



KRIITTISTEN RUUVILIITOSTEN KIRISTÄMINEN JA TARKISTAMINEN HUOLLOSSA

Tuomas Yli-Marttila

Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit
tuotantojärjestelmät

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

TUOMAS YLI-MARTTILA:
KRIITTISTEN RUUVILIITOSTEN KIRISTÄMINEN JA TARKISTAMINEN
HUOLLOSSA

Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Maaliskuu 2015

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä menetelmäkehitystyö Ponsse Oyj:n huoltopalveluille. Uuden mallisarjan myötä metsäkoneiden huoltovälejä on pidennetty ja huolto-ohjelmaa tarkennettu. Kriittisten ruuviliitosten tarkistaminen ja kiristäminen huoltotyössä on ollut aikaa vievää ja työergonomisesti haastavaa suorittaa. Työn tarkoituksena oli tehdä selvitys työvaiheita kehittävästä työvälineistä ja –menetelmistä. Tavoitteena oli parantaa huoltopalveluiden tuottavuutta, tehokkuutta ja laaduntuottokykyä. Myös työergonomiaa pyrittiin parantamaan.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin kirjallisuustutkimuksella, jossa tutustuttiin ruuviliitosten kiristämistekniikkaan ja –teoriaan. Nykytilannetta kartoitettiin työntekijöitä haastatteleamalla, lisäksi tämän opinnäytetyön tekijän omakohtaiset kokemukset on huomioitu aihetta käsiteltäessä. Vaihtoehtoisten momenttityökalujen testausta varten järjestettiin tilaisuus Ponsse Oyj:n huoltokorjaamolla, jossa tarkasteltavien työkalujen käytettävyyttä ja vaatimustenmukaisuus testattiin.

Työn tuloksena saatiin konkreettisesti tehty selvitys momenttityökalujen toimivuudesta huoltotilanteissa, erikseen määritellyille ruuviliitoskohteille. Testaustilaisuudessa saatiin hyviä tuloksia työn tehostumisesta sekä tuottavuuden ja laadun paranemisesta. Myöskin työergonomia koettiin paremmaksi, ja tapaturmariski arvioitiin selvästi pienemmäksi testatuilla momenttityökaluilla. Työn avulla löydettiin huoltopalveluiden vaatimuksiin sopiva momenttityöväline.

Työ antoi jatkokehitysehdotuksia niin työväline- ja menetelmäsuunnitteluun kuin mekaniikkasuunnitteluun. Työvälineiden vastavoimatukien räätälöinti yleispäteväksi moneen kiristyskohteeseen nähtiin tarpeellisena. Ongelmaksi koettiin myös se, että ruuviliitoksia on hankala kiristää rakenteiden ahtauden vuoksi. Myös rakennesuunnittelun tueksi syntyi kehitysideoita ongelmallisten kohteiden parantamiseksi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Option of Production Engineering

TUOMAS YLI-MARTTILA:
Checking and Tightening Critical Screw Connections in Maintenance

Bachelor's thesis 69 pages, appendices 2 pages
March 2015

The purpose of this thesis was to develop a method of torque tightening screws for Ponsse Plc's Service division. Checking and tightening critical screw connections has taken a lot of time and doing it ergonomically has proven to be a challenge. The objective was to make a statement of torque tools and working methods that could improve the work phases. The main objective was to improve maintenance productivity, efficiency and quality.

The thesis was started with a literature review focusing on the techniques and theory of tightening screw connections. Mapping the current situation was performed by interviewing employees. Moreover, the author's personal experiences are mentioned. Alternative torque tools were tested at the Ponsse Service Centre, where the availability of the tools and their requirements were tested.

The key result was the report of the tested torque tools. The test event gave good results. Efficiency of work phases increased, and productivity and quality were improved. Also the ergonomics were considered to be better. The work helped to find suitable torque tools for Ponsse Service Centres.

The thesis gives further development proposals for tools, methods and mechanical engineering. Tightening screws was seen as problematic in maintenance situations where the structure of a machine does not allow this to be done easily. Also, the structural designers may get development ideas to improve the structure of such machines.

Key words: Screw torque tightening, service, torque tools

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	PONSSE OYJ.....	7
2.1	Tuotteet	7
2.2	Huoltopalvelut	9
3	RUUVILIITOKSET	11
3.1	Ruuvit.....	11
3.2	Kiinnitysruuvien kierreprofiilit.....	12
3.3	Kiristysmomentti	13
3.4	Ruuvikuormituksen muodostuminen ja rasiustyyppit	13
3.4.1	Staattinen kuormitus	15
3.4.2	Väsyttävä kuormitus.....	16
3.5	Lujuusluokat	16
3.6	Ruuviliitoksen kiristysmenetelmät	17
3.7	Kiristystyökalujen kalibrointi	18
4	RUUVILIITOKSEN VÄSYTTÄVÄÄN KUORMITUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	20
5	ESIKIRISTYKSEN HALLINTA.....	21
5.1	Ruuviliitoksen asennus	21
5.2	Kitkan vaikutus kiristysmomenttiin.....	22
5.3	Voitelun ja aluslevyjen merkitys ruuviliitoksen kitkakertoimeen	23
5.4	Ruuviliitoksen asettuminen.....	24
6	TYÖERGONOMIA	26
6.1	Työtaturmat.....	27
7	KRIITTISET RUUVILIITOKSET JA NIIDEN KIRISTÄMINEN	30
7.1	Nykytilanne.....	30
7.2	Harvesterinosturin kääntökehän ja jalustan kiinnitys	33
7.3	Kuormatraktorien kuormaajien jalustan kiinnitys	36
7.4	Etu- ja taka-akseleiden kiinnitys.....	37
7.5	Pyörien kiinnitys	39
8	TEHTÄVÄN MÄÄRITYS	40
9	MOMENTTITYÖKALUT KRIITTISIIN RUUVILIITOKSIIN.....	41
9.1	Käsi­käyttöiset momenttiavaimet.....	41
9.2	Paineilmakäyttöiset momenttityökalut	43
9.2.1	Sitkeävetoiset mutterinvääntimet	44
9.2.2	Paineilmakäyttöiset pulssityökalut.....	44
9.3	Sähkökäyttöiset momenttityökalut	45

9.4	Hydrauliset momenttityökalut	46
10	TULOKSET	50
10.1	Työvälinevertailu kriittisten ruuviliitosten kiristämiseksi	50
10.1.1	Hydraulinen momenttiväännin.....	51
10.1.2	Paineilmakäyttöinen momenttiväännin.....	52
10.2	Kriittisten ruuviliitosten saavutettavuus	52
10.3	Ratkaisuehdotus	61
10.4	Työvaiheen nopeutuminen ja työajan säästö	62
10.5	Työergonomian parantuminen.....	62
11	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	64
	LÄHTEET.....	66
	LIITTEET	68
	Liite 1. Ponsse-kuormatraktorin kriittiset ruuviliitokset	68
	Liite 2. Ponsse Scorpion-harvesterin kriittiset ruuviliitokset	69
	Liite 3. Ponsse Ergo 8w-harvesterin kriittiset ruuviliitokset.....	69

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä menetelmäkehitystyö Ponsse Oyj:n huoltopalveluille. Opinnäytetyössä keskitytään metsäkoneen kriittisten ruuviliitosten kiristys- ja tarkastusmenetelmien kehitykseen huollon tarpeita ajatellen.

Uuden 2015-mallisarjan myötä Ponsse-metsäkoneiden määräaikaishuoltoväliä pidennettiin ja huolto-ohjelmaa tarkennettiin. Ruuviliitosten tarkastamiset ja kiristämiset kuuluvat huolto-ohjelmiin. Huoltokorjaamoilla käytetyt työmenetelmät suurmomenttiruuviliitoksien kiristämiseen ovat työläitä, aikaa vieviä ja työergonomisesti vaikeita suorittaa.

Työssä keskitytään uuden 2015 mallisarjan rakenteellisesti kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen ja tarkistamiseen sekä löytämään niihin työvaiheita kehittäviä työvälineitä. Tavoitteena on parantaa huoltokorjaamoiden tuottavuutta, laatua ja työergonomiaa.

2 PONSSE OYJ

Ponsse Oyj on suomalainen, yksi maailman johtavista tavaralajimenetelmän metsäkonevalmistajista. Ponsse on erikoistunut valmistuksen ohella metsäkoneiden myyntiin, huoltoon ja tietojärjestelmiin. Ponsse kehittää ja valmistaa kestävän kehityksen mukaisia, innovatiivisia puunkorjuuratkaisuja asiakaskeskeisesti. Vuonna 2015 alussa Ponsse Oyj:n palveluksessa oli 1246 henkilöä. Ponsse-konserniin kuuluvat emoyhtiö Ponsse Oyj sekä 13 tytäryhtiötä Euroopassa, Aasiassa, Etelä-Amerikassa ja Pohjois-Amerikassa. Ponssen pääkonttori ja tehdas sijaitsee Suomessa, Vieremällä. Ponsse Oyj:n osakkeet noteerataan NASDAQ OMX:n pohjoismaisella listalla. Ponssen liikevaihto vuonna 2014 oli 390,8 miljoonaa euroa. (Ponsse Oyj, Tilinpäätös 2014)

Ponsse sai alkunsa vuonna 1969, kun vieremäläinen metsäkoneyrittäjä Einari Vidgrén halusi valmistaa muita saatavilla olevia metsätraktoreita kestävämmän koneen itselleen. Metsäkone sai nimen Ponsse kylällä kiertäneen kulkukoiran mukaan. Pian muutkin yrittäjät huomasivat uuden koneen kestävyuden ja käytettävyyden ja halusivat ostaa häneltä koneen. Näin Einari Vidgrén päätti perustaa Ponsse Oy:n Vieremälle vuonna 1970. (Ponsse Oyj, Historia)

2.1 Tuotteet

Ponssen tuotevalikoima koostuu metsäkoneista, harvesteripäistä, harvesterinostureista, kuormaajista, Opti-tietojärjestelmistä ja bioenergia-tuotteista. Itse metsäkoneet jaotellaan harvesterikoneisiin ja kuormatraktoreihin. (Ponsse Oyj, Tuotteet)

Ponsse valmistaa tavaralajimenetelmän metsäkoneita. Tässä menetelmässä puut katkotaan jo metsässä määrämittaansa. Harvesterilla puu kaadetaan, karsitaan ja katkotaan metsässä haluttuun tavaralajiinsa. Harvesteri koostuu harvesterikoneesta, nosturista ja harvesteripäistä. Näiden lisäksi koneen ohjaus- ja mittausjärjestelmänä toimii Opti-tietojärjestelmä. Ponssen valikoimasta löytyy harvestereita niin harvennuksille kuin päätehakkuille. Yhteensä harvesterimalleja Ponssellalla on 7 erilaista harvesteria.



KUVA 1. Ponsse Scorpion –harvesteri (Ponsse Oyj Tuotteet 2015)

Kuormatraktorilla katkotut pöllit kuljetetaan metsistä teiden varsiin, josta puutavara-autot ajavat ne jatkojalostukseen. Ponssen valikoimista löytyy erikokoisia kuormatraktoreita erilaisille hakkuutyömaille. Kuormatraktorit koostuvat peruskoneesta, kuormaajasta ja kuormatilasta. Yhteensä kuormatraktorimalleja on Ponsella 9 eri mallia.



KUVA 2. Ponsse Buffalo –kuormatraktori (Ponsse Oyj Tuotteet 2015)

2.2 Huoltopalvelut

Ponsse Oyj:n yksi keskeinen päästrategia, metsäkoneiden valmistuksen ja tietojärjestelmien suunnittelun ohella, on tuottaa asiakkaille toimivia huoltopalveluja. Huoltopalveluverkosto koostuu huoltopalvelukeskuksista, joissa on huoltokorjaamo, varaosamyynti, huoltoneuvonta, kenttähuolto sekä etähuolto. Palveluverkosto palvelee yli 8000 aktiivista Ponsse-metsäkonetta. (Ponsse Oyj, Vuosikertomus 2013)

Ponssen huoltopalveluliiketoiminnan tavoitteena on pitää asiakkaiden koneet töissä, toimintavarmoina ympäri vuoden. Tavoitteena on maksimoida koneen käytettävyys, tuottavuus ja tehokkuus. Ennakoimattomat työnseisaukset metsäkoneurakoitsijoille ovat suoraan pois yrittäjän tuottavasta työstä. Säännöllisellä huollolla koneet pidetään metsässä – tuottavassa työssä. (Ponsse Oyj, Huoltosopimukset)

Ponsse-konsernin huoltoverkosto kattaa yli 150 huoltopalvelukeskusta maailmanlaajuisesti, joissa työskentelee yli 500 huoltopalveluasiantuntijaa. Kotimaan palveluverkosto koostuu 21 eri huoltopalvelukeskuksesta ympäri Suomea, mukaan lukien Ponssen omat huoltopalvelukeskukset ja sopimushuoltajat. Kotimaassa huoltopalvelukeskuksissa työskentelee 145 henkilöä (Rönkkö 2015). Maailmanlaajuinen metsäkonemarkkina asettaa huoltopalveluille haasteita, jotta koneet toimisivat ääriolosuhteissa, haastavien kulkuyhteyksien päässä. (Mertanen 2015)

PONSSE HUOLTO- JA PALVELUVERKOSTO

1. KEMIJÄRVI
METSÄKONEHUOLTO J. LAHTELA OY
2. ROVANNIEMI
PONSSE OYJ
3. PUOASJÄRVI
LIKKUVA KONEENKORJAUS
R. PEKKALA
4. SUOMUSSALMI
TRAKTORIHUOLTO T. JUNTUNEN
5. KAJAANI
PONSSE OYJ
6. KUHAMO
JOUNI KYLLÖNEN
7. OULAINEN
OULAISTEN KONEHUOLTO
8. IISALMI
PONSSE OYJ
9. SEINÄJOKI
PONSSE OYJ
10. KUOPIO
PONSSE OYJ
11. ILOMANTSI
PONSSE OYJ
12. JOENSUU
PONSSE OYJ
13. JYVÄSKYLÄ
PONSSE OYJ
14. JOUTSA
KONELIIKE P. NIEMINEN KY
15. MIKKELI
PONSSE OYJ
16. TAMPERE
PONSSE OYJ
17. PUNKAHARJU
PUNKAHARJUN
AM-ASENNUS OY
18. PÖYTYÄ
KONEHUOLTO P. KULA
19. HYVINKÄÄ
PONSSE OYJ
20. KOUVOLA
PONSSE OYJ
21. KIIMINKI
PONSSE OYJ



KUVA 3. Ponsse huoltopalveluverkosto Suomessa vuonna 2015 (Mertanen 2015)



KUVA 4. Ponsse-konsernin markkina-alueet maailmanlaajuisesti (Mertanen 2015)

3 RUUVILIITOKSET

3.1 Ruuvit

Kiinnitysruuvien tehtävänä on rakenteiden osien liittäminen toisiinsa. Ruuviliitoksen etuna on, että se voidaan tarvittaessa purkaa ja asentaa uudelleen. Ruuvit, mutterit ja aluslevyt ovat edullisia ja niiden saatavuus on hyvä. Oikein mitoitettuna ja asennettuna ruuviliitos on luotettava ja verrattain halpa liitoselin, jota voidaan käyttää monenlaisissa olosuhteissa. Ruuvien käyttösovelluksissa on kiristysmomentin ja aksiaalisvoiman välinen riippuvuus keskeisessä asemassa. Ruuviliitoksen luotettavuus taas riippuu kiusallisen paljon vaikeasti hallittavasta kiristysmomentista. (Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius, Välimaa 2010, 162; Björk, Hautala, Huhtala, Kivioja, Kleimola, Lavi, Martikka, Miettinen, Ranta, Rinkinen, Salonen 2014, 132)

Mutterin ja/tai ruuvin kannan alle asennetaan aluslaatta helpottamaan ruuvin kiristämistä, kannan ja rakenneosan välistä kitkaa saadaan näin pienennettyä. Toisaalta aluslaatalta saadaan pienennettyä rakenteen pintapainetta ruuvin kannan ja liitettävän osan välillä. Tietyillä aluslaatoilla voidaan myös varmistaa ruuvin kiinnipysyminen. Aluslaatalta voidaan myös tasoittaa ruuvin ja mutterin kiinnityspinnan epätasaisuuksia sekä tiivistää liitos. Myös eri osien galvaaninen eristäminen korroosion estämiseksi on aluslaatan tehtävänä. (Björk ym. 2014, 139)

Oleellisia standardisointidokumentteja ovat:

- Kiinnityselimien lujuusominaisuudet, ISO 898
- Ruuvien ja vaarnaruuvien lujuusluokat, SFS-EN ISO 898-1
- Pidätinruuvit ja vastaavat kierteytetyt kiinnittimet ilman vetokuormitusta, SFS-EN ISO 898-5
- Mutterit, SFS-EN ISO 898-6. (Kalasniemi 2015)

3.2 Kiinnitysruuvien kierreprofiilit

Terävä kierreprofiili on yleisimmin käytetty kierreprofiili kiinnitysruuveissa. Siinä kierreprofiili muodostuu tasakylkisestä kolmista, jossa kierteen kärki on työstetty. Terävän kierteen käytön suosio perustuu seuraaviin ominaisuuksiin:

- Helppo valmistettavuus sekä lastuamalla että kylmämuokkaamalla.
- Sekä radiaali- että aksiaalisvälystä voidaan hallita siirtämällä profiilia ruuvin säteen suunnassa.
- Kierteen säteensuuntaisten voimien aiheuttamat muodonmuutokset edistävät kierteiden välistä voimantasausta.
- Terävä kylkikulma mahdollistaa suuren kitkan, joka on kiinnipysymisen kannalta edullista. (Airila ym. 2010, 163)

Tänä päivänä koneenrakennuksessa eniten käytetty kierreprofiili on metrinen ISO-profiili (SFS 4495). ISO-profiili kiinnitysruuvit merkitään standardin mukaan esimerkiksi M20, jolloin kyse on 20 millimetrin halkaisijasta olevasta ruuvista. Ruuvien väsymislujuuteen voidaan vaikuttaa sen valmistusmenetelmän valinnalla. Ne valmistetaan pääasiassa joko lastuamalla kierteet tai muovaamalla ne. M30 kokoiseen ruuviin asti ruuvit valmistetaan kylmämuokkaamalla, sitä suuremmat pääasiassa kuumamuokkaamalla. Kylmämuovaus soveltuu erityisen hyvin lujille ruuveille. Kylmämuokkaus antaa ruuville hyvän väsymislujuuden. Hyvän väsymislujuuden kylmämuokatuille ruuveille mahdollistaa valmistuksessa tapahtuva kierteen silittyminen, kierteen pohjan muokkauslujittuminen ja plastisen muokkauksen aiheuttama puristusjännitys kierteiden pinnassa. (Airila ym. 2010, 164, 193)

Metriseen ISO-kierteiseen perustuva kierrevalikoima ruuveja ja muttereita varten on standardissa SFS 4497, joka sisältää kaksi nousultaan erilaista kierreryhmää, vakiokierteet ja taajakierteet. Vakiokierteisessä ruuvissa sen väsymislujuus on hieman parempi kuin taajakierteisessä. Vakiokierteistä ruuvia pyritään käyttämään aina, kun taajakierteisen ruuvien käytölle ei ole tarvetta. Taajakierteistä ruuvia käytetään seuraavissa tapauksissa:

- Kun rakenne on ohutseinäinen.
- Kun asetteluruuvien halutaan suuri välityssuhde.

