

Ulosvetotyökalusarjan suunnittelu harveste- rinostureiden huoltoon

Ville Hukkanen

Opinnäytetyö

Syyskuu 2012

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tekniikan ja liikenteen ala



Tekijä(t) Hukkanen, Jarkko Ville	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 02.07.2012
	Sivumäärä 47+15	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Ulosvetotyökalusarjan suunnittelu harvesterinostureiden huoltoon		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) MATILAINEN, Jorma, yliopettaja ALAKANGAS, Juhani, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Ponsse Oyj RÖNNKÖ, Pertti, kotimaan huoltopäällikkö		
<p>Ponsse Oyj:n huoltopalveluissa havaittiin toistuvia ongelmia uusien C22 ja C44 harvesterinosturimalien huollossa. Yleisin ongelma oli nostopuomin ja siirtopuomin välissä olevien siirtosylinterien tappiitosten purkamisen. Siirtosylinteriä irrotettaessa huoltoon varten sylinteritappien poistaminen oli useasti mahdotonta rikkomatta sylinteritappia tai nostopuominkorvakkeita. Sylinteritappeja poistettaessa leveässä tappilinjassa ilmeni kulmavirhe, jonka seurauksena sylinteritappi jumittui täysin. Jumiutumisen seurauksena jouduttiin tekemään useiden tuntien lisätyö, jotta sylinteritappi saataisiin poistettua. Ilman tarkoitukseen soveltuvia ulosvetotyökaluja työvaiheessa jouduttiin käyttämään työturvallisuuden kannalta vaarallisia menetelmiä. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa ulosvetotyövaiheen eteneminen ja suunnitella kokonaisvaltainen ulosvetotyökalusarja vaikeiden tappiitosten turvalliseen purkamiseen. Suunnitellulle työkalusarjalle tehtiin ohjeistus, jotta ensimmäistä kertaa työvaihetta suorittavien henkilöiden ei tarvitse käyttää aikaa miettimiseen, kuinka työvaihe tulisi turvallisesti suorittaa.</p> <p>Työ aloitettiin miettimällä huoltohenkilöstön ja vanhempien suunnittelijoiden avulla, kuinka saada poistettua tappilinjassa tapahtuva kulmavirhe. Kulmavirheen poistamiseksi suunniteltiin levittimet, jotka voitiin asettaa sylinterikorvakkeiden päälle. Suunnitelluilla levittimillä on mahdollista säätää korvakkeiden etäisyyttä toisistaan ja lukita sen avulla tappilinja haluttuun asentoon. Varsinaiseen tappien ulosvetoon mitoitettiin erilaisia vetotankoja 42CrMo4 materiaalista ja ulosvetoon tarvittava voima tuotettiin 330 kN ja 610 kN reikätkunkeilla.</p> <p>Suunnitellulla työkalusarjalla voidaan toteuttaa työvaiheet turvallisesti ja hallitusti. Työkalusarjaa käyttämällä ei tarvitse käyttää lainkaan vaarallisia vaihtoehtoisia menetelmiä, kuten hitsausta, rälläkointiä tai korkealla ja liukkaalla alustalla työskentelyä. Suomessa yli puolet vuosittain tapahtuvista työtapaturmista teknisillä aloilla sisältää piirteitä, jotka ulosvetotyökalusarjalla poistetaan.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ponsse Oyj, ulosvetotyökalusarja, metsäkoneet, työturvallisuus		
Muut tiedot		

Author(s) Hukkanen, Jarkko Ville	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 23.08.2012
	Pages 47+15	Language Finnish
	Confidential () until	Permission for web publication (X)
Title Designing an extraction tool set for the maintenance of harvester cranes		
Degree Programme Machine and Production Engineering		
Tutor(s) Matilainen, Jorma, Principal Lecturer Alakangas, Juhani, Senior Lecturer		
Assigned by Ponsse Oyj Rönkkö, Pertti, Domestic Service Manager		
<p>Abstract</p> <p>Ponsse Plc service department has faced continuously problems with new C22 and C44 harvester crane models. Most common problem was disassembling pin joint between lifting boom and luffing boom. Removing cylinders between those two booms without braking pin or boom flanges seemed to be almost impossible in most of the cases. Removing jammed pin was always time taking extra work that mechanic has to be able to avoid. Jamming of a pin was most of the cases caused by angle error in flanges. The angle error means that when two holes are not in straight line the pin is jammed. Using old fashion service tools and methods in a difficult service environment will predispose mechanics to a risk of a work injury. With proper special tools it is possible to reduce the risk of accidents and ease the process. The target of this bachelor thesis was to design a complete tool set for disassembling difficult the pin joint of the C22 and C44 harvester cranes. After designing user guide was made for the tools and also a phase to phase guide how these pin joints should be removed safely.</p> <p>The project was started by thinking with senior mechanics and designers what tools are needed to remove pins. The first problem was to solve how to avoid angle error which appears when pulling a cylinder pin. A special spreader to keep the hold flanges in place was made for the angle error. With the spreader it is possible to adjust and bend flanges away from another if needed. Usually spreading is the movement which helps when the pin is stuck. For pulling it was decided to use two different sizes of hollow plungers where the smaller 330 kN jack was meant to smaller pins and 610 kN for the bigger ones.</p> <p>With this tool set difficult and dangerous maintenance phases are made safely. By using the tool set there is no need to use dangerous methods such as machine grinding, welding or working on high slippery work stage. It has been researched that more than half of all work injuries have the same features that appear when using old fashion methods in the maintenance environment.</p>		
Keywords Ponsse Plc, extraction tool set, logging machine, work safety		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
1.1	Opinnäytetyön aiheen tausta ja tavoite	4
1.2	Ponsse oyj.....	5
2	PUUNKORJUU.....	6
2.1	Puunkorjuumenetelmät	6
2.2	Harvesterit eli hakkuukoneet	8
2.3	Liikeratanosturit.....	9
3	KUNNOSSAPITO.....	11
3.1	Kunnossapito käsitteenä	11
3.2	Korjaava kunnossapito	13
3.3	Huolto.....	13
3.4	Käyttövarmuus.....	14
3.5	Kunnossapidon taloudelliset vaikutukset.....	16
4	TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	17
5	OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT	19
5.1	Ongelma	19
5.2	Työvaiheen kuvaus.....	22
5.3	Työvaiheen kehittäminen.....	24
6	ERIKOISTYÖKALUJEN SUUNNITTELU.....	25
6.1	Design Project opintojakso syksyllä 2011.....	25
6.2	Korvakkeiden levitystyökalujen suunnittelu	29
6.3	Vetotanko	31

	2
6.3.1 Vetotanko tappilukituksella	31
6.3.2 Vetotanko kierteellä ja mutterilla	34
7 ULOSVETOTYÖKALUSARJA.....	35
7.1 Väliaisan tappiliitos	35
7.2 Nostopuomin korvakkeen tappiliitos	36
7.3 Nosturijalustan tappiliitos	37
8 TULOKSET.....	38
8.1 Työajan säästö	38
8.2 Työturvallisuus.....	42
9 POHDINTA.....	44
LÄHTEET	46
LIITTEET	48
Liite 1. Lukitustapin leikkaantumisen tarkastelu	48
Liite 2. Eri vetotankovaihtoehtojen mitoituksia.....	51
Liite 3. Vetoputkien pintapainetarkastelu	56
Liite 4. Työhöje-esimerkki ulosvetotyökalujen käyttöön nosturihuollossa	62

KUVIOT

KUVIO 1. Puunkorjuumenetelmät maailmanlaajuisesti.....	7
KUVIO 2. Liikeratanosturi	9
KUVIO 3. Liukupuominosturi	10
KUVIO 4. Käyttövarmuuden osa-alueet	16
KUVIO 5. Siirtosylintereiden kiinnitys nostopuomiin	20
KUVIO 6. Siirtosylintereiden kiinnitys väliaisaan.....	20
KUVIO 7. C22 nostopuomi, josta on leikattu korvakkeet irti	21
KUVIO 8. Nosturijalustan tappiliitos.....	22

KUVIO 9. Väliaisanlevitin olakeakselilla	27
KUVIO 10. Nostopuomin korvakkeen levitystyökalu olakeakselilla.....	27
KUVIO 11. Väliaisanlevitin pulttimekanismilla	28
KUVIO 12. Nostopuominkorvakkeiden levitin.....	29
KUVIO 13. Nostopuominkorvakkeiden levittimen prototyyppi.....	30
KUVIO 14. Väliaisankorvakkeiden levittimen prototyyppi.....	31
KUVIO 15. Periaatekuva lukitustappivetotangosta.....	32
KUVIO 16. Vetotanko tappiliitoksella.....	33
KUVIO 17. Väliaisan tappiliitoksen ulosvetotyökalut.....	36
KUVIO 18. Nostopuomin korvakkeen levitin ja tappiliitoksen ulosvetotyökalut.....	37
KUVIO 19. Nosturijalustan tappiliitoksen ulosvetotyökalu.....	38
KUVIO 20. Myytyjen C22 ja C44 nosturimallien sijoittuminen maantieteellisesti.....	41
KUVIO 21. Työtapaturmien syy Ponsella 2011	43

TAULUKOT

TAULUKKO 1. C22 liikeratanosturin tekniset tiedot.....	10
TAULUKKO 2. C44 liikeratanosturin tekniset tiedot.....	11
TAULUKKO 3. Nostureiden valmistusmäärät 11.5.2012.....	39
TAULUKKO 4. Nostureiden C22 ja C44 korjausaikojen vertailu	39
Taulukko 5. Nostureiden C22 ja C44 huollossa säästetty työaika vuositasolla	40
TAULUKKO 6. Ulosvetotyökalusarjan soveltuvuus muiden nosturimallien huoltoon.	40
TAULUKKO 7. Suomessa teknisellä alalla tapahtuvien onnettomuuksien määrä, jotka sisältävät samoja piirteitä, kuin C22 ja C44 huollossa	42

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aiheen tausta ja tavoite

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kehittämään Ponsse C22 sekä C44 harvesterinostureiden huoltoa. C22 ja C44 harvesterinosturimallit ovat varsin uusia ja niiden valmistus on aloitettu 2010. Uusien nosturimallien on arvioitu saapuvan huoltoon ensimmäisen kerran noin kaksi vuotta valmistumisesta, mikä tarkoittaa merkittävästi kasvavaa nosturihuoltojen määrää vuoden 2012 lopussa ja 2013 aikana. Uusien nosturimallien huoltoon ei ole aikaisemmin ollut tarvetta kehittää erikoistyökaluja ja ohjeistusta, koska huollettavien nostureiden määrä on ollut suhteellisen pieni. Lähi-tulevaisuudessa huoltojen määrä tulee kuitenkin lisääntymään merkittävästi, joten työvaiheita on tarve kehittää sekä ohjeistaa. Nykyaikana tuotteen kokonaiselinkaari-kustannuksia täytyy myös pystyä pienentämään menetelmien tehokkuutta parantamalla.

Työssä keskitytään liikeratanostureiden vaikeiden tappiliitosten purkamiseen sekä vähentämään tai poistamaan kokonaan työvaiheita, joissa on ilmeinen työtapaturman vaara. Tällä hetkellä työvaiheeseen ei ole olemassa tarvittavia erikoistyökaluja, vaan purkamiseen käytetään erilaisia soveltavia menetelmiä. Soveltavilla menetelmillä tarkoitetaan esimerkiksi lekalla lyömistä, kaasuleikkausta, hitsaamista ja hiontaa. Soveltavien menetelmien käyttäminen on vaarallista erityisesti korkealla ja liukkaalla alustalla työskenneltäessä. C22 ja C44 nostureiden vaikeimmat tappiliitokset ovat nostopuomin ja siirtopuomia liikuttavan väliaisan välissä olevien siirtosylintereiden liitokset, sekä nosturijalustan ja pylvään välinen liitos.

Opinnäytetyössä on tarkoitus suunnitella ja valmistaa kaikki tarvittavat erikoistyökalut C22 ja C44 nostureiden huoltoon sekä ohjeistaa niiden käyttöä. Käytettäessä yhdenmukaisia työkaluja sekä menetelmiä huollon tuottavuus ja työturvallisuus paranevat. Ensimmäisen kerran nosturihuoltoa suorittavan henkilön ei tarvitse enää kuluttaa aikaa miettimiseen, kuinka työvaiheet tulisi suorittaa ja toistaa mahdollisesti jo muiden aikaisemmin samassa vaiheessa tekemiä virheitä.

1.2 Ponsse oyj

Ponsse Oyj on Vieremällä vuonna 1970 perustettu teknologiateollisuuden yritys, joka on erikoistunut tavaralajimenelmään perustuviin ratkaisuihin. Yrityksen perustaja Einari Vidgren rakensi ensimmäisen metsätraktorin omaan käyttöönsä vuonna 1969, koska siihen aikaan saatavilla olleet koneet eivät olleet tarpeeksi kestäviä koviin metsäolosuhteisiin. Vidgrenin metsäkoneen tuottavuus ja alhaiset huoltokustannukset kiinnostivat asiakkaita, ja kysynnän seurauksena yritys perustettiin. (Ponsse Oyj historia 2012.)

Alkuvaiheen vaikeuksista huolimatta Ponsse metsäkoneiden kysyntä kasvoi ja vuosien mittaan yrityksen tuoteperhe on laajentunut merkittävästi ensimmäisestä metsätraktorista. Nykyään yritys tuottaa kokonaisvaltaisia ratkaisuja perustuen tavaralajimenetelmään, jossa puut katkaistaan määrämittäiseksi jo kaatovaiheessa. (Ponsse Oyj historia 2012.)

Ponsse konserni työllistää tällä hetkellä maailmanlaajuisesti yhteensä 978 työntekijää 36 maassa. Ponsse OYJ työllistää Suomessa 614 henkilöä, joista Vieremän tehdas työllistää noin 420 henkilöä. Iisalmen huoltopalveluyksikkö, joka on suurin toimipiste kotimaassa työllistää 102 henkilöä. Iisalmen yksikössä toimii myös konsernin varaosien keskusvarasto, tekninen dokumentointi sekä konsernin viennin varaosamyynti. (Paananen 2012.)

Ponsse Oyj on pohjoismaissa markkinajohtaja tällä teollisuuden alalla ja konsernin liikevaihto oli vuonna 2011 328,191 MEUR. Yrityksen osakkeet noteerataan NASDAQ OMX:n pohjoismaisella listalla. (Ponsse Oyj talous 2012.)

Konserniin kuuluu emoyhtiö Ponsse Oyj:n lisäksi tytäryhtiöt Ponsse AS (Norja), Ponsse S.A.S (Ranska), Ponsse UK (Iso-Britannia), Ponsse AB (Ruotsi), Ponsse North America Inc. (Yhdysvallat), Ponsse Latin America (Brasilia), Ponsse Uruguay S.A (Uruguay), Ponsse Asia-Pacific Ltd (Hong Kong), OOO Ponsse (Venäjä) sekä Epec Seinäjoella. (Ponsse Oyj 2012.)

Ponsse Oyj:n yksi kolmesta päästrategiasta metsäkoneiden ja tietojärjestelmien ohella on huoltopalvelut. Huoltopalveluihin kuuluvat verstashuolto, kenttähuolto, huoltoneuvonta ja etähuolto. Ponsse Oyj:n huoltoverkosto koostuu kaikkiaan 150 kansainvälisestä huoltopalvelukeskuksesta eripuolilla maailmaa. Laaja huoltopalveluverkosto sekä monipuoliset huoltopalvelut tarjoavat asiakkaalle teknistä tukea maakohtaisten tapojen mukaisesti. (Ponsse Oyj palvelut 2012.)

Ponsse Oyj kouluttaa huoltohenkilöstön vastaamaan ja reagoimaan nopeasti asiakkaiden yhteydenottopyyntöihin. Ponsse Global Service -tiimi huolehtii tytäryhtiöiden sekä maahantuojien teknisten ongelmien ratkaisussa. Yrityksen Global Service -tiimin jäseniä on sijoitettu ympäri maailmaa, jotta asiakkaalle pystytään takaamaan paras mahdollinen tuki maantieteellisestä sijainnista riippumatta. (Ponsse Oyj palvelut 2012.)

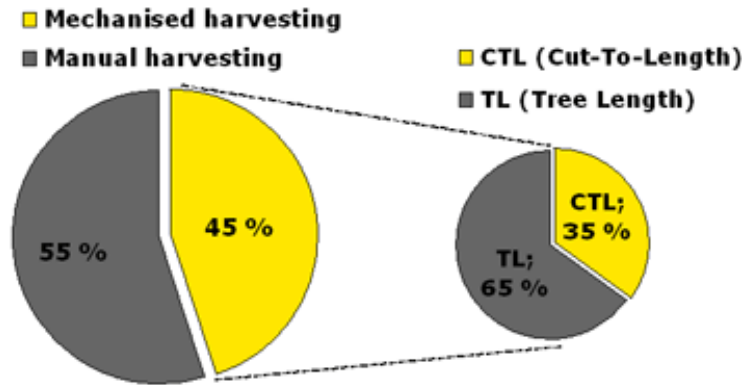
2 PUUNKORJUU

2.1 Puunkorjuumenetelmät

Maailmassa korjataan puuta hyvin monin eri tavoin riippuen olosuhteista joissa korjuutyö suoritetaan. Puunkorjuumenetelmiä voidaan jaotella eri tavoin ominaisuudesta riippuen. Yleisin jaotteluperuste on, missä muodossa puut tuodaan tien varteen: kokorunkona vai valmiiksi määrämittäiseksi katkaistuna. Jaoteltaessa puunkorjuu edellä mainitun tavan mukaisesti voidaan puunkorjuumenetelmät jakaa karkeasti kahteen eriluokkaan, tavaralajimenetelmään (Cut-To-Lenght) ja kokorunkomenetelmään (Tree-Lenght). (Uusitalo 2003, 53.)

Pohjoismaissa yleisin puunkorjuumenetelmä on tavaralajimenetelmä, joka ei kuitenkaan ole maailmanlaajuisesti yleisin tapa. Tavaralajimenetelmä on kuitenkin yleisty-
mässä varsin voimakkaasti. Karkean jaottelun mukaan tavaralajimenetelmä on yleinen Euroopassa ja kokorunkomenetelmä muualla maailmassa. Kuviossa 1 on esitetty

tavaralajimenetelmän ja kokorunkomenetelmän suhde hakkuumäärissä maailmanlaajuisesti.



KUVIO 1. Puunkorjuumenetelmät maailmanlaajuisesti (Ponsse Oyj puunkorjuumenetelmät 2012.)

Tavaralajimenetelmä tarkoittaa puun kaatamista, jonka jälkeen se karsitaan, mitataan ja katkaistaan määrämittäiseksi välittömästi kaadon yhteydessä. Puut kuljetaan metsästä tien varteen valmiina tavaralajina, jonka jälkeen ne pinotaan kukin omaan pinoonsa. Tavaralajimenetelmän kaatovaihe, karsinta ja katkaisu voidaan tehdä moottorisahalla tai hakkuukoneella. Kuljetusvaihe puolestaan suoritetaan kuormatraktorilla tai tavallisen traktorin perään kytketyllä metsäperäkärjällä. Pohjoismaisessa koneellisessa tavaralajimenetelmän korjuuketjussa puut korjataan hakkuukoneella ja ajetaan tienvarteen kuormatraktoreilla. (Uusitalo 2003, 53.)

Kokorunkomenetelmässä puun kaatamisen jälkeen se karsitaan ja kuljetetaan juontamalla kokonaisena tienvarteen. Juontaminen tarkoittaa sitä, että puunrungot vedetään maata pitkin maastosta pois. Tienvarsivarastolla puut mitataan ja katkaistaan haluttuihin lajeihin, kuten kuitu-, ja tukkipuu. (Uusitalo 2003, 54.)

