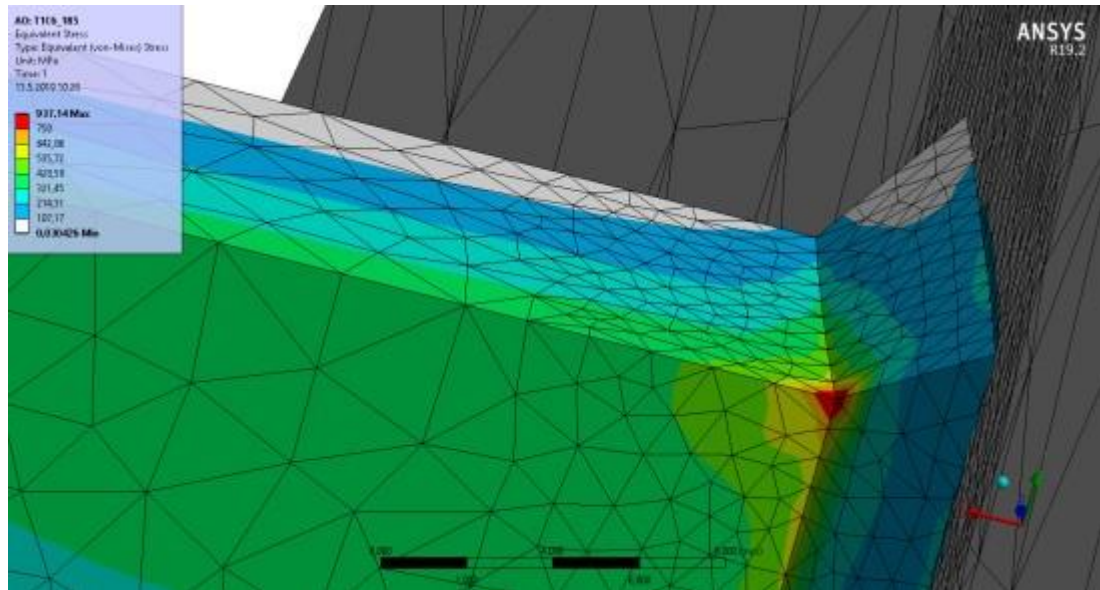
Kuva 49. Reiän jännitykset kuudennessa tapauksessa



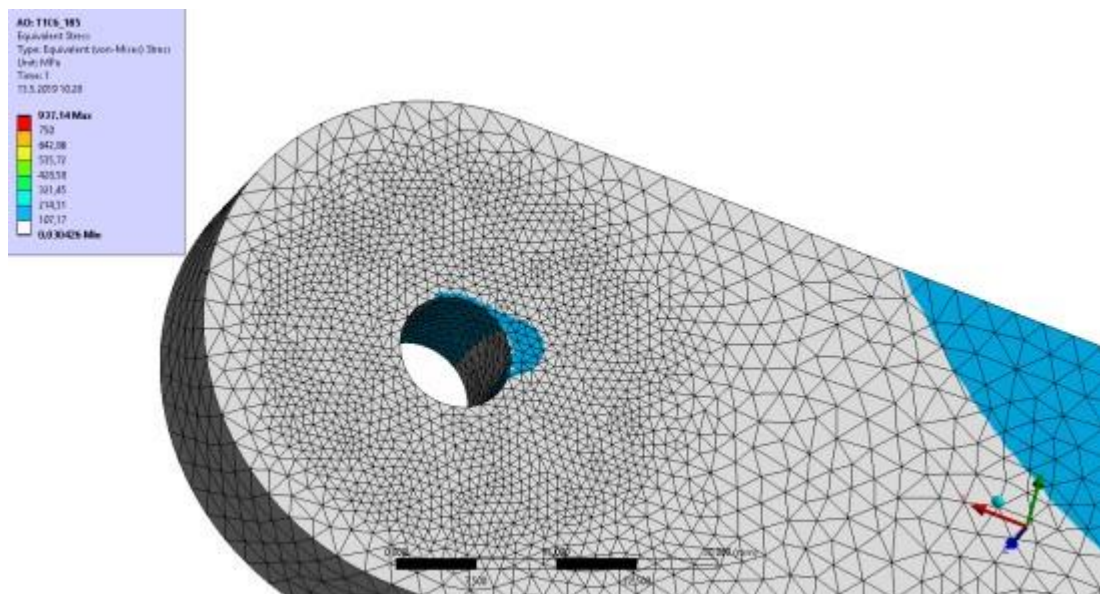
Kuva 50. 50 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