- Kun kierteen vaikuttava pituus ruuvien akselin suunnassa jää esimerkiksi tilanrajoituksen vuoksi pieneksi. (Airila ym. 2010, 164)

3.3 Kiristysmomentti

Mekaniikassa momentilla tarkoitetaan yleisesti suuretta, joka kuvaa systeemiin vaikuttavaa vääntövaikutusta. Kiristysmomentilla tarkoitetaan voiman aiheuttamaan pyörittämisvoimaa. Momentti määritellään seuraavasti:

$$M = F \times r$$

Jossa F = voima (N) ja r = vaikutuspisteen ja pyörimisakselin etäisyys (m), jolla voima F pyrkii vääntämään pyörimisakselia esimerkiksi ruuvia.

Voiman yksikkö SI-järjestelmässä on newton (N) ja voiman varren yksikkö on metri (m). Määritelmän mukaan momentin yksiköksi tulee newtonmetri (Nm). Yksinkertaistaen, yhden newtonmetrin vääntövoima syntyy, kun yhden newtonin voima vääntää esimerkiksi ruuvia metrin vääntövarrella. (Inkinen & Tuohi 2003, 205-207)

Seuraavassa esimerkki kiristysmomentin laskennasta:

Jos kiinnitysruuvia kiristetään metrin vääntövarrella ja varren päähän kohdistetaan 90 asteen kulmassa 100 kg:n massa, kiristysmomentiksi (T) saadaan.

$$M = T = F * r$$

$$F = m * g = 100 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 981 \text{ N}$$

$$r = 1,0 \text{ m}$$

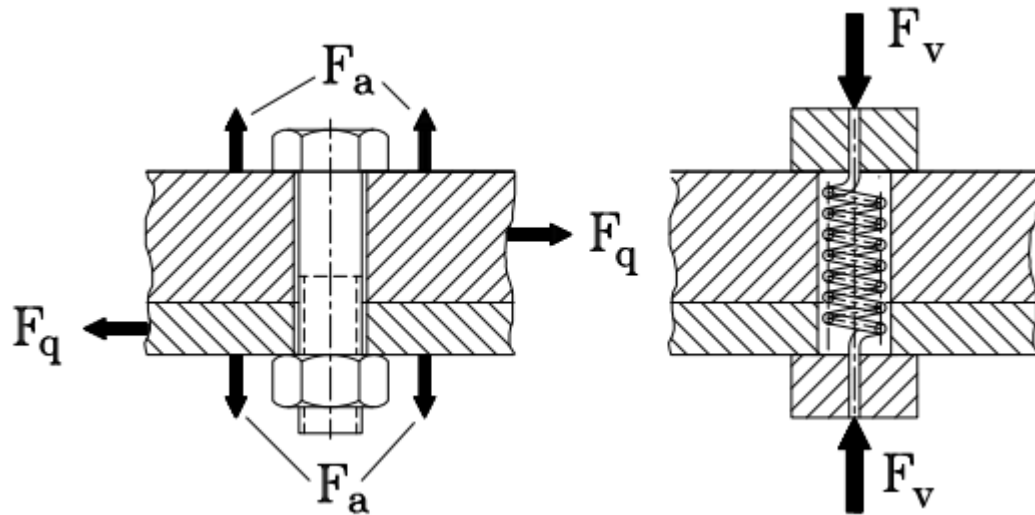
$$T = 981 \text{ N} * 1 \text{ m} = 981 \text{ Nm}$$

Esimerkissä kiinnitysruuvia kiristetään 981 newtonmetrin (Nm) voimalla.

3.4 Ruuvikuormituksen muodostuminen ja rasiustyypit

Useimpia ruuviliitoksia kuormittaa sekä ruuvien aksiaaliskuormitus, eli akselin suuntainen voima, että tätä vastaan kohtisuora leikkausvoima (kuva 5). Koneen rakennuksen vaativat ruuviliitokset suunnitellaan yleensä niin, että leikkausvoima siirretään kappaleesta

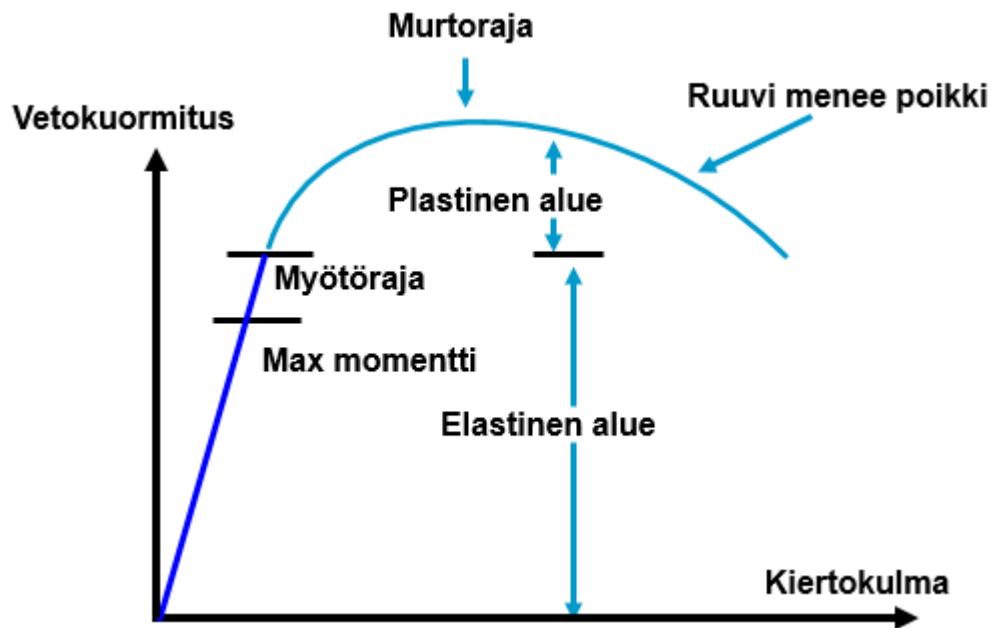
toiseen liitosruuvien aksiaalisvoiman aiheuttaman kitkavoiman avulla. Näin kiinnitysruuviin vaikuttaa ainoastaan kiristysvääntömomentista aiheutunut vääntöleikkausjännitys. Kitkaliitos onkin yleinen kiinnityspeiraate vaativien teräsrakenteiden ruuviliitoksia suunnitellessa. (Airila ym. 2010, 184)



KUVA 5. Ruuviliitokseen kohdistuva veto- ja leikkauskuormitus. Ruuvi toimii liitoksen ”jousena” puristaen osia toisiinsa aiheuttaen niiden välille kitkaliitoksen (Ruuviliitokset 2015)

Ruuviliitoksessa ruuvien kiristämällä, joka aiheuttaa ruuvien venymistä, tavoitellaan ruuvien toimimista jousen tavoin. Mikäli kiristys jää liian pieneksi, liitokseen ei synny vetokuormitusta. Tällöin liitos ei ole kestävä ja voi aiheuttaa liitospintojen elämisen ja sitä kautta hajottaa liitoksen. (Ruuviliitoksen suunnittelu)

Myös ylikiristäminen aiheuttaa ongelmia, ruuvien venytyksessä pitäisi pysyä materiaalin elastisella venymäalueella, myötörajan alapuolella, jolloin ruuvimateriaaliin ei synny pysyviä muodonmuutoksia. Mikäli myötöraja ylitetään, syntyy pysyvä muodonmuutos, plastinen muodonmuutos, tällöin ruuvi ei enää pyri palaamaan alkuperäiseen mittaansa. Koko ruuviliitoksen toiminta perustuu siihen, että ruuvia käytetään sen materiaalitekniisten ominaisuuksien rajoissa ”jousena”. Kiristystilanteessa ruuvien vetokuormitusvoima pyritään asettamaan myötörajan alapuolelle, mitä tarkempi kiristysmenetelmä sitä lähemmäksi myötörajaa liitos voidaan kiristää. Usein taulukkokirjojen momenttisuositustaulukoissa ilmoitetaan prosentuaalisesti, miten kauas venymärajasta ruuvi kyseisellä kiristysmomentilla jää (kuva 6). (Kalasniemi 2015)



KUVA 6. Ruuvien kuormituskäyrä vetokuormituksen ja kiertokulman suhteena (Kalasniemi 2015)

Ruuviliitoksen kestävyys kannalta ruuvien tärkein ominaisuus on yleensä ruuvien vetolujuus. Mikäli rakenteelle aiheutuu ainoastaan staattista kuormitusta riittää, että ruuvien staattinen vetolujuus täyttää sille asetetut vaatimukset. Sen sijaan väsyttävän aksiaalikuormituksen alaisessa liitoksessa on tärkeää, että ruuvien staattinen ja dynaaminen vetolujuus ovat riittävän suuret. (Airila ym. 2010, 184)

Ruuvikuormitus ei määräydy pelkästään liitokseen kohdistetun ulkoisen voiman mukaan. Oleellisia tekijöitä ovat myös muiden osaliitosten muotoilu ja mitoittaminen. Kokonaisrakenteen oikeanlainen suunnittelu onkin tärkeää, sillä ruuviliitosta ei saada luotettavaksi pelkästään laadukkailla ruuveilla ja muttereilla. (Ruuviliitoksen suunnittelu)

3.4.1 Staattinen kuormitus

Staattisella kuormituksella tarkoitetaan jatkuvaa samansuuntaista kuormitusta, joka ei muutu. Staattisen kuormituksen alainen ruuvi voi vaurioitua seuraavilla tavoilla:

- Ruuvi murtuu vetojännityksen ylitettyä murtolujuuden ruuvien poikkileikkauksessa.
- Ruuvien kierre leikkautuu irti ruuvista.

- Mutterin kierre leikkautuu irti mutterista. (Airila ym. 2010, 185)

Mikäli sekä ruuvin että mutterin kierre ovat riittävän lujia siirtämään aksiaalivoiman ruuvista mutteriin, ruuvi murtuu poikki. Yleensä ruuvi murtuu joko kierteen kohdalta tai varresta, riippuen onko ruuvin kanta kestänyt kuormituksen. Varsinkin ruuvit, joissa kannan sisäpuolelle on suunniteltu kiristystyökalun kiinnityspinnat, ovat herkkiä murtumaan ruuvikannasta. Esimerkiksi kuusiokoloruuvien kanta murtuu helposti, johtuen kannan rakenteen ainevahvuuden ohuudesta. (Airila ym. 2010, 185)

3.4.2 Väsyttävä kuormitus

Väsyttävän kuormituksen alainen ruuvi käyttäytyy olennaisesti toisella tavalla kuin staattisen vedon alainen ruuvi. Väsyminen on materiaalin murtumista vaihtosuuntaisen kuormituksen alaisena. Valmiin standardiruuvien väsymisraja on vain noin 10 % ruuvimateriaalin myötörajan. Väsyttävän kuormituksen alaisten rakenteiden suunnittelu vaatiikin testausta, sillä teoreettiset mallit eivät ole täsmällisiä. (Airila ym. 2010, 187; Rasitusryypit 2015)

Ruuvien väsymislujuuteen vaikuttavia päätekijöitä ovat:

- ruuvi- ja mutterimateriaali
- valmistus- ja kiristystapa
- ruuvin ja mutterin konstruktiivinen muotoilu
- pinnanlaatu
- liitettävien osien konstruktio
- kuormitustapa ja -ympäristö. (Airila ym. 2010, 187)

3.5 Lujuusluokat

Ruuviliitoksen lujuus on suoraan suhteessa materiaalin murtolujuuteen, tämä edellyttää, että ruuvimateriaali on tarpeeksi sitkeää tasaamaan paikalliset jännityshuiput. Yleisesti käytössä oleva lujuusluokka ruuveissa on 8.8, mikä on hinnaltaan edullisin. Lujuusluokkien 10.9 ja 12.9 ruuveissa murtovenymät ovat pienempiä kuin 8.8 lujuusluokan ruuveilla. (Airila ym. 2010, 180)

Eniten käytettyjä ruuvimateriaaleja ovat hiiliteräs ja niukkaseosteiset teräkset, joista valmistettujen ruuvien lujuusluokat on standardoitu SFS-EN ISO 898-1-standardissa. Ruuvien ja vaarnaruuvien lujuusluokkien tunnukset koostuvat kahdesta numerosta, jotka on erotettu pisteellä. Lujuusluokista voidaan laskea ruuvin murtolujuus ja myötöraja tai 0,2% -venymisraja. Ensimmäinen numero on sadasosa murtolujuudesta, N/mm^2 . Toinen numero on alemman myötörajän R_{eL} (tai koejännitys $R_{p0,2}$) ja murtolujuuden R_m suhde kerrottuna kymmenellä. (Valtanen 2000, 352) Esimerkkinä laskennassa voidaan käyttää kuusioruuvia M20X160 12.9 DIN931.

$$\text{Murtolujuus} = R_m = \text{Ensimmäinen numero} \times 100 = 12 \times 100 = 1200 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Myötöraja} = R_{eL} = R_m \times \text{toinen numero}/10 = 1200 \times 0,9 = 1080 \text{ N/mm}^2$$

Lujuusluokan kahden numeron tulo on kymmenesosa myötörajasta, N/mm^2 . (Koneenrakentajan taulukkokirja 352) 12.9 lujuusluokan ruuvi voidaan kiristää tiukalle, koska se kestää kovemman esikiristysvoiman kuin esimerkiksi 10.9 lujuusluokan ruuvi. Korkean esikiristysvoiman avulla saadaan rakenneosien pintojen välille suuri kuormituskitka. Vaikka 12.9 lujuusluokan ruuvi on taas todella kova, toisaalta se on samalla myös melko hauras, eikä kestä suurta dynaamista kuormitusta.

Ruuvit mitoitetaan esikiristysvoiman, ei lujuuden perusteella. Tärkein kriteeri liitoksen kestävyuden kannalta on esikiristysvoiman säilyminen ja se, että myös huippukuormituksessa jakosaumoissa säilyy riittävä puristusvoima. Yleisesti ottaen staattisessa kuormituksessa pehmeämmät ruuvit ovat luotettavampi kuin kovemmat ruuvit, johtuen pehmeiden ruuvien suuresta sitkeydestään. Dynaamisessa kuormituksessa liitoksen vastinpinnat sovituvat toisiaan vasten kovassa pintapaineessa, tällöin pehmeät ruuvit menettävät kireyttään vaarallisen nopeasti. Tämän vuoksi on syytä suosia lujia ruuveja dynaamisen kuormituksen ruuviliitoksissa. (Ruuviliitokset 2015)

3.6 Ruuviliitoksen kiristysmenetelmät

Kappaleiden liittäminen toisiinsa ruuvi- ja pulttiliitoksilla on yksi tavallisimmista kokoonpanoteollisuuden, rakentamisen ja konepajojen käyttämistä liitosmenetelmistä. Kappaleiden pintojen välisen kitkavoiman aikaansaamiseksi kiristysvoiman tuottamiseen

on käytettävissä kaksi kiristysmenetelmää. Menetelmän valintaa vaikuttavat käyttökohteet ja toimintatavat. (Haitor Oy Standardit 2013)

Vaihtoehtoisia menetelmiä ovat mutterin kiertäminen mitoitettuun momenttiin, jolloin ruuvin tai pultin kiristysvoima venyttää ruuvia tai pulttia kierteen avulla mitoitettuun jännitykseen. Näin liitettävien kappaleiden välille syntyy vastavoima, joka aiheuttaa kappaleiden pintoihin kitkaliitoksen. Ruuvin kiristysvoima on laskennallisesti määritettävissä. Tämän menetelmän suurin virhettä aiheuttava tekijä on liitoksen mutterin ja ruuvin välisen kitkan aiheuttama kitkavoima, joka täytyy pystyä huomioimaan kiristysmomentin määrittämisessä. (Haitor Oy Standardit 2013)

Menetelmässä, jossa voima kohdistetaan ruuviin sitä venyttämällä, ruuville on määritetty venymää vastaava kiristysarvo, joka tarkoittaa ruuviin kohdistettua venyttävää voimaa. Kun ruuville on saavutettu riittävä venyttävä voima, mutteri kierretään toisen kappaleen pintaa vasten. Tämän jälkeen mekaaninen venytys vapautetaan, jolloin ruuvi pyrkii palautumaan alkuperäiseen mittaansa, samalla kiristäen kappaleiden pintoja yhteen. (Haitor Oy Standardit 2013)

Jälkimmäisellä tavalla ruuvia kiristäessä ruuviin syntyy puhdas vetokuormitus. Tässä tapauksessa liitospintojen yhdensuuntaisuudella on suuri merkitys. Kun taas vääntömomentin avulla kiristettäessä ruuvia, kohdistuu siihen myös vääntöjännitystä, joka aiheutuu kierteen nousukulmasta ja kitkasta. (Airila ym. 2010, 228)

Momenttityökaluja ja -menetelmiä valittaessa on huomioitava välineiden riittävä toistotarkkuus. Kriittiset ruuviliitokset pitää saada kiristettyä riittävän tarkasti, jolloin vaadittava kiristysmomentti saavutetaan varmasti. Käytettäessä mekaanisia käsimenttityökaluja, tarkkuus riippuu paljon käyttäjästä. Ruuviliitoksen kiristämisessä 10 prosenttia kiristysvoimasta aiheuttaa tarvittavan venymän ruuville. Näin ollen momenttityökalujen käyttäminen oikein ja kalibrointi koko niiden elinkaaren ajan on tärkeää huolehtia. (Atlas Copco Kokoonpanotekniikka; Haitor Oy Standardit 2013)

3.7 Kiristystyökalujen kalibrointi

EN ISO 6789:2003 määrittää käsikäyttöisten momenttityökalujen kalibroinnissa käytettävät vaatimukset ja testimenetelmät. Kalibrointi on osa laadunvarmistusta, sen

avulla tarkistetaan momenttityökalun kunto ja tarkkuus. Säännöllisellä huollolla ja kalibroinnilla laitteet toimivat herkemmin, ja mittausepävarmuus paranee. Näin minimoidaan virhe- ja laatukustannukset.(Haitor Oy Standardit 2013)

Ponssen Vieremän tehtaalla momenttityökaluille on hankinnan yhteydessä solmittu toimittajan kanssa huoltosopimus, jolloin toimittaja huoltaa ja kalibroi laitteet määräajoin paikan päällä. Näin kaikki laitteiden kalibrointi ja huollot on dokumentoitu ajantasaisesti. Kuluneet ja rikkoutuneet työvälineet kunnostetaan tai niiden tilalle hankitaan uudet työvälineet. Ilman kunnossapitoa ja kalibrointia laitteiden käytölle ei ole laadullista perustetta. (Haapalainen 2015)

4 RUUVILIITOKSEN VÄSYTTÄVÄÄN KUORMITUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Metsäkoneiden kriittiset ruuviliitokset joutuvat väsyttävän kuormituksen alaisiksi. Ruuviliitosten väsyttävän kuormituksen johdosta, niiden kestävyys vaikuttaa kokonaisrakenteen jäykkyys, ruuviliitoksen kokonaisjousto sekä ruuviliitosrakenteen ruuvien lukumäärä. (Halonen 2015)

Kokonaisrakenteen jäykkyyden merkitys väsyttävässä kuormituksessa vaikuttaa suuresti ruuviliitoksien kestävyys. Mikäli rakenne joustaa, aiheuttaa se ruuviliitokselle nopeita kuormitusvaihteluita. Ruuviliitosten jännitysamplitudi kasvaa, ja ruuville syntyy isoja venymävaihteluita. Mikäli rakenne joustaa niin paljon, että ruuville syntyvä jännitys kasvaa yli ruuvimateriaalin myötörajan, ruuviliitos ei toimi enää vaaditulla tavalla. Näin ollen suunnittelussa on otettava huomioon myös rakenneosien jäykkyys. (Rollix 2013)

Ruuvia ja ruuviliitoksen muita komponentteja voidaan ajatella ikään kuin jousena, joka vetää rakenneosien pintoja yhteen. Joissain tilanteissa ruuvien jousto ei riitä, joten joustoa rakenteen liitokselle pitää saada lisää. Tätä saadaan lisättyä esimerkiksi aluslaatoilla ja alusholkeilla.