Kokorunkomenetelmä soveltuu erityisen hyvin kookkaiden puiden korjaamiseen ja onkin siitä syystä erittäin suosittua mm. Pohjois-Amerikassa. Kokorunkomenetelmän vahvuutena voidaan mainita koneilta vaadittava yksikertainen teknologia, jossa ei tarvitse olla kalliita mittalaitteita ja koneet voivat työskennellä jyrkemmissä maas-

toissa verrattuna tavaralajimenetelmän koneisiin. Vaikka koneet ovat halvempia ja yksinkertaisempia verrattuna tavaralajimenetelmän koneisiin, niitä kuitenkin oltava 4-6 kappaletta, jotta saadaan tehtyä sama työ kuin käytettäessä tavaralajimenetelmän koneketjua. (Uusitalo 2003, 56.)

2.2 Harvesterit eli hakkuukoneet

Hakkuukoneet eli harvesterit ovat tavaralajimenetelmän koneita, joiden tehtävänä on mitata, karsia sekä katkaista puu halutun mittaiseksi. Puun katkaiseminen suoritetaan nosturin päässä roikkuvalla hakkuupäällä, jossa hydraulimoottorin pyörittämä ketjusaha katkaisee puun. Hakkuupään ketjusaha katkaisee puun ja mittaa halkaisijan, minkä jälkeen hakkuupäässä olevat syöttörullat liikuttavat runkoa seuraavaan katkaisukohtaan samalla karsien oksat pois.

Nykyään kaikki markkinoilla olevat harvesterit soveltuvat harvennus- ja päätehakkuihin. Harvesterit voidaan jakaa karkeasti neljään eri luokkaan kokonsa ja suorituskyvyn perusteella. Harvesterit jaotellaan yleisesti seuraaviin kokoluokkiin:

- pienet harvennusharvesterit
- harvennusharvesterit
- yleiskoneet
- päätehakkuukoneet.

Kokoluokkajako ei kuitenkaan tarkoita, että harvennusharvesterit soveltuvat vain harvennushakkuihin tai päätehakkuukoneet päätehakkuihin. Kaikki koneet pystyvät toimimaan eri kokoluokissa, mutta jokaiselle koneelle on olemassa omat ihanno-olosuhteet koneiden ominaisuuksien mukaan. (Uusitalo 2003, 68.)

Harvennusharvesterit on suunniteltu toimimaan ensiharvennuksilla, mutta ne soveltuvat myös hyvin toisiin harvennuksiin ja väljennyshakkuihin. Harvennusharvesterit voivat myös toimia pienirunkoisilla päätehakkuilla, mutta päätehakkuiden tuottavuus ei ylety harvennusharvesterilla päätehakkuukoneiden kanssa samalle tasolle. (Uusitalo 2003, 68.)

Yleiskoneet ovat yleisimpiä hakkuukoneita Suomessa. Yleiskoneilla työskenneltäessä voidaan työskennellä tehokkaasti päätehakuilla ja myös harvennuksilla, jossa yleiskoneet yleensä työskentelevätkin. Yleiskoneilla työskenneltäessä voidaan koneita työllistää tehokkaasti pienemmällä alueella, koska savotat voivat olla melkein millaisia hakkuita tahansa. Koneet jotka ovat erikoistuneet tietynlaisiin metsiköihin vaativat paljon siirtoja lavetilla, mikä ei ole kannattavaa toimintaa välimatkojen pidentyessä. (Uusitalo 2003, 68.)

Päätehakkuukoneet ovat tehokkaampia kuin yleiskoneet ja soveltuvat erityisesti päätehakkuisiin, mutta sopivat huonosti harvennuksille suuren koon tuoman kömpelyyden vuoksi. Hakattaessa päätehakkuita liian pienellä koneella koneen rakenteisiin kohdistuu paljon voimia, jotka voivat aiheuttaa rakenteiden ennenaikaisen väsymisen ja rikkoantumisen. Päätehakkuukoneiden ulottuvuus on tavallisesti 7 - 8 metriä, joka on hieman lyhyempi verrattuna harvennushakkuukoneisiin. Päätehakkuukoneiden lyhyempi ulottuvuus antaa paremman vakauden koneelle kannatellessa raskasta hakkuupäätä ja kaadettaessa suuria runkoja. (Uusitalo 2003, 69.)

2.3 Liikeratanosturit

Opinnäytetyön kohteena olevat tavaralajimenetelmän harvesterinosturit ovat toimintaperiaatteeltaan liikeratanostureita, mikä tarkoittaa liikeratojen olevan toteutettu täysin hydraulisesti. Kuvioissa 2 on esitetty liikeratanosturin ja liukupuominosturin rakenne puolestaan kuviossa 3. Liukupuominostureissa jatkeiden liikkeet on toteutettu ketjuilla, kun taas liikeratanostureissa kaikki toiminnot ovat hydraulisia.



KUVIO 2. Liikeratanosturi



KUVIO 3. Liukupuominosturi

C22 nosturimallit on tarkoitettu Ponsse Fox sekä Beaver malleihin, joissa hakkuupäänä käytetään yleensä H53 tai uutta H6 harvesteripäätä. Taulukossa 1 on esitetty C22 nosturin tekniset tiedot. C22 nosturin ulottuvuus H53 harvesteripäällä on 11 metriä ja H6 harvesteripäällä puolestaan 10,3 metriä. (Ponsse nosturit C22 2012.)

TAULUKKO 1. C22 liikeratanosturin tekniset tiedot (Ponsse nosturit C22 2012.)

(Kääntömomentti (brutto))	35 kNm
Tiltin kallistuma	+/-15 astetta
Nosturin kääntökulma	250 astetta
Nostomomentti (brutto)	190 kNm
Ulottuvuus (H53)	11 m
Ulottuvuus (H6)	10,3 m
Nostovoima täydellä ulottuvuudella	1100 kp/11 m

Liikeratanostureille on ominaista matala painopiste, joka auttaa tekemään koneesta vakaamman työskennellessä. Liikeratanosturin hyötyjä on nopea lineaarinen liike sekä tarkkuus puunkorjuussa. (Ponsse nosturit C22 2012.)

C44 liikeratanosturi on suunniteltu C22 nosturimallin pohjalta, mutta käyttäen järeämpiä komponentteja. C44 nosturimalleja käytetään keskimmäisen kokoluokan harvestereissa, kuten Ponsse Ergo harvesterimallissa. Taulukossa 2 on esitetty C44 nosturimallin tekniset ominaisuudet. (Ponsse nosturit C44 2012.)

TAULUKKO 2. C44 liikeratanosturin tekniset tiedot. (Ponsse nosturit C44 2012.)

Kääntömomentti (brutto)	35 kNm
Tiltin kallistuma	30 astetta
Nosturin kääntökulma	250 astetta
Nostomomentti (brutto)	230 kNm
Ulottuvuus (H6)	11 m
Ulottuvuus (H7)	10 m

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Kunnossapito käsitteenä

Laitteiden huoltaminen ja kunnossapito on yleisesti tiedossa oleva pakollinen paha. Huoltovaihe koitaan yleensä epämiellyttäväksi, koska se tarkoittaa lähes aina laitteiden seisauttamista, mutta se on kuitenkin pakko tehdä. Kunnossapidon laiminlyömissen seuraukset voivat kuitenkin olla hyvin monivaikutteiset, kuten laadun heikkeneminen, työturvallisuusriskit tai laitteistoiden vakavat vauriot. Huollon laiminlyöminen tai sen tekeminen puutteellisesti ilmenevät tuotannon menetyksinä sekä kasvaneina hankintakustannuksina. (Desai, A & Mital, A. 2011.)

Tuotteet ja laitteet, jotka ovat helppoja kunnossapidon kannalta, vähentävät huoltoseisokkien kestoja. Huoltoseisokkien keston lyhenemisen ansiosta tuote tuottaa enemmän ja huoltoon tarvitsee käyttää vähemmän aikaa ja vaivaa. (Desai, A & Mital, A. 2006.)

Kunnossapitoa voidaan ajatella yleisesti toimintana jonka avulla koneet, laitteet, prosessit, viemäri- vesi, -tie, -ratatieverkostot pysyvät toimintakuntoisina. Havaitut epäkohdat korjataan sekä riskit hallitaan. Standardin SFS-EN 13306:2001 mukaan kunnossapito määritellään seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tar-

koituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 15).

Kunnossapidon kehittyminen aikojen saatossa on muovannut huomattavasti kunnossapidon ajattelumallia. Alussa kunnossapito oli pääasiassa vikaantuneen laitteen korjaamista, kun se nykyaikana on ennakoivaa ja matemaattisesti hyvin tarkkaan määriteltyä.

Kunnossapito voidaan jakaa neljään eri aikakauteen

1. Ensimmäisen sukupolven kunnossapito oli laitteiden pitämistä seisokissa ja sitä ei nähty juurikaan tuotannon menetyksenä. Laitteiden ollessa yksinkertaisia ja ylimitoitettuja reilujen varmuuskertoimien ansiosta koneet myös kesti-
vät kauemmin. Koneiden ollessa suhteellisen yksinkertaisia mekaanisia laitteita myös huolloilta vaadittavat toimenpiteet olivat yksinkertaista laitteiden voitelua, säätämistä ja puhtaanapitoa.
2. Toisen sukupolven kehittyminen tapahtui toisen maailmansodan aikakana, jolloin valtaosa ammattitaitoisesta henkilökunnasta joutui rintamalle ja koneiden käyttö jäi kokemattomille kotirintamaihmisille. Tämä aiheutti syyäyksen yhdistää koneita toisiinsa, jotta saavutettaisiin helpompi käytettävyys ja parempi tehokkuus. Koneita yhdistämällä ilmeni laitteissa ajasta riippuvaa vikaantumista, jonka pohjalta kehittyi ennakoiva kunnossapito määräaikaishuollon ominaisuudessa.
3. Kolmannen sukupolven katsotaan käynnistyneen 1970- luvulla Yhdysvalloista kunnianhimoisten ja innovatiivisten avaruushankkeiden myötä. Tutkimusten kehittyessä avautui uusia lähestymismahdollisuuksia, kuten paremmat työkalut sekä tekniikat. Paremmilla työkaluilla ja menetelmillä oli mahdollista nostaa käyttövarmuus ja laitteiden automatisointi aivan uudelle tasolle. Tällä aikakaudella yleistyi ns. JIT (Just In Time) ajatusmalli. JIT- mallin idea on toimittaa asiakkaalle tuotetta juuri oikea määrä oikeaan aikaan, minkä avulla pyritään välttämään varastoarvojen kasvua.

4. Neljännen sukupolven kunnossapito ei ole enää pelkästään mekaanisten laitteiden kunnossapitoa, vaan mukaan astuu myös mekaanisia laitteita ohjaava teknologia, kuten anturit, ohjelmistot jne. (Järviö ym. 2011, 17-20.)

Kunnossapidon tehokkuus on korostunut nykyaikana, jolloin toiminnallinen luotettavuus perustuu laitteiden moitteettomaan kuntoon. Koneiden ollessa moitteettomassa kunnossa voidaan välttää myös muiden laitteiden vikaantuminen komponentin rikkoontumisen seurauksena. (Järviö ym. 2011, 21-22.)

3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito tarkoittaa, että vikaantuvaksi havaittua komponenttia tai osaa käytetään kunnes sen toiminta lakkaa tai se ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. Rikkoontumisen jälkeen komponentti tai osa palautetaan kunnossapidon keinoin takaisin toimintakuntoon. Korjaavan kunnossapidon työvaiheiden kestoa seuraamalla voidaan määrittää komponenttien elinikä ja elinkaarikustannukset. (Järviö ym. 2011, 49.)

Korjaavan kunnossapidon tunnusmerkkejä ovat:

- vian määrittäminen ja tunnistus
- vian paikallistaminen
- väliaikainen korjaus
- korjaus
- Komponentin tai osan palauttaminen toimintakuntoon. (Järviö ym. 2011, 49.)

3.3 Huolto

Huollolla pidetään yllä mekanismin käyttöominaisuuksia sekä suoritetaan ehkäiseviä toimenpiteitä, jotta vältetään mekanismin rikkoontuminen. Jaksotettuja määräai-

kaishuoltoja tehdään laitteille olosuhteista ja käyttöajan määrästä riippuen. Jaksotettuun määräaikaishuoltoon voidaan sisällyttää mm. seuraavia toimenpiteitä:

- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen, huolto
- kuluvien komponenttien vaihto
- toimintakyvyn palauttaminen halutulle tasolle. (Järviö ym. 2011, 21-22.)

3.4 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus on määritelty standardin PSK 6201 mukaan seuraavasti: ”käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajanhetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaaditut ulkoiset resurssit ovat saatavilla”. PSK 6021 standardin mukaan määritettyyn käytettävyyteen vaikuttaa toimintavarmuus, kunnossapidettävyys ja kunnossapitovarmuus. (Järviö ym. 2011, 36.)

Kunnossapidettävyys on yksi käyttövarmuuden osa-alue, jonka mittarina käytetään MTTR (Mean Time To Restoration). Kunnossapidettävyys on jaoteltu standardissa PSK 6201 seuraavasti: kunnossapidettävyyden todentaminen, testattavuus, itsediagnostiikka, huollettavuus, luoksepäästävyys ja vian paikannettavuus. Kunnossapidettävyys voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään: vian havaittavuus, huollettavuus sekä korjattavuus. (Järviö ym. 2011, 37.)

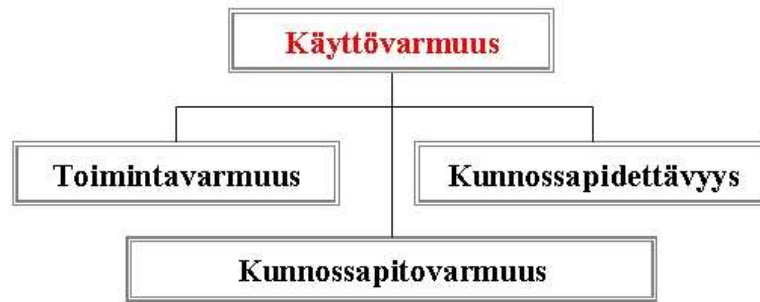
Vian havaittavuus on kunnossapidon kannalta yksi tärkeimmistä seikoista. Mikäli vika on vaikea paikallistaa ja havaita, joudutaan tekemään paljon ylimääräistä työtä sen löytämiseksi. Vian havaittavuus on tärkeää laitteen ennakoivan huollon kannalta. Havaittaessa käyntihäiriöitä tai muita toiminnallisia oireita laitteissa on mahdollista korjata ongelma ennen laitteen rikkoontumista. (Järviö ym. 2011, 37.)

Huollettavuuteen vaikuttavat laitteiden ja työmenetelmien yhdenmukaistaminen sekä standardisointi. Työmenetelmien yhdenmukaistaminen nopeuttaa huoltovaihetta, sekä parantaa turvallisuutta. Ohjeistettu huoltovaihe ja siihen standardoidut työvälineet ennaltaehkäisevät työvaiheen aikana tapahtuvia virhearviointeja sekä tekevät työvaiheen suorittamisesta selkeämmän työntekijälle. Yksinkertainenkin huoltokohde, jossa on epämiellyttäviä piirteitä, voidaan helposti laiminlyödä kunnollisen ohjeistuksen puuttuessa, mutta silti raportoida tehdyksi. (Järviö ym. 2011, 37-38.)

Huollettavuus on ennalta suunniteltu ominaisuus, jolla voidaan kuvata suoritettavien työvaiheiden sujuvuutta. Työvaiheita ovat mm. huoltokohteiden sijainti, suojalaitteiden poistaminen, huoltokohteen puhtaana pidettävyys, laitteiden pysäytystarve, huoltovaiheen ajallinen kesto sekä työvaiheen turvallisuus. (Järviö ym. 2011, 43.)

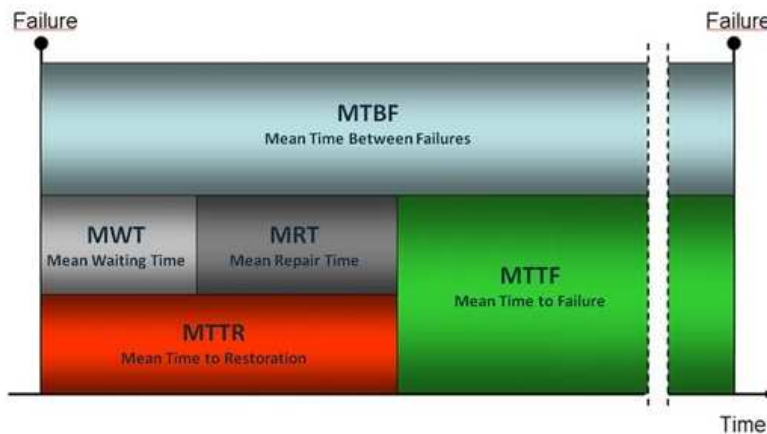
Korjattavuuteen vaikuttavat seuraavat tekijät: ajan tasalla oleva laitteiston dokumentaatio, varaosat, erikoistyökalut ja pääsy huoltokohteeseen. Varaosien ja työkalujen saatavuus oikeaan paikkaan oikeaan aikaan on elintärkeää MTTR:n kannalta. (Järviö ym. 2011, 37-38.) Mikäli huoltovaiheen alkaessa ei ole saatavilla tarvittavia erikoistyökaluja ja varaosia, kuluu tarpeettomasti arvokasta korjausaikaa. Erityisesti erikoistyökalujen saatavuus nopealla aikataululla voi olla haasteellista. Erikoistyökalujen avulla voidaan parantaa huomattavasti työturvallisuutta, jolloin vältetään riskialttiiden soveltavien menetelmien käyttö.

Kuviossa 4 on esitetty käyttövarmuuden osatekijät. Opinnäytetyössä yhtenä korjattavuuden mittarina voidaan käyttää MRT (Mean Repair Time), jolla mitataan varsinaisen korjausvaiheen kestoa. MTTR muodostuu kahdesta osa-alueesta MRT ja MWT (Mean Waiting Time). (Ramentor Oy 2012.)



Määritellään vielä kuvan avulla keskeisiä käyttövarmuuteen liittyviä aikamääreitä:

- MTBF, Mean Time Between Failures, Keskimääräinen vikaväli
- MTTF, Mean Time to Failure, Keskimääräinen vikaantumisaika
- MTTR, Mean Time to Restoration, Keskimääräinen toipumisaika
- MDT, Mean Down Time, Keskimääräinen seisokkiaika (usein sama kuin MTTR)
- MWT, Mean Waiting Time, Keskimääräinen odotusaika
- MRT, Mean Repair Time, Keskimääräinen korjausaika



KUVIO 4. Käyttövarmuuden osa-alueet (Ramentor Oy 2012.)

3.5 Kunnossapidon taloudelliset vaikutukset

Taloudelliset vaikutukset yrityksen kannattavuuteen kunnossapidon kautta ovat yleensä epäsuoria tai niin sanottuja välillisiä vaikutuksia. Kunnossapidon vaikutukset yrityksen talouteen on kuitenkin välttämätöntä ymmärtää, jotta pystytään selvittämään kunnossapidon tuottamat tuotot. Kunnossapito on yksi yrityksen suurimmista kustannuksista yrityksissä, jotka ovat sidottuja korkeaan pääomaan ja korkeisiin raaka-ainekustannuksiin. Kunnossapidon onkin todettu olevan yritysten suurin kontrolloimaton kuluerä. Teollisuuden hyvin johdetut yritykset ovat panostaneet vahvasti kunnossapidon kustannuksiin sekä hallintaan. (Järviö ym. 2011, 37-38)

Kunnossapidon kustannuksiin vaikuttaa pääasiassa kaksi tekijää, jotka ovat toiminnan tehokkuus ja kunnossapitotekniikoiden tehokkuusaste. Nykyaikana kone- ja laiteval-

mistajat huomioivat jo suunnitteluvaiheessa huollettavuuden kannalta oleellisia seikkoja, jotta laitteelle saataisiin mahdollisimman edullinen elinkaarikustannus. Yrityksen kilpailukyvyyn säilymisen kannalta on tärkeää huomata, että laitteen konaiskustannusten noustessa täytyy samalla rahamäärällä saada enemmän. (Järviö ym. 2011, 20-21.)