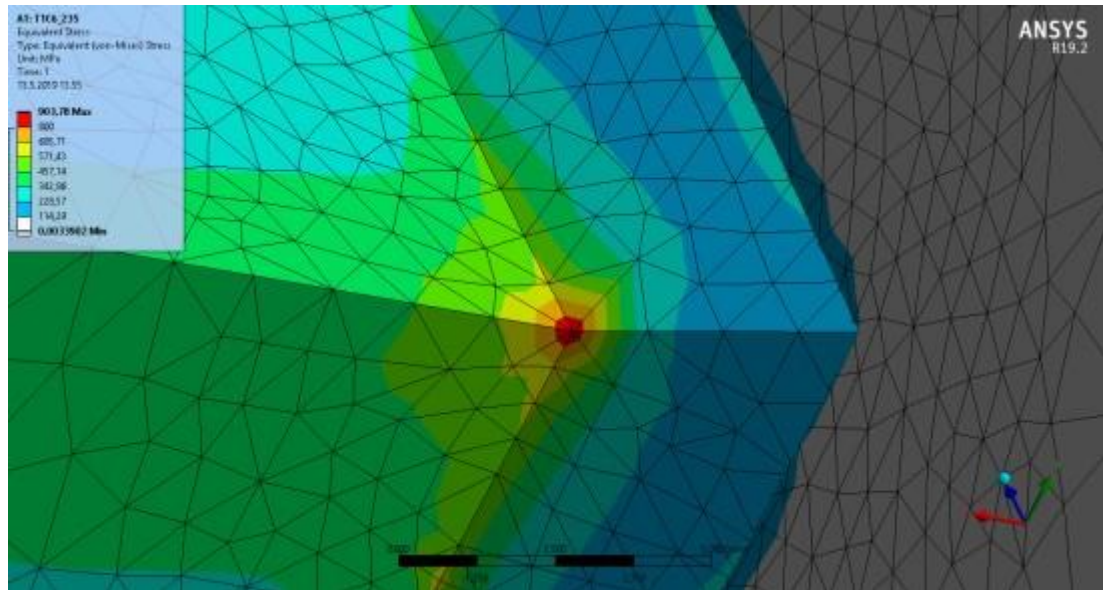
Kuva 51. 50 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset



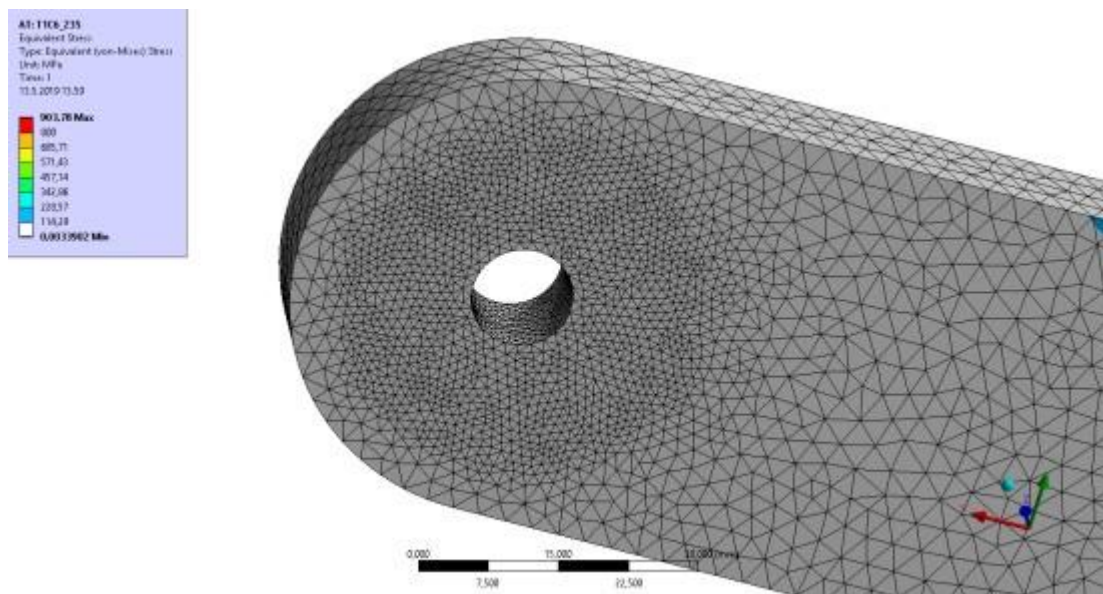
Kuva 52. 100 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