Ruuviliitoksen rakenneosien kuormitusta voidaan jakaa esimerkiksi laippaliitoksissa moniruuviliitoksella, jolloin liitokseen aiheutuvat voimat jakautuvat tasaisemmin ruuveille. Lisäksi kehäliitoksissa kuormitushuiput pienenevät yksittäiselle ruuville, kun ruuveja on taajemmin. (Björk ym. 2014, 156)

5 ESIKIRISTYKSEN HALLINTA

Riittävä ja tarkka esikiristys on kaikissa ruuviliitoksissa välttämätön liitoksen luotettavan toiminnan kannalta. Vaikuttavia tekijöitä, jotka ruuviliitoksen kiristämisessä on kyettävä huomioimaan asennuksessa, ovat ruuviliitoksen osien välinen kitka ja sen vaikutus kiristysmomenttiin, jälkikiristyksen merkitys johtuen liitoksen virumisesta ja asettumisesta. Moniruuviliitoksessa pitää myös huomioida ruuvien kiristysjärjestys, jotta esikiristysvoima jakautuu kullekin ruuville tasaisesti. (Airila ym. 2010, 214)

5.1 Ruuviliitoksen asennus

Ruuviliitoksen luotettavan toiminnan edellytys on, että ruuvien esikiristysvoima on riittävä, eli voima, jonka ruuvi aiheuttaa liitettävien osien välille. Ruuviliitos täyttää merkityksensä vain kiristettynä. Esikiristysvoiman täytyy olla riittävän suuri, muttei liian suuri. (Björk ym. 2014, 141)

Liian pieni esikiristysvoima aiheuttaa:

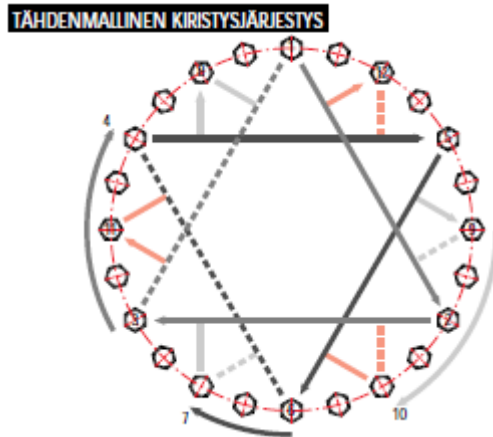
- liitospintojen irtoamisen aksiaaliskuormituksella
- ruuvin jännitysamplitudin kasvamisen, jolloin riski väsymismurtumaan kasvaa
- mutterin löystymisen tärinässä
- rakenneosien välisen liukumisen leikkauskuormilla. (Björk ym. 2014, 141)

Toisaalta liian suuren esikiristysvoiman seurauksia ovat:

- ruuvin staattinen ylikuormittuminen ulkoisella voimalla
- ruuvin löystyminen plastisten venymien vaikutuksesta, kun ulkoinen kuormitus kohdistuu liitokseen
- ruuvin murtuminen kiristuksen aikana, jolloin kiristysmomentti on liian suuri. (Björk ym. 2014, 141)

Huolellinen kiristys sekä valitsevan kireyden säilyminen on yhtä tärkeää kuin ruuvien oikea mitoitus ja laatu. Varsinkin jos liitoksessa on tiiviysvaatimuksia, on välttämätöntä, että ruuvit kiristetään tasaisesti. Symmetrinen kiristysjärjestys esimerkiksi Ponsse-

harvestereiden kääntökehässä on tähdenmallinen kiristysjärjestys (kuva 7). (Airila ym. 2010, 228)



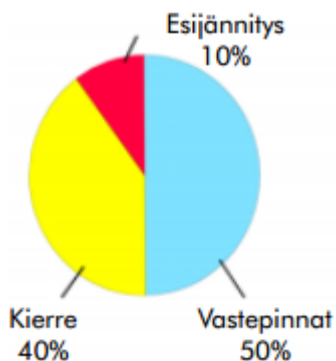
KUVA 7. Ponsse-harvestereiden kääntölaakerin kiristysjärjestys (Rollix 2013)

5.2 Kitkan vaikutus kiristysmomenttiin

Kun ruuvia kiristetään vääntömomentin avulla, kiristystä vastustaa kierteen nousun ja kitkan aiheuttaman vääntömomentin lisäksi mutterin ja ruuvin kannan alle syntyvä kitkamomentti. Voidaan siis todeta, että kiristysmomentin aiheuttama kiristysvoima riippuu ratkaisevasti siitä, miten tarkasti kitkakertoimet tunnetaan, toisaalta se myös riippuu siitä kuinka tarkasti kiristysmomentti mitataan. Käytännössä näiden tekijöiden melko suurikin hajonta aiheuttaa esikiristyksellekin suuren hajonnan. Tämän vuoksi suunnittelijan pitää tehdä perinpohjainen tarkastelu liitoksen kokonaiskitkakertoimeen vaikuttavien ominaisuuksien suhteen, jotta luotettava liitos saadaan toteutettua. Oikean esikiristysvoiman saavuttaminen on haasteellista, sillä vaikuttavin tekijä, ruuviliitoksen kitkakerroin ei ole vakio. (Airila ym. 2010, 230-231)

Kiristysvoimasta kuluu jopa 90 prosenttia vastepintojen ja kierteiden välisen kitkan voittamiseen, jolloin kiristysvääntövoimasta esikiristysvoimaksi jää noin 10 prosenttia. Erikoispinnoitteilla ja voiteluaineilla esijännitysvoima saadaan kasvamaan jopa 20 prosenttiin. (Würth Elektronik Ruuviliitoksen suunnittelu)

Huomion arvoista on, että mikäli kitkaa pienennetään voitelulla esimerkiksi 10 prosenttia, pintojen välisen vetokuormituksen esikiristysvoima, pintojen välinen vetokuormitus, kasvaa samalla kiristysmomentilla 10 prosenttia (kuva 8).



KUVA 8. Ainoastaan 10 % kiristysvääntövoimasta aiheuttaa ruuvien venymisen, esikiristysvoiman, joka aiheuttaa kitkavoiman liitospintojen välille

(<http://www.wurthelektronik.fi/site/media/pdf/we/kuvasto/suunnitteluopas06.pdf>)

5.3 Voitelun ja aluslevyjen merkitys ruuviliitoksen kitkakertoimeen

Kiristysmomentin valintaan suuresti vaikuttaa myös ruuvien ja mutterien välinen kitkakerroin. Ponssen käyttämä kevyt öljyvoitelu antaa ruuviliitoksen kitkakertoimeksi 0,12. Huomion arvoista ruuveja kiristäessä on siis oikeanlainen voitelu kiristettävissä ruuvi-mutteriliitoksissa. Esimerkiksi Ponsse-harvestereiden kääntölaakerin kuusioruuvissa M20 12,9 kitkakertoimen muuttuessa 0,08:sta 0,14:ään, kiristysmomentti muuttuu 490 Nm:sta jopa 710 Nm:iin (Valtanen 2000, 355). Näin ollen mikäli vaadittua kiristysmomenttia ei saavuteta, ei myöskään vaadittua esikiristysvoimaa voida saavuttaa. Tämä johtaa ruuvien ulkoisen voiman kuormituksella väsyttävästi ja aiheuttaa ennen pitkään ruuvien murtumisen.(Halonen 2015)

Ruuvien kannan ja mutterien alle voidaan asettaa aluslaatta seuraavista syistä:

- Reiän kantaan kohdistuvan pintapaineen pienentämiseksi kosketuspintaa suurentamalla, näin vältetään rakenteen pinnan myötääminen
- Ruuviliitoksen tiivistämiseksi
- Lisäämään ruuviliitoksen joustoa

Esikiristysvoimaan vaikuttavaa kitkaa on vaikea hallita. Kitkaan vaikuttavia syitä on monia:

- Liitettävien osien kovuus.
- Liitoksen osien pinnanlaatu.

- Käytettävät materiaalit.
- Mahdollisten pinnoitteiden paksuus, kunto ja tyyppi.
- Voiteluaine, sen tyyppi, määrä, levitystapa sekä lämpötila.
- Ruuviliitoksen kiritysnopeus.
- Liitoksen kierteiden kunto ja puhtaus.
- Liitettävien osien painekertoimet.
- Kierteiden valmistustekniikka. (Bickford 1995, 221.)

5.4 Ruuviliitoksen asettuminen

Ruuviliitoksen asettumisella tarkoitetaan rakenneosien välisen plastisen muodonmuutoksen ja virumisen yhteisvaikutusta. Tavallisissa käyttölämpötiloissa toimivissa ruuviliitoksissa asettuminen pääasiassa tarkoittaa liitoksen toisiaan koskettavien pintojen välistä muovautumista, jopa vielä hieman kiristyksen jälkeenkin. Tällöin liitospintojen välisten pinnankarheuden huiput tasoittuvat, johtuen materiaalin myötörajan saavuttamisesta, tämän lisäksi liitoksen ulkoiset kuormitukset johtavat pintojen asettumiseen. Pintojen asettuminen johtaa siihen, että ruuvin puristusvoima pienenee liitosten välillä ja ulkoisen voiman vaikutuksella liitospinnat pääsevät liikkumaan. Liitospintojen liikkuminen aiheuttaa kiinnitysruuville kuormituksia, jotka voivat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa ruuvimateriaalin myötörajan ja jopa murtorajan ylityksen, jolloin ruuvi katkeaa. (Airila ym. 2010, 235-237)

Uudenlaisten ohjelmoitavien sähkökäyttöisten momenttivääntimien asetuksista voidaan asettaa vääntötapahtumaan asettumishetki. Tauko kiristyksen aikana lisää asettumista kiristyksen aikana 80-85 %. Ajaltaan tauko on vain noin 50 millisekuntia. Oleellista on myös huomioida asettumisen määrän vaihtelu kovan ja pehmeän liitoksen välillä. Esimerkiksi autoteollisuudessa ruuviliitoksien rakennekovuus on selvästi pienempi kuin esimerkiksi metsäkoneissa. Yleisesti voidaan todeta, että mitä pehmeämpi liitos on, sitä enemmän asettumista tapahtuu. (Kalasniemi 2015)

Asettumista voidaan torjua ja hallita, ensimmäinen ehto on se, että ruuvin pienimmän poikkileikkauksen vetojännitystä ei saa kuormituksenkaan aikana päästää yli myötörajan. Toinen oleellinen ehto on, että ruuvin kannan ja alustan eikä mutterin ja alustan välinen pintapaine saa ylittää materiaalin rajapintapainetta. Asettumista siis syntyy vähemmän

kun käytetään joustavampaa ruuvia ja toisaalta, kun liitos on mitoitettu oikein. (Airila ym. 2010, 235-237)

6 TYÖERGONOMIA

Ergonomialla tarkoitetaan työpisteiden rakenteiden, työvälineiden, kalusteiden ja työmenetelmien kehittämistä työntekijöiden ominaisuuksien, toimintojen ja kykyjen mukaiseksi. Työergonomiaa kehittäessä on otettava huomioon myös työntekijöiden yksilölliset ominaisuudet.

Tavoitteena pidetään, että työ pystytään tekemään ilman, että työntekijälle aiheutuu terveydelle haitallista tai vaarallista kuormitusta. Tapaturmariskit pitää myös pystyä eliminoimaan. Tuki- ja liikuntaelinten liiallista kuormitusta saattavat aiheuttaa toistotyö, yksipuoliset ja toistuvat työliikkeet, raskaat nostot, huonot työasennot ja työliikkeet. Näiden seurauksena voi olla usein tuki- ja liikuntaelinten liiallinen kuormitus ja niihin liittyvät sairaudet. (Työsuojelupiiri, Toistotyö 2013)

Hyvällä työergonomialla pystytään vähentämään työmenetelmistä johtuvaa työkyvyn heikkenemistä ja toisaalta tehostamaan työskentelyä. Hyvä työergonomia myös parantaa työturvallisuutta, joka ehkäisee vaaratilanteiden syntyä huoltotöissä, ja näin välttyään työntekijöiden loukkaantumisilta ja sitä kautta sairauspoissaoloilta.

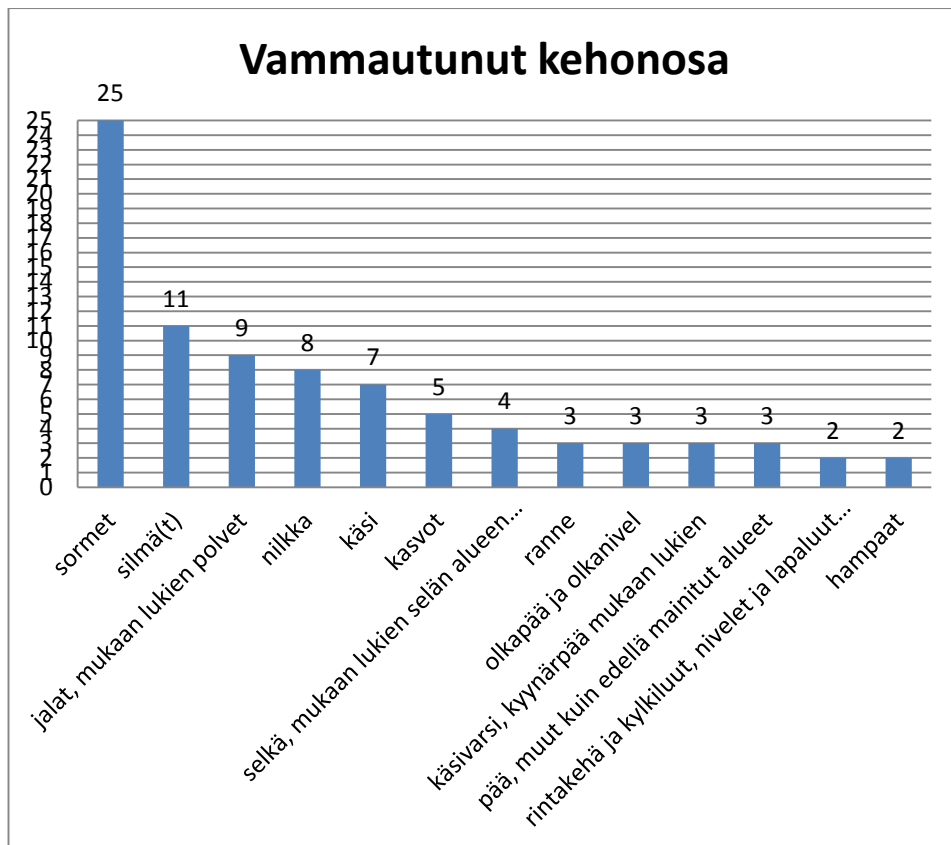
Työturvallisuuslaki 24 § määrittää säädökset ja työnantajan velvollisuudet työturvallisuudesta työpaikalla eri työtehtävissä. Lakipykälä edellyttää työnantajaa huolehtimaan, että työpisteen rakenteet ja käytettävät työvälineet valitaan, mitoitetaan ja sijoitetaan työn luonne ja työntekijöiden edellytykset huomioon ottaen ergonomisesti. Työturvallisuuslaki edellyttää myös, että työpisteet ja työvälineet olla siten säädettävissä ja järjestettävissä, että työ voidaan tehdä ilman työntekijän terveyden haitallista tai vaarallista kuormitusta. (Työturvallisuuslaki 24 § (738/2002))

Näiden lisäksi työturvallisuuslaki edellyttää työnantajan ottavan huomioon, että työntekijällä on riittävästi tilaa työn suorittamiseen ja mahdollisuus vaihdella työskentelyasentoa. Työtä pitää pystyä myös keventämään tarvittaessa apuvälinein. Mikäli terveydelle haitallisia käsin tehtäviä nostoja ja siirtoja ei pystytä välttämään tai keventämään apuvälinein, pitää ne tehdä mahdollisimman turvallisiksi. (Työsuojelupiiri, Nostotyö 2013)

Toistotyö on työtä, jossa samantyyppisiä liikkeitä toistetaan jatkuvasti. Toistotyö saattaa aiheuttaa toistorasitusta varsinkin, jos työ vaatii voiman käyttöä tai hankalaa työskentelyasentoa. Toistorasituksen aiheuttama haitta pitää välttää. Ellei sen välttäminen ole mahdollista, pitää toistorasitus olla mahdollisimman vähäinen. (Työsuojelupiiri, Toistotyö 2013)