4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

Tietokonetta on käytetty apuvälineenä suunnittelussa sekä piirteiden luomisessa 1980-luvulta lähtien. 1980-luvulla kehitettiin lukuisia piirustusohjelmistoja, jotka yleistyivät varsin nopeasti teollisuudessa. 1980-luvun alussa yleinen käytettävä lyhenne tietokoneavusteiselle piirtämiselle oli CAD (Computer Aided Drafting). Vähitellen ohjelmistojen kehittyessä alettiin tietokonetta käyttää enemmän myös varsinaiseen suunnitteluun, jolloin CAD sai nimelleen uuden merkityksen Computer Aided Design. (Pere 2004, 137.)

Olemassa on kaksi- sekä kolmeulotteisia CAD-ohjelmistoja ja niissä on lähes loputon määrä erilaisia ominaisuuksia, kuten mahdollisuus tehdä lujuus- ja virtausanalyysyjä. Kehittyneillä suunnitteluohjelmilla työskenneltäessä on kuitenkin huomattava, että ohjelmistot eivät poista suunnittelijalta vaadittavia taitoja ja hahmotuskykyä. CAD-järjestelmät ovat suunnittelijan apuväline sekä työkalu, jonka heikkoudet ja mahdollisuudet on hyvä tiedostaa. (Pere 2004, 137.)

Parametrinen piirremallinnus tarkoittaa tietokoneavusteista kolmiulotteista mallinussjärjestelmää, jonka avulla rakennetaan 3D-malli. Kolmiulotteisen mallin käyttäminen on hyvin monipuolista ja auttaa mekaniikkasuunnittelussa määrittämään tuotteen ominaisuuksia, kuten liikeratoja ja mahdollisia törmäyksiä. Parametrisessa piirremallinnuksessa kappaleen mittoihin tehdyt muutokset päivittyvät välittömästi kappaleen mittoihin. Mahdollisuus muuttaa helposti kappaleen mittoja ilman varsinaiseen geometriaan puuttumista on tärkeää, koska varsinkin suunnittelun alkuvaiheessa on paljon mittoja, joita ei ole mahdollista vielä ottaa huomioon. Usein kappale-

leiden lopulliset mitat selviävät vasta suunnittelun myöhäisemmässä vaiheessa. (Hietikko 2007, 21.)

Piirremallinnus on tarkoittaa kappaleen muodostamista yksittäisistä piirteistä, joka alkaa peruspiirteestä. Peruspiirteeseen lisätään vaiheittain uusia piirteitä, josta lopuksi muodostuu valmis tarkka malli. Piirteet löytyvät varsinaisen mallin lisäksi suunnitteluohjelmiston ns. ”piirrepuusta”, josta piirteitä on helppo poimia mahdollista muokkausta varten. Kokoonpanokappaleissa kaikkien kokoonpanoon kuuluvien mallien piirteet, osat, osakokoonpanot sekä osien materiaalit löytyvät piirrepuusta. Käytettäessä kokoonpanon piirrepuuta yksittäisten kappaleiden muokkaamiseen voidaan helposti tarkastella kokoonpanon rakennetta sekä siinä tapahtuvia muutoksia. (Hietikko 2007, 21.)

PDM (Product Data Management) on tuotehallintajärjestelmä, jolla hallitaan kaikkea tuotteeseen liittyvää tietoa koko sen elinkaaren aikana. PDM- järjestelmä sisältää informaatiota, kuten 3D- malleja, työpiirustuksia, muutostiedotteita, huoltotiedotteita. (Hietikko 2007, 107.)

PDM- järjestelmää käytettäessä suurin etu on, että kappaletta, johon aiotaan tehdä muutoksia, on mahdollista muokata vain yhdellä työasemalla kerrallaan. Komponenttia työstettäessä PDM- järjestelmä suojaa kappaletta muiden mahdollisesti samankaltaisesti tekemiltä muutoksilta. Aluksi komponentti mallinnetaan omalla työasemalla valmiiksi, jonka jälkeen se tuodaan järjestelmään. Järjestelmään tuodessa kappaleeseen lisätään sidokset työpiirustuksiin, jolloin varsinaiseen malliin tehdyt muutokset päivittyvät niihin automaattisesti. Ilman PDM- järjestelmää kappaleisiin tehdyt muutokset eivät päivittyisi automaattisesti työpiirustuksiin, kokoonpanoihin vaan kaikki täytyisi päivittää manuaalisesti. Varsinkin suurten kokoonpanojen päivittäminen ja saman kappaleen käyttö useassa kokoonpanossa tekisi mallien pitämisen reaaliaikaisena miltei mahdottomana. PDM- järjestelmän rakenne voidaan luokitella viiteen perustoimintoon seuraavasti:

1. *Tietovarasto (data vault)*, johon tallennetaan kaikki dokumentit ja jonka avulla niitä myös hallitaan. Holvin tarkoituksena on varmistaa, että samaa kappaletta-

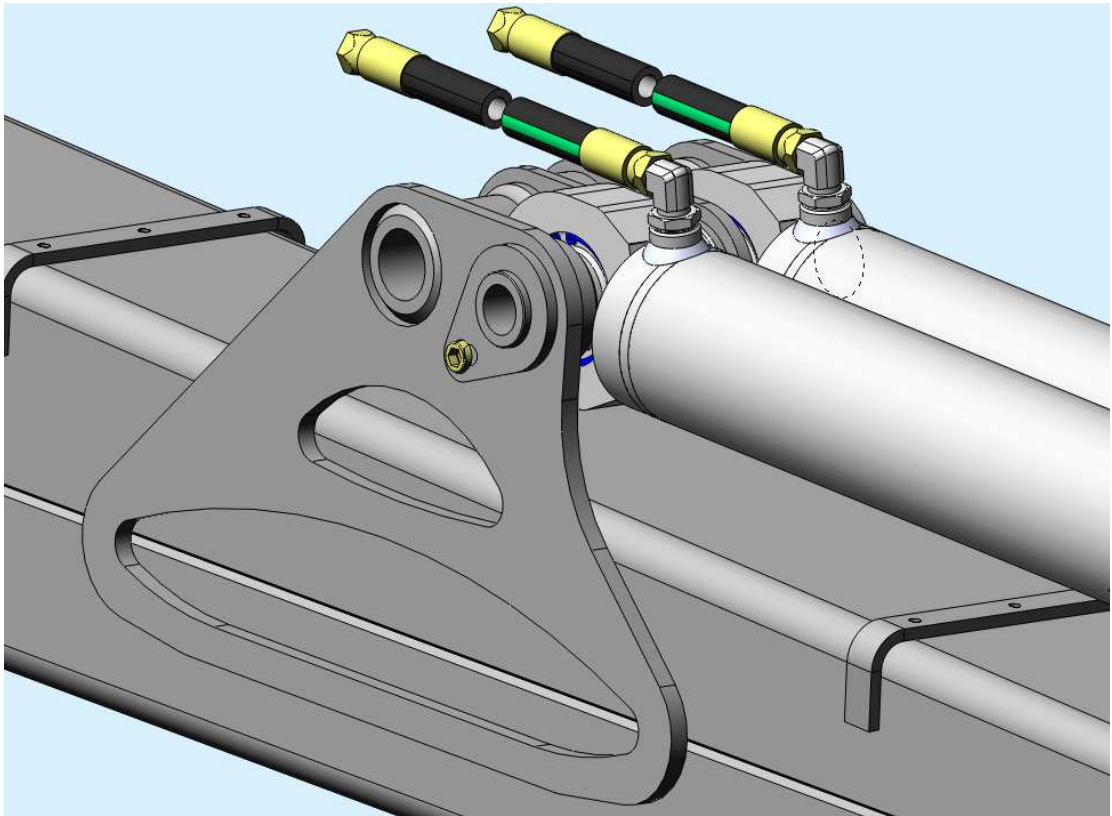
ta on mahdollista muokata vain yhden henkilön kerrallaan. Tällä varmistetaan että kappaleeseen ei voi tehdä muutoksia samaan aikaan toisen käyttäjän toimesta, jolloin malli pysyy turvallisesti lukittuna yhdelle käyttäjälle muokkauksen ajaksi.

2. *Työnkulun ja prosessin hallinta* huolehtii, että suunnitelmat ja muutokset etenevät hallitusti oikeassa järjestyksessä.
3. *Tuoterakenteen hallinta* huolehtii osaluetteloista ja asiakaskohtaisista yksityiskohdista.
4. *Osien hallinta*, jonka avulla haetaan järjestelmästä standardiosia, kuten muttereita, pultteja ja lisäksi myös jo valmistettuja komponentteja uudelleen käytettäväksi.
5. *Projektien hallinta*, joka sisältää prosessien välisen koordinaation, projektien seurannan sekä annettujen resurssien hallinnan. (Hietikko 2007, 107.)

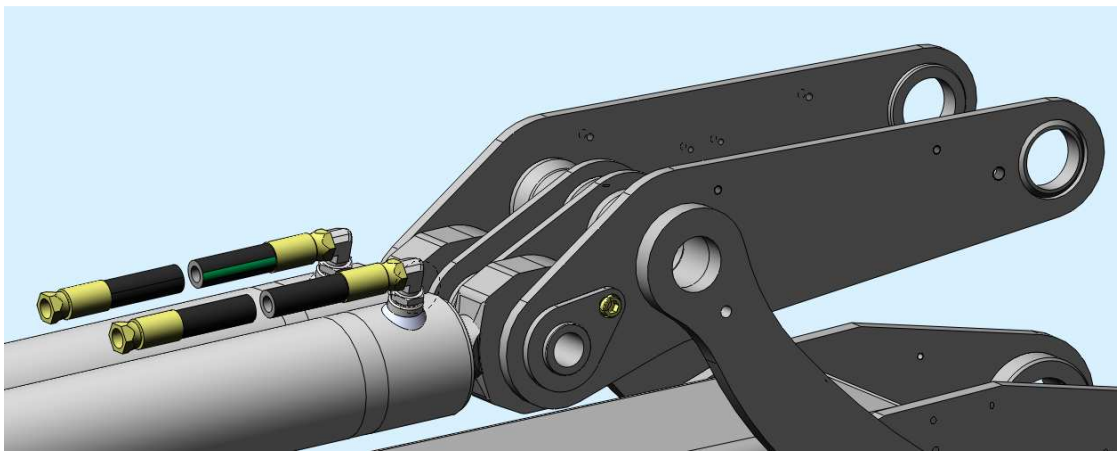
5 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

5.1 Ongelma

Työn aiheena oleva ongelma liittyy Ponsse liikeratanostureiden siirtosylinterien huoltotöihin. Irrotettaessa nosturin nostopuomin sekä väliaisan välissä olevia siirtosylinteriä ilmenee toistuvasti ongelmia sylinteritappien ulosvetovaiheessa. Nostopuomin sylinterin päät on kiinnitetty tappiliitoksilla nostopuomiin kuvion 5 ja väliaisaa kuvion 6 osoittamalla tavalla.



KUVIO 5. Siirtosylintereiden kiinnitys nostopuomiin



KUVIO 6. Siirtosylintereiden kiinnitys väliaisaan

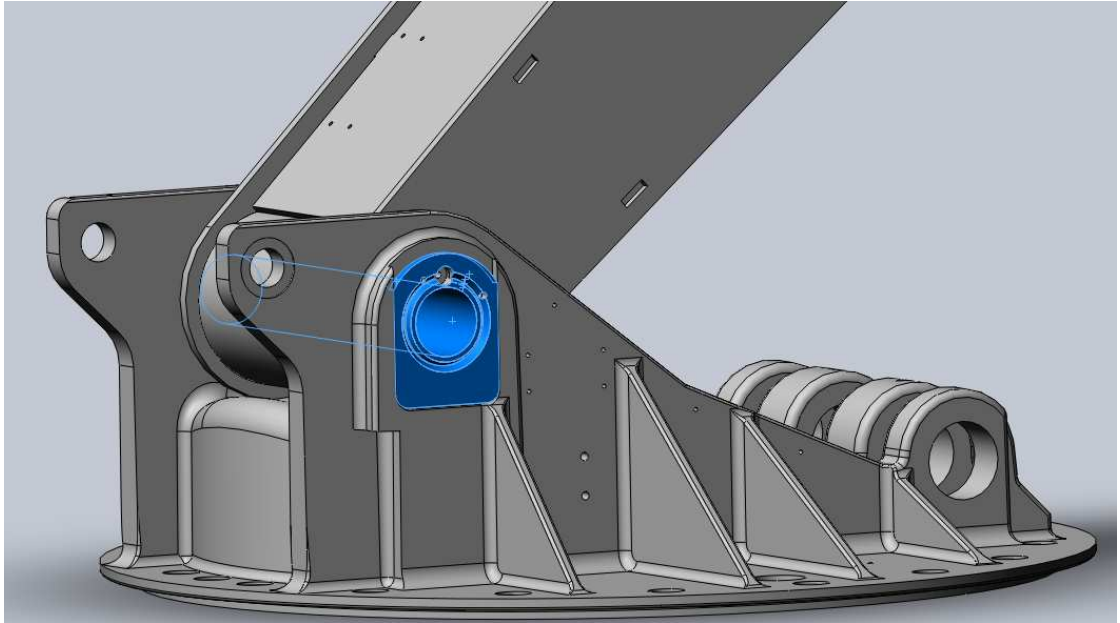
Ulosvetovaiheessa leveässä tappilinjassa tapahtuu kulmavirhe levyjen taipuessa, joka puolestaan aiheuttaa tappien jumiutumisen. Väliaisan jumittuneen tapin vuoksi joudutaan jossakin tapauksissa vaihtamaan kokonainen väliaisa tai nostopuomi, kuten kuvio 7 osoittaa. Kuviossa 7 on C22 nostopuomi, jossa sylinteritappien poistaminen on osoittautunut liian hitaaksi ja vaikeaksi. Väliaisan levyjen hitsaaminen on todella vaativaa ja tarvittaessa vaihdetaan koko komponentti ajan säästämiseksi ja laadun takaamiseksi.



KUVIO 7. C22 nostopuomi, josta on leikattu korvakkeet irti

Sylintereiden nostopuomin puoleisessa päässä olevan tappiliitoksen purkaminen on haasteellisempi puoli, koska normaalitilanteessa ei ole järkevää vaihtaa koko nostopuomia. Tämän liitoksen purkamiseen kuluu eniten työaikaa (MRT) ja sitä kautta myös palkkakustannukset ovat korkeat.

Siirtosylintereiden tappiliitosten lisäksi on suunniteltava menetelmä nosturin ja nosturijalustan välisen tappiliitoksen purkamiseksi. Nosturijalustan tappiliitos on esitetty kuviossa 8. Nosturijalustan tappiliitoksen purkamisen ongelma ei ole korvakelevyjen taipumisesta johtuva kulmavirhe, kuten siirtosylintereiden huollossa. Nosturijalustan tappiliitoksen purkamisen vaikeus on yksinkertaisesti, että tappi on kooltaan niin suuri, että ulosvetoon tarvittava voima on vaikea tuottaa ja kohdistaa tappiin.



KUVIO 8. Nosturijalustan tappiliitos

5.2 Työvaiheen kuvaus

Yrityksen huoltopalveluissa on tällä hetkellä käytössä työvaihetta varten 171 kN reikä-tunkki, jonka tuottaman voiman avulla tappien ulosveto suoritetaan. 171 kN voima tuottaa esijännityksen tappiin, jonka jälkeen sylinteritappi irrotetaan voimakkaiden lekan iskujen avulla. Ulosvetotyökalun kokonaiskonstruktio koostuu tällä hetkellä seuraavista perustyökaluista: kierretanko, mutterit, reikä-tunkki ja leka.

Työvaiheessa ainesputkiaihioista valmistetun sylinteritapin reiän lävitse työnnetään M20 kierretanko, jonka päässä on aluslevy ja mutteri tukemassa sylinteritapin toista päätä. Kierretangon ollessa paikallaan nostetaan korvakkeen toiselle puolelle kierretangon päälle vetoputki, jossa keskellä on sopivan kokoinen reikä kierretangon läpivientiä varten. Vetoputken päälle asetetaan seuraavaksi reikä-tunkki, jonka läpi sama kierretanko vielä pujotetaan. Kierretangon tunkin päähän lisätään myös mutteri ja aluslevy, jotta tunkin tuottama voima välittyy kierretangon toiseen päähän. Reikä-tunkin voima välittyy siis kierretangon kautta ulosvedettävän tapin toiseen päähän tuottaen 171 kN esijännityksen.

Ymmärrettävää on, että jännitys ei saa missään tapauksessa ylittää murtolujuutta, mutta on myös tärkeää, että myötörajan ylitystä ja siihen liittyvää venymää ei useimmissa tapauksissa sallita. Rajavarmuusluku määritettäessä käytetään yleensä laskentalujuutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57).

Kaavassa 1 määritetään sallittu normaalijännitys sekä rajavarmuusluku staattisen kuormituksen alaiselle M20 x 8.8 kierretangolle standardin SFS 3200 mukaan. σ_{sallittu} on sallittu normaalijännitys, joka saadaan jakamalla materiaalin alempi myötöraja standardin määräämällä varmuudella. Sallittua normaalijännitystä verrataan σ_{tod} , joka on todellinen poikkileikkaukseen kohdistuva jännitys. A_{sM20} tarkoittaa M20 kierteen jännitys pinta-alaa, ja F on voima, joka kohdistuu kierretankoon. n on rajavarmuusluku.

$$\sigma_{\text{sallittu}} := \frac{640 \text{ MPa}}{1.3} = 492.308 \text{ MPa}$$

$$A_{sM20} := 271 \text{ mm}^2$$

$$F := 171000 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{tod}} := \frac{F}{A_{sM20}} = 630.996 \text{ MPa}$$

$$n := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tod}}} = 0.78$$

1

Rajavarmuusluvun perusteella voidaan havaita, että M20 vetotanko ei täytä standardin SFS 3200 asettamia vaatimuksia, jotka on asetettu puristuksen ja vedon alaisille teräsrakenteille.

Ulosvetotyökalukonstruktion ollessa asetettuna ja tunkin tuottaessa täyden voimansa aloitetaan tapin poistaminen lekan avulla. Iskuja toistetaan kunnes sylinteritappi on kokonaisuudessaan vetoputken sisällä. Reikätunkin iskun pituus on 150 mm ja pisimmän tapin pituus C44 sekä C22 nostureissa on 348 mm. Tunkin iskun pituuden

ollessa noin puolet (150 mm) joudutaan välillä painamaan mäntä takaisin pohjaan ja kiertämään mutteria, jotta saadaan lisää vetopituutta. Mikäli tappi kuitenkin jumiuuu korvakoissa tapahtuvan kulmavirheen vuoksi, muuttuu työvaihe radikaalisti. Jumiumisen jälkeen on sylinteritappi poistettava leikkaamalla, joka aloittaa paljon ylimääräistä aikaa kuluttavan työvaiheketjun. Ulosvetovaiheeseen kuluu asentajalta tällä hetkellä pahimmassa tapauksessa noin kymmenen tuntia.

Mittarina tämän työvaiheen kehittämiseksi voidaan käyttää MTTR:n (Mean Time To Restoration) toista osatekijää MRT:tä (Mean Repair Time), joka tarkoittaa keskimääräistä korjausaikaa. Mittarina voitaisiin luultavasti käyttää myös MDT (Mean Down Time), joka puolestaan tarkoittaa keskimääräistä seisokkiaikaa. MDT olisi mahdollinen mittari, jos ajateltaisiin näiden tappiliitosten olevan ainoa syy koneen seisokille. Tässä opinnäytetyössä käytetään kuitenkin mittarina keskimääräistä korjausaikaa (MRT), koska työssä tarkastellaan korjausvaiheen kestoa, eikä koneen aikaa olla poissa tuottavasta työstä. Mikäli opinnäytetyössä olisi tarkoituksena tutkia koneen seisokkiaikaa kokonaisuudessaan, olisi siihen huomioitava myös mm. lavettikuljetukset huoltopisteelle.

5.3 Työvaiheen kehittäminen

Työvaiheen kehittäminen aloitettiin miettimällä yhdessä huoltohenkilöstön kanssa ongelman juurisyitä ja mitkä olisivat mahdolliset ratkaisut ongelmaan. Ensimmäinen ratkaistava ongelma oli tappilinjan suoruuden säilyttäminen siirtosylintereiden molemmissa päissä.