Kuva 53. 100 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset



Kuva 54. 150 mm pidennetyn nostokorvan hitsisauman jännitykset



Kuva 55. 150 mm pidennetyn nostokorvan reiän jännitykset

4.3 Ensimmäisen nostokorvan yhteenveto

Kun ensimmäiselle nostokorvalle oltiin laskettu kestävyudet ja rajoittavat tekijät, kannatti ne koota yhteen taulukkoon parempaa tarkastelua varten. (Taulukko 2.) Taulukosta katsomalla voidaan nähdä helposti, kuinka nostokorvien kestävyudet pienenevät merkittävästi, kun niitä aletaan rasittaa jyrkemmissä kulmissa. Haponkestävien materiaalien

kestävyydet samoilla ainevahvuuksilla jäivät huomattavasti hiiliteräsmateriaalin kestoista.

Taulukko 2. 1000 kg:n nostokorvan kestot ja rajoittavat tekijät

		Tapaus					
		1	2	3	4	5	6
Kriittisempi	Perustapaus	Hitsi	Hitsi	Reikä	Hitsi	Hitsi	Hitsi
	+50mm	Hitsi	Hitsi	Reikä	Hitsi	Hitsi	Hitsi
	+100mm	Hitsi	Hitsi	Reikä	Hitsi	Hitsi	Hitsi
	+150mm	Hitsi	Hitsi	Reikä	Reikä	Hitsi	Hitsi
SWL / kg	Perustapaus	1204/886	1104/812	854/629	176/130	331/243	331/243
Musta/Kirkas	+50mm	1204/886	1104/812	572/421	109/81	331/243	238/175
	+100mm	1204/886	1104/812	418/308	84/62	331/243	175/124
	+150mm	1204/886	1104/812	325/239	65/48	331/243	166/122

4.4 Loput laskennat

Kun 1T-nostokorva oli mitoitettu ja laskettu kokonaan, oli vuorossa muiden nostokorvien laskennat ja mallintamiset. Nämä laskennat sujuivat hyödyntäen aiemmin sovittuja sääntöjä ja rajoitteita. Lasku- ja mallinnusperiaatteena käytettiin samaa periaatetta kuin tuhannen kilogramman nostokorvankin kanssa.

4.5 Laskennan tarkastelua yksinkertaisilla kaavoilla

Comatecin käyttäessä tietokonepohjaista FEM-laskentaa oli hyvä tarkastella nostokorvien kestävyksiä myös yhdellä esimerkkitapauksella ja yksinkertaisia lujuuslaskennan peruskaavoja käyttäen. (Valtanen 2016.)

Tässä esimerkissä lasketaan viidennen perustapauksen tilanne. Kyseessä on siis vino nosto ja pitkittäinen vaippa-asennus.

Lähtöarvot:

Nostokorvan paksuus $T = 12.0 \text{ mm}$

Nostokorvan leveys $B = 50.0 \text{ mm}$

Nostokorvan pyöristyssäde $R = 25.0 \text{ mm}$

Nostokorvan reiän halkaisija $D = 12.0 \text{ mm}$

Nostokorvan reiän korkeus $h = 85.0 \text{ mm}$

Pienahitsin a-mitta $A = 3.0 \text{ mm}$

Käytettävä kuorma laskutilanteessa $m = 1000 \text{ kg}$

Varmuuskerroin $n = 2.0$

Nostokulma $b = 60 \text{ deg}$

Materiaalin (P265GH / SA516) myötöraja $Re = 265 \text{ MPa}$ (materiaalin ja hitsisauman oletetaan kestävän saman verran kaikkiin vaikutussuuntiin)

Nostohihnaan syntyvä jännitys, F_t

$$F_t = m * n * g / \sin b$$

$$F_t = 1000 \text{ kg} * 2.0 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} / \sin 60 = 22655 \text{ N}$$