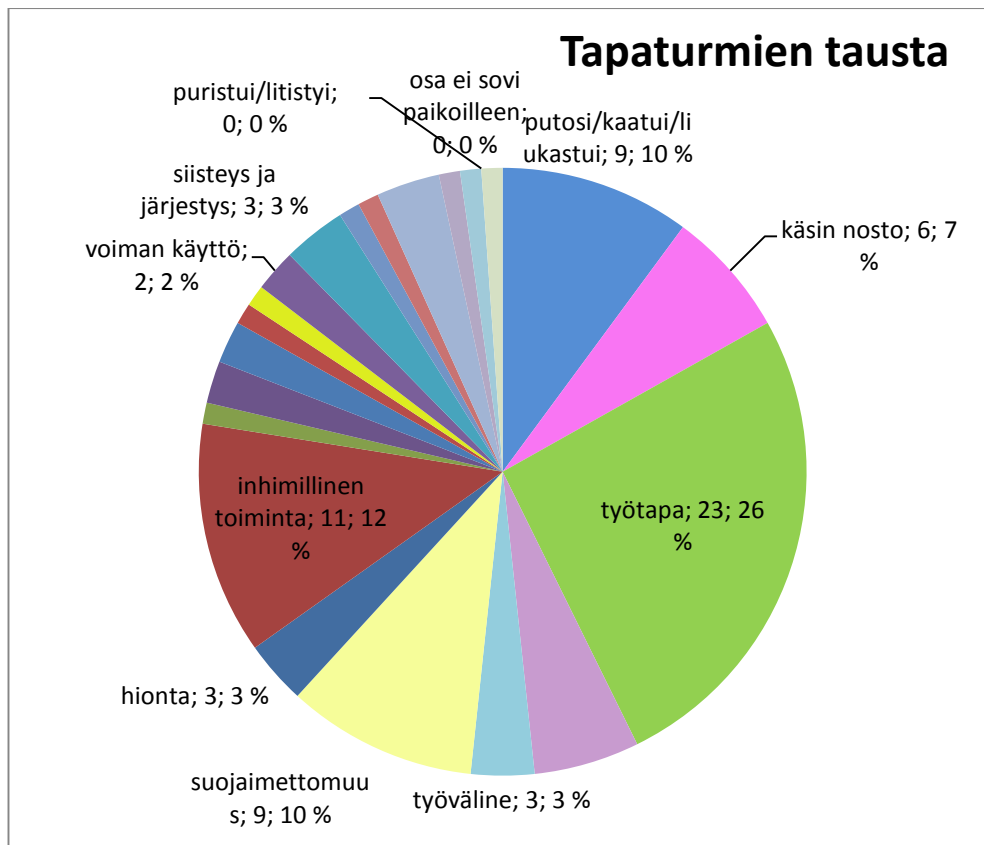
6.1 Työtapaturmat

Vuosittain Suomessa tapahtuu teknisillä aloilla noin 1300 työtapaturmaa (Työsuojelupiiri, Työpaikkatapaturmat 2010). Ponsella eniten vammoja huollossa syntyy sormiin, käsiin, käsivarsiin sekä jalkoihin. Työsuojelupäällikön mukaan ruuviliitosten kiristämisessä yleisimmät vammanaiheuttajat ovat avainten lipeäminen, jonka taustalla on yleensä huono työskentelyasento. Johtuen suurista kiristysmomenteista, voimaa joudutaan käyttämään paljon, lisäksi kohteeseen ei välttämättä näe kunnolla. Putoaminen on myös vaarana, jos ote työkalusta lipeää ja työtä tehdään korkealla. Yleisimmin näistä aiheutuu ruhjeita sormiin ja käsiin sekä sormiin venähdyksiä. (Lavinen 2015) Kuviossa 1 on listattu Ponsse Oyj:n huoltopalveluissa sattuneet tapaturmat vuosina 2012-2014, josta nähdään tapaturmassa vammautunut kehonosa.



KUVIO 1. Vammautunut kehonosa Ponsse Oyj:n huoltopalveluissa sattuneissa tapaturmissa vuosina 2012-2014 (Lavinen 2015)

Kuviossa 2 on esitetty Ponsse Oyj:ssä vuosina 2012-2014 tapahtuneiden työtapaturmien taustat ja syyt työtapaturmille. Vuosina 2012-2014 Ponsse Oyj:n huoltopalveluissa raportoitiin yhteensä 89 työtapaturmaa. Kaaviosta voidaan havaita Lavisen (2015) mainitsema taustatekijöitä juuri ruuvien kiristämisisä tapahtuneista tapaturmista.



KUVIO 2. Työtapaturmien taustat Ponsella vuosina 2012-2014 (Lavinen 2015)

Kriittisten ruuviliitosten kiristysmenetelmien kehittäminen kohti sellaisia menetelmiä, joissa työntekijälle ei synny vaaraa liukastua, pudota, kaatua tai muutoin vahingoittaa itseään, vähentää huoltopalveluissa sattuvia työtapaturmia oleellisesti.

Työtapaturmat aiheuttavat paitsi sairauspoissaoloja ja sitä kautta taloudellisia kuluja myös työvoimapulaa huoltokorjaamoilla. Tämä taas aiheuttaa työtaakan kasvua muille työntekijöille ja sen vuoksi lisää työtapaturmariskiä työkiireen syntyessä.

7 KRIITTISET RUUVILIITOKSET JA NIIDEN KIRISTÄMINEN

Tässä luvussa esitellään havaitut kriittiset ruuviliitokset, joiden kiristämiseen ja tarkistamiseen pitää kiinnittää huomiota määräaikaishuolloissa ja asennustöissä. Kriittisyydellä tarkoitetaan sellaisia ruuviliitoksia, joiden kiinnitys on oleellinen koneen toimintavarmuuden ja vauriovakavuuden ja sitä kautta korjauskustannusten kannalta. Kriittiset ruuviliitokset on esitelty myös liitteissä 1, 2 ja 3. Lisäksi tässä luvussa kuvataan nykytilanteen ongelmien juurisyitä sekä pohditaan käytännön toimintatapojen vaikutusta havaittuihin ongelmiin.

Kriittisten ruuviliitosten todentaminen perustuu huoltopalveluiden toimihenkilöiden sekä asentajien antamiin asiantuntijalausuntoihin. Kriittisiksi ruuviliitoksiksi kuvataan sellaisia ruuviliitoksia, joidenka rikkoutuminen aiheuttaa vakavan vaurion koneeseen ja vaurioittaa myös koko muuta rakennetta. Näiden ruuviliitosten rikkoutuminen aiheuttaa myös katkoksen asiakkaan töihin pudottaen näin tuottavuutta metsäkoneelta. Lisäksi on huomioitava sekundaarinen vaikutus asiakkaan työnseisauksen aiheuttamiin taloudellisiin menetyksiin puhumattakaan korjauskustannuksia. Ponsse-konsernin tuoteimago kärsii myös tämänlaisten ongelmien vuoksi. Esimerkiksi pudonnut nosturi aiheuttaa asiakaskunnassa suurta epäluottamusta niin koneeseen kuin Ponssen tuottamiin huoltopalveluihin.

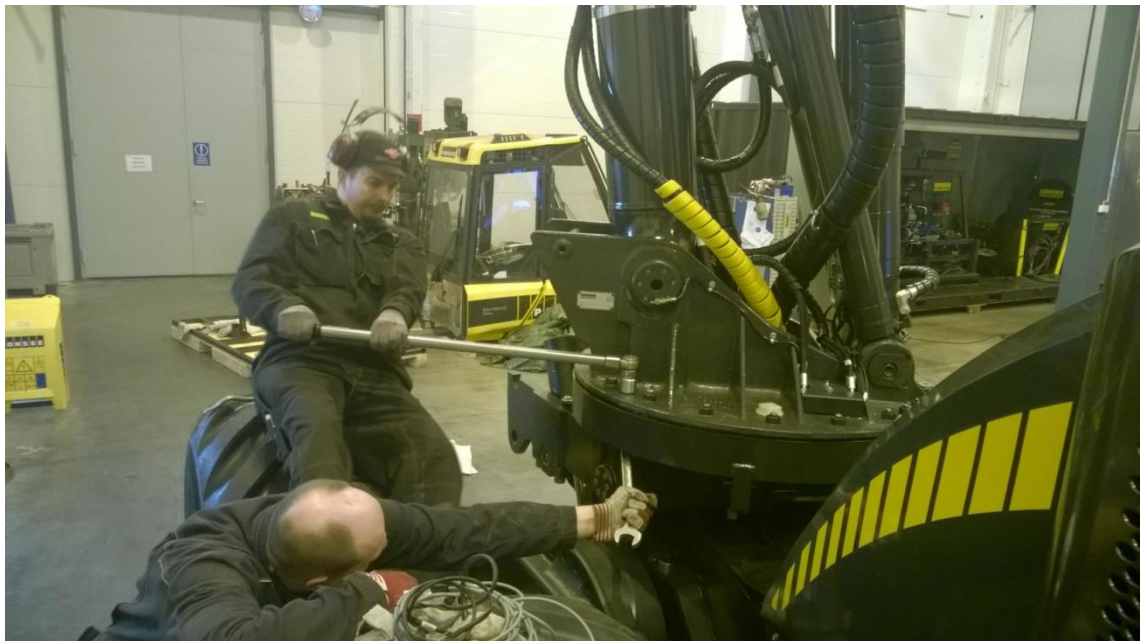
7.1 Nykytilanne

Tässä luvussa kerrotaan nykytilanteesta, toimintatavoista ja niistä ongelmakohdista, joita Ponsse-huoltopalvelukeskuksissa on havaittu ruuviliitosten kiristämisessä ja niiden tarkistamisessa. Lisäksi luvussa kerrotaan myös, miksi on päätetty kehittää nykyisiä työmenetelmiä ruuviliitosten kiristämisessä.

Määräaikaishuolloissa ja korjaustöissä metsäkoneiden kriittisten ruuviliitosten kiristämisen ja tarkistamisen tarve esiintyy päivittäin. Määräaikaishuolloissa kriittiset ruuviliitokset tarkistetaan ja kiristetään huolto-ohjelmien mukaan. Uuden 2015-mallisarjan määräaikaishuollot ajoittuvat 900 ja 1800 käyttötunnin välein, ensimmäinen takuhuolto suoritetaan 200 käyttötunnin jälkeen. Määräaikais- ja takuhuolloissa nostureista ja kuormaajista tarkistetaan tai kiristetään kääntökehän, jalustan yläosan ja

kääntövaihteen kiinnitysruuvit. Lisäksi kiristetään ja tarkistetaan peruskoneen akselistojen, pyörien ja runkojen kiinnitysruuvit.

Huolto-ohjelmia suunniteltaessa määräaikais- ja takuuhuoltoihin on resursoitu käytettäväksi kahdelta asentajalta yksi työpäivä eli yhteenlaskettuna 16 työtuntia. Usein ruuviliitosten kiristämiseen tarvitaan molempia asentajia, ja nykyisillä menetelmillä työvaiheet ovat työergonomisesti haastavia ja paljon aikaa vieviä (kuva 9). Työvaiheiden suorittaminen käsimenttiavaimilla aiheuttaa ajoittain myös tapaturmariskejä. Suurien kiristysmomenttien kiristäminen saattaa aiheuttaa helposti ylikiristystä, koska mekaanisella käsimenttiavaimella työskennellessä ylikiristäminen on mahdollista. Työohjeiden laiminlyönti saattaa aiheuttaa väärän kiristysmomentin asetuksen momenttiavaimen sekä väärän voiteluaineen käytön ruuviliitoksen asennuksessa.



KUVA 9. Nykytilanne kääntökehän ruuviliitosten kiristämisessä (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Harvesterinosturien kääntökehän sisäkehän ruuvit pitää kiristää jalustan yläosan läpi, siihen koneistetun reiän kautta. Tämän vuoksi nosturia pitää kääntää kiristyksen jälkeen kohti seuraavaa ruuvia. Useissa kotimaan huoltopalvelukeskuksissa korjaamon hallin tilat eivät riitä koneen nosturin kääntelyyn. Monella toimipisteellä kääntökehän pultit pitää kiristää ulkona. Työskentely vaatii kiipeilyä ja liikkumista koneen päällä, usein liukkailla ja kylmillä pinnoilla.

Akselistojen kiinnitysruuvien sijainnista johtuen niiden kiristäminen ja tarkistaminen huoltotilanteessa on haastavaa, sillä muiden komponenttien sijoittelu estää käytössä olevien momenttityökalujen käytön näissä kohteissa. Työskentelytilan ahtaus vaikeuttaa myös Ponsse Scorpionin kääntökehän kiinnitysruuvien kiristämisen. Kuvassa 11 on käytössä hydraulinen momenttiväännin.



KUVA 10. Ponsse Scorpionin taka-akselin pystyvaarnaruuvit sijaitsevat hydraulipumppuasennelman alla, johon nykytyövälineillä on vaikea päästä ilman osien irrottamista (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

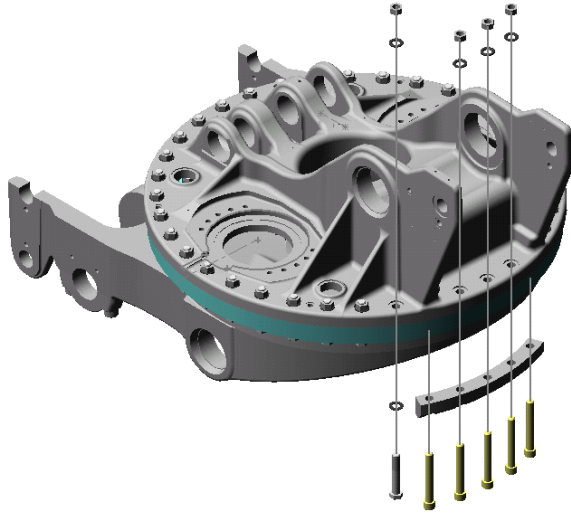


KUVA 11. Ponsse Scorpionin kääntökehän kiinnitysruuvien kiristäminen ja tarkistaminen tilanahtauden vuoksi on ongelmallinen perinteisillä käsikäyttöisillä momenttiavaimilla (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Kotimaan huoltopäällikön mukaan ongelmana on ollut laadunpuute, nostureiden kiinnitysruuveja ja akselistojen vaarnaruuveja on katkennut. Lisäksi kehitystarpeeksi on syntynyt tarve kehittää ruuviliitosten kiristämismenetelmiä tehokkaammaksi ja sitä kautta tuottavammaksi. Lisäksi hänen mukaansa hyvä työskentelyergonomia ja työturvallisuus syntyy ikään kuin lopputuotteena hyvälle työskentelytavoille ja -menetelmille. (Rönkkö 2015)

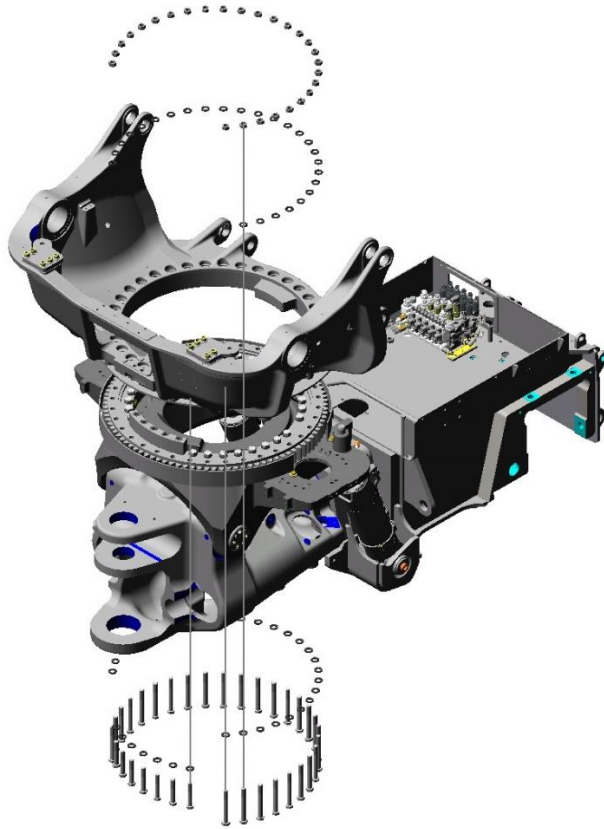
7.2 Harvesterinosturin kääntökehän ja jalustan kiinnitys

Harvesterinosturien kääntöliike Ponsse-harvestereissa toteutetaan kääntölaitteella. Hydraulimoottorilla pyöritetään kääntövaihdetta, joka välittää kääntövoiman nosturille kääntölaakerin välityksellä. Nosturin yläjalusta on kiinnitetty 2015 mallisarjan koneissa 36 läpiruuvilla kääntölaakerin ulkokehään ja laakerin sisäkehä on kiinnitetty nosturin alapuoliseen jalustaan 36 ruuvilla. Nosturin kääntökehän kiinnitys on todella kriittinen koneen toimintavarmuuden kannalta. Mikäli kiinnityspultit katkeavat, aiheuttaa se nosturin irtoamisen ja kaatumisen.



KUVA 12. Ponsse C5-harvesterinosturin jalustan kiinnitys

Ponsse Scorpion-harvesterin rakenne on uudenlainen, nosturin kiinnitys sijaitsee ohjaamon rungossa. Kuljettajan työskentelyergonomiaa on parannettu sijoittamalla nosturi ohjaamon yhteyteen, jolloin nosturi ja ohjaamo ovat samassa asemassa suhteessa harvesterikouraan. Kääntöliike on mahdollistettu kahdella kääntölaitteella ohjaamon alla, jossa kääntölaakeri kannattelee sekä ohjaamoä että nosturia. Scorpion-harvesterin kääntökehä on kiinnitetty nosturin ala- ja yläjalustaan yhteensä 69 kiinnitysruuvilla. Huoltokorjaamolla Scorpionin kääntökehän kiinnitysruuvien kiristäminen on ollut aikaavievää, tilaa kiristystyölle on vähän ohjaamon ollessa huoltoasennossa, eteenpäinkallistettuna. Tällöin on jouduttu lisäksi käyttämään momentinkertojaa, sillä vähäinen työskentelytila momenttiavaimen räikkäpäälle ja koko avaimelle on aiheuttanut ongelmia. Lisäksi momentinkertojalla tarvittavaa vääntövoimaa on saatu pienennettyä.



KUVA 13. Ponsse Scorpionin kääntökehän ruuviliitokset

Nosturien kääntökehän kiinnitys on kriittinen liitos sen vuoksi, että sen varassa on ohjaamon, nosturin ja sitä kautta kouran ja puun kannattelu. Näiden ruuvien katkeaminen on aiheuttanut kustannuksiltaan kalliita vaurioita koneisiin. Työvaiheiden suorittamisessa on tapahtunut virheitä, ruuveja on kiristetty väärin. Ruuviliitokselle mitoitettua kiristysmomenttia ei ole saavutettu tai liitos on ylikiristetty. Ylikiristyksessä ei ole välttämättä huomioitu, että ruuvi on jo päässyt venymään yli ruuvimateriaalin myötörajan. Näin ollen ne ovat venyneet siihen asti, kunnes ovat murtuneet poikki. Tästä syystä on päätetty yleiseksi käytännöksi, että mikäli yksikin ruuvi kiristyy yli puoli kierrosta, vaihdetaan tällöin kaikki kiinnitysruuvit. Ruuviliitoksen asennuksessa on käytetty voiteluaineena joko tervaa tai öljyä kitkan vähentämiseksi. Huomioitavaa on myös kiristysmomentin muutos, kun voiteluaine vaihdetaan tervasta esimerkiksi öljyyn, liitoksen kitkakerroin muuttuu valtavasti, aiheuttaen kiristysmomentin muutoksen. Vaara ali- tai ylikiristämiseksi on tällöin suuri, mikäli työohjetta ei noudateta.