Tappilinjan suoruuden säilyttämiseksi täytyi suunnitella säädettävät levittimet, joilla on mahdollista säätää korvakelevyjien etäisyyttä toisistaan ja samalla lukita tappilinja paikoilleen. Levittimiä suunniteltaessa täytyi huomioida molempien nosturimallien eroavuudet toisistaan. C22 nosturi on kooltaan pienempi kuin C44, mutta nostopuomissa korvakkeet ovat muotoilultaan ja ainevahvuudeltaan samanlaiset. Väliaisan korvakelevyjien muotoilu on erilainen C22 ja C44 malleissa. Lisäksi C44 mallissa väliaisan sivulevyjen ainevahvuus on 20 mm, kun taas C22 nosturissa se on 16 mm. Siirtosylintereiden tapit ovat vaihtuneet molemmissa nosturimalleissa lukusia

kertoja eri kehitysversioiden myötä. Levittimet on suunniteltava mahdollisimman yleismalliseksi, jotta työkaluja voitaisiin hyödyntää mahdollisimman monipuolisesti molempien nosturimallien huollossa.

Tappilinjan suoruuden säilyttämisen jälkeen seuraava suunnitteluvaihe on kehittää tarvittavat apulaitteet tapin ulosvetoa varten. Tällä hetkellä käytössä oleva toimintatapa on periaatteeltaan hyvä, mutta yhdenmukaistaminen ja kehittäminen ovat silti tarpeen. Suurimmat epäkohdat ovat tällä hetkellä kierretangon käyttö ja voiman puute.

Kierretankojen käyttöä tulisi välttää, koska korjaamo-olosuhteissa kierretankojen säilyttäminen ehjinä on yleensä vaikeaa kolhiintumisen vuoksi. Kierretankoja hankitaan yleensä rautatavarakaupasta mielivaltaisesti ja välttämättä ei huomioida kierretangolta vaadittavia lujuusominaisuuksia. Kierretankojen ulkoisten mittojen ollessa samat voivat lujuusominaisuudet kuitenkin vaihdella merkittävästi.

Varsinainen ongelma ei ole Suomessa hankitut kierretangot osana työkalusarjaa, vaan ongelma muodostuu myytäessä ulosvetotyökalusarjoja tytäryhtiöille ja sopimushuoltajille Etelä-, Pohjois-Amerikkaan, Kiinaan sekä Eurooppaan. Mikäli varaosia hankitaan työkalusarjaan kyseisistä maista paikallisesti, on vaarana hankkia liian heikkoja tarvikkeita ja eri standardeilla valmistettuja tuotteita. Huonolaatuisten tai liian heikkojen kierretankojen käyttö voi sen katketessa olla jopa turvallisuusriski. Kierretankojen käyttöä osana työkalusarjaa on siis vältettävä, jotta komponentit säilyisivät ominaisuuksiltaan vakioina ja turvallisina.

6 ERIKOISTYÖKALUJEN SUUNNITTELU

6.1 Design Project opintojakso syksyllä 2011

Design Project -opintojakso järjestettiin syksyllä 2011 ja oli laajuudeltaan viisi opintopistettä. Projektin aiheena oli suunnitella korvakkeen levittimen prototyyppi C22

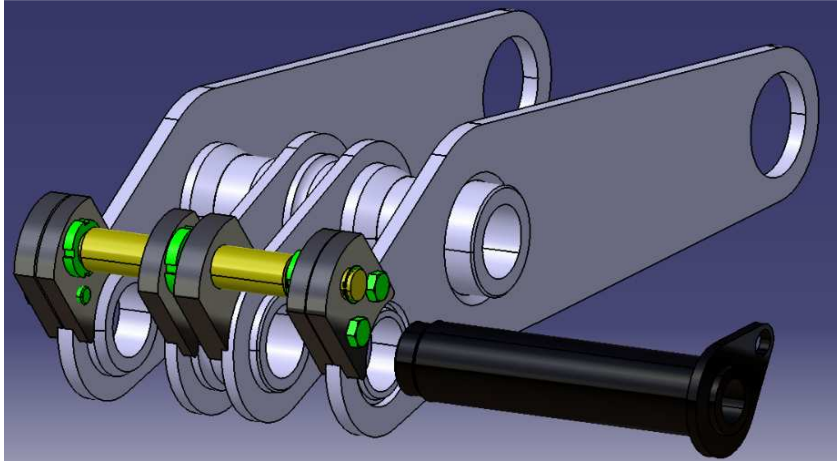
harvesterinosturimallin huoltoa varten, sekä tuottaa tarvittavat valmistuskuvat prototyypin valmistamista varten. Ongelman kuvaus oli sama, kuin tässä opinnäytetyössä. Projektissa ideoitiin ja mallinnettiin useita erilaisia vaihtoehtoja, sekä ratkaisuja sylinteritappien poistamiseksi. Design Project- opintojakson aikana tuottamat ratkaisut toimivat osittain tämän opinnäytetyön pohjana.

Opintojakson aikana mallinsimme Catia V5 ohjelmistolla 3D- mallit tarvittavista C22 nosturimallin osista, jotka toimivat projektissa pohjana levitinmallien suunnittelulle. Mallinnusvaiheessa meillä oli käytettävissämme toimeksiantajalta saatuja valmistuskuvia komponenteista, joiden pohjalta mallit luotiin. Valmistuskuvien pohjalta mallintamamme 3D- mallit sisälsivät kuitenkin luultavasti poikkeavuuksia sekä virheitä todellisiin kappaleisiin verrattuna. Suurin syy epätarkkojen 3D- mallien valmistamiseen oli se, että valmistuskuvat sisältävät yleensä tarvittavat mitat vain kyseistä työvaihetta varten ja mallin luomisessa jouduimme päättelemään paljon mittoja itse. Varsinkin levykuvantojen perusteella mallintaminen oli haasteellista, koska levykuvannot sisälsivät yleensä vain pyöreitä muotoja ilman mittoja, ja joiden origot olivat jossain malliavaruudessa. Levykuvannoista puuttui paljon mittoja, koska levyaihion leikkauksessa leikkausmalli syötetään suoraan DWG kuvasta leikkaavaan koneeseen, jolloin paperilla esitetään vain päämitat mahdollista tarkistusta varten. Lisäksi prototyypin muotoilun kannalta olisi ollut tärkeää tietää mahdollisesti muiden komponenttien, kuten hydraulikkaletkujen ja -sylintereiden todellinen sijoittuminen nosturissa.

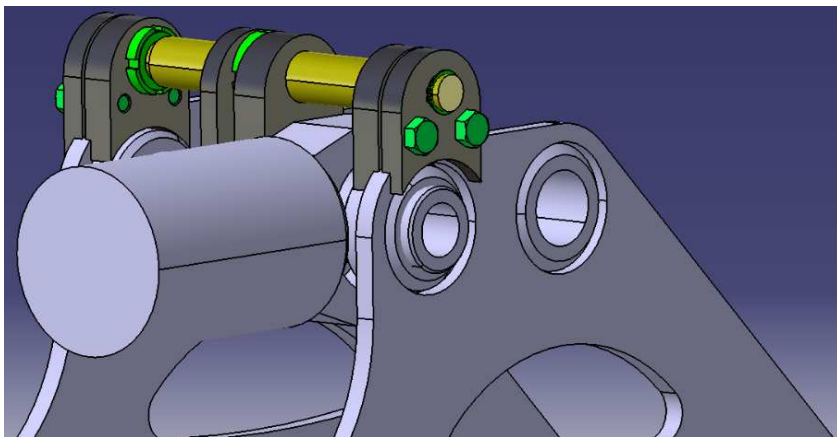
Design Project opintojakson tuloksena oli kaksi erilaista ratkaisumallia korvakkeiden levittämiseksi ja ongelman ratkaisemiseksi. Näistä kahdesta mallista valittiin käytännöllisempi ratkaisu, jonka pohjalta projektin lopullinen toimintamalli kehitettiin. Molemmat ratkaisut täyttivät teoriassa suurimman osan ennalta asetetuista vaatimuksista, kuten levitys- ja puristusliikkeet, mutta toimivuus käytännössä ilman koekäyttöä oli epävarma.

Kuvioissa 9 ja 10 on esitetty ensimmäisen mallin levityslieki, joka oli suunniteltu tahtaavaksi olakeakselilla KM- muttereiden välityksellä. Kuvissa olevat työkalut tuottavat levitysliekiin tarvittavan voiman olakeakselilla olevilla suurilla KM- muttereilla, joita säätämällä levitystä voi muuttaa molempiin suuntiin. Olakeakselimallin

työntöliikkeen voimakkuus oli kuitenkin arveluttava, koska olakeakselille välittyy suuri momentti yhdeltä puolelta tulevan voiman vuoksi. Suuri momentti voi aiheuttaa kovan rasituksen alla levityspalojen takertumista olakeakselilla sekä akselin taipumisen.

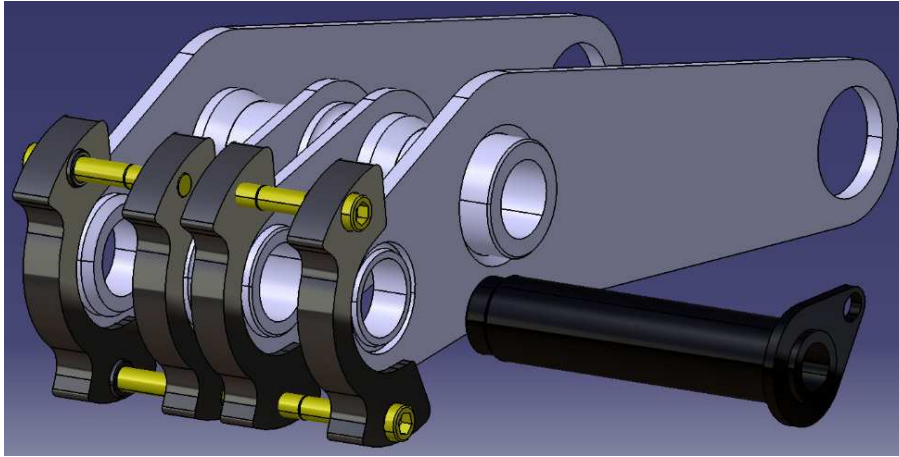


KUVIO 9. Väliaisanlevitin olakeakselilla



KUVIO 10. Nostopuomin korvakeen levitystyökalu olakeakselilla

Kuvion 11 mallisessa vaihtoehdossa levityслиikkeeseen tarvittava voima tuotetaan pulttien avulla. Pulttikäyttöinen toteutus oli yksinkertainen ja varmatoiminen, koska pulttitoimisessa levittimessä voima jakautuu kahdelle pultille tuottaen tasaisemman voiman ja paremman kestävyuden. Käytettäessä standardoituja komponentteja on myös osien vaihdettavuus parempi.

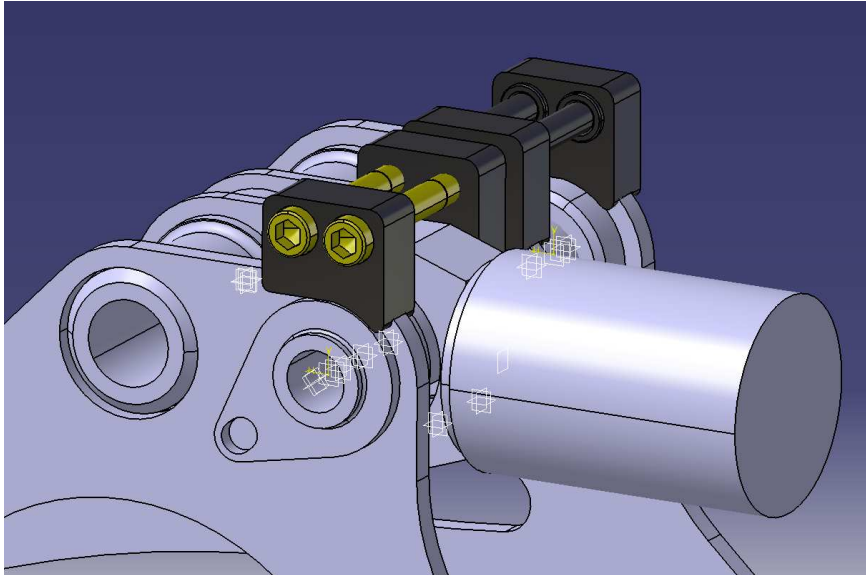


KUVIO 11. Väliaisanlevitin pulttimekanismilla

Pulttimallisessa levittimessä levityслиike tuotetaan kiertämällä pultteja vastapäivään, jolloin pultin runkoon hitsatut holkit ottavat voimat vastaan. Puristusliike saadaan vastaavasti kiertämällä pultteja myötäpäivään, jolloin pultinkanta luonnollisesti ottaa vastaan esiintyvät voimat.

Projektin loppuksi päädyimme pulttimekanismilla toimivaan ratkaisuun. Valintaperusteena pulttimallisen levittimen valinnalle oli sen helppokäyttöisyys ja varmatoimivuus. Väliaisan levittimen osalta pysyimme kuvan 10 mukaisessa ratkaisussa, koska ratkaisumalli on hyväksi havaittu. Nostupuomin korvakkeen levitykseen pyrimme kehittämään samalla mekanismilla toimivan ratkaisun.

Kuviossa 12 on nostupuomin korvakkeiden levitykseen suunniteltu malli, joka on toteutettu samalla pulttiperiaatteella kuin kuviossa 11. Levitineratkaisuun emme kuitenkaan olleet kovin tyytyväisiä, koska havaitsimme siinä lukuisia epäkohtia toimivuuden kannalta. Levitintyökalun kyky välittää tarpeeksi voimaa levitykseen ja holkkien ympärillä olevien hitsaussaumojen sijainti edellyttäisivät aineenpoistoa hitsausaumoista levittimien kohdalta. Opintojaksolta lopputuloksena valmistui yksi levitintyökaluvaihtoehto, joista luotiin 3D- mallit ja valmistuspiirustukset prototyypin mahdollista valmistusta varten.



KUVIO 12. Nostopuominkorvakkeiden levitin

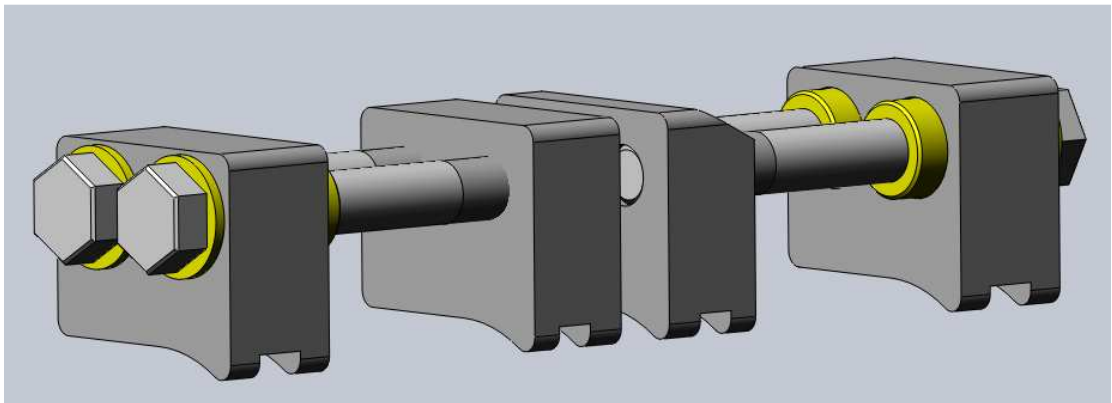
6.2 Korvakkeiden levitystyökalujen suunnittelu

Opinnäytetyössä korvakkeiden levittämiseen tarvittavien työkalujen suunnittelu aloitettiin Design Project opintojaksolla tehtyjen mallien pohjalta. Ensimmäisen levitinmallin muotoilu pohjautui syksyllä 2011 Design Project opintojaksolla suunniteltuun muotoiluun ja ratkaisuun. Alkuperäiset levittimien prototyypit ovat mallinnettu Jyväskylän ammattikorkeakoulun Catia V5R17 ohjelmistolla, jonka vuoksi opinnäytetyössä mallit täytyi mallintaa uudelleen SolidWorks ohjelmistolla. Varsinainen mallinnus aloitettiin opintojaksolla piirretyistä valmistuskuvista, jotka oli tallennettu DWG-muotoon. Valmistuskuvien pohjalta luotiin 3D- mallit SolidWorks ohjelmistolle.

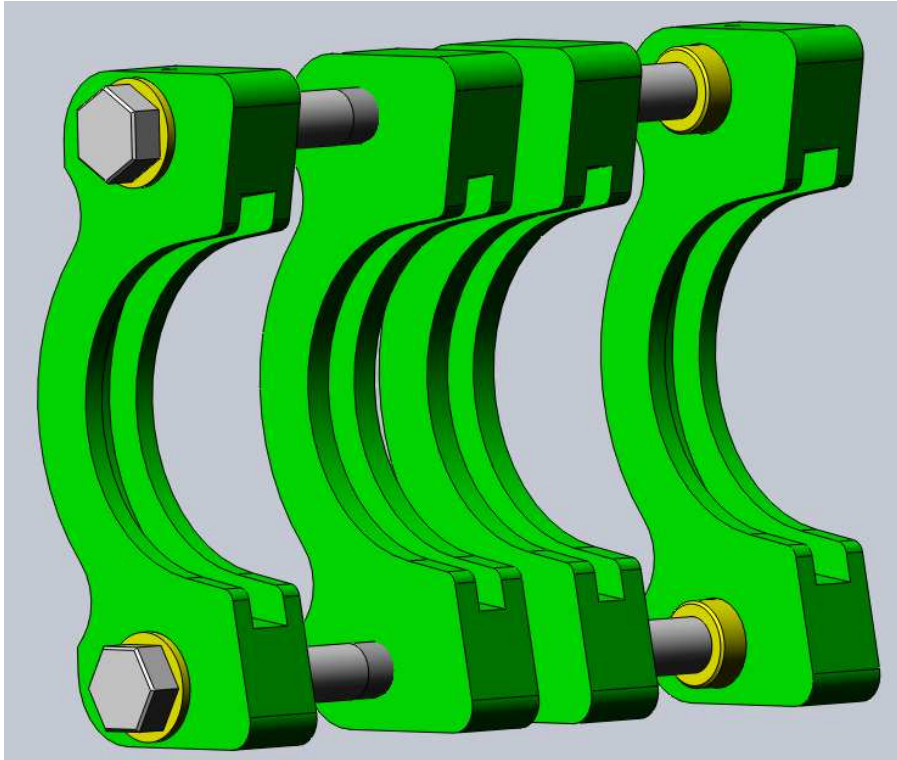
Prototyypin suunnitteluvaiheessa käytettiin Bottom Up -menetelmää, joka tarkoittaa osien mallintamista erillään kokoonpanosta. Levittimien 3D- mallien ollessa valmiina alettiin niitä sovittaa C22 ja C44 mallien päälle, jotta voitiin tarkastella osien sopivuutta todellisuudessa. Levittimistä muodostettiin kokoonpanomallit, joita sovitettiin PDM- järjestelmästä haettujen C22 ja C44 nostureiden päälle. Sopivuuden tarkastelulla haetaan varmistusta sille, että levittimen edessä ei ole hydraulikkaletkuja tai muita esteitä levittimen toiminnalle.

Korjaamohenkilökunnan kanssa keskusteltiin tarvittavista muutoksista ja heidän mielipiteistään prototyyppiä kohtaan ennen sen valmistuksen aloittamista. Heidän mielipiteiden pohjalta muutettiin mm. levittimien sisäuran leveyttä 2 mm välyksestä 0,5 mm välykseen, jotta levittimen sovitus olisi tiukempi korvakelevyjä päälle. Valmistettavuuden helpottamiseksi pidimme myös lyhyen palaverin yrityksessä, jonka on määrä valmistaa prototyyppi. Tulevan työkalusarjan valmistajan havaintojen perusteella kappaleita muutettiin enemmän symmetrisiksi, jotta kappaleet olisivat helpommin kiinnitettäviä työstökoneita varten ja jotta välttyttäisiin ylimääräiseltä työltä valmistettaessa erikoiskiinnittimiä. Prototyypin muotoilu ei ollut ulkonäöllisesti oleellista tässä vaiheessa, vaan nopea ja helppo valmistettavuus oli tärkeintä.