Nostoon tarvittava voima, F_t jaettuna F_x ja F_y -komponentteihin

$$F_x = F_t * \cos b$$

$$F_x = 22655 \text{ N} * \cos 60 = 11327 \text{ N}$$

$$F_y = F_t * \sin b$$

$$F_y = 22655 \text{ N} * \sin 60 = 11327 \text{ N}$$

Leikkausjännitys nostokorvan reiässä, $Sr1$

$$Sr1 = Ft/2 * (R - D)/2 * T$$

$$Sr1 = 22655 \text{ N}/2 * (25.0 \text{ mm} - 12.0 \text{ mm})/2 * 12.0 \text{ mm} = 49.7 \text{ N/mm}^2$$

Jännitysvoima nostokorvan reiässä, $Sr2$

$$Sr2 = Fy/(2 * R - D) * T$$

$$Sr2 = 11327 \text{ N}/(2 * 25.0 \text{ mm} - 12.0 \text{ mm}) * 12.0 \text{ mm} = 24.8 \text{ N/mm}^2$$

Taivutusvoima nostokorvan juuressa, Sb

$$Z = B^2 * T/6$$

$$Z = [50]^2 * 12.0 \text{ mm}/6 = 5000 \text{ mm}^3$$

$$A = B * T$$

$$A = 50.0 \text{ mm} * 12.0 \text{ mm} = 600 \text{ mm}^2$$

$$Sb = Fx * h/Z + Fy/A$$

$$Sb = 11327 \text{ N} * 85.0 \text{ mm}/(5000 \text{ mm}^3) + 11327 \text{ N}/(600 \text{ mm}^2) = 211.4 \text{ N/mm}^2$$

Voiman F_x aiheuttama jännitys hitsisaumaan, S_{fx}Taivutus, S_{fx1}

$$S_{fx1} = F_x * h / Z_w$$

$$S_{fx1} = 11327 \text{ N} * 85 / (2500 \text{ mm}^3) = 385 \text{ N}$$

Leikkaus, S_{fx2}

$$S_{fx2} = F_x / A_w$$

$$S_{fx2} = 11327 \text{ N} / (300 \text{ mm}^2) = 37.8 \text{ N/mm}^2$$

Yhdistetty, S_{fx}

$$S_{fx} = \sqrt{(S_{fx1})^2 + (S_{fx2})^2}$$

$$S_{fx} = \sqrt{(385 \text{ N/mm}^2)^2 + (37.8 \text{ N/mm}^2)^2} = 387 \text{ N/mm}^2$$

Voiman F_y aiheuttama jännitys hitsisaumaan, S_{fy}

Koska Y-suunnassa ei ole taivutusta, lasketaan vain leikkausjännitys.

Leikkausjännitys, S_{fy}

$$S_{fy1} = F_y / A_w$$

$$S_{fy} = 11327 \text{ N} / (300 \text{ mm}^2) = 37.8 \text{ N/mm}^2$$

$$Z_w = A * B^2 / 3$$

$$Z_w = 3.0 \text{ mm} * [50]^2 / 3 = 2500 \text{ mm}^3$$

$$A_w = A * 2 * B$$

$$A_w = 3.0 \text{ mm} * 2 * 50.0 \text{ mm} = 300 \text{ mm}^2$$

Maksimi yhdistetty jännitys hitsisaumassa, S

$$S = S_{fx} + S_{fy}$$

$$S = 387 \text{ N/mm}^2 + 37,8 \text{ N/mm}^2 = 423 \text{ N/mm}^2$$

Koska voimien F_x ja F_y aiheuttama kokonaisjännitys hitsisaumassa on reiän jännityksiä suurempi, voidaan päätellä että nostokorvan kestävyyttä rajoittaa eniten hitsisauman kestävyys. Kaavasta poiketen FEM-arvon tilalla käytetään kriittisen hitsisauman kokonaisjännitystä.

SWL-laskukaava:

$$\frac{\frac{R_{eL}}{n}}{FEM} = \frac{SWL}{W} \rightarrow SWL = \frac{R_{eL}}{n} \cdot W$$

$$SWL = \frac{265/2.0}{423} \text{ MPa} \times 1000 \text{ kg} = 313 \text{ kg}$$

Yksi nostokorva kestää 313 kg nostokuormaa.