Edellä mainittujen kriittisten ruuviliitosten mitoittamisen suurin haaste on niihin kohdistuvan väsyttävän kuormituksen aiheuttama voima. Nosturien kääntökehän toimittajan antaman kuormituskäyräkaavion mukaan määritetään tarvittava esikiristysvoima kääntökehän kiinnitykselle. Tämän perusteella pystytään määrittämään

vaadittava kiristysmomentti kiinnitysruuveille. Kiinnitysruuveihin kohdistuvaa kuormitusta lasketaan lisäksi FEM-laskentaohjelmalla. (Halonen 2015)

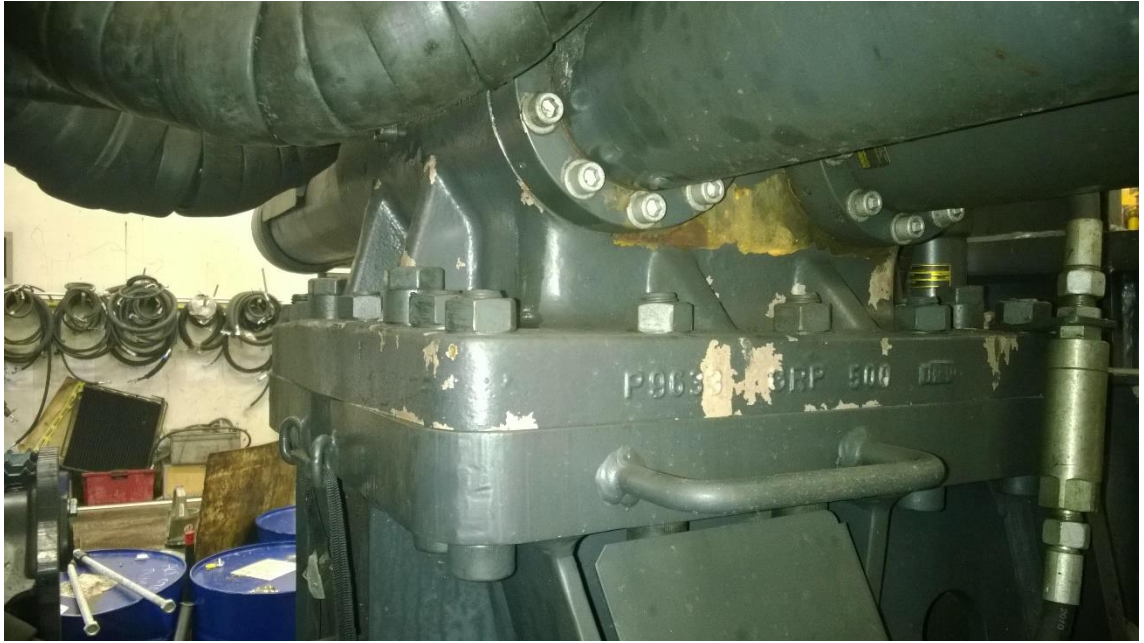
Ponsse-harvesterien kahdeksanpyöräisyys on vakauttanut koneita, samalla koneiden massat ovat kasvaneet entisestään, jolloin nosturia on voitu käyttää tasapainoisesti kauempana peruskoneesta. Tämä on aiheuttanut nosturin kiinnitykselle suurempia kuormituksia entisiin malleihin verrattuna, kun nosturin kiinnitysliitoksiin on syntynyt suurempia kuormituksia. Tästä johtuen nosturin kiinnitysruuvien lukumäärä on kaksinkertaistettu. Näin kuormitus on saatu jakautumaan tasaisemmin, näin yksittäiseen ruuviin kohdistuu puolet pienempi kuormitus. (Halonen 2015)

Nosturisuunnittelijan mukaan edellisten seikkojen vuoksi esiin on tullut myös tarve vahvistaa nosturin ala- sekä yläjalustaa (Halonen 2015). Kokonaisrakenteen jäykkyys vaikuttaa myös kääntölaakerille aiheutuvaan taipumaan. Tällöin taipuman aiheuttama vaihtelu ylittävät laakerille mitoitettun jäykkyystoleranssin, jolloin yksittäiset kiinnitysruuvit joutuvat liian suurelle kuormitukselle. (Rollix 2013)

Ruuvien epätasainen kuormitus aiheuttaa yksittäiselle ruuville väsyttävää kuormitusta, jolloin vaara ruuviliitoksien murtumiselle on olemassa. Kääntölaakerissa ja jalustan ylä- ja alaosassa on olakemuoto, joilla taataan riittävä jäykkyys laakerille ja estetään liitoksen horisontaalinen liike, estetään kiinnitysruuveille syntyvä poikkileikkaava kuormitus. (Halonen 2015)

7.3 Kuormatraktorien kuormaajien jalustan kiinnitys

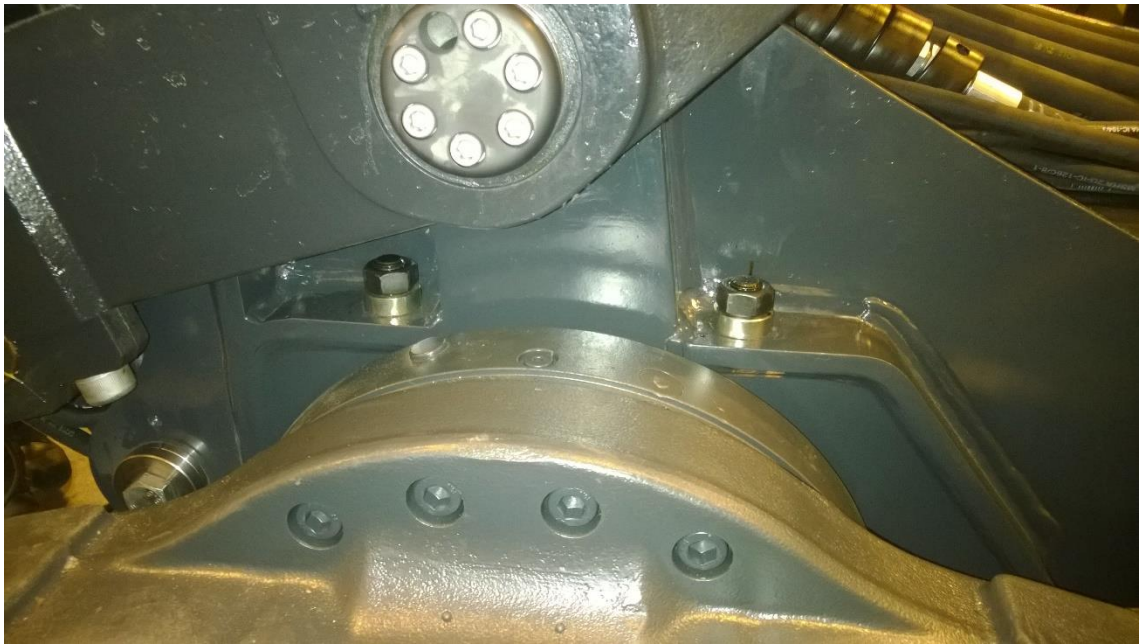
Ponsse-kuormatraktorien kuormaaja on kiinnitetty 20 ruuvilla peruskoneen takarunkoon. Kuormaajien liitosruuveille syntyvä väsyttävä kuormitus ja mahdollinen kiinnitysten hajoaminen aiheuttaa vakavan vaurion kuormaajaan sekä koneen muuhun rakenteeseen. Ongelmana kuormaajan kiinnitysruuvien kiristämisessä ja varmistamisessa on tilanahtaus kääntösylinterien alapuoleisten kiinnitysruuvien kohdalla, momenttiavain ja voimahylsy eivät mahdu asettumaan näihin ruuveihin. Tämä on saattanut johtaa jopa työvaiheen osittaiseen laiminlyöntiin.



KUVA 14. Kuormaajan kiinnitys kuormatraktorin takarunkoon (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

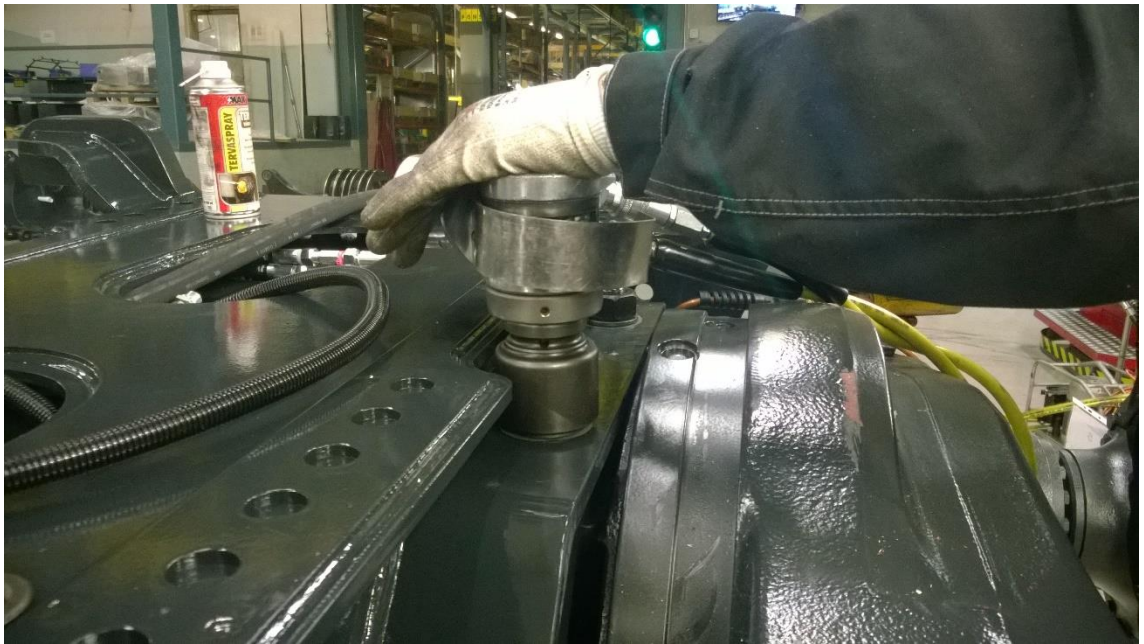
7.4 Etu- ja taka-akseleiden kiinnitys

Ponsse-kuormatraktorien ja -harvesterikoneiden voimansiirron akselistojen kiinnitys peruskoneen etu- ja takarunkoon on rakennettu sekä pysty- että vaakavaarnaruuvien avulla. Varsinkin kuormatraktoreissa, joissa kuormapaino voi saavuttaa jopa 60 tonnin kokonaispainon, akselistojen kiinnitys joutuu todella kovalle dynaamiselle kuormitukselle vaikeassa maastossa. Näiden ruuviliitosten pettäminen aiheuttaa voimansiirron rakenteisiin vakavia vaurioita. Ponsse-metsäkoneiden takarungon pystyvaarnaruuvit, joilla aikaansaadaan esikivistysvoima rungon ja akselin pintojen välille, ovat rakenteesta johtuen vaikeita kiristää nykytilanteessa käytettävillä momenttiavaimilla.



KUVA 15. Ponsse Ergo -harvesterin takarungon pystyvaarnaruuvien kiristäminen nykyisin käytössä olevilla työvälineillä aiheuttaa ongelmia ahtaan rakenteen vuoksi. (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Aikaisemmin akselistojen kiinnitysrunkorakenteet valmistettiin ohuemmista ohutlevyrakenteista. Nykyisin rakenteet tehdään koneistamalla vahvemmista materiaaleista. Tämä on vahvistanut uusia runkorakenteita merkittävästi, kun rakenne ei ole joutunut niin suurelle väsyttävälle kuormitukselle. Myös pohjapanssarin kiinnityksen osuus rakenteesta on merkittävä, sillä se on osa kantavaa rakennetta. Akselistojen kiinnitysruuvi esikiristysvoima saa aikaan kitkaliitoksen peruskoneen rungon ja akselirakenteen pintojen välille. Näin ollen näiden ruuvien oikea kiristysmomentti on erittäin tärkeää. (Hyvönen 2015)



KUVA 16. Vieremän tehtaalla taka-akseliston kiinnitysruuvit kiristetään hydraulisella vääntimellä (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

7.5 Pyörien kiinnitys

Kaikkien Ponsse-metsäkoneiden pyörien kiinnitys akselistoihin on rakennettu ruuviliitoksella, jossa vannetta tukee lisäksi akselin navan laippamuoto. Pyörien kiinnitys on myös kriittinen, koneen toiminnan mahdollistamiseksi.



KUVA 17. Metsäkoneen pyörän kiinnitys (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

8 TEHTÄVÄN MÄÄRITYS

Parannettaessa huoltopalveluiden työmenetelmien laatua, tehokkuutta, tuottavuutta ja työergonomiaa, määritettiin tämän opinnäytetyön tehtäväksi kehittää kriittisten ruuviliitosten kiristysmenetelmiä. Menetelmien kehittämiseksi tehtiin selvitystyö, mitä mahdollisia työkaluja ja menetelmäratkaisuja on optimaalisesti mahdollista hankkia ja ottaa huoltopalveluiden käyttöön.

Työvälineselvitystä varten koottiin vaatimuksia, joita työvälineiden pitää huoltopalveluympäristössä täyttää. Yleiset vaatimukset osoittautuivat tärkeäksi täyttää, sillä Ponssen laaja huoltoverkosto asettaa tietyntylaisia vaatimuksia. Vaatimuksia on koottu seuraavaan luetteloon:

Yleiset vaatimukset

- Työvälineen tai -välineiden käyttöönotto pitää olla helppoa ja nopeaa, asetusaika pitää olla kohtuullinen.
- Pitää parantaa laaduntuottokykyä.
- Työvälineen käytön pitää nopeuttaa työvaiheen suorittamista.
- Oltava turvallinen käyttää.

Erityisvaatimukset huoltokorjaamon käyttötarpeisiin

- Työvälineellä pitää pystyä suorittamaan useamman eri kohteen kiristäminen ja tarkistaminen tai tämän saavuttamiseksi sitä pitää pystyä varioimaan käyttökohteeseen sopivaksi.
- Hankinta- ja ylläpitokustannukset pitää pystyä rajaamaan siten, että hankinta on taloudellisesti mahdollinen.
- Työvälineellä pitää tarvittaessa pystyä työskentelemään myös kenttäolosuhteissa liikkuvan huoltoauton tarjoamilla lisävarusteilla (paineilma, sähkövirta).

Vaatimukset on koottu yhdessä työnjohdon, tuotannonkehitysinsinöörin ja huoltokorjaamoiden työntekijöiden kanssa. Näin on kerätty laaja-alainen näkemys vaatimuksista.

9 MOMENTTITYÖKALUT KRIITTISIIN RUUVILIITOKSIIN

Tässä luvussa käsitellään Ponsse-metsäkoneiden edellä mainittujen kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen ja tarkistamiseen soveltuvia momenttityökaluja. Momenttityökaluilla mitataan ja tarkistetaan liitoksia sekä kiristetään ruuviliitos määriteltyyn kiristysmomenttiin. Vertailussa käsiteltävät työkalut rajattiin käsi-, paineilma- ja sähkökäyttöisiin momenttiavaimiin.

9.1 Käsikäyttöiset momenttiavaimet

Käsikäyttöiset momenttiavaimet ovat käytetyimpiä momenttityökaluja. Suosio perustuu niiden kohtuullisen helppoon toimintaperiaatteeseen ja käyttöön. Niiden etuna on myös kustannustehokkuus ja muunneltavuus. Mekaaniset momenttiavaimet luokitellaan kahteen eri ryhmään, joko osoittaviin tai laukeaviin momenttiavaimiin.

Laukeavat momenttiavaimet ilmaisevat asetetun vääntömomenttiarvon saavuttamisen näkyvällä, kuuluvalla tai tuntuvalle merkkisignaalilla tai niiden yhdistelmillä. Laukeavat momenttiavaimet ovat yleisesti käytössä korjaus- ja huoltotöissä.



KUVA 18. Stahlwillen laukeva momenttiavain vaihtopääkiinnityksellä (Stahlwille 2014)
http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/tyokalut/kasityokalut_kalusteet/fi_FI/stahlwille/

Osoittavat momenttiavaimet osoittavat saavutetun vääntömomenttiarvon eri tavoin, magneettisella koneistolla ja elektronisella näytöllä. Nämä sopivat hyvin jo kiristettyjen ruuviliitosten momentin tarkastuksiin.



KUVA 19. Stahlwillen osoittava momenttiavain vaihtopääkiinnityksellä (Stahlwille 2014)
http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/tyokalut/kasityokalut_kalusteet/fi_FI/stahlwille/

Momenttiavaimen tarkoitus on saavuttaa ja osoittaa siihen asetettu kiristysmomenttiarvo. Käsikäyttöisten momenttiavainten käyttöön tarvittava voima tuotetaan käyttäjän

toimesta. Liitosta kiristetään niin pitkään, kunnes asetettu kiristysmomenttiarvo saavutetaan, jolloin momenttiavain ilmoittaa sen joko osoittamalla tai jollain edellä mainitulla signaalilla.

Muunneltavuus on käsikäyttöisten momenttiavainten suurin etu, toisaalta ne ovat myös suhteessa edullisia muihin momenttityökaluihin verrattuna. Momenttiavaimia löytyy sekä kiinteällä räikkäpäällä että vaihtopääominaisuudella. Vaihtopääominaisuus mahdollistaa avainten varioinnin ja käytettävyyden monessa eri kirityskohteessa. Markkinoilta löytyy myös hitsattavia vaihtopääaihioita, johon voi kiinnittää teoriassa millaisen avainpään tahansa. Näiden käyttö tulee kysymykseen kun tilat ovat ahtaita ja kyseinen kirityskohde on muutoin hankala saavuttaa esimerkiksi räikkäpää-hylsyyhdistelmällä.



KUVA 20. Silmukkalenkkipään vaihtaminen momenttiavaimen päähän mahdollistaa useamman vaikean kohteen kiristämisen (Stahlwille 2014)

http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/tyokalut/kasityokalut_kalusteet/fi_FI/stahlwille/

Elektronisilla käsimomenttityökaluilla voidaan helpottaa käyttäjän työtä asettamalla määritetyt toleranssirajat, jolloin työkalu ilmoittaa kiristyksen onnistumisen signaalilla. Kiritystulokset voidaan tallentaa myös laitteen muistiin ja ne voidaan näin dokumentoida, mikä helpottaa kiristysliitosten seurattavuutta.