Levittimien prototyyppiä valmistettiin testausta varten yhdet kappaleet, jotka on esitetty kuviossa 13 ja 14.



KUVIO 13. Nostopuominkorvakkeiden levittimen prototyyppi



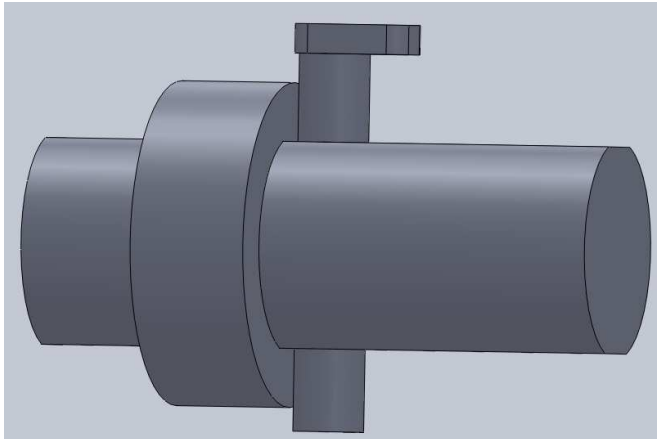
KUVIO 14. Väliaisankorvakkeiden levittimen prototyyppi

6.3 Vetotanko

Ulosvetotyökalujen kehittäminen aloitettiin miettimällä erilaisia ratkaisuja korvaamaan kierretangon käyttö ulosvetotankona. Uusien vetotankoratkaisujen täytyi olla helposti säädettäviä pituussuunnassa. Painettaessa tunkin mäntä sisään uutta työntöliikettä varten, täytyisi lukituksen olla helppo ja nopea siirtää uudelleen männän päätä vasten. Lisäksi vetotankoratkaisun täytyisi olla mahdollisimman kevyt, jotta käytettävyys olisi mahdollisimman hyvä. Kierretangon käytön korvaaviksi vaihtoehdoiksi muodostui kaksi vetotankoratkaisua, joilla kummallakin on toiminnalliset ominaisuudet kriteereiden täyttämiseksi.

6.3.1 Vetotanko tappilukituksella

Kuviossa 15 on esitetty periaatekuva vetotangosta tappilukituksella, jonka lukitustappeja siirtämällä saadaan aikaan pitkittäissuuntainen säätöliike täysin kierretangosta poikkeavalla menetelmällä. Lukitustappimenetelmän säätöliike tapahtuu vetotankoon poratuilla rei'illä, joihin sijoitetaan lukitustappi ottamaan tunkin aiheuttama leikkausvoima vastaan.



KUVIO 15. Periaatekuva lukitustappivetotangosta

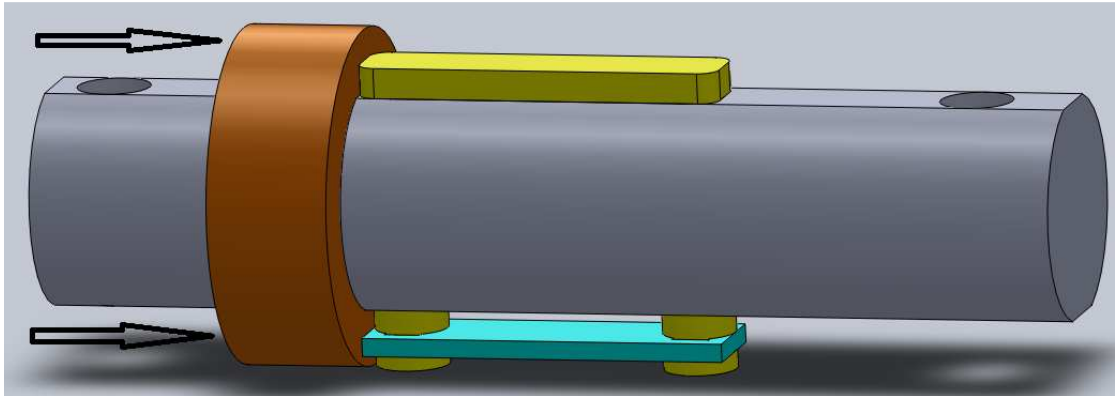
Tällaisessa menetelmässä ensimmäiseksi tarkastellaan lujuus tapin leikkaantumisen osalta. Tunkki jota tullaan käyttämään C22 ja C44 siirtosylintereiden tappien ulosvetoon tuottaa 330 kN voiman ja nosturijalustan tapin ulosvetoon tarkoitettu 610 kN voiman.

Tappiliitoksen leikkauskestävyyden määrittämiseksi voidaan käyttää kaksileikkeisen pulttiliitoksen periaatetta. Laskelmien mukaan käytettäessä yhtä 42CrMo4 nuorutusteräksestä valmistettua lukitustappia 330 kN voimalla tapin halkaisija tulee olla vähintään 25 mm ja 610 kN tunkille 34 mm (Ks. liite 1). Leikkausjännitystarkastelujen jälkeen voidaan siirtyä tarkastelemaan vetotangon normaalijännityksiä.

Normaalijännityksiä määritettäessä lukitustappimenetelmälle tarkastellaan aluksi kuinka suuri on poikkileikkauksen normaalijännitys käytettäessä suurinta mahdollista vetotangon halkaisijaa. Rajoituksena ulkohalkaisijalle on käytettävän reikätkin männän sisähalkaisija, joka on 330 kN tunkissa 35 mm ja 610 kN tunkissa 55 mm. Vetotankomateriaaliksi valitun 42CrMo4 nuorutusteräksen mitoitus tehdään asettamalla varmuus SFS 3200 standardin mukaan, joka on 1.3 materiaalin alempaan myötörajaan nähden.

Käytettäessä 330 kN ja 610 kN tunkkeja ja vetotangon halkaisijan ollessa suurin mahdollinen voidaan päätellä, että vain yhden lukitustapin käyttäminen on mahdo-

tonta. Lukitustappiin kohdistuvan leikkausjännityksen vaatima pinta-ala on molemmissa tapauksissa niin suurin, että normaalijännitykselle jäävä pinta-ala on riittämätön tunkin aiheuttamiin voimiin nähden. Molemmissa tapauksissa käytetään kuvan 15 osoittamalla tavalla kahta lukitustappia kantamaan leikkausvoimat.



KUVIO 16. Vetotanko tappiliitoksella

330 kN tunkille vetotangon poikkileikkauksen normaalijännitys kasvaa liian suureksi käytettäessä kahta 12.5 mm halkaisijalla olevaa lukitustappia, mikä on leikkausjännityksen vaatima vähimmäispinta-ala. 330 kN tunkki aiheuttaa tässä tapauksessa 617 MPa normaalijännityksen poikkileikkauspinta-alalle, jolloin rajavarmuusluku on 0.9 (Ks. liite 2). Painoa lukitustapilla olevalle vetotangolle tulee noin 8 kg. Lukitustappien reiät tulisi olla koneistettuja, koska lukitustappien ollessa väljiä reikiin nähden lukitustapit leikkaantuvat helpommin.

Nosturijalustan tappiliitokseen käytettävän 610 kN tunkin aiheuttama normaalijännitys vetotangon poikkileikkaukselle suurimmalla mahdollisella 55 mm halkaisijalla on 457 MPa. Käytettäessä kahta 17 mm vahvuista lukitustappia on normaalijännitys 577 MPa, joka antaa rajavarmuusluvuksi noin 1.3. Materiaalin kulutusta voidaan vähentää pienentämällä vetotangon ulkohalkaisija 50 mm:n, jolloin saadaan normaalijännitykseksi 539 MPa, joka antaa rajavarmuusluvun 1 (Ks. Liite 2). 50 mm vetotanko kestää tunkin aiheuttamat voimat hyvin, mutta painoa vetotangolle ja lukitukselle kertyy yhteensä noin 21 kg, mikä voi haitata käytettävyyttä.

6.3.2 Vetotanko kierteellä ja mutterilla

Vetotanko kierteellä ja mutterilla on vaihtoehto, joka on toimintatavaltaan sama, kuin kierretankomenetelmä. Erona tavalliseen kierretankoon nähden on nuorrutusteräksestä valmistettu vetotanko, johon koneistetaan kierteet vain tarvittavalle pituudelle tangon molempiin päihin. Nuorrutusteräksestä valmistetun vetotangon parhaita ominaisuuksia ovat kierretangosta periytyvä varmatoimivuus ja nuorrutusteräksen korkeat lujuusominaisuudet.

Mitoitusperusteena vetotangossa, jossa käytetään muttereilla toteutettua lukitusmenetelmää, on poikkileikkaukselle aiheutuva normaalijännitys. Laskennallinen poikkileikkaus on kierteiden kohdalla oleva jännityspinta-ala. Vetotangon mitoittaminen aloitetaan määrittämällä tarvittava pinta-ala sallittua normaalijännitystä vastaan, joka on 42CrMo4 nuorrutusteräksellä tässä tapauksessa 578 MPa.

330 kN vetotunkille tarvittava vetotangon halkaisija mitoittaminen aloitettiin määrittämällä poikkileikkauspinta-ala mahdollisimman lähelle sallittua normaalijännitystä. Tarvittavan poikkileikkauspinta-alan määrittämisen jälkeen voidaan kierretaulukoista verrata jännityspinta-aloja tarvittavaan poikkileikkauspinta-alaan. Tarvittava poikkileikkauspinta-ala 330 kN tunkin vetotangolle on vähintään 572.5 mm², jotta saavutetaan tarvittava varmuus. Kierretaulukoiden perusteella valitaan käytettäväksi ISO-vakiokierre M30 x 3.5, jonka jännityspinta-ala on 561 mm². M30 kierteen jännityspinta-ala on hieman pienempi kuin tarvittava, mutta se antaa kuitenkin rajavarmuusluvuksi 0.98 (Ks. Liite 2). 330 kN tunkkia käytettäessä voidaan käyttää 42CrMo4 nuorrutusteräksestä valmistettua M30 x 3.5 vetotankoa.

Käytettäessä 610 kN tunkkia vetotangon pinta-alan on oltava vähintään 1.099×10^3 mm², joka tarkoittaa 37.4 mm halkaisijaa. 37.4 mm on halkaisija, jonka mukaan valitaan taulukosta sopiva kierre. Valittavan kierteen on kannettava aksiaalista voimaa 610 kN, joten vetotankoon on valittava karkea ISO – vakiokierre. Karkean kierteen ansioista mutterille saadaan tarpeeksi leikkauspinta-alaa, jotta kierteen leikkaantuminen vältetään. Halkaisija ollessa rajoittava tekijä tarvittava karkeakierre on M42 x 4.5, jossa on halkaisija 37.1mm. Halkaisija 37.1 antaa rajavarmuusluvuksi noin 1, jo-

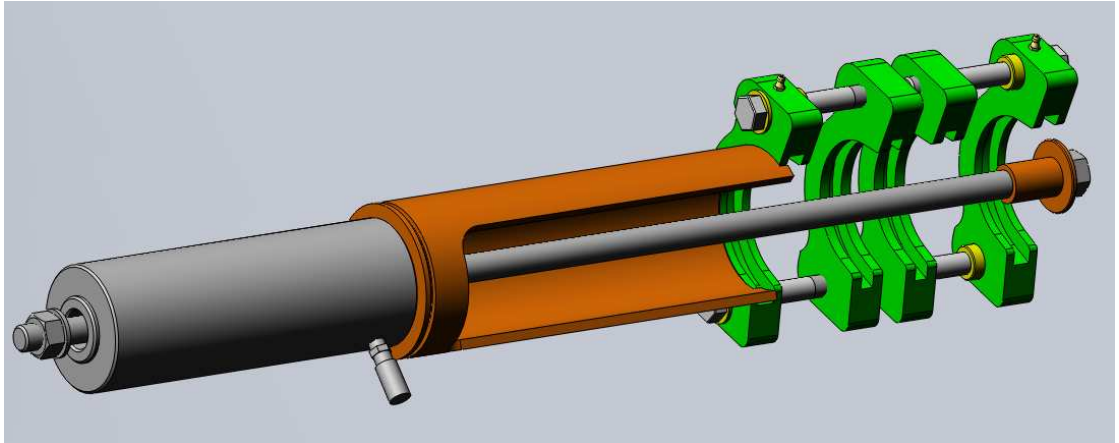
ten halkaisija on riittävä (Ks. Liite 2). 610 kN tunkin vetotangolle sopiva vetotanko on valmistettu 42 mm 42CrMo4 nuorrutusteräksestä.

7 ULOSVETOTYÖKALUSARJA

7.1 Väliaisan tappiliitos

Väliaisan korvakkeiden levittimiksi valittiin prototyypin osoittama malli, jonka toiminta todettiin hyväksi. Levittimeen tehtiin pieniä muutoksia: prototyypissä olleiden M20 x 1.5 hienokierrepulttien käytöstä luovuttiin ja ne korvattiin tavallisilla vakio-kierrepulteilla. Hienokierteen käyttäminen ei tässä tapauksessa ollut tarpeellista, koska pulttien ei tarvitse tuottaa suurta voimaa levityслиikkeeseen. Hienokierrepulttien käyttäminen on tarpeellista tilanteissa, joissa pultilla täytyy saada tuotetuksi suuri momentti. Hienokierrepulttien saatavuudessa prototyyppiin kovuuksilla 10.9 ja 12.9 yli 150 mm pitkinä osoittautui hieman vaikeaksi, koska pitkät ja kovat hienokierrepultit ovat harvoin käytössä olevia kokoja. Pulteiksi levittimeen valittiin M20 x 2.5 vakio-kierrepultit kovuudella 10.9, joiden saatavuus on parempi. Levityслиikkeeseen vaadittava liike osoittautui testauksessa hyvin pieneksi ja pulttien tehtäväksi jää lähinnä esijännityksen tuottaminen, sekä karkea etäisyyden säätö toisistaan. Pultteihin kohdistuu pääasiassa leikkausvoimia, joten vakio-kierrepultti on parempi myös leikkausjännityksen kannalta. Levittimiin lisättiin vielä rasvanipat, jotta pulttien pyörintä olisi säätövaiheessa mahdollisimman jouhevaa.

Kuviossa 17 on esitetty väliaisiantapin ulosvetotyökalut. Vetotangoksi työkalusarjaan valmistetaan 30 mm vetotanko materiaalista 42CrMo4, johon koneistetaan toiseen päähän M30 x 3,5 kierrettä 450 mm matkalle ja toiseen päähän samaa kierrettä 70 mm matkalle. 450 mm kierre on mitoitettu pisimmän tapin (348 mm) ulosvedon mukaan. Vetotanko on mitoitettu kestämään 330 kN tunkin aiheuttamat leikkausvoimat tarvittavalla varmuudella. Samaa vetotankoa käytetään väliaisan tappiliitoksen sekä nostopuominkorvakkeen tappiliitoksen purkamiseen.



KUVIO 17. Väliaisan tappiliitoksen ulosvetotyökalut

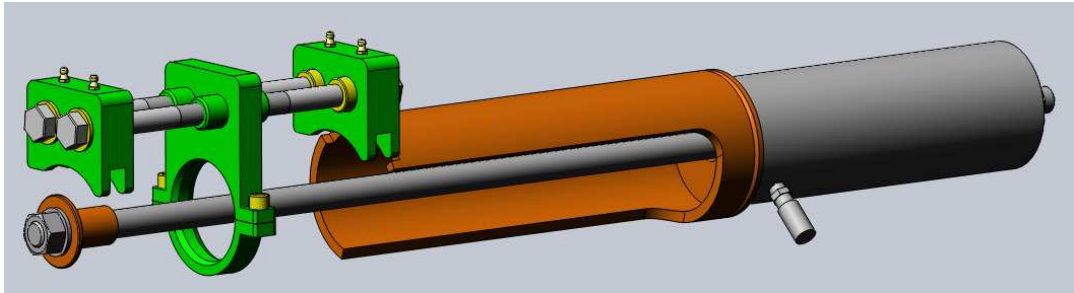
Vetoputki sylinteritapin ulosvetoa varten on valmistettu saumattomasta 139,7 x 8.8 teräsputkesta, jonka materiaali on 355J2H. Vetoputken materiaaliksi valittiin saumaton teräsputki, koska sen mitat olivat halutut jo valmiina. Vaihtoehtona olisi ollut valita materiaaliksi ainesputki, mutta ainesputkien kokovalikoima on paljon suppeampi verrattuna teräsputkiin. Valitsemalla materiaaliksi ainesputki, olisi vaadittu koneistusvaihe haluttujen mittojen saavuttamiseksi. Vetoputken lujuustarkastelussa tarkasteltiin vetoputken kosketuspinnan pintapainetta väliaisaan. Kosketuspinnan pintapaine ei saa ylittää 262 MPa, joka on suurin sallittu pintajännitys kyseiselle materiaalille. Vetoputken pintajännitys on 330 kN voimalla 137 MPa, jolloin varmuus sallittuun jännitykseen on reilusti riittävä 1,9 (Ks. Liite 3).

7.2 Nostopuomin korvakkeen tappiliitos

Nostopuomin korvakkeiden levittämiseen valmistettu levittimen prototyyppi ei vastannut ominaisuuksia, joita levittimeltä vaadittiin. Prototyypin kaltainen levitin oli käytettävyydeltään huono, koska mm. hitsausaumoja täytyi hioa nostopuomista pois ennen käyttöä.

Kuviossa 18 on esitetty korvakkeiden levittämiseen uusi ratkaisu, jossa hitsausaumoja ei tarvitse poistaa, ja levitin on siten käytettävyydeltään parempi. Uudessa ratkaisussa levitin koostuu yhdestä keskiosasta, joka kiinnitetään nostopuominkor-

vakkeiden keskiholkkiin pantamaisella lukituksella ja hieman prototyypin kaltaisilla ulko-osilla.



KUVIO 18. Nostopuomin korvakkeen levitin ja tappiliitoksen ulosvetotyökalut

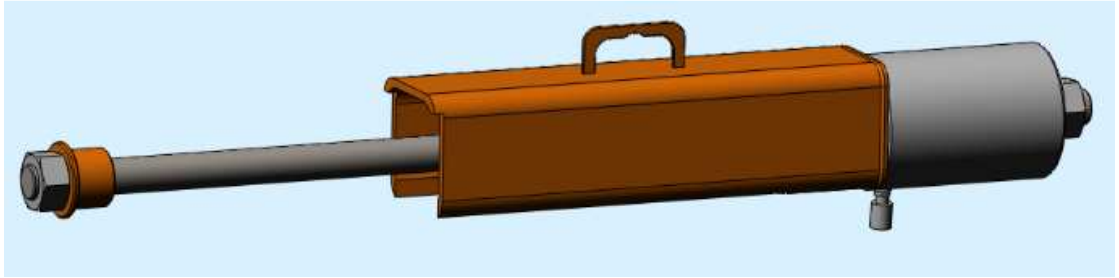
Vetotankona käytetään suurelta osin samaa tankoa, kuin väliaisan levittimessä. Nostopuomin korvakkeissa on käytetty eri kehitysvaiheissa kahta erilaista tappiratkaisua, yhtä pitkää tappia ja kahta kappaletta lyhyttä tappia. Tähän mennessä (6.5.2012) on kaikkiaan valmistettu C22 ja C44 nostureita yhteensä 276 kappaletta. Näistä pitkällä siirtosylinteritapilla olevia nostureita on 193 kappaletta ja lyhyellä tapilla 83 kappaletta. Tämä tarkoittaa, että vetotankoja täytyy tehdä kahdella pituudella (1125 mm ja 870 mm), jotta molemmat versiot voidaan huoltaa. Pitkä vetotanko on tarkoitettu pitkällä sylinteritapilla valmistettuihin nostureihin ja lyhyt vetotanko uudempiin lyhyillä tapeilla valmistettuihin nostureihin. Lyhyisiin sylinteritappeihin on koneistettu sisälle valmiiksi M30 x 3,5 kierre ulosvetoa varten.