Kun peruskaavoilla oltiin laskettu nostokorvien kestoja, oli vuorossa tulosten vertaaminen. Vertailukelpoisuuden maksimoimiseksi käsinlaskettaessa käytettiin samaa SWL-kaavaa ja materiaalin myötörajaa kuin aiemmissa FEM-laskennoissa. Comatecin FEM-laskentaohjelmalla 1000 kg:n nostokorvien pitkittäisessä vaippa-asennuksessa yhdistetyllä vinolla nostolla yhden nostokorvan kestävyudeksi saatiin 331 kg. Käsinlaskettu 313 kg on siis hyvin lähellä FEM-laskettua arvoa. Tuloksista voidaan päätellä, että molemmat luvut ovat realistisia ja totuudenmukaisia. Käsinlaskettuna saatiin nostokuormaa rajoittavammaksi tekijäksi hitsisauman kestävyys, kuten myös FEM-laskennassa.

5 OSAKUVIEN LAATIMINEN

Kun lopullisten mallien mitat oli päätetty, oli seuraavana vuorossa nostokorvien osakuvien piirtäminen Vahterus Oy:n kuvapohjiin ja tallentaminen Vahteruksen tietokantaan. Näiden kuvien perusteella saadaan tilattua oikeat nostokorvat joko alihankintana tai vaihtoehtoisesti suoraan Vahteruksen omalta koneistamolta.

5.1 Osakuvien piirtäminen

Osakuvat piirrettiin käyttäen AutoCAD LT 2018 -ohjelmaa. Osakuvien paperikooksi ja kuvapohjaksi valittiin pystysuuntainen A4. Nostokorvien osakuvien mittaskaala valittiin niiden koon mukaan niin, että kuvien luettavuus olisi mahdollisimman helppoa. (Liitteet 1-2)

5.2 Osakuvien piirtämisprosessi

Koska nostokorville on suunniteltu myös pidennetyt mallit, oli järkevintä taulukoida nostokorvan pituusmitat vaihtelevien pidennyksien mukaan. Nostokorvat piirrettiin sekä etu- että päätyprojektiossa. Kun kuvat oli piirretty, ne hyväksyttiin suunnitteluosaston pääsuunnittelijalla. Tämän jälkeen osakuvat ovat valmiita ja voidaan lähitulevaisuudessa ottaa käyttöön.

6 OHJEISTUKSEN TEKEMINEN SUUNNITTELIJOILLE

Yksi tärkeä osa opinnäytetyötä oli laatia yleispätevä ohjeistus suunnittelijoiden käyttöön. Ohjeistuksen on tarkoitus helpottaa nostokorvien valintaa ja sijoittelua. Suunnitteluohjeistuksen tuli olla lyhyt, mutta selkeä ja yksiselitteinen.

6.1 Ohjeistuksen formaatti

Suunnittelijoille suunnattu ohjeistus päätettiin laatia kaksiosaisena. Ohjeistukseen tulisi kuvallinen, nostokorvien kestävyyksistä eri asennustavoilla kertova taulukko sekä lyhyt kirjallinen ohjeistus. Kirjallisessa ohjeistuksessa viitataan kuvalliseen ohjeistukseen ja näitä ohjeistuksia onkin suunniteltu käytettäväksi yhdessä.

6.2 Kirjallisen ohjeistuksen tekeminen

Kirjallinen ohjeistus laadittiin Word-tekstinkäsittelyohjelmalla. Kirjallisessa ohjeistuksessa käsitellään nostokorvien sijoittelua hitsattuihin ja avattaviin lämmönsiirtimiin. Ohjeistus neuvoo myös oikean nostokorvan valitsemisessa. Ohjeistus kertoo myös vältettävät nostokorvien sijoituspaikat. Kirjallisesta ohjeesta tehtiin yhden A4-arkin pituinen. Ohjeesta laadittiin yksinkertainen ja lyhyt, jotta jokaisella suunnittelijalla olisi aikaa ja mielenkiintoa lukea se läpi. (Liite 3.)