Käsikäyttöiset momenttiavaimet mahdollistavat helpon, nopean ja tarkan kiristyksen työntekijän voimaa käyttäen. Avain ilmoittaa vain saavutetun momentin, mutta ei ehkäise täysin ylikiristämistä. Kiristystyön voi suorittaa helposti väärin, käyttämällä voimaa epätasaisesti vaihtelevalla vääntönopeudella. Laadukkaan kiristystapahtuman saavuttamiseksi työntekijät onkin syytä kouluttaa työtehtävään. Yleisesti käsikäyttöiset momenttiavaimet tuottavat kalibroituina ja huollettuina ± 4 %:n toistotarkkuutta. (Stahlwille Tuoteluettelo 2014,

http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/tyokalut/kasityokalut_kalusteet/fi_FI/stahlwille/

Momenttiavaimia on saatavissa hyvin pienistä kiristysarvoalueista alkaen, todella suurissa kiristysmomenttiarvoissa ongelmaksi muodostuu riittävän voiman saavuttaminen vääntövarteen. Ahtaissa tiloissa varrelle ei välttämättä ole tilaa, jolloin tarvitaan momentinkertoja. Momentinkertojat huonontavat käytettävyyttä ja hieman toistotarkkuutta. (Kalasniemi 2015)

9.2 Paineilmakäyttöiset momenttityökalut

Paineilmatoimiset momenttityökalut toimivat paineilmalla. Näiden toiminnan edellytys ja toisaalta suosio perustuu käyttökohteessa saatavilla olevaa paineilmaverkkoon, josta koneille saadaan käyttövoima. Paineilmakäyttöiset momenttityökalut ovat melko helppokäyttöisiä ja varmatoimisia. Laadukkaiden mallien elinkaari on verrattain pitkä, ja ne toimivat haastavissakin olosuhteissa. Säännöllisesti kalibroitujen ja huollettujen koneiden kiristystarkkuus vaihtelee ± 3 %:sta aina ± 30 %:tiin.

Tässä opinnäytetyössä ei huomioida iskeviä mutterinvääntimiä, sillä ne eivät ole tarkkoja momenttityökaluja, niiden toistotarkkuus on jopa ± 60 %:a. Iskevissä mutterinvääntimissä ei ole väännön pysäytystoimintoa, vaan kiristystapahtuma on täysin riippuvainen käyttäjästä. Lisäksi vääntimen iskuenergia on todella epätasaista, jolloin vääntövoiman toistotarkkuus on huono.

Paineilmatoimisten momenttityökalujen vaatimukset paineilmaverkostolle ovat melko vaativat. Paineilmaverkoston painevaihtelut vaikuttavat melko suuresti saavutettavaan kiristystulokseen. Lisäksi koneelle tulevan ilman puhtaus on määräävä kriteeri. Paineilmakäyttöisiä momenttityökaluja hankittaessa on siis syytä perehtyä olemassa olevien järjestelmien toimivuuteen. (Kontula 2015)

Tässä opinnäytetyössä esitetään seuraavat paineilmatoimiset momenttityökalut:

- Sitkeävetoiset paineilmakäyttöiset mutterinvääntimet
- Paineilmakäyttöiset pulssityökalut
- Sähköisesti ohjatut paineilmakäyttöiset pulssityökalut

9.2.1 Sitkeävetoiset mutterinvääntimet

Toisin kuin yleisesti tunnetulla iskevällä mutterinvääntimellä, sitkeävetoisella momenttivääntimellä saavutetaan hyvinkin tarkkoja kiristysmomenteja. Markkinoilta löytyy malleja lähes jokaiseen käyttökohteeseen. Oleellisia ominaisuuksia ovat työkalun otetyyppi, kulma-, suora- tai pistoolimalli, suunnanvaihto ominaisuus, pysäytystoiminto, kun asetettu momentti saavutetaan ja momenttialue. Lisäksi on saatavilla malleja, joissa on käytössä kaksi eri pyörimisnopeutta, nopea vaihde nopeuttaa ruuvin kiertämistä rakenneosien kosketukseen ja varsinainen käyttövaihde otetaan käyttöön tämän jälkeen. Varsinkin tuotannossa tästä on apua, kun ruuviliitoksia kiristetään jatkuvalla tahdilla ja läpäisy aika pyritään optimoimaan.



KUVA 21. Atlas Copcon paineilmakäyttöinen mutterinvääntin vastinraudalla (Atlas Copco Tools)

Sitkeävetoisissa mutterinvääntimissä kiristysmomentti asetetaan ilman käyttöpaineen avulla. Tähän tarvitaan erillinen paineensäädin. Koska kyseessä on sitkeävetoinen vääntin, pitää huomioida väännön aiheuttama tarve vastavoimalle. Ilman vasterautaa käyttäjä ei pysty hallitsemaan väännintä, kun vääntömomentit kasvavat yli 100 Nm:n. (Kontula 2015)

9.2.2 Paineilmakäyttöiset pulssityökalut

Paineilmakäyttöiset pulssityökalut ovat hyvä vaihtoehto iskeville mutterinvääntimille, niiden kiristysmomentin toistotarkkuus on huomattavasti parempi. Kiristysmomentti saavutetaan tasaisemmin ja tarkemmin, jolloin voidaan puhua momenttityökalusta.

Pulssitoimiset momenttivääntimet ovat melko huoltovapaita, ja niiden ergonomia on hyvä. Niitä voidaan käyttää yhden käden otteella. Pulssitoimiset momenttivääntimet aiheuttavat todella pieniä reaktivoimia ja pientä käyttööntä juuri sen rakenteen ansiosta. Vääntövoima toteutetaan iskuenergialla ja isku toteutetaan hydraulisella pulssimekanismilla. Pulssityökalujen iskuenergia on tasainen, jolloin vastavoimatuentaa ei tarvita. Koneita on saatavilla myös sulkeutuvalla ilmansyötöllä, kun esiasetettu momentti saavutetaan, jolloin käyttäjästä johtuva ylikiristämisen vaara pienenee. Pulssitoimiset momenttityökalut säädetään määritettyyn kiristysmomenttiin laitteen säätöventtiilin avulla. Momentinmittaus suoritetaan ulkoisella mittalaitteella, joka ilmoittaa sen hetkisen vääntömomentin, jolla kone vääntää anturia. Tämän tiedon perusteella väännin säädetään haluttuun momenttiarvoon. (Atlas Copco Tools 2014)

Atlas Copcolla on myös pulssityökaluja, joita ohjataan sähköisesti ohjausyksikön avulla. Ohjausyksikköön määritellään ruuviliitokselle halutut arvot ja yksikkö tallentaa ja analysoi kiristystuloksia. Etu näissä laitteissa on ruuviliitoksen jäljitettävyyden ja virheen ilmoittaminen sekä momenttitason jatkuva valvonta. Valvonnan avulla voidaan ennustaa myös työkalujen huollon tai kalibroinnin tarvetta. (Atlas Copco Tools 2014)

9.3 Sähkökäyttöiset momenttityökalut

Sähkökäyttöisiä momenttityökaluja on saatavilla akkukäyttöisinä sekä johdollisia verkkovirran avulla toimivia vääntimiä. Työkalut ovat ”älykkäitä”, kiristystapahtuma voidaan ohjelmoida täysin räätälöidysti. Esimerkiksi alkukiihdytyksen jälkeen ruuvi väännetään nopeasti liitospintaan ja varsinainen ruuvia venyttävä tapahtuma tehdään pienen tauon jälkeen hitaasti ja hallitusti. Työkalut antavat käyttäjilleen signaalilla, usein valolla palautteen kiristyksestä. Momenttialue on melko laaja, kiristysmomentti on saavutettavissa jopa 4000 Nm:iin. (Atlas Copco Tools 2014)

Sähkökäyttöisten ja paineilmakäyttöisten vääntimien suurin ero momenttikiristämisessä on selvä. Sähkökäyttöinen väännin prosessoi kiristystapahtumaa sisäänrakennetun voimaanturin, virrankulutuksen ja jännitteen avulla. Sähkökäyttöinen väännin siis kiristää liitoksen haluttuun newtonmetriarvoon eikä esiasetettuun momenttiarvoon, kuten paineilmatoimisissa vääntimissä kiristystapahtuma suoritetaan. Näin jokainen liitos kiristetään haluttuun momenttiarvoon kitkasta riippumatta. (Kalasniemi 2015)



KUVA 22. Atlas Copco Tensor ETP –sähkökäyttöinen momenttiväännin, jossa sisäänrakennettu voimanmittaus

[\(http://www.atlascopco.fi/fius/products/kokoonpanoty%C3%B6kalut/1401319/1466180/\)](http://www.atlascopco.fi/fius/products/kokoonpanoty%C3%B6kalut/1401319/1466180/)

9.4 Hydrauliset momenttityökalut

Hydrauliset momenttiavaimet eroavat paineilmakäyttöisistä vääntimistä siten, että väänninosan voima tuotetaan hydraulikoneikolla. Hydraulikoneikon pumppu saa käyttötehonsa joko paineilmaverkosta tai sähköverkosta. Koneikon hydraulipumpun tuottama käyttöpaine säädetään valmistajan toimittaman säätötaulukon avulla kiristysmomenttia vastaavaan säätöarvoon. Käyttöpaine syötetään hydrauliletkaa pitkin väänninosalle. Vääntimessä on työmäntä, joka työpaineen vaikutuksesta työntää väänninmekanismia aiheuttaen näin vääntövoiman ruuville tai mutterille. Laitteistolla voidaan myös avata liitoksia hallitusti. Pikalukittava vääntiöosa käännetään vääntimeen toisinpäin, jolloin vääntövoiman pyörimissuunta vaihtuu.



KUVA 23. Haitor Oy:n edustamia hydraulisia Hytorc -momenttityökaluja (Haitor Oy, Hydrauliset momenttiavaimet)

Hydraulisten momenttityökalujen etuina voidaan pitää väänninosan pientä kokoa, jolloin se mahtuu hyvin pienessäkin tilassa toimimaan. Koska laitteen voima tuotetaan sitkeävetoisestii, pitää laitteen vastavoimatuenta saavuttaa. Vääntiössä olevaan pikalukittavaan neliövääntimeen voidaan asettaa erikokoisia momenttihylsyjä. Kuusioruuveille ja kuusiokoloruuveille on tarjolla myös pikalukittava hylsyvääntiö. Tämä mahdollistaa rakenteen mahtumisen myös ahtaampaan väliin. Vastavoimavarret ovat säädettäviä, jolloin vastavoimatuenta saadaan varioitua melko hyvin. Vastavoimavarren runko-osia myydään myös erikseen ja niihin voidaan koneistaa ja hitsata halutunlainen vastavoimavarsi (kuva 24).

Puutteina hydraulisissa vääntimissä voidaan pitää niiden kiristysnopeutta ja dokumentoinnin puutetta. Koska kiristystyö on suhteellisen hidas, on mutterit tai ruuvit hyvä kiertää ensin paikalleen käsin tai jotain muuta väännintä hyväksikäyttäen. Ruuvien kireyden tarkistuksessa tätä ongelmaa ei toisaalta ole.

Koneikkoja on saatavilla myös useammalla hydraulilähdöllä olevia, jolloin voidaan käyttää useampaa väännintä yhtäaikaaisesti. Koneikkojen paino vaihtelee noin 15 kg:sta aina 40 kg:aan, riippuen öljytilavuudesta ja onko laitteessa öljynlauhdutin.



KUVA 24. Vääntimeen asennettavalla kuusiokolovääntiöllä vääntimen kokonaiskorkeutta saadaan pienennettyä (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

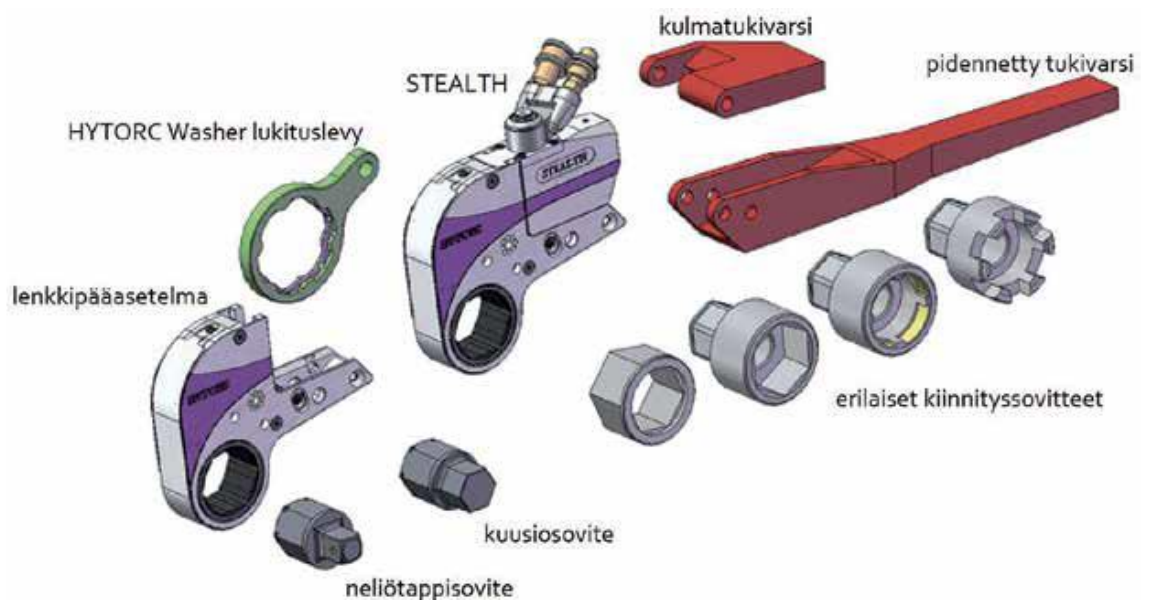
Hydraulisia momenttityökaluja on markkinoilla myös lenkkimallisia vääntimiä, jotka kiinnitetään suoraan kiristettävään mutteriin tai ruuviin (kuva 25). Niissä mutteri tai ruuvi ja työkalun mäntä ovat samassa linjassa, jolloin vastavoimatuenta saavutetaan laadukkaasti eikä vastavoimatuennassa synny ylimääräisiä sivuttaisia vääntövoimia. Ne toimivat hyvin ahtaissa tiloissa, joissa vastavoimatuenta saavutetaan samalta tasolta mutterin tai väännettävän ruuvin kanssa. Tällä ratkaisulla saavutetaan myös ruuviliitokset, joissa ruuvikierteen ylitys mutterilta on suuri. Näihin malleihin on myös saatavilla erilaisia vastavoimatukia. Väännin saadaan toimimaan erikokoisten ruuvien kanssa vääntiöön asetettavalla soviteholkillä. Hydraulisten momenttivääntimien käyttö ei aiheuta suurta melua eikä tärinää. Laitteiden toistotarkkuus on noin ± 3 %:a.

(Haitor Oy, Tuotteet)



KUVA 25. Hytorc Stealth:n rakenteen ansiosta lenkipääasetelma sopii ahtaimpiinkin käyttökohteisiin

(<http://www.haitor.com/fi/tuotteet/?cat=8c55a3f4514c64f4707f134f57ecaac4&mfr=&rn g=&id=bd939c7a515305366505812857ecaac4>)



KUVA 26. Lenkipääasennelmiin saatavilla olevia lisävarusteita (Haitor Oy, Tuotemallisto)

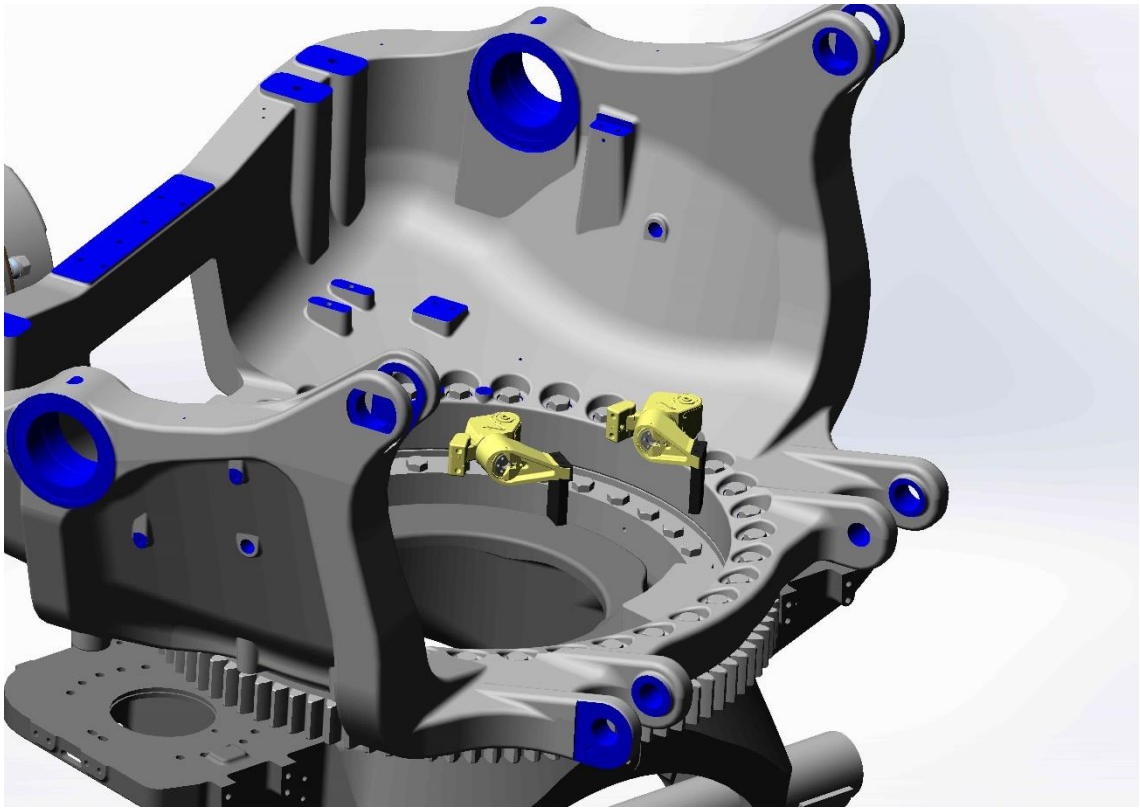
10 TULOKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Ponsse-metsäkoneiden kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen ja varmistamiseen soveltuvat työvälineet. Tarkoituksena oli löytää työvaiheeseen tehokkaampia ja laadullisesti parempia vaihtoehtoja käsikäyttöisille momenttiavaimille. Huoltokorjaamon tarpeiden eroavaisuus tuotannon tarpeista ovat tilanahtaus asennuskohteissa, koska tuotannossa linjamaisessa kokoonpanossa komponentit kiinnitetään kokoonpanojärjestyksessä, jolloin ruuviliitosten kiristämislle on enemmän tilaa. Lisäksi laitteiden käytettävyys kenttähuollossa oli varteenotettava ominaisuus.