Vetoputken materiaalina käytettiin nostopuomin korvakkeessa saumatonta 355J2H-putkea, mutta erikokoisena kuin väliaisan ulosvetotyökalussa. Vetoputken mitat ovat 133 x 8 ja kosketuspinta-alaan vaikuttama pintapaine oli 166 MPa. 166 MPa antaa sallittuun pintajännitykseen 262 MPa:n arvoon nähden varmuuden 1.6 (Ks. Liite 3).

7.3 Nosturijalustan tappiliitos

Kuviossa 19 on havainnollistettu puolestaan nosturijalustan tappiliitoksen purkamiseen käytettävät työkalut. Ulosvetoon tarvittava voima tuotetaan 610 kN tunkilla ja vetotankona käytetään 42CrMo4 nuorrutesteräksestä valmistettua 42 mm tankoa mutterilukituksella. Vetoputkeksi valittiin 150 x 150 x 8 neliöputkea, koska nosturijalustan tapin päätylaippa on suorakaiteen muotoinen ja tarvitsee sen vuoksi samanmuo-

toisen vetoputken tilan säästämiseksi. Vetoputken sovittaminen nosturijalustaa vasten oli tässä tapauksessa tärkeää, koska 610 kN tunkin tuottama voima aiheuttaa suuren pintajännityksen vetoputken pinta-alaan, joka koskettaa nosturijalustaa. Tunkin aiheuttama pintajännitys kosketuspintaan on 264 MPa, jolloin rajavarmuusluku on sallittuun jännitykseen noin 1 (Ks. Liite 3).



KUVIO 19. Nosturijalustan tappiliitoksen ulosvetotyökalu

8 TULOKSET

8.1 Työajan säästö

Taulukossa 3 on esitetty nostureiden valmistusmäärät vuodesta 2010 lähtien. Nostureiden valmistusmäärän perusteella voimme arvioida korjausajan lyhenemisen vaikutuksia kokonaistyöaikaan vuositasolla. Metsäkoneiden arvioitu keskimääräinen vuosituntimäärä kaikkien valmistettujen koneiden osalta on noin 2000 - 2500 tuntia. Arviolta 5000 työtuntiin mennessä jokaiseen valmistettuun nosturiin on tehty vähintään yksi työvaihe tappiliitosten purkamisen osalta. (Rönkkö. P 2012.) Metsäkoneiden huollon tarve on voimakkaasti riippuvainen käyttöympäristöstä, kuljettajasta sekä erityisesti määräaika- huollosta kentällä (rasvaus). Edellä mainituilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa koneen huoltotarpeen ajankohtaan.

TAULUKKO 3. Nostureiden valmistusmäärät 11.5.2012 (Konekortti 2012.)

<i>Valmistetut nosturit</i>	2010	2011	2012
C22	3	45	26
C44	81	103	41
Yhteensä	84	148	61

Taulukossa 4 on esitetty korjausaikojen arvioitu kehittyminen opinnäytetyön aikana. Korjausajan (RT) keston arvioinnissa on ajateltu, että tilanne on alussa pahin mahdollinen ja tämän hetkinen tilanne on puolestaan ihannesuoritus aika, joten tuloksien tarkkuuteen todellisuudessa on suhtauduttava kriittisesti. Tähän mennessä on havaittu, että noin joka kolmas tappiliitos vaatii normaalia enemmän ponnisteluita. Päivittäisen kentällä tapahtuvan huollon vaikutuksilla on suuri merkitys siihen, kuinka paljon työaika liitosten purkamiseen vaatii. Liitosten purkamiseen ja työkalujen käyttöön laadittiin jokaiselle nosturimallille yksityiskohtaiset työohjeet (ks. liite 4).

Rasvauksen puuttuessa päivittäisestä huollosta sylinteri kuluttaa sylinteritappiin uran, jonka vuoksi sylinteritapin poistaminen ilman erikoistoimenpiteitä ei yleensä ole mahdollista. Konekuljettajien työpanos ennakoivan huollon suhteen vaikuttaa suoraan kokonaistyöaikaan yrityksen huoltopalveluissa.

TAULUKKO 4. Nostureiden C22 ja C44 korjausaikojen vertailu

<i>Korjausaika (MRT)</i>	<i>alussa(h)</i>	<i>nyt (h)</i>	<i>muutos</i>
<i>välilaisan tappiliitos</i>	10	0,5	-9,5h/95%
<i>nostopuomin korvakkeen tappiliitos</i>	10	0,5	-9,5h/95%
<i>nosturijalusta tappiliitos</i>	10	0,5	-9,5h/95%

Taulukossa 5 puolestaan on esitetty säästetty työaika vuositasolla C22 sekä C44 nostureiden huollossa yhteensä. Taulukko kertoo säästetyn työajan valmistettujen C22 ja C44 nostureiden osalta. Yrityksen huoltoverkostossa huollettavien nostureiden

lukumäärä on noin 80 %, ja 20 % nosturihuolloista suoritetaan asiakkaan omasta toimesta. (Rönkkö, P 2012.)

Taulukko 5. Nostureiden C22 ja C44 huollossa säästetty työaika vuositasolla

Säästetty työ- aika(h)/vuosi	2012	2013	2014
huollettavat nosturit (80% total) C22/C44	67	118	51->
alussa/vaihe (10h)	670h	1180h	510h
nyt/vaihe (0.5h)	33,5h	59h	25,5h
Yhteensä	363,5h	1121h	484,5h

Säästetty työaika ei todellisuudessa jakaannu vuositasolla aivan taulukon kolme esitetyllä tavalla, koska uusia vastavalmistuneita koneita ei poikkeuksia lukuun ottamatta tarvitse saman vuoden aikana huoltaa. Metsäkoneiden keskimääräinen vuosittainen työtuntikertymä on noin 2000 - 2500 tuntia. Arvioitun 5000 tunnin huoltoajankohdan perusteella voidaan päätellä, että huoltoajankohta sijoittuu aikaisintaan kaksi vuotta koneen valmistumisen jälkeen, jolloin arvioitu 5000 työtuntia täyttyy. Tämä tarkoittaa sitä, että loppuvuoden 2012 ja 2013 aikana C22 ja C44 huoltokustannukset tulevat kasvamaan merkittävästi 2011 valmistettujen nostureiden korkean määrän myötä.

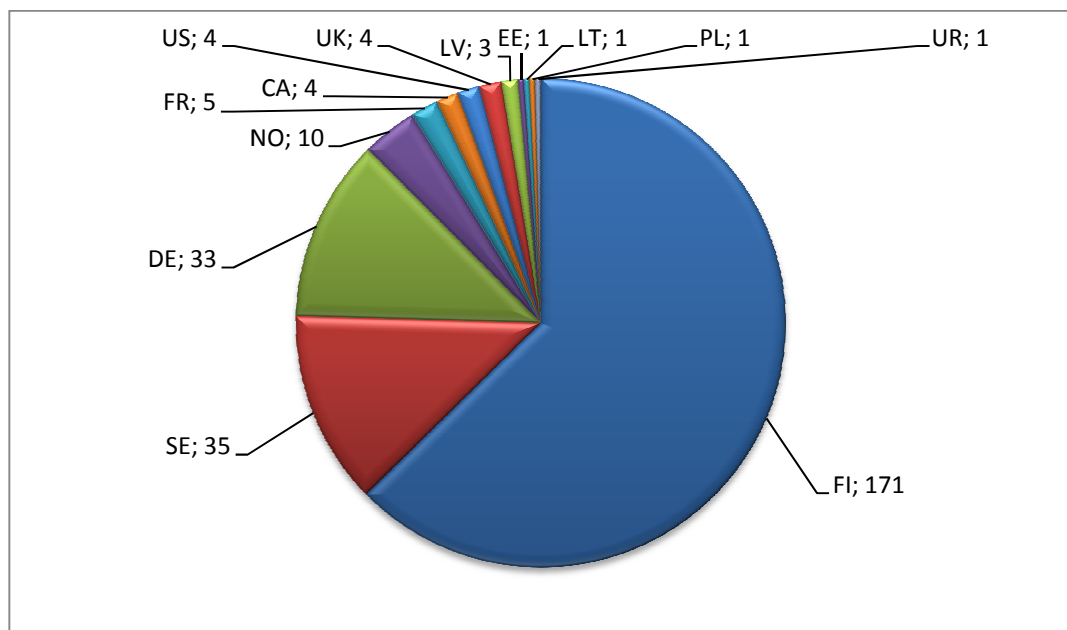
Taulukossa 6 on esitetty ulosvetotyökalusarjan soveltuvuus yrityksen muihin harvesterinosturimalleihin tiedossa olevilta osin. Työkalusarjan todelliset työaikasäästöt tulevat jatkossa nousemaan, kun uusia käyttökohteita havaitaan myös muiden nosturimallien huolloissa.

TAULUKKO 6. Ulosvetotyökalusarjan soveltuvuus muiden nosturimallien huoltoon.

nosturimalli	nosturijalusta	tappi	kohde
C2, C4	P22772	607A07	nosturijalustan tappiliitos
HN125	P22772	607A07	nosturijalustan tappiliitos
HN200	P22772	607A07	nosturijalustan tappiliitos

Opinnäytetyössä suunniteltu ulosvetotyökalusarja ja työvaiheen ohjeistaminen parantavat työvaiheiden turvallisuutta ja lyhentävät merkittävästi korjausaikaa. Tulosten arvioinnissa on kuitenkin muistettava, että säästetty työaika koskee koko konsernia, ja koneita sijaitsee eripuolilla maailmaa. Tästä syystä säästetyn työajan kohdistaminen tietylle yksikölle on vaikeaa.

Kuviossa 20 on esitetty myytyjen C22 sekä C44 nosturimallien sijoittuminen maantieteellisesti.



KUVIO 20. Myytyjen C22 ja C44 nosturimallien sijoittuminen maantieteellisesti

Säästetyn työajan lisäksi aineelliset säästöt ovat myös huomattavia. Kun korvakkeiden tai hydraulisylintereiden rikkominen ja pahimmassa tapauksessa kokonaisen nostopuomin vaihtaminen vältetään, syntyy merkittäviä säästöjä. Nostopuomin vaihtamisesta koituvat kustannukset ovat paljon korkeammat kuin yhden työkalusarjan hinta. Työkalusarja maksaa kokonaisuudessaan arviolta 3000 - 3500 € (sisältäen tunnit).

Tappiliitoksiin liittyvien komponenttien vikaantumisväli (MTBF) on aika pitkä, joten konetta itse huoltavan asiakkaan (20 %) on kannattamatonta hankkia normaalitapauksessa ulosvetotyökalusarjaa itse suorittamaansa yksittäistä huoltoa varten. Työka-

lusrja on tarkoitettu lähinnä yrityksen sopimushuoltajille, sekä tytäryhtiöiden huoltopalveluiden käyttöön.

8.2 Työturvallisuus

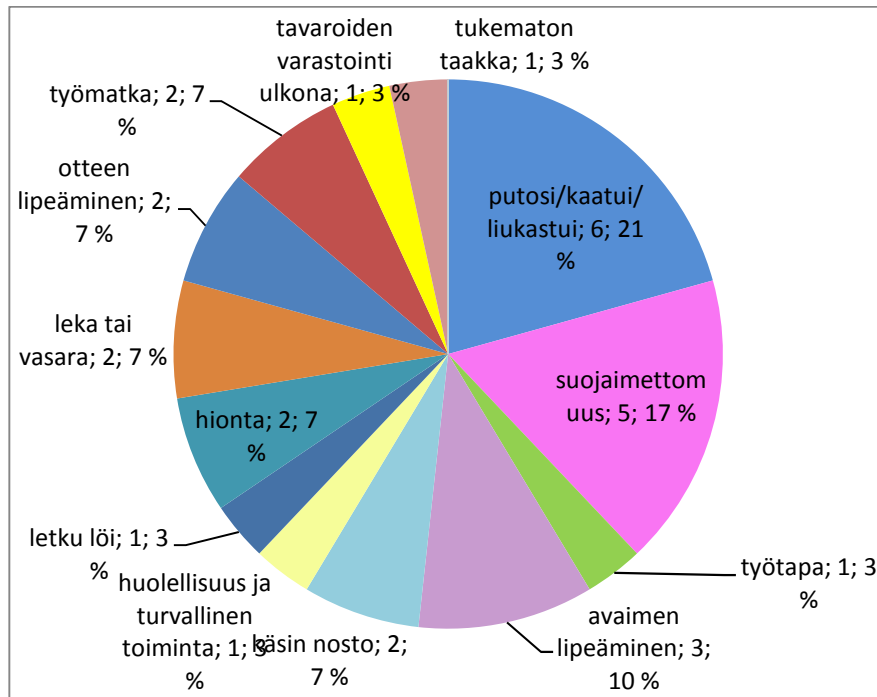
Suomessa tapahtuu teknisillä aloilla vuosittain yhteensä noin 1350 työtaturmaa. Suomessa tapahtuvista työtaturmista kaksi yleisintä vaurioitumista ovat silmiin ja sormiin kohdistuneet vauriot. Sylinteritappien ulosvetovaihe sisälsi alkuvaiheessa raskaan lekan käyttöä, koneellista hiontaa, polttoleikkausta, hitsausta sekä työskentelyä korkealla ja liukkaalla alustalla. Kaikki edellä mainitut työvaiheet sisältävät suuren riskin vammautua vakavasti onnettomuuden sattuessa. (Työsuojeluhallinto 2012.)

Työtaturmien kohteena ovat tavallisesti silmät, sormet, kädet tai jalat. Korjausvaiheessa tapahtumien työtaturmien yleinen piirre on silmien vaurioituminen sirpaleesta tai vastaavasta sekä ruumiinosien ruhjoutuminen. Taulukossa 7 on listattu valtakunnallisesti teknisellä alalla tapahtuvien työtaturmien määrä, jotka sisältävät vastaavia piirteitä, kuin sylinteritappien ulosvetovaihe.

TAULUKKO 7.Suomessa teknisellä alalla tapahtuvien onnettomuuksien määrä, jotka sisältävät samoja piirteitä, kuin C22 ja C44 huollossa. (Työsuojeluhallinto 2012.)

Aiheuttaja	2007	2008	2009	yht
<i>kiinteät tikkaat</i>	3	2	6	11
<i>siirrettävät tikkaat</i>	13	13	19	45
<i>pyörillä siirrettävät rakennustelineet</i>	1	1	1	3
<i>kulkuväylät, alustat, maa, ovet, seinät ym</i>	367	408	331	1106
<i>käsityökalut</i>	78	80	67	225
<i>puristimet, avartimet, prässit</i>	1	0	1	2
<i>katkaisuun, leikkaamiseen, ym (kk)</i>	1	5	3	9
<i>hitsaus-, nidonta-, ja muut kokoamislait.</i>	3	1	2	6
<i>materiaalit, esineet, tuotteet, sirpaleet</i>	358	369	300	1027
Tapaturmat yhteensä 2007-2009	825	875	730	2433

Kuviossa 21 on esitetty Ponsse Oyj:ssä vuonna 2011 tapahtuneiden työtapaturmien syyt. Ponsse Oyj:ssä raportoitiin vuosien 2009- 2011 välisenä aikana yhteensä 74 työtapaturmaa. Vuonna 2011 huoltopalveluiden osuus oli 29 työtapaturmaa, josta noin 65 % sisälsi tappien poistamisessa ilmeneviä tekijöitä.



KUVIO 21. Työtapaturmien syy Ponssellalla 2011 (Lavinen, T 2012.)

Ulosvetotyökalusarjan käyttö poistaa suurimman osan edellä mainituista vaarallisista työvaiheista. Ulosvetotyökalusarjaa käyttämällä ei tarvitse käyttää menetelminä mm. hitsausta, polttoleikkausta, lyömistä. Työvaiheita varten laadittujen työohjeiden mukaan oikeita ulosvetotyökaluja käyttämällä työvaihe etenee järjestelmällisesti, ja asentajalla on aikaa keskittyä työvaiheiden suorittamiseen sen sijaan, että hän seisoi kahden metrin korkeudessa liukkaan metsäkoneen päällä lyöden lekalla sylinteritappia (Ks. Liite 4).

Työturvallisuuden parantaminen on merkittävä tekijä huoltopalveluissa, koska sairauslomalla oleva työntekijä ei aiheuta pelkästään taloudellisia kuluja. Työntekijän joutuessa jäämään sairauslomalle työtapaturman vuoksi kasvaa työtaakka helposti muulla henkilöstöllä. Paineen ja kiireen alla työskenteleminen aiheuttaa huolimattomuutta, joka puolestaan kasvattaa työtapaturman riskiä.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön alkuvaiheessa koin suurimpana haasteena tuotehallintajärjestelmien käytön ja mallinnusohjelmien hallinnan. Opintojeni aikana Jyväskylän ammattikorkeakoulussa opintoihin sisällytettiin mielestäni liian vähän tietokoneavusteista suunnittelua. Aloittaessani työn en ollut aikaisemmin mallintanut SolidWorks ohjelmistolla, jolla mallintaminen työn aikana tehtiin. Tuotehallintajärjestelmä, kuten PDM oli myös uusi järjestelmä minulle ja suurimmat pelot liittyivätkin sen käyttöön. Käytettäessä sisäistä yhtenäistä tuotehallintajärjestelmää voi tehdä helposti vahinkoa tietämättään muokkaamalla jo valmistuksessa olevia tuotteita.

Työnaihe oli aloitusvaiheessa tuttu, sillä teimme yritykselle Design Project opintojaksolla samaan aiheeseen liittyvän projektin. Design Project opintojaksolla keksitty levittinyökalujen toimintaperiaate oli todettu hyväksi ja periaatetta soveltamalla kehitettiin tarvittavat levittimet nosturihuoltoon. Työn edetessä huomasin, että pieni ja yksinkertaisen näköinen tekninen komponentti vaatii valtavan määrän asioiden huomiointia, kuten yhteensopivuus muihin komponentteihin ja kehitysversioihin, materiaali, muotoilu, valmistettavuus jne. Opinnäytetyössä suunnitellut levittimet ovat mielestäni kokonaisuutena hyvät ja toimivat. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö on opettanut paljon uusien työkalujen käyttöä sekä auttanut ymmärtämään teknisten ratkaisuiden tekemisen vaikeutta.

Suunniteltu työkalusarja tulee todelliseen tarpeeseen huoltopalvelussa, jossa toimivien erikoistyökalujen käytöllä on suuri vaikutus työturvallisuuteen. Turvallisten työmenetelmien kehittämisen tulisi olla jatkuvaa ja erityisen tarkkailun alla, jotta mahdollisilta työtapaturmilta vältyttäisiin.

Tällä hetkellä työkalusarja soveltuu kaikkiin valmistettuihin Ponsse C22 ja C44 liikeraanosturimalleihin, mutta nosturimallien jatkuva kehittyminen aiheuttaa kuitenkin todennäköisesti tarpeen päivittää ja muokata työkalusarjaa muutaman vuoden sisällä uusien päivitysten myötä.

Metsäkoneissa on paljon erikokoisia tappiliitoksia, jotka ovat suurimmalta osin umpinaisesta ahiosta valmistettuja tappeja. Umpinaisten tappien ulosveto on aina vaikeaa, ja yleensä ne poistetaan joko lekalla lyömällä tai hitsaamalla toiseen päähän kierretanko, josta veto tapahtuu. Mielestäni seuraava jatkokehitysaskel olisi, että kaikkien valmistettävien umpinaisten tappien päihin koneistetaan jo valmistusvaiheessa M30 x 3.5 kierre. Tällä tavalla työkalusarjan käyttökohteiden lukumäärä moninkertaistuu ja työkalusarjalla voitaisiin suorittaa suuri osa kaikista tappiliitoksista vain C22 ja C44 nostureiden sijaan. Lyhyen kierteen koneistaminen tappien päihin ei vaikuta tapin leikkauspinta-alaan tai rakenteellisesti muutenkaan heikentävästi liitoksen kestävyys, mutta huollon kannalta vaikutus olisi kuitenkin merkittävä.