6.3 Kuvallisen ohjeistuksen tekeminen

Nostokorvien kehosta kertova taulukko yleisimmissä nostotilanteissa laadittiin Autocad-mallinnusohjelmalla. Taulukkoon otettiin mallia esimerkiksi nostosilmukkavalmistajien valmiista tuotetaulukoista. Taulukosta saatiin selkeä ja yksiselitteinen. Taulukkoa kehitettiin myös muiden työntekijöiden ja esimerkiksi Comatecin kommenttien ja toiveiden mukaan. Taulukkoon laitettiin myös selvästi nostokorvien paikoitukseen liittyviä rajoitteita, kuten esimerkiksi astekulmarajoitteita. Taulukkoon laadittiin myös jokaiseen tapaukseen erikseen lasketut korjauskertoimet jatketuille, eristettäviin lämmönsiirtimiin asennettaville, nostokorville. Graafisesta ohjeistuksesta käy myös ilmi laskennassa käy-

tetty varmuuskerroin. Nostokorvien kesto heikkenee lämpötilan kasvaessa, joten taulukoon laitettiin näkyviin myös nostokorvien mitoituksessa käytetty lämpötila, joka tässä tapauksessa oli yleinen huoneenlämpö eli 20 Celsius-astetta. Kuvalliseen ohjeistukseen pystyttiin lisäämään vain valmiiksi saatujen nostokorvien kestot. Taulukon luettavuuden ja laatuvaikutelman parantamiseksi kirjoitettiin nostokorvien kestot siihen 5 kg:n tarkkuudella alempaan viidellä jaolliseen lukuun pyöristettyinä. Taulukon luettavuutta parantaa myös sen A3-paperikoko. (Liite 4.)

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyöprojekti sujui kaikkiaan kohtuullisen hyvin. Opinnäytetyön lopputulokseen olivat tyytyväisiä opinnäytetyön tekijä ja työn tilannut yritys. Opinnäytetyön tekijästä riippumattomista aikatauluongelmista johtuen jokaista nostokorvaa ei saatu ajoissa lasketua ja mallinnettua. Muita huomattavia ongelmia opinnäytetyön tekemisessä ei ilmennyt.

Nostokorvia asennetaan vuodessa muutamia tuhansia. Tarve laadukkaalle ja ajantasaiselle nostokorvavalikoimalle on siis olemassa. Uudet nostokorvat tulevat tuomaan materiaalisäästöjen kautta taloudellisia säästöjä merkittävästi. Uusista nostokorvista laadittu valintataulukko parantaa myös selvyyttä niiden käytöstä suunnitelmissa.

Opinnäytetyön tekeminen paransi tekijän ymmärrystä lujuuslaskennasta, kehitysprojekteista ja yleisesti projektin vetämisestä alusta loppuun. Myös alihankintatyön teettämisestä saadut kokemukset ovat jatkoa ajatellen hyödyllisiä. Opinnäytetyön tekemisessä saatu apu Vahterus Oy:n pääsuunnittelijalta ja työtä Turun Ammattikorkeakoulun puolesta ohjaavalta opettajalta olivat myös merkittävässä osassa sen onnistumisessa. Yrityksen muutkin osapuolet suhtautuivat siihen positiivisesti ja pitivät projektia tärkeänä. Työn tekemiseen saatu työaika oli myöskin riittävä.