10.1 Työvälinevertailu kriittisten ruuviliitosten kiristämiseksi

Yhdessä työkalutoimittajan kanssa järjestettiin hydraulisten ja paineilmatoimisten momenttityökalujen testitilaisuus Ponsse Oyj:n huoltokorjaamolla. Tarkoituksena oli tarkistella momenttityökalujen käytettävyyttä ja määriteltyjen ruuviliitosten saavutettavuutta vaihtoehtoisilla momenttityökaluilla. Testitilaisuudessa kiinnitettiin huomiota laitteiden ominaisuuksiin ja käytettävyyteen. Huoltopalvelujen käyttöön valittavan työvälineen suhteen ihanteellinen tilanne olisi, jos kaikki kriittiset ruuviliitokset voitaisiin kiristää samalla työvälineellä, räätälöimällä momenttityövälinettä.

Huollossa päästiin testaamaan työkaluja ja niiden toimivuutta Ponsse Scorpion-harvesterin takuhuollossa. Testitilaisuudessa vertailtiin paineilmatoimista sitkeävetoista momenttiväännintä ja hydraulisia momenttivääntimiä. Sähkökäyttöiset työvälineet jätettiin vertailun ulkopuolelle, koska niiden kustannusrakenne on paljon suurempi kuin edellä mainittujen. Samoin nykyisin käytössä olevien momenttiavaimien vertailua ei nähty merkityksellisenä, sillä niistä löytyy kokemusta ja ongelmat sekä niiden käytön haasteet tunnetaan hyvin. Etukäteen selvitettiin rakennekuvien avulla myyntiedustajalle koneiden kriittisten ruuviliitosten kokonaisrakenteet, jolloin toimittajan edustaja osasi ottaa huomioon etenkin liitosten saavutettavuuden työvälineillä (kuva 27).



KUVA 27. CAD-tarkastelulla selvitettiin karkeasti momenttityökalujen sopivuus kohteeseen

10.1.1 Hydraulinen momenttiväännin

Vertailussa kiinnitettiin huomiota työvälineen käyttöönottoon ja asetusaikeihin. Hydraulisilla momenttiavaimilla käyttöönotto oli melko nopeaa. Käytössä oli sähköverkkovirralla toimiva koneikko. Sähkökäyttöistä koneikkoa voitiin käyttää myös huoltoautosta löytyvällä aggregaatilla, jolloin se on käytettävissä myös kenttähuollossa. Koneikossa oleva hydraulioiljylauhdutin mahdollistaa jatkuvan käytön myös kuumissa ja vaativissa olosuhteissa. Laitteiston kiristysmomentti asetetaan koneikon käyttöpainetta säätämällä, laitteiston valmistajan ilmoittaman momenttitaulukon mukaan. Säätö on nopea ja helppo suorittaa. Laitteiston hydrauliletkut voidaan tarvittaessa pidentää, koneikon painon ollessa noin 30 kilogrammaa, koneikko voidaan sijoittaa kiinteästi huoltoautoon tai asettaa se maahan (kuva 28).



KUVA 28. Hydraulisen momenttivääntimen koneikkoon on saatavilla pitkät hydrauliletkut, jolloin koneikko voidaan asettaa maahan (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

10.1.2 Paineilmakäyttöinen momenttiväännin

Käytettävissä olleessa paineilmakäyttöisessä sitkeävetoisessa momenttivääntimessä momenttiarvo säädetään ulkoisella säätimellä. Paineilmakäyttöinen momenttiväännin tarvitsee tämän vuoksi tarkan verkkopaineen paineilmajärjestelmästä. Näin ollen ilman tuotto pitää olla katkeamatonta ja paine ei saa pudota alle säätimeen asetetun käyttöpaineen. Tämä asettaa rajoitteita paineilmakäyttöisten momenttityökalujen käyttöympäristöön. Paineilmakäyttöinen momenttiväännin toimii sitkeävääntöperiaatteella, joten vastavoimatuenta vääntövoimalle pitää saavuttaa.

10.2 Kriittisten ruuviliitosten saavutettavuus

Laitehankinnan suuri kriteeri on käytettävyys ja tehokkuus. Laitteet pitää olla helposti käsiteltäviä, ne eivät saa olla liian suuria tai painavia. Varsinkin työvälineen koko ratkaisee metsäkoneiden ruuviliitosten kiristämisessä todella paljon. Myös momenttityökalun monikäyttöisyys eri kohteiden välillä ratkaisee paljon, millaisen momenttityökalun hankinta on järkevää.

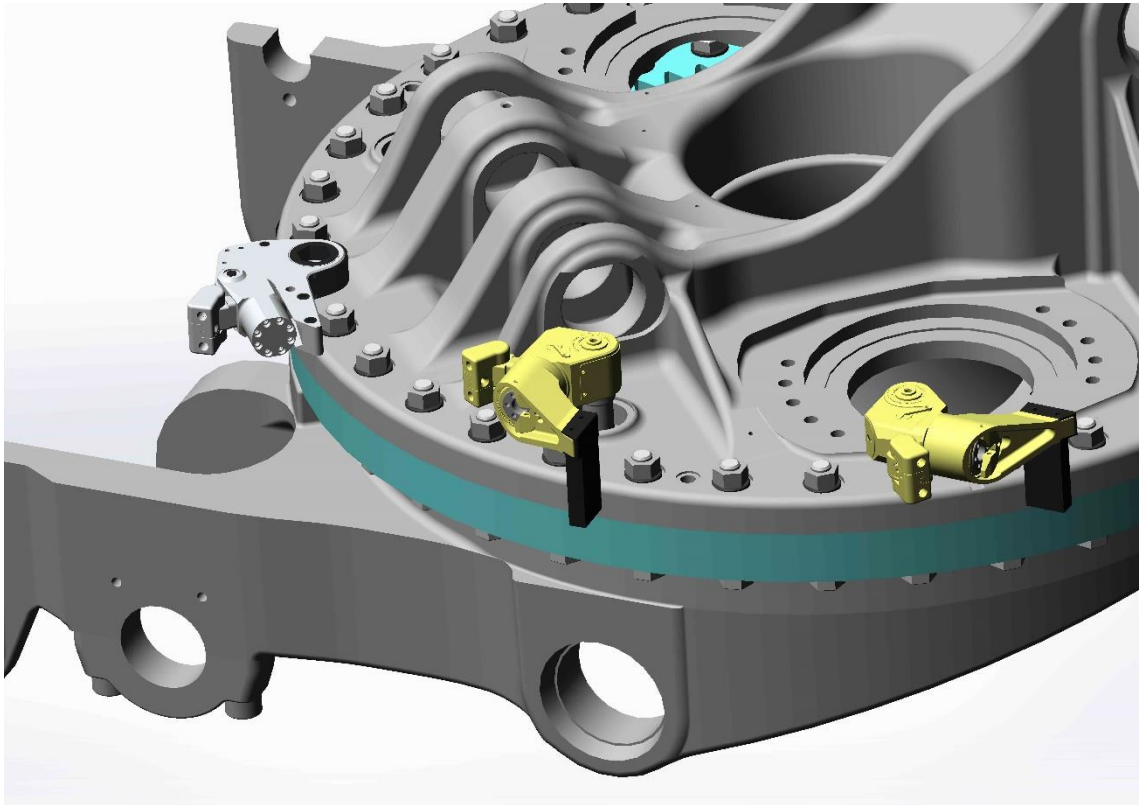
Ponsse Scorpion-harvesterin kääntökehän kiinnitysruuvit ovat hyvin alla, jolloin kallistetun hytin alla ei ole ylimääräistä tilaa. Testitilaisuudessa näiden ruuvien momentin tarkistaminen ja kiristäminen onnistui vain hydraulisella vääntimellä. Paineilmakäyttöinen sitkeävetoinen väännin ei sopinut rakenteensa asettamien rajoitteiden vuoksi ahtaaseen kohteeseen. Aikaisemmin kääntökehän ruuviliitokset on jouduttu kiristämään käsimomenttiavaimella, johon on kiinnitetty momentinkertoja. Tällöin työ on ollut hidasta ja hankalaa ahtaassa tilassa, kallistetun ohjaamon alla. Hydraulisella momenttivääntimellä saavutettiin kolminkertainen ajansäästö nykyiseen menetelmään verrattuna. Aikaa työvaiheen suorittamiseen kului noin yksi tunti, aikaisemmin noin kolmen tunnin sijaan.



KUVA 29. Hytorc MXT-1:llä saavutettiin Scorpion-harvesterin kääntökehän kiinnitysruuvit hyvin (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Perinteisen nosturimallin kääntökehän kiinnitysruuvien kiristäminen ja tarkastaminen testattiin kahdella eri hydraulisella vääntimellä. Käytössä oli Hytorc MXT-1- ja Hytorc Stealth-hydraulivääntimet. Ongelmalliseksi nykyisin käytössä olevan käsimomenttiavaimen käytössä kääntökehän ruuvien kiristämisessä teki sen, että käsimomenttiavaimella kiristäessä jouduttiin kiristysliike tekemään joko maasta käsin todella korkealla tai sitten telipyörästä päältä. Molemmat suoritustavat ovat raskaita ja kiristystapahtuma vaikea hallita. Telipyörästä päältä on myös vaara pudota työvaihetta suoritettaessa. Rajoite kääntökehän sisäpuolisten ruuvien kiristämisessä on, että nosturia

pitää kääntää aina seuraavaan ruuviin asti, jotta se voidaan kiristää jalustan yläosan rakenteessa olevan reiän kautta (kuva 30).



KUVA 30. Kääntölaakerin sisäkehän ruuvit kiristetään jalustan yläosassa olevan huoltoreiän kautta. Tämän suorittamiseksi pitää nosturia kääntää seuraavan ruuvin kiristämiseksi

Perinteisen nosturin kääntökehän kiinnitysruuvien kiristäminen onnistui sekä paineilmatoimisella että hydraulisella momenttivääntimellä. Vastavoima saavutettiin ulkokehällä hyvin joko edellisestä mutterista tai jalustan yläosan valurakenteesta. Hydraulisella lenkipäämallilla, Hytorc Stealthilla, sisäkehän ruuveja ei saavuteta, koska ruuvit sijaitsevat jalustan alla (kuva 30).



KUVA 31. Hytorc MXT-1:lla vastavoimatuenta saavutettiin joko edellisestä ruuviliitoksesta tai jalustan yläosan rakenteesta (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Voimansiirron akselistojen kiinnitysvaarnaruuvien kiristäminen on ollut juuri tilanahtauden vuoksi haasteellista tarkistaa ja kiristää. Hytorc MXT-1:lla pystyttiin suorittamaan Ponsse Scorpionin akselien vaarnaruuvien kiristäminen. Vastavoimatuenta saavutettiin melko helposti säädettävällä vastavoimatuella.



KUVA 32. Vastavoimatuen säätömahdollisuus tekee Hytorc MXT:stä todella monipuolisen momenttityövälineen (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)



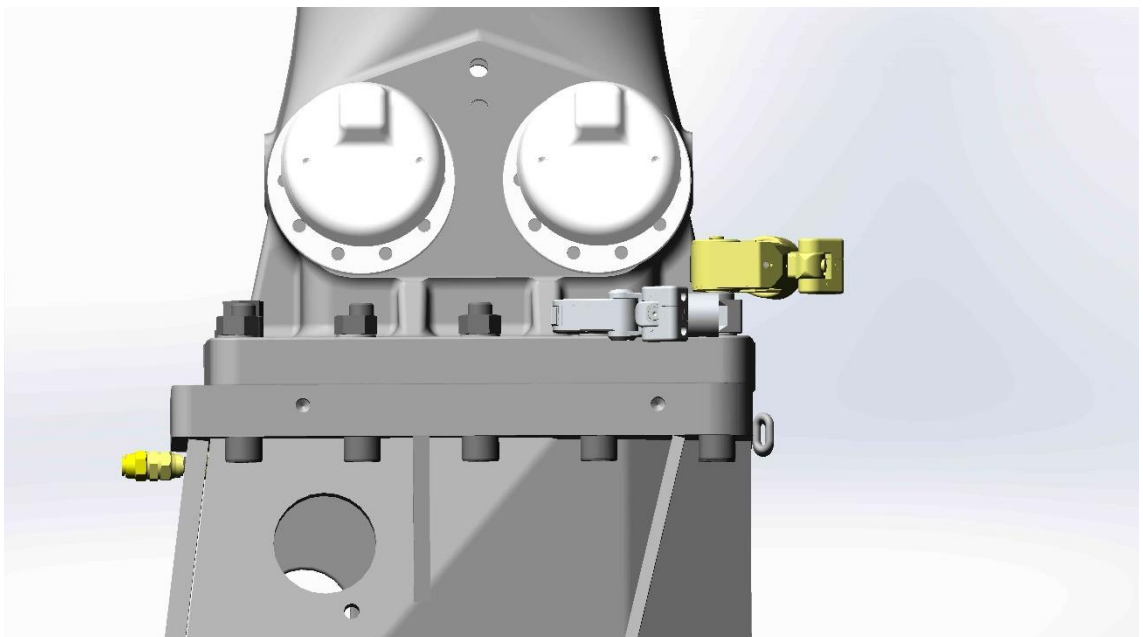
KUVA 33. Hydraulisen momenttivääntimen etuna on sen rakenteellisesti pieni koko, jolloin voidaan kiristää ahtaissakin tiloissa olevia ruuviliitoksia (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Etuakseliston vaarnaruuvien kiristäminen Ponsse Scorpionissa osoittautui ilman rakenteiden purkua haastavaksi. Kuvassa 34 näkyvät vaarnaruuviliitokset ovat vaikeasti saavutettavissa hydraulisilla momenttivääntimillä ilman yläpuolisten rakenteiden purkamista. Käsimomenttiavaimella, johon voidaan vaihtaa silmukka-avain tyyppinen työkalupää, ruuvit voitaisiin kiristää. Ongelmalliseksi tällöin tulee suuret momenttiarvot, sillä kyseiset ruuvit kiristetään jopa 1250 Nm:iin. Tällöin momenttiavaimen pitäisi lisätä momentinkertoja.



KUVA 34. Pystyvaarnaruuvien saavutettavuus osoittautui haasteelliseksi tilanahtauden vuoksi (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Ponsse-kuormatraktorien kuormajien kiinnitysruuvien kiristämiseksi Hytorc MXT-1:llä havaittiin ongelmalliseksi jo aikaisemmin Vieremän tehtaalla tehdyssä katselmoinnissa. Kuormajan kääntösylinterin sijainti kiinnitysruuvien yläpuolella rajoittaa vääntimen työkorkeutta. Hytorc Stealth on rakenteeltaan ohuempi, jolloin sillä pystytään suorittamaan kääntösylinterien alla olevien kiinnitysruuvien kiristäminen.



KUVA 35. Kuormatraktorin kuormajan jalustan rakenteen vuoksi kaikkia kiinnitysruuveja ei saavuteta MXT-1 vääntimellä

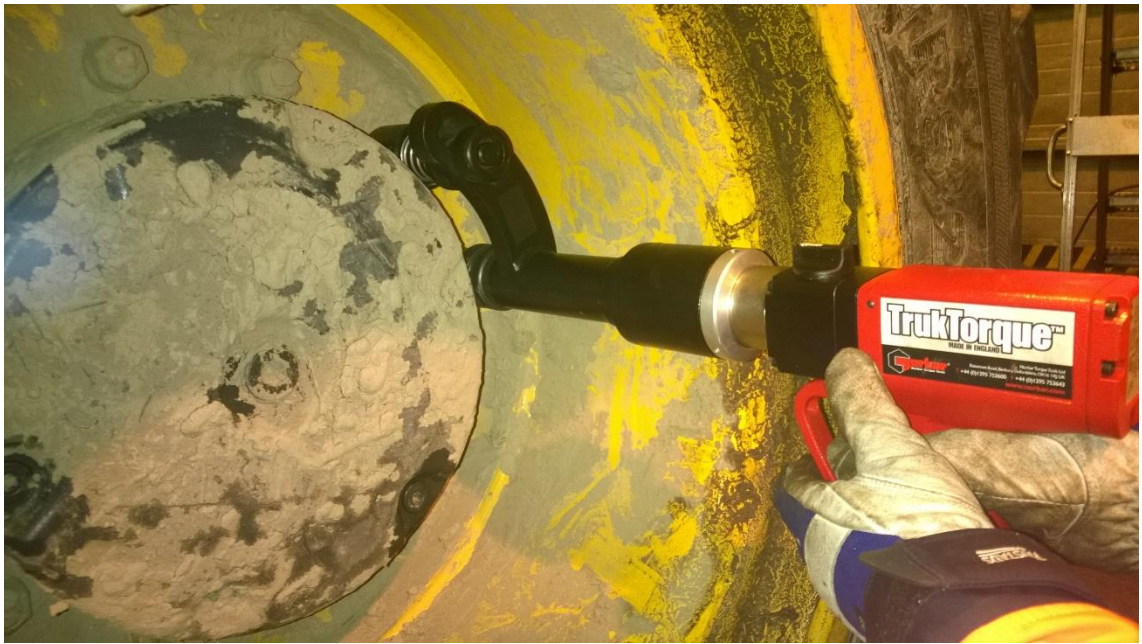
Aikaisemmin ongelmana kuormaajien kiinnitysruuvien kiristämisessä on ollut juuri tilanahtaus kääntösyntierien alapuolisissa kiinnitysruuveissa. Momenttiavain ja siihen kiinnitettävä voimahylsy eivät ole sopineet rakenteensa vuoksi toimimaan kohteessa. Hytorc Stealthin ohut rakenne mahdollistaa ruuvien kiristämisen (kuva 36).