Opinnäytetyön työkalusarjasta valmistettu prototyyppi toimii, ja erityisiä ongelmia ei ole toistaiseksi ilmennyt. Tulosten arvioinnissa huoltoon tulevien koneiden määrään ja huoltoajankohtaan on kuitenkin suhtauduttava varauksella. Huoltoon tulevien koneiden ajankohta riippuu vuosittaisesta koneen työtuntikertymästä, joka voi suhdanteiden muuttuessa vaihdella. Tuloksissa on vertailtu pahinta mahdollista parhaaseen mahdolliseen, joten todelliset työaika säästöt ilmenevät myöhemmin korjausaikoja seurattaessa. Huoltoon tulevien koneiden lukumäärä on tämänhetkisten havaintojen perusteella tehty arvio, joka on luultavasti pienempi kuin arvioitu 80 % kaikista valmistetuista nostureista.

Opinnäytetyön aikataulun kiinnipitämisessä oli vaikeuksia, koska opinnäytetyö tehtiin samalle yritykselle normaalin päivätyöni ehdoilla, joka vaikeutti aikataulussa pysymistä. Opinnäytetyön valmistuttua lopputulokset otettiin yrityksessä kuitenkin vastaan innostuneesti, joten vapaa-ajalla tehtykin työ sai sille kuuluvan arvostuksen.

LÄHTEET

Desai, A & Mital, A. 2006. Design for maintenance: basic concepts and review of literature. Department of Industrial Engineering. Case: University of Cincinnati. Viitattu 23.5.2012.

http://www.inderscience.com/search/index.php?action=record&rec_id=8876.

Desai, A & Mital, A. 2011. Simplifying the product maintenance process by building ease of maintenance into the design. Case: Mechanical Engineering Technology and Industrial Management. Viitattu 23.5.2012.

http://www.inderscience.com/search/index.php?mainAction=search&action=record&rec_id=43485&prevQuery=&ps=10&m=or.

Hietikko, E. 2007. Solid Works tietokoneavusteinen suunnittelu. 2 uudis. p. Tampereen Yliopistopaino Oy Juvenes Print.

Järviö, J. Piispa, T. Parantainen, T. & Åström, T. 2011. Kunnossapito. 4 lisä. p. Helsinki: Copy-Set Oy.

Konekortti. 2012. Ponsse Oyj sisäinen tietokanta. Viitattu 10.5.2012.

Lavinen T. Työturvallisuusvastaava. Ponsse Oyj. Haastattelu 10.5.2012.

Outinen, H. Salmi, T & Vulli, P. 2007. Lujuusopin perusteet. Tampere: Pressus Oy.

Paananen, A. Henkilöstöassistentti. Ponsse Oyj. Haastattelu 15.3.2012.

Pere, A. 2004. Koneenpiirustus korkeakouluja varten. Espoo: Kirpe Oy.

Ponsse nosturit C22. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. Viitattu 11.3.2012.
www.ponsse.fi, tuotteet, nosturit, C22.

Ponsse nosturit C44. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. viitattu 11.3.2012.
www.ponsse.fi, tuotteet, nosturit, C44.

Ponsse Oyj historia. 2012. Ponsse Oyj:n kotisivut. Viitattu 23.5.2012.
www.ponsse.fi, konserni, historia, 1960.

Ponsse Oyj palvelut. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. viitattu 16.4.2012.
www.ponsse.fi, palvelut, loggers inn, tekninen tuki.

Ponsse Oyj puunkorjuumenetelmät. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. Viitattu 19.4.2012.
www.ponsse.fi, konserni, CTL.

Ponsse Oyj talous. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. Viitattu 15.4.2012.
<http://www.ponsse.fi>, sijoittajat, taloudellista, tunnusluvut.

Ponsse Oyj. 2012. Ponsse Oyj kotisivut. Viitattu 23.5.2012.
www.ponsse.fi, konserni.

Ramentor Oy 2012. Ramentor Oy kotisivut. Viitattu 13.4.2012.
www.ramentor.com/etusivu, teoria, käyttövarmuus.

Rönkkö, P. Kotimaan huoltopäällikkö. Ponsse Oyj. Haastattelu 10.5.2012.

Työsuojeluhallinto. 2012. työpaikkatapaturmat ammateittain aiheuttajan mukaan.
Tekniseen alaan kuuluva työ. Viitattu 13.5.2012.
<http://www.tyosuojelu.fi/fi/tyotaturmat-ammateittain/1358>,
<http://www.tyosuojelu.fi/fi/tilastopaketti/117>.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

LIITTEET

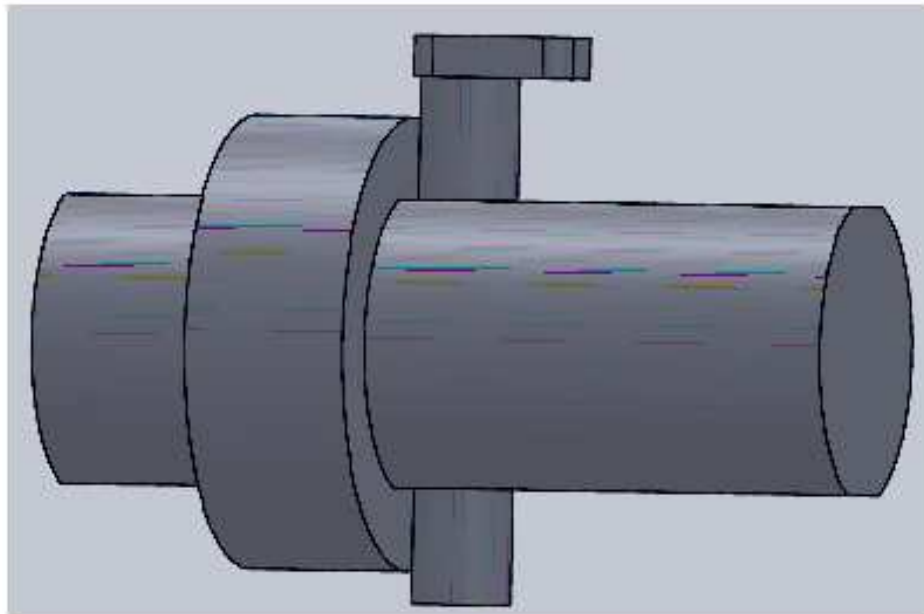
Liite 1. Lukitustapin leikkaantumisen tarkastelu

Vetotangon lukitustapin leikkauksen tarkastelu.

Leikkauksen aiheuttama voima on 330 kN, jonka reikätkunkki tuottaa. Kyseessä on kaksileikkeinen tappiliitos.

Materiaalina tapissa/akselissa käytetään 42CrMo4 nuorrutusterästä

Periaatekuva



NUORRUTUSTERÄS

42CrMo4

Kemiallinen koostumus paino-%	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0,41	0,31	0,70	1,10	0,2

Mekaaniset ominaisuudet

Tuotteen halkaisija, d [mm]	Myöskäjä, R _m min [N/mm ²]	Murtolujuus, R _m [N/mm ²]	Murtovenymä, A min [%]	Murtokumo, Z min [%]	Iskusölyys, KV min [J]
d ≤ 16	900	1100...1300	10	40	30
16 < d ≤ 40	750	1000...1200	11	45	35
40 < d ≤ 100	650	900...1100	12	50	35
100 < d ≤ 160	550	800...950	13	50	35
160 < d ≤ 250	500	750...900	14	55	35
250 < d ≤ 500	450	690...840	L: 15, T: 13, Q: 11	-	DVM, L: 38
500 < d ≤ 750	390	590...740	L: 16, T: 14, Q: 12	-	DVM, L: 38

25mm tappi käytettäessä 330 kN tunkkia

lukitustapin halkaisija

$$d := 25\text{mm}$$

lukitustapin poikkileikkauksen pinta-ala

$$A := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} = 490.874 \cdot \text{mm}^2$$

tunkin tuottama voima

$$F := 330000\text{N}$$

leikkausvoima yhtä leikettä kohden

$$V := \frac{F}{2} = 1.65 \times 10^5 \text{N}$$

poikkileikkaukseen kohdistuva leikkausvoima

$$\tau_k := \frac{V}{A} = 336.135 \cdot \text{MPa}$$

Standardin SFS 3200 mukaan rakenneterästen sallitut jännitykset staattisessa kuormituksessa määritetään standardin piiriin kuuluvissa teräsrakenteissa vedolle, taivutukselle ja puristukselle materiaalin alemman myötörajan R_{ct} arvosta seuraavasti:

$$\sigma_{sall} = R_{ct} / 1,5 \quad \text{tavallisessa kuormituksessa} \quad (1)$$

$$\sigma_{sall} = R_{ct} / 1,3 \quad \text{harvinaisessa kuormituksessa} \quad (2)$$

Sallittu leikkausjännitys saadaan kertomalla edellä mainitut arvot luvulla 0,6 eli

$$\tau_{sall} = 0,6 \cdot \sigma_{sall} \quad (3)$$

+

sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{sall} := \frac{750\text{MPa}}{1,3} = 576.923 \cdot \text{MPa}$$

sallittu leikkausjännitys

$$\tau_{sallittu} := 0,6 \cdot \sigma_{sall} = 346.154 \cdot \text{MPa}$$

rajavarmuusluku

$$\eta := \frac{\tau_{sallittu}}{\tau_k} = 1.03 \quad \text{on OK, 25mm tappi on riittävä tunkin aiheuttamalle leikkausvoimallevoimalle!}$$

34 mm tappi käytettäessä 610 kN tunkkia

lukitustapin halkaisija

$$d := 34\text{mm}$$

lukitustapin poikkileikkauksen pinta-ala

$$A_{\text{tapin}} := \frac{(\pi \cdot d^2)}{4} = 907.92 \cdot \text{mm}^2$$

tunkin tuottama voima

$$F_{\text{tunkki}} := 610000\text{N}$$

leikkausvoima yhtä leikettä kohden

$$V_{\text{leikkaus}} := \frac{F}{2} = 3.05 \times 10^5 \text{N}$$

poikkileikkaukseen kohdistuva leikkausvoima

$$\tau_k := \frac{V}{A} = 335.933 \cdot \text{MPa}$$

Standardin SFS 3200 mukaan rakenneterästen sallitut jännitykset staattisessa kuormituksessa määritetään standardin piiriin kuuluvissa teräsrakenteissa vedolle, taipuudelle ja puristukselle materiaalin alemman myötörajan R_{eL} arvosta seuraavasti:

$$\sigma_{\text{sall}} = R_{eL} / 1,5 \quad \text{tavallisessa kuormituksessa} \quad (1)$$

$$\sigma_{\text{sall}} = R_{eL} / 1,3 \quad \text{harvinaisessa kuormituksessa} \quad (2)$$

Sallittu leikkausjännitys saadaan kertomalla edellä mainitut arvot luvulla 0,6 eli

$$\tau_{\text{sall}} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{sall}} \quad (3)$$

Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentaluujutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

sallittu leikkausjännitys

$$\sigma_{\text{sall}} := \frac{750\text{MPa}}{1,3} = 576.923 \cdot \text{MPa}$$

sallittu leikkausvoima

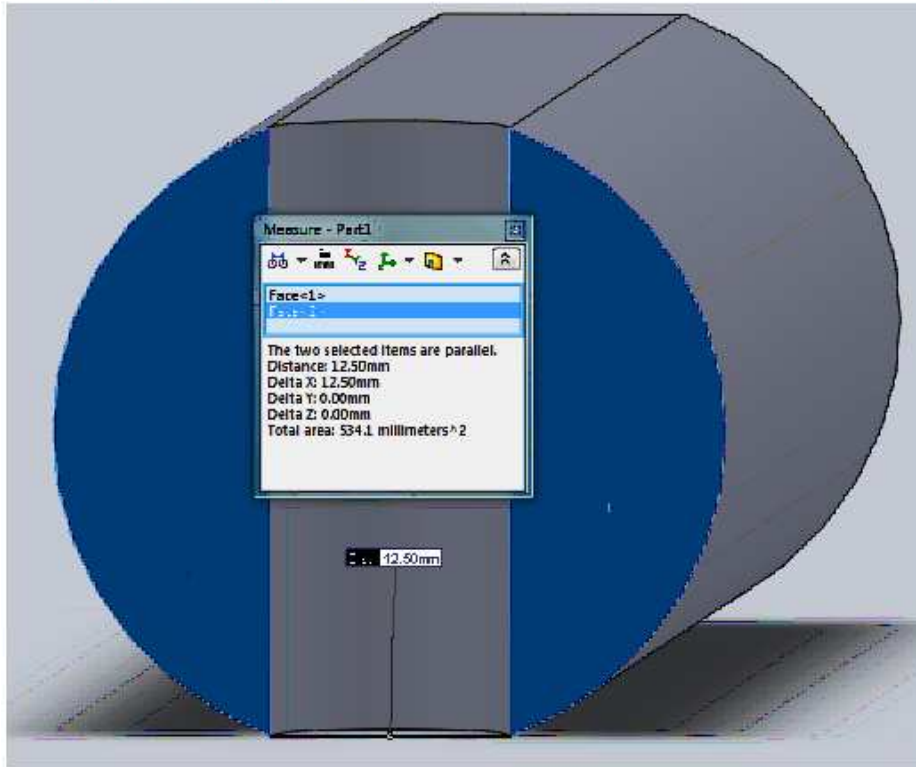
$$\tau_{\text{sallittu}} := 0,6 \cdot \sigma_{\text{sall}} = 346.154 \cdot \text{MPa}$$

rajavarmuusluku

$$\eta := \frac{\tau_{\text{sallittu}}}{\tau_k} = 1.03 \quad \text{on OK, 34mm tappi on riittävä tunkin aiheuttamalle leikkausvoimalle!}$$

Liite 2. Eri vetotankovaihtoehtojen mitoituksia

330 kN tunkkia käytettäessä, kahdella leikkausta kantavalla tapilla
vetotangon halkaisija 35 mm.



Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentalujuutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

vetotangon ulkohalkaisija

$$d := 35\text{mm}$$

tunkin tuottama voima

$$F := 330000\text{N}$$

poikkileikkauspinta-ala

$$A := 534.1\text{mm}^2$$

normaalijännitys

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{F}{A} = 617.862\text{MPa}$$

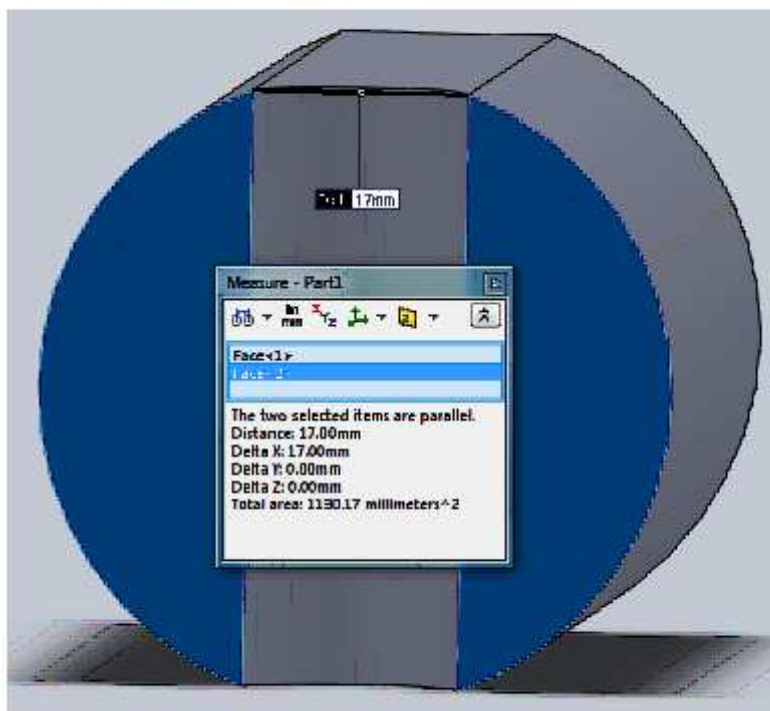
sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{\text{sallittu}} = 576.923\text{MPa}$$

rajavarmuusluku

$$\eta := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 0.934$$

610 kN tunkkia käytettäessä, kahdella leikkausta kantavalla tapilla vetotangon halkaisija 50 mm.



Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentaluujutena myötörajaa ja harvemmin murtörajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

vetotangon ulkohalkaisija

$$d := 50\text{mm}$$

tunkin tuottama voima

$$F := 610000\text{N}$$

poikkileikkauspinta-ala

$$A := 1130.17\text{mm}^2$$

poikkileikkauspinta-ala

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{F}{A} = 539.742\text{MPa}$$

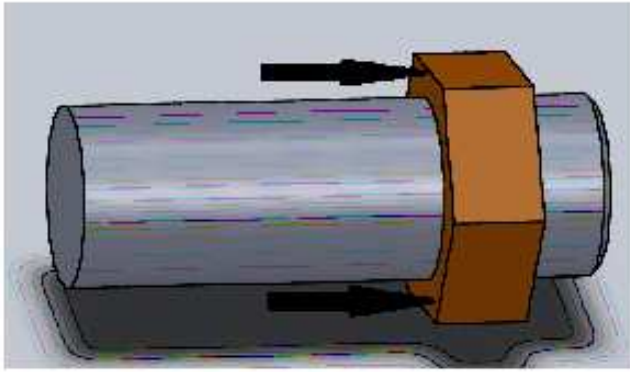
poikkileikkauspinta-ala

$$\sigma_{\text{sallittu}} = 576.923\text{MPa}$$

rajavarmuusluku

$$n := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 1.069$$

Käytettäessä 330 kN tunkkia ja vetotankoa mutterilukituksella



M30 x 3.5 kierteen jännityspinta-ala

$$A_{M30\text{jännityspint.}} := 561\text{mm}^2$$

normaalijännitys

$$\sigma_{\text{tot.}} := \frac{F}{A_{M30\text{jännityspint.}}} = 588.235\text{-MPa}$$

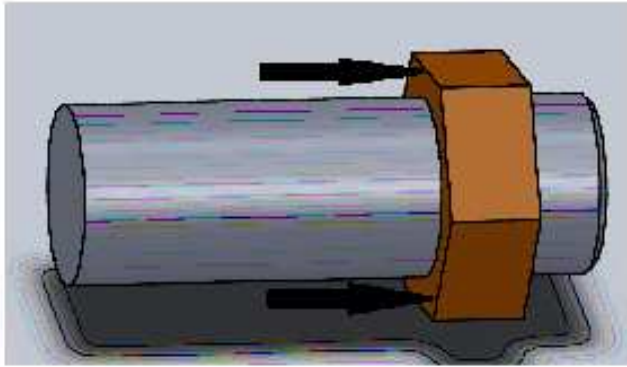
sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{\text{sallittu}} = 576.923\text{-MPa}$$

rajavarmuusluku

$$\eta_w := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 0.981$$

Käytettäessä 610 kN tunkkia ja mutterilukitusta M42*4,5 (SFS4498))



Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentaluutuutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

vetotangon halkaisija kierteen pohjalta

$$D := 37.129\text{mm}$$

M42 x 4.5 kierteen jännityspinta-ala

$$A := \frac{(\pi \cdot D^2)}{4} = 1.083 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

normaalijännitys

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{F}{A} = 563.396 \cdot \text{MPa}$$

sallittu normaalijännitys

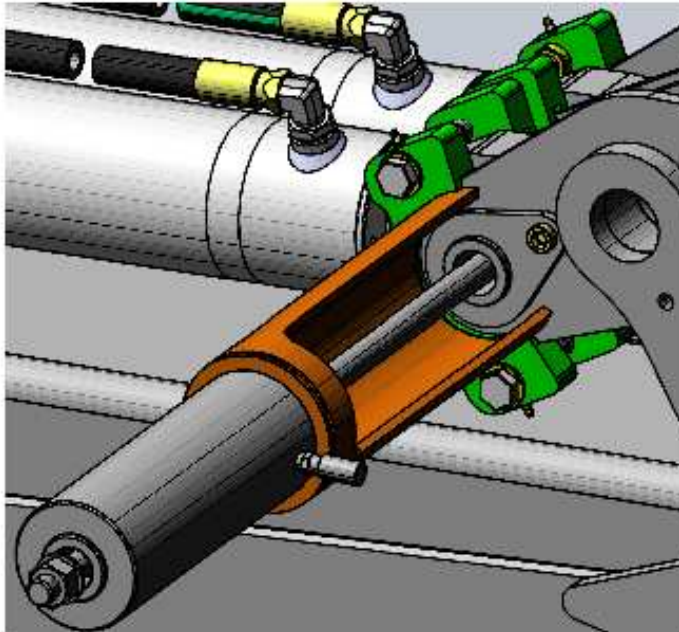
$$\sigma_{\text{sallittu}} = 576.923 \cdot \text{MPa}$$

rajavarmuusluku

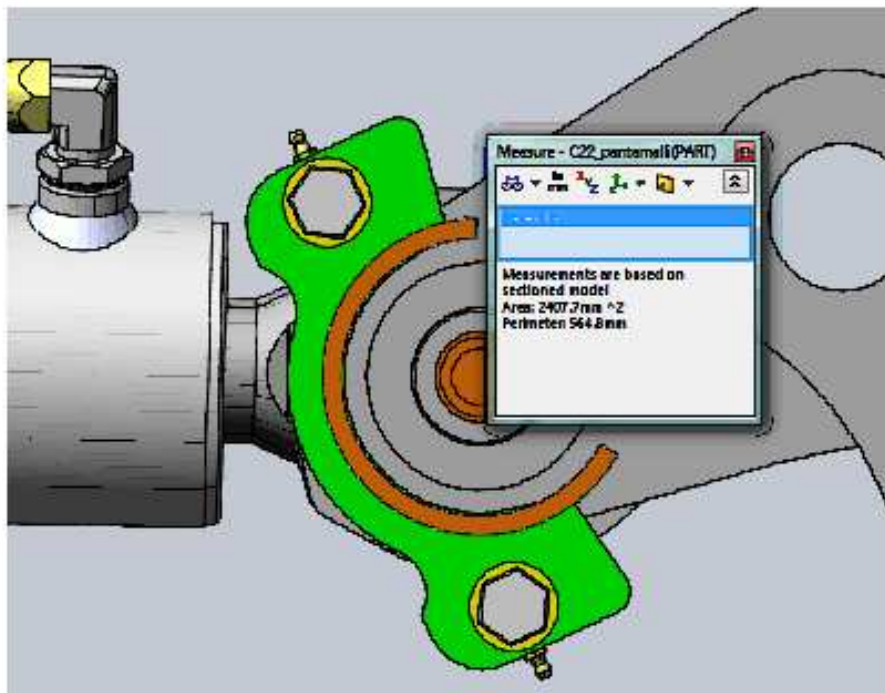
$$\eta := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 1.024 \text{ on OK, joten valitaan M42*4.5 kierre}$$

Liite 3. Vetoputkien pintapainetarkastelu

Tarkastellaan 330kN reikätukin aiheuttaman pintajännityksen vaikutuksia vetoputken kosketuspintaan väliaisaa vasten.