LÄHTEET

Vahterus Oy:n kotisivut, viitattu 14.2.2019 - <https://vahterus.com/company/>

Vahterus Oy, sisäinen tietokanta

Konedirektiivi 2006/42/EY

Comatec Oy

Valtanen, E., Tekniikan taulukkokirja, 2016, Genesis-Kirjat

Kuva 1. Fasteners.eu - <http://www.fasteners.eu/standards/DIN/580/>

Kuva 5. Vahterus Oy, sisäinen tietokanta

Kuva 7. Vahterus Oy, sisäinen tietokanta

Kuva 8. Vahterus Oy, sisäinen tietokanta

Kuva 9. Vahterus Oy, sisäinen tietokanta

Kuva 10. Myynti Eppos Oy, myyntikuvasto

Kuva 12. Myynti Eppos Oy, myyntikuvasto

LIITTEET

POS	QTY	DESCRIPTION	DIMENSIONS	MATERIAL	CERT
1		PLATE	30 x 8 x L2		3.1

Pidennys/Extension	L1	L2
+0 (Std.)	85	105
+50	135	150
+100	185	200
+150	235	250

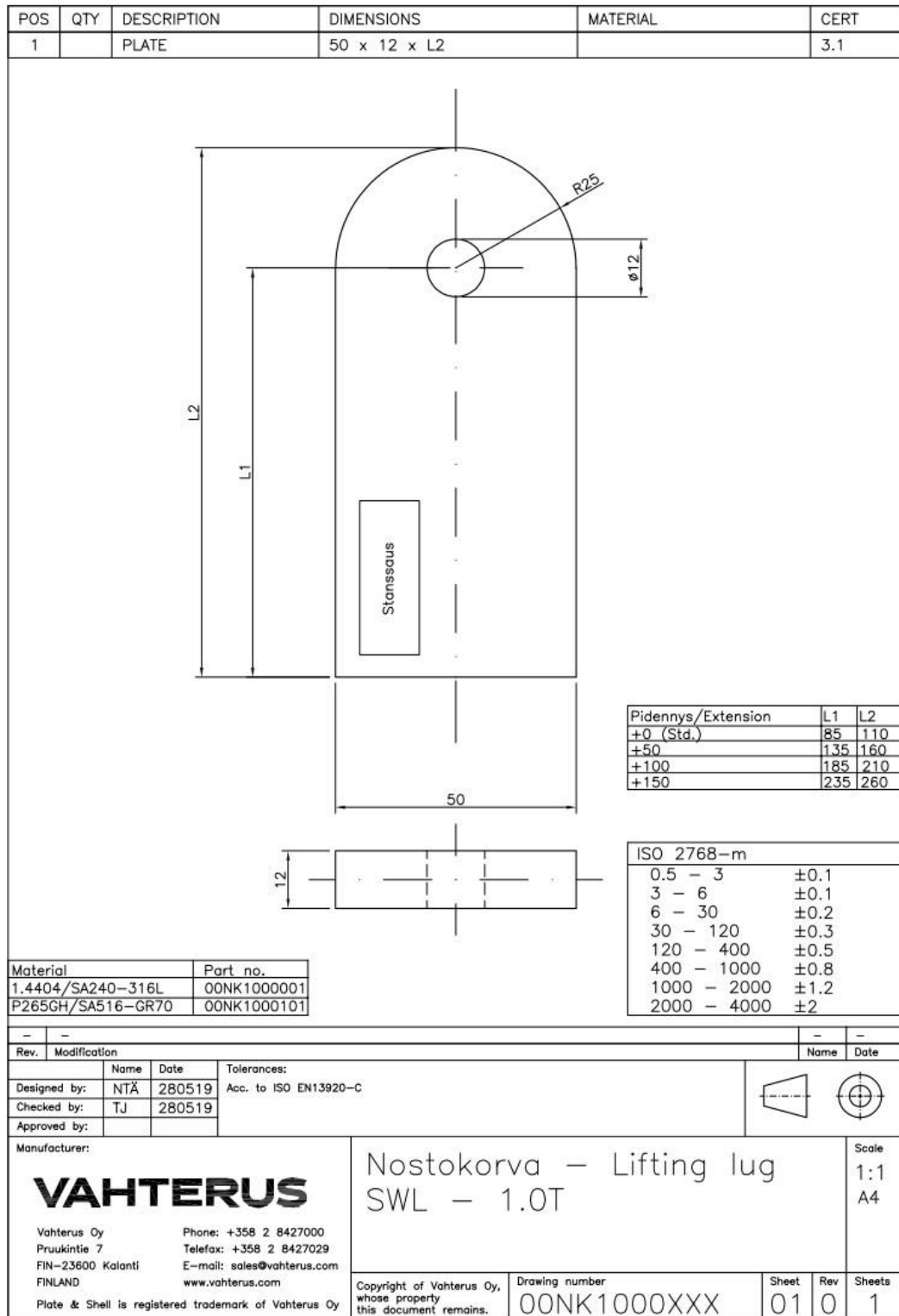
ISO 2768-m	
0.5 - 3	±0.1
3 - 6	±0.1
6 - 30	±0.2
30 - 120	±0.3
120 - 400	±0.5
400 - 1000	±0.8
1000 - 2000	±1.2
2000 - 4000	±2

Material	Part no.
1.4404/SA240-316L	00NK0600001
P265GH/SA516-GR70	00NK0600101

Rev.	Modification	Name	Date	Tolerances:	Name	Date
Designed by:	NTÄ	280519	Acc. to ISO EN13920-C			
Checked by:	TJ	280519				
Approved by:						