Tarkasteltava pintajännityksen poikkileikkauspinta-ala, joka on kosketuksissa jalustaan



Vetoputken mitat ovat 139.7×8.8 mm ja materiaali on S355J2H (Fe 52D) Standardin SFS 3200 rakenneterästen sallittu jännitys staattisessa puristuksessa harvoin kuormitettuna on $R_{el}/1.3$.

Taulukko 1 Tavallisten rakenne- ja koneerästen myötörajat ja sallitut jännitykset standardin SFS 3200 mukaan

	Lajuesarvat SFS 200 mukaan			Sallitut jännitykset MPa, SFS 3200							
	Teräksen lajuse- ja laatu	Alueen paksuus t/mm	R_{el} MPa	Veto-, puristus ja taivutus		Leikkaus		Reunapuristus ²		HERZin jännitys	
				Kuormitustapaus		Kuormitustapaus		Kuormitustapaus		Kuormitustapaus	
				Tav.	Harv.	Tav.	Harv.	Tav.	Harv.	Tav.	Harv.
Rakenneteräsket	Fe 33 ¹			100	120	80	70	210	240		
	Fe 37A, Fe 37B	≤16	220	147	168	88	101				
	Fe 37C, Fe 37D	17...40	210	148	162	85	97	280	300	850	750
		41...100	200	139	153	80	82				
	Fe 44B, Fe 44C	≤16	270	180	207	108	124				
	Fe 44D	17...40	260	173	200	103	120	310	360	900	900
	41...100	250	167	192	100	115					
Koneeräsket	Fe 50	≤16	280								
		17...40	270	170	190	100	115			800	900
		41...100	260								
	Fe 60	≤16	320								
		17...40	310	200	220	120	140			900	1000
		41...100	300								
Koneeräsket	Fe 70	≤16	360								
		17...40	340	220	240	130	150			1000	1100
		41...100	330								

¹ Teräsilä Fe 33, jolla ei ole taantua myötörajoa, ei saa kytymä rakenneluokkaan 2 kuuluvissa rakenteissa ja rakenneluokkaan 1 kuuluvissa hitsatuissa rakenteissa. ² Koskee koneellista valmistusta tai ruuviliitosta luokkaa R 2.

Standardin SFS 3200 mukaan rakenneterästen sallitut jännitykset staattisessa kuormituksessa määritetään standardin piiriin kuuluvissa teräsrakenteissa vedolle, taivutukselle ja puristukselle materiaalin alemman myötörajan R_{el} arvosta seuraavasti:

$$\sigma_{sall} = R_{el} / 1,5 \quad \text{tavallisessa kuormituksessa} \quad (1)$$

$$\sigma_{sall} = R_{el} / 1,3 \quad \text{harvinaisessa kuormituksessa} \quad (2)$$

Sallittu leikkausjännitys saadaan kertomalla edellä mainitut arvot luvulla 0,6 eli

$$\tau_{sall} = 0,6 \cdot \sigma_{sall} \quad (3)$$

tunkin tuottama voima

$$F := 330000\text{N}$$

vetoputken kosketuspinta-ala

$$A := 2407.7\text{mm}^2$$

materiaalin alempi myötöraja

$$R_{e1} := 340\text{MPa}$$

+

normaalijännitys

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{F}{A} = 137.06\text{MPa}$$

sallittu normaalijännitys

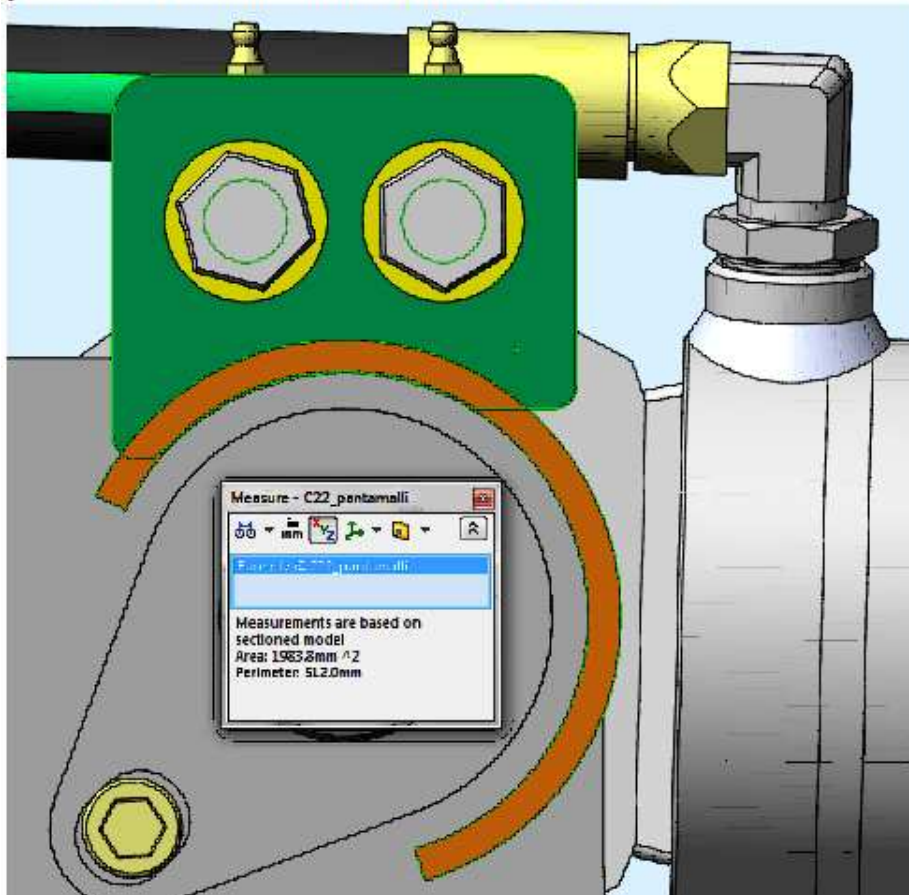
$$\sigma_{\text{sallittu}} := \frac{R_{e1}}{1.3} = 261.538\text{MPa}$$

Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentaluutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

$$\eta := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 1.908 \quad \text{on OK ei tyssäänny, mutta paljon ylimääräistä varmuutta!}$$

Nostopuomin korvakkeen vetoputken mitat ovat 133*8mm ja materiaali on S355J2H (Fe 52D)

Stantardin SFS 3200 rakenneterästen sallittu jännitys staattisessa puristuksessa harvoin kuormitettuna on $R_{el}/1.3$.



tunkin tuottama voima

$$F := 330000\text{N}$$

vetoputken kosketuspinta-ala

$$A := 1983.8\text{mm}^2$$

materiaalin alempi myötöraja

$$R_{el} := 340\text{MPa}$$

normaalijännitys

$$\sigma_{tot} := \frac{F}{A} = 166.347\text{MPa}$$

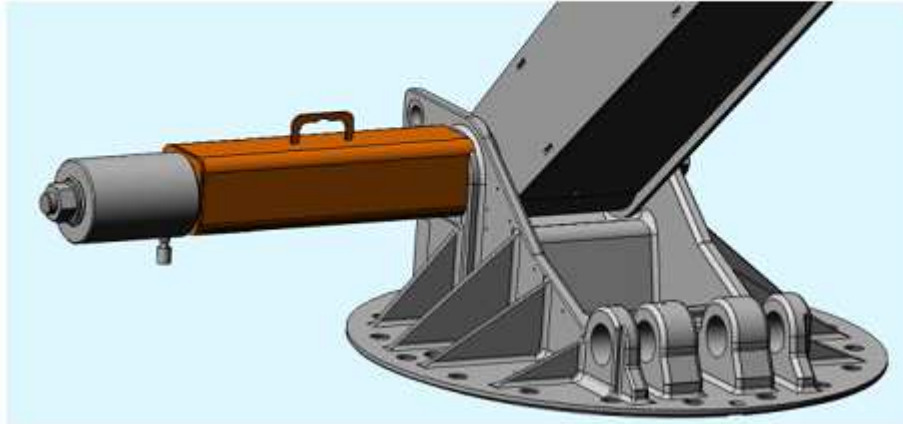
sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{sallittu} := \frac{R_{el}}{1.3} = 261.538\text{MPa}$$

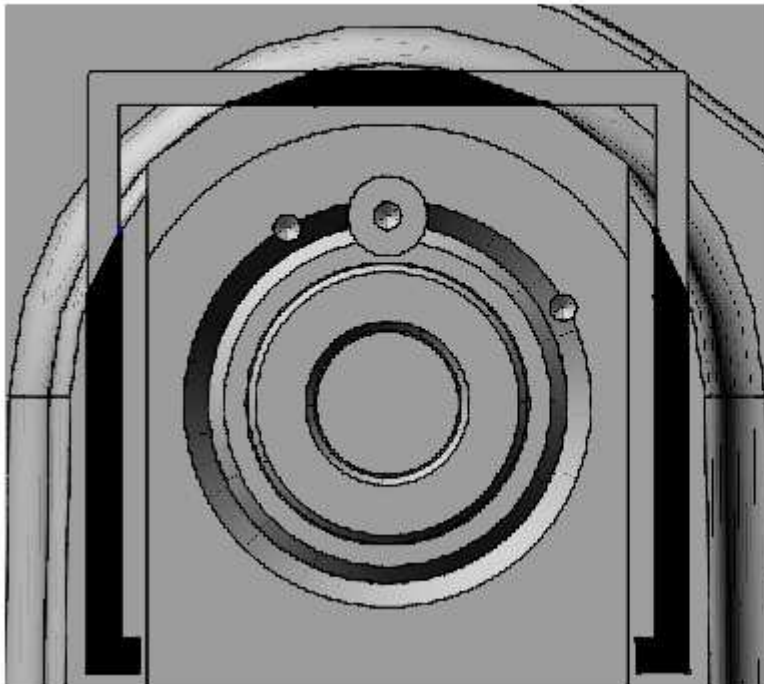
Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentalujuutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

$$n := \frac{\sigma_{sallittu}}{\sigma_{tot}} = 1.572 \text{ on OK, valitaan materiaaliksi } 133 \times 8 \text{ S355J2H}$$

Tarkastellaan 630kN reikätkin aiheuttaman normaalijännityksen vaikutuksia vetoputken kosketuspintaan nosturinjalustaa vasten.



Tarkasteltava pintajännityksen poikkileikkauspinta-ala, joka on kosketuksissa jalustaan



Vetoputken mitat ovat 150*150*8mm ja materiaali on S355J2H (Fe 52D) Standardin SFS 3200 rakenneterästen sallittu jännitys staattisessa puristuksessa harvoin kuormitettuna on Rel/1.3.

tunkin tuottama voima

$$F := 610000\text{N}$$

vetoputken kosketuspinta-ala

$$A := 2306\text{mm}^2$$

materiaalin alempi myötöraja

$$R_{el} := 340\text{MPa}$$

normaalijännitys

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{F}{A} = 264.527\text{MPa}$$

sallittu normaalijännitys

$$\sigma_{\text{sallittu}} := \frac{R_{el}}{1.3} = 261.538\text{MPa}$$

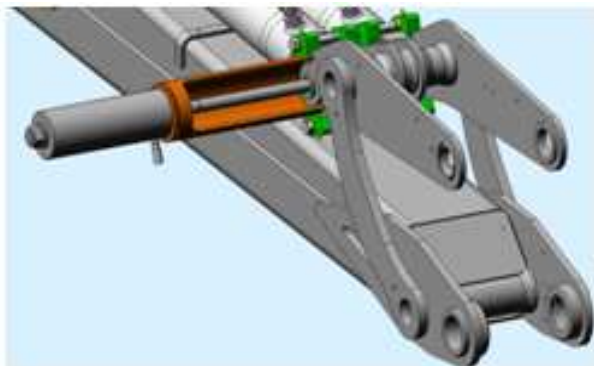
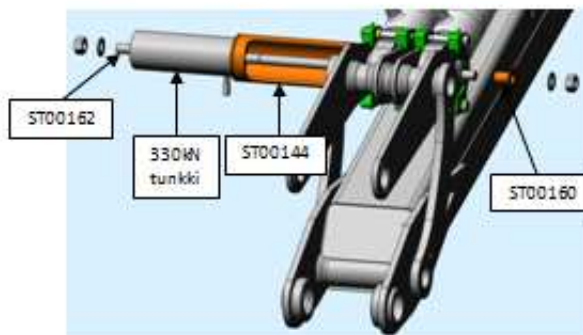
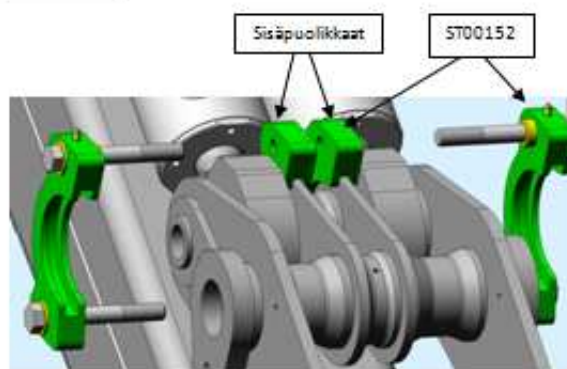
Rajavarmuuslukua määritettäessä käytetään yleensä laskentalujuutena myötörajaa ja harvemmin murtorajaa (Outinen, Salmi & Vulli 2007, 57)

$$\eta := \frac{\sigma_{\text{sallittu}}}{\sigma_{\text{tot}}} = 0.989$$

Liite 4. Työohje-esimerkki ulosvetotyökalujen käyttöön nosturihuollosa

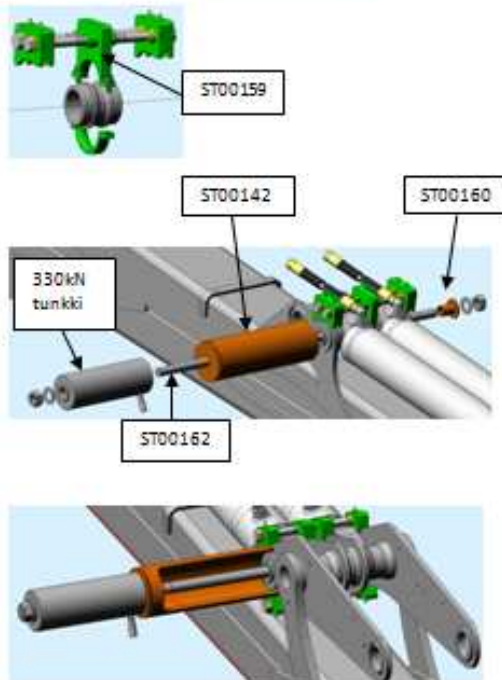
C22 NOSTOPUOMIN TAPPILIITOSTEN PURKUOHJE (SIIRTOSYLINTERIT PITKILLÄ TAPEILLA)

Väliaisa



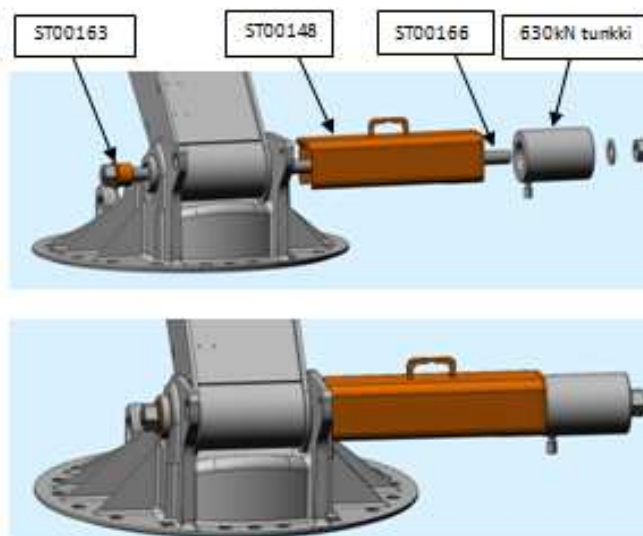
1. Aseta levittimien sisäpuolikkaat. Säädä pulteilla väli sopivaksi ja paina levitin paikalleen.
2. Laita soviteholkki ja aluslevy. Kierrä mutteri vetotangon lyhyempään kierteseen.
3. Työnnä vetotanko sylinteritapin läpi. Nosta vetoputki paikoilleen ja aseta tunkki. Lisää aluslevy ja mutteri paikoilleen.
4. Lopuksi kiristä mutteri!

Nostupuomin korvakko



1. Aseta levitin korvakkeiden päälle ja kiinnitä kiristin korvakon keskisolkin ympärille. Kiristä pultit.
2. Laita vetotangon lyhyen kierteen päähän soviteholkki, aluslevy ja mutteri. Työnnä vetotanko sylinteritapin läpi.
3. Nosta vetoputki ja aseta tunkki. Lisää aluslevy ja mutteri paikoilleen.
4. Lopuksi kiristä mutteri!

Nosturijalustan tappi



1. Laita ensin soviteholkki ST00163 vetotangon päälle ja ruuvaa vetotangon lyhyellä kierteellä olevaan päähän mutteri.
2. Työnnä vetotanko nosturijalustan tapin lävitse.
3. Nosta vetoputki ja aseta tunkki. Lisää aluslevy ja mutteri paikoilleen.
4. Lopuksi kiristä mutteri!