VAHTERUS Vahterus Oy Phone: +358 2 8427000 Pruukintie 7 Telefax: +358 2 8427029 FIN-23600 Kalanti E-mail: sales@vahterus.com FINLAND www.vahterus.com Plate & Shell is registered trademark of Vahterus Oy		Nostokorva – Lifting lug SWL – 0.6T		Scale 1:1 A4	
Copyright of Vahterus Oy, whose property this document remains.		Drawing number 00NK0600XXX	Sheet 01	Rev 0	Sheets 1

Liite 1. 600 kg:n nostokorvan osakuva



Liite 2. 1000 kg:n nostokorvan osakuva

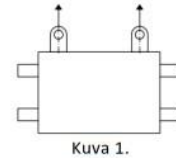
VAHTERUS

Nostokorvien valitseminen ja sijoittaminen lämmönsiirtimeen

Ohje suunnittelijoille

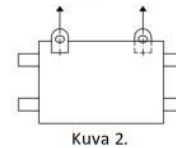
Sijoittaminen – Hitsattava lämmönsiirrin

-Nostokorvat tulee sijoittaa ensisijaisesti vaipan yläosaan pituussuuntaan käännettynä, jolloin ne eivät vaadi pyöristämistä. (Kuva 1.)



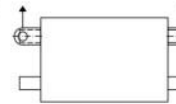
Kuva 1.

-Nostokorvien ns. ristiin-asennusta tulee välttää. (Kuva 2.)



Kuva 2.

-Mikäli vaippa-asennukselle ei ole tilaa, voidaan nostokorvat sijoittaa pätyihin. (Kuva 3.)



Kuva 3.

Sijoittaminen – Avattava lämmönsiirrin

-Kannen puoleisen päädyn nostokorvat tulee sijoittaa ensisijaisesti kannen ja laipan yläosaan pystyakselille.

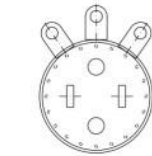
Mikäli nostokorvien väliin ei jää tarpeeksi tilaa nostosokkela varten,

tulee kanteen tai laippaan asentaa kaksi nostokorvaa sopivaan kulmaan. (Kuva 4.)

-Kannen pintaan tulee pyrkiä sijoittamaan kaksi symmetrisesti asennettua

nostokorvaa helpottamaan levypakan asennusta vaippaan. Kannen nostokorvat

tulee pyrkiä sijoittamaan kannen keskivaiheille. (Kuva 4.)



Kuva 4.

-Hitsattuun pätyyn tai vaipan taka-osaan tulee pyrkiä asentamaan yksi nostokorva.

Valitseminen – SWL - Lämmönsiirtimen paino

-Nostokorvien kesto riippuu hyvin vahvasti niiden asennuspaikasta ja nostotavasta. Varmista taulukosta kestävyys eri tilanteissa. (Liite 1.)

-Lämmönsiirtimeen tulee ensisijaisesti pyrkiä valitsemaan niin isot nostokorvat, että siirtimen nostaminen on mahdollista myös pelkästään yhdestä nostokorvasta.

-Eristetyissä siirtimissä, joissa joudutaan käyttämään pidennettyjä nostokorvia, tulee huomioida pidentämisen vaikutus suurimpaan sallittuun nostokuormaan käyttämällä taulukon korjauskertoja. (Liite 1.)

-Varmuuskerroin ei anna lupaa ylittää ylintä nostokuormaa!

Liite 1. – Nostokorvien valintataulukko

Nostokorvaohje suunnitteluun

Rev. 0 – NTÄ – 27.05.2019

Liite 3. Nostokorvien valinta- ja sijoitteluohje suunnittelijoille

PERPENDICULAR LIFTING		MAXIMUM ALLOWED LIFTING LOADS		At maximum load of this table have been considered an room temperature (20°C) with a safety factor of 2,0	
0.6T	-	-	-	-	-
1.0T	1200	1100	810	850	625
3.0T	-	-	-	-	-
5.0T	-	-	-	-	-
10T	-	-	-	-	-
15T	-	-	-	-	-
20T	-	-	-	-	-
CONNECTED LIFTING					
0.6T	-	-	-	-	-
1.0T	175	330	240	330	240
3.0T	-	-	-	-	-
5.0T	-	-	-	-	-
10T	-	-	-	-	-
15T	-	-	-	-	-
20T	-	-	-	-	-

Liite 4. Nostokorvien kestot taulukoituna