KUVA 36. Hytorc Stealth –hydraulivääntimellä kuormaajan kiinnitysruuvit pystytään kiristämään momenttiin (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

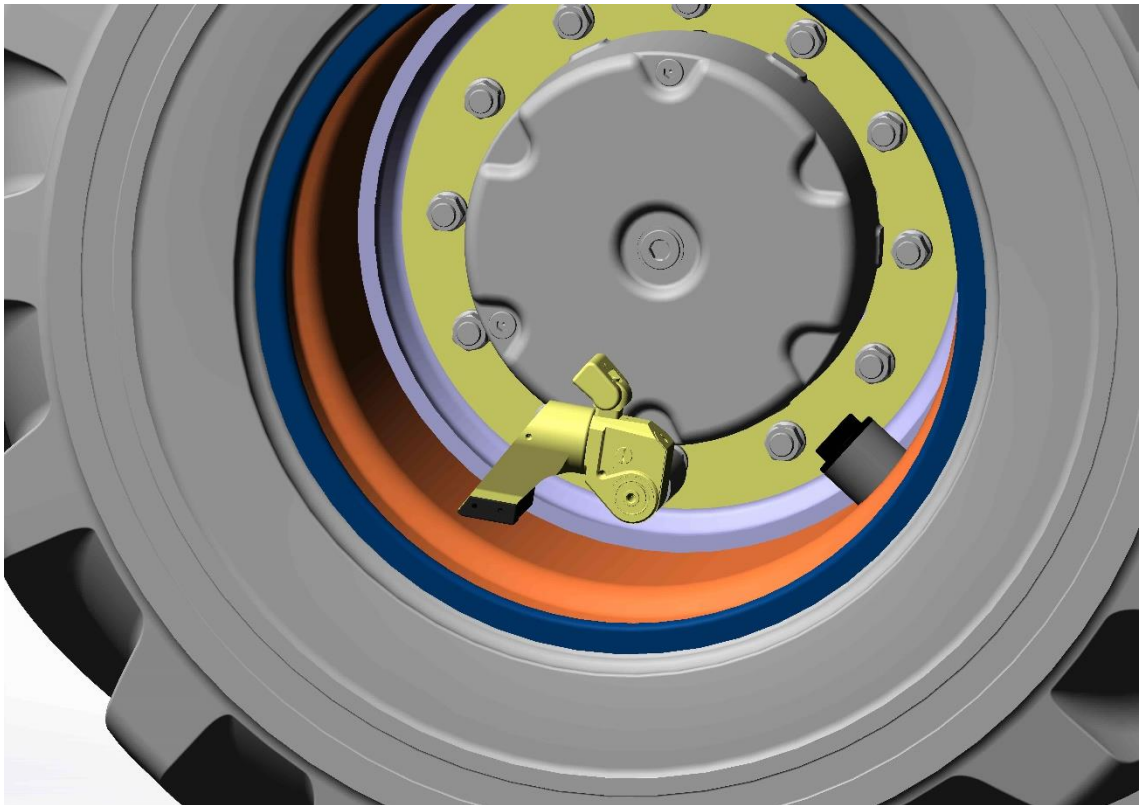
Kuormaajien kiinnitysruuvien kiristäminen onnistuisi myös momenttiavaimilla, joissa on vaihtopääominaisuus. Näin momenttiavaimen voitaisiin liittää silmukka-avain, jolla korkeudeltaan ahtaaseen liitokseen päästäisiin paremmin käsiksi.

Ponsse-metsäkoneiden pyöränmutterien kiristämiseen testattiin paineilmatoimista sitkeävetoista momenttiväännintä sekä hydraulista momenttiväännintä. Norbar TrukTorquella mutterien kiristäminen onnistuu hyvin säädettävän vastavoimatuennan vuoksi, lisäksi asennustyö on nopeaa. Kiristysmomenttia vastaava ilmanpaine-arvo saadaan toimittajan määrittämästä momenttitaulukosta asetettua vääntimen esiohjausyksikköön. Vastavoimatuenta saadaan säädettyä vasterautaan portaattomasti, jolloin vastavoimatuenta saadaan viereisestä mutterista (kuva 37).



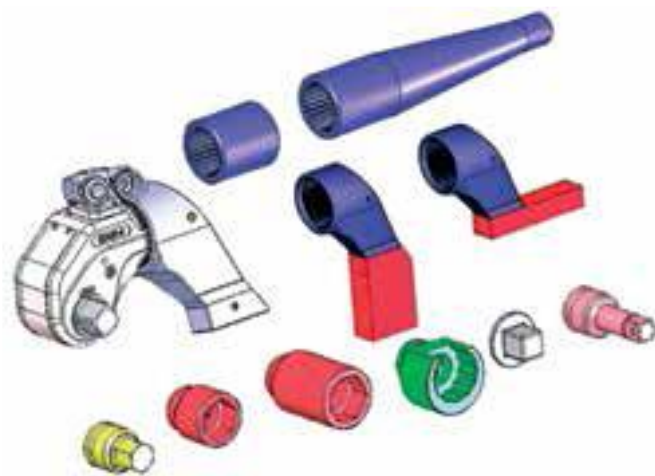
KUVA 37. Norbar TrukTorquen vastavoimatuenta on portaattomasti säädettävissä, jolloin tuenta saadaan viereisestä mutterista (Kuva: Tuomas Yli-Marttila 2015)

Koska työn tavoitteena oli kiinnittää huomiota työvälineen monikäyttöisyyteen, pyrittiin selvittämään hydraulisen momenttivääntimen käyttömahdollisuutta myös pyöränmutterien kiristämässä. Testitilaisuudessa olleilla lisätyökaluilla Hytorc MXT-1:n vastavoimatuenta ei saavutettu pyöränmutterien kiristämässä. Vasteratkaisujen suunnittelulla ja kehittämisellä vastavoimatuenta voitaisiin saavuttaa. Kuvassa 38 näkyy eräs mahdollisuus, jolla MXT-1:n käyttöä voisi laajentaa myös pyöränmutterien kiristämiseen sopivaksi momenttityökaluksi. CAD-tarkastelussa vääntimeen valittiin pidempi voimahylsy jolloin väännin mahtuu toimimaan akselin napavaihteen vieressä. Vastavoima tuenta voitaisiin saavuttaa levypyörän (vanteen) kehältä.



KUVA 38. Hydraulisella momenttivääntimellä kiristäminen onnistuu mikäli voimahylsyn ja vääntimen väliin asennetaan vääntiöjatko tai valitaan käyttöön pidempi voimahylsy

Jotta vastavoimatuki saataisiin samalta tasolta kiristettävän mutterin kanssa, voisi työkalulle tehdä räätälöidyn vastavoimatuen toimittajalta saatavaan hitsattavaa vastavoimaholkkiin (kuva 39).



KUVA 39. Hytorc MXT-1:seen on saatavilla myös hitsattavia vastavoimatukiholkkeja vasteiden räätälöintiä varten (Haitor Oy, Tuote-esite)

Useamman kuin yhden työntekijän käyttö ruuviliitosten kiristämisessä tai tarkistamisessa vähentää käytettävissä olevia resursseja jostakin muusta huollon työvaiheesta. Perinteinen käsikäyttöinen momenttiavain suurille momenttiarvoille on kohtuullisen vaikea hallita, jolloin hyvin useasti tarvitaan kahta asentajaa työvaiheen suorittamiseen. Toinen joutuu auttamaan momenttiavaimen asettamisessa ruuvin kantaan ja samalla tukee avainta, kun toinen asentaja suorittaa vääntöliikkeen pitkällä momenttiavaimella. Momenttivääntimien etuna voidaan pitää, että yksi työntekijä käyttää laitetta tukien samalla laitetta. Koska vääntömomenttiin tarvittava vääntövoima tuotetaan hydraulikoneikoilla, itse kiristystyö ei vaadi voimanponnisteluja.

10.3 Ratkaisuehdotus

Paineilmakäyttöisten momenttivääntimien rakenteen koko osoittautui ongelmalliseksi suuren kokonsa vuoksi. Kriittisten ruuviliitosten sijainti ahtaissa rakenteissa ei mahdollistanut laitteen käyttöä useassa määritellyssä kohteessa. Paineilmatoimisella (sitkeävetoisella) momenttivääntimellä pystyttiin kiristämään pyörien kiinnitysmutterit, akselien vaakavaarnaruuvit ja perinteisen harvesterinosturin kääntökehän ruuvit. Tilan ahtauden vuoksi esimerkiksi Ponsse Scorpion-harvesterin kääntökehän kiinnitysruuveja ei saavutettu.

Hydraulisella momenttiavaimella, jossa on vääntökehä vaihdettaville voimahylsyleille, saavutettiin eniten kriittisiä ruuviliitoksia. Sen pienen koon, käytettävyyden ja tehokkuuden vuoksi hydraulinen momenttivääntin osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen ja tarkistamiseen huoltokorjaamoympäristössä. Vasterautojen räätälöinnillä päästää todella varmaan ja tehokkaaseen työskentelyyn. Huoltokorjaamokäyttöön laite on sopiva, useaan käyttökohteeseen soveltuva, nopeasti käyttöön otettava työväline, jonka käyttäminen on helppoa ja turvallista, eikä vaadi käyttäjältä voimankäyttöä. Hydraulisen momenttivääntimen suurin heikkous on vääntimen vääntönopeus. Ruuviliitoksen asennuksessa mutterin tai ruuvin kiertäminen hydraulisella vääntimellä on melko hidasta. Pitkän ruuviliitoksen kiertäminen liitospintaan pitäisi suorittaa esimerkiksi iskevällä mutterinvääntimellä.

Momenttiavainhankinnoissa on syytä jatkossa harkita momenttiavaimia, joissa on irtopää-ominaisuus. Näin momenttiavaimeen voidaan liittää esimerkiksi silmukka-avain tai kiintoavainpää, jolloin saavutetaan ahtaat kiristyskohteet helposti ja varmasti.

10.4 Työvaiheen nopeutuminen ja työajan säästö

Helppokäyttöisellä ja sopivalla momenttityökalulla työskennellessä työskentely sujuu joutuisasti, ja työvaihe saadaan tehtyä nopeasti ilman virheitä. Tämä parantaa huoltokorjaamon tuottavuutta ja asiakastyytyväisyyttä. Työajan säästö haastavissa momenttikiristyksissä lisää suoraan työn tuottavuutta. Testitilaisuudessa tehdyt momenttikiristykset hydraulisella momenttityökalulla sujuivat selvästi nopeammin kuin aikaisemmin käsikäyttöisillä momenttiavaimilla. Kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen kului testitilaisuudessa uudella menetelmällä aikaa 1,5 tuntia, kun taas nykyisin käytössä olevalla menetelmällä aikaa kuluu arviolta 5 tuntia. Työajan säästöä syntyi arviolta 210 minuuttia yhtä takuu- tai määräaikaishuoltoa kohden.

TAULUKKO 1. Testitilaisuudessa tehty vertailu menetelmien välisestä työajan säästöstä

Ponse Scorpion kriittisten ruuviliitosten kiristäminen							
	Kääntökehä Scorpion	Etuakselien kiinnitys	Taka-akselien kiinnitys				
Vanha menetelmä	180	60	60	300			
Uusi menetelmä	60	20	10	90	210	min	

Työajansäästön ollessa yhtä huoltokertaa kohden jopa 3,5 tuntia, voidaan laskea karkeasti laitehankinnan takaisinmaksuaika. Jos työtuntihinta korjaamolla on noin 75 euroa, saadaan yhdellä huoltokerralla jopa 260 euron säästö aikaan. Näin ollen yhtä momenttityövälinesarjaa kohden budjetoitu 7000 euroa saadaan kuoletettua 27 huoltokerran jälkeen. Huoltopalvelukeskuksella, jossa testitilaisuus järjestettiin, saataisiin hankinta kuoletettua noin puolessa vuodessa.

10.5 Työergonomian parantuminen

Testissä olleilla työvälineillä työvaiheet muuttuivat selvästi helpommaksi suorittaa. Nyky menetelmillä tilanpuutteen ja hankalien työskentelyasentojen vuoksi syntyneet suoritustekniikat ovat usein työergonomisesti virheellisiä. Riski vääränlaisiin työskentelyliikkeisiin on olemassa. Pitkällä aikavälillä vääränlaiset työskentelytekniikat saattavat aiheuttaa kulumia ja aiheuttaa vaurioita muun muassa selän rakenteisiin. Myös

riski liukastumisiin ja putoamiseen korkealta on olemassa. Testatulla menetelmällä fyysistä voimankäyttöä ei juuri tarvitse, ja näin riskiä avaimen lipeämiseen ja sitä kautta työntekijän riski työtapaturmaan lähes häviää. Testattu menetelmä vähentää myös työtapaturmien määrää ja sitä kautta sairauspoissaoloja.

Työturvallisuuden suhteen työvälaineissä suurin riski on vasteraudan lipeäminen vastinpinnasta, jolloin laite saattaa irrota voimakkaasti kohteesta. Huolimattoman työskentelyn seurauksena on mahdollista, että esimerkiksi asentajan sormet voivat jäädä vasteraudan ja vastinpinnan väliin puristuksiin. Yleisesti ottaen, kun työvaihe muuttuu helpommaksi ja fyysisesti kevyemmäksi suorittaa, myös työskentely tapahtuu tarkemmin ja virheiden mahdollisuus vähenee. Ylikiristämisen mahdollisuus kalibroiduilla momenttivääntimillä on selvästi pienempi kuin käsikäyttöisillä momenttiavaimilla. Hydrauliset ja paineilmakäyttöiset momenttiavaimet (sitkeävetoiset) ovat hiljaisia, eivätkä aiheuta tärinää kuten iskevät mutterinvääntimet.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tehtävänä oli kehittää Ponsse Oyj:n huoltokorjaamojen momenttikiristysmenetelmiä. Nykyiset momenttikiristysmenetelmät ovat olleet työn tehokkuuden ja laadun kannalta riittämättömiä. Tavoitteena oli löytää vaihtoehtoisia momenttityökaluja Ponsse-metsäkoneiden kriittisten ruuviliitosten kiristämiseen ja varmistamiseen.

Opinnäytetyössä selvitettiin ruuviliitosten ja niiden kiristämisen teoriaa kattavasti, pureutuen niihin aihepiireihin, jotka koskettavat metsäkoneiden kriittisten ruuviliitosten toimintaa ja niissä havaittuja ongelmia. Metsäkoneiden rakenteet ja niiden kuormittuminen asettaa suuria haasteita niin rakennesuunnittelulle, liitosruuveille kuin ruuviliitosten huollolle ja asentamiselle. Metsäkoneiden työskentely vaihtelevissa maastoissa ja olosuhteissa aiheuttaa ruuviliitoksille väsyttävää kuormitusta, joka asettaa ruuviliitoksille korkeat vaatimukset.

Vaatimusten mukaisia momenttityökaluja testattiin huoltotilanteessa, jolloin saatiin kattavaa kokemusta työvälineistä. Haasteelliseksi ruuviliitoksien kiristämiseksi huoltotilanteessa aiheuttaa ruuviliitosten sijainti ahtaissa rakennekokonaisuuksissa. Testattujen momenttityökalujen käyttö edellyttää vääntömomentin saavuttamiseksi vastavoimatuentaa. Tämä vuoksi työvälineiden räätälöinti käyttökohteeseen on tärkeää.

Testattujen momenttityökalujen käyttö paransi huoltotyön tehokkuutta ja tuottavuutta. Lisäksi työvaiheiden suorittaminen muuttui helpommaksi, kun fyysistä ponnistelua ja vaikeita työasentoja ei tarvita. Tämä lisää merkittävästi työergonomiaa ja sitä kautta vähentää työtaturmien sattumisriskiä. Myös työvaiheiden suorittamista ei tarvitse laiminlyödä työvälineen ominaisuuksien puuttumisen vuoksi.

Tämä opinnäytetyö avasi myös uusia jatkokehitystöitä. Mahdollisen hankittavan työvälineen vastavoimatukien suunnittelu parantaa työskentelyä entisestään tehokkaammaksi ja turvallisemmaksi. Kattavien ja yksiselitteisten työohjeiden tuottaminen parantaa myös työvaiheen laatua, kun mahdollisuus työvaiheen virheelliseen suorittamiseen vähenee. Työohjeiden ja -koulutuksen merkitys on myös tärkeä, työvaiheet suoritettaisiin oikein eikä työtaturmia sattuisi nykyisellä lailla. Rakennesuunnittelussa voitaisiin huomioida rakenteiden liitosmenetelmiin kohdistuvan

kuormituksen jakaminen erilaisille liitoselimille. Esimerkiksi akselistojen kiinnittämistä voitaisiin kehittää siihen suuntaan, että kuormitusta jaettaisiin tukiholkeilla, jolloin väsyttävän kuormituksen alaiset rakenteet eivät olisi pelkästään ruuviliitoksen vetokuormituskitkan varassa.

Usein suunnittelutyössä kiinnitetään huomiota enemmän valmistettavuuteen tuotannossa kuin koneiden huollettavuuteen huoltokorjaamoilla. Tämä opinnäytetyö antaa myös metsäkonesuunnittelijoille ymmärrystä laitteiden huollettavuuden merkityksestä suunnittelutyössä, kun rakenneratkaisuja suunnitellaan. Pienilläkin rakennemuutoksilla koneiden huoltoväli kasvaa ja työvaiheiden suorittaminen huollossa nopeutuu.

Opinnäytetyön tekeminen antoi laajaa ymmärrystä metsäkoneiden ruuviliitosten suunnittelusta, työväline- ja menetelmäkehityksestä sekä erilaisista momenttityökaluista ja niiden toiminnasta. Opinnäytetyö toteutettiin ammattimaisessa yhteistyössä Ponsse Oyj:n henkilökunnan kanssa. Työhön suhtauduttiin todella positiivisesti, mikä kertoo tarpeesta kehittää kriittisten ruuviliitosten kiristämis- ja tarkistamismenetelmiä huoltokorjaamoilla.

LÄHTEET

Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M., Välimaa, V. 2010. Koneenosien suunnittelu. 4.-5. painos. Helsinki: WSOYpro Oy

Atlas Copco Tools. 2014. Industrial powertools 2014. Tuotekuvasto.

Atlas Copco Tools. Tuotteet. Luettu 4.2.2015.

<http://www.atlascopco.fi/fius/products/kokoonpanoty%C3%B6kalut/1401319/1466180/>

Bickford, J. 1995. An introduction to the design and behavior of bolted joints. 3. painos. Ohio: Taylor & Francis Group.

Björk, T., Hautala, P., Huhtala, K., Kivioja, S., Kleimola, M., Lavi, M., Martikka, H., Miettinen, J., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Haitor Oy. 2013. Standardit. Luettu 20.1.2015.

<http://www.haitor.com/fi/tukimateriaali/standardit/>

Haitor Oy. 2014. Hytorc-hydrauliset momenttiavaimet. Tuotekuvasto.

Haitor Oy. Tuotteet. Luettu 4.2.2015.

<http://www.haitor.com/fi/tuotteet/?cat=8c55a3f4514c64f4707f134f57ecaac4&mfr=&rg=&id=bd939c7a515305366505812857ecaac4>

Haitor Oy. Tuotemallisto. Luettu 4.2.2015.

http://www.haitor.com/files/Hytorc/Hytorc_esite_Haitor_2014.pdf

Haitor Oy. Tuote-esite. Luettu 19.2.2015.

http://haitor.fi/files/Hytorc/Hytorc_esite_Haitor_2014.pdf

Haapalainen, A. Tuotannonkehitysinsinööri. Haastattelu 13.2.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Vieremä.

Halonen, M. Suunnittelija. 2015. Haastattelu 26.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Vieremä.

Hyvönen, J. Suunnittelija. 2015. Haastattelu 26.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Vieremä.

Inkinen, P. & Tuohi J. 2003. Momentti 1. Insinöörifysiikka. 2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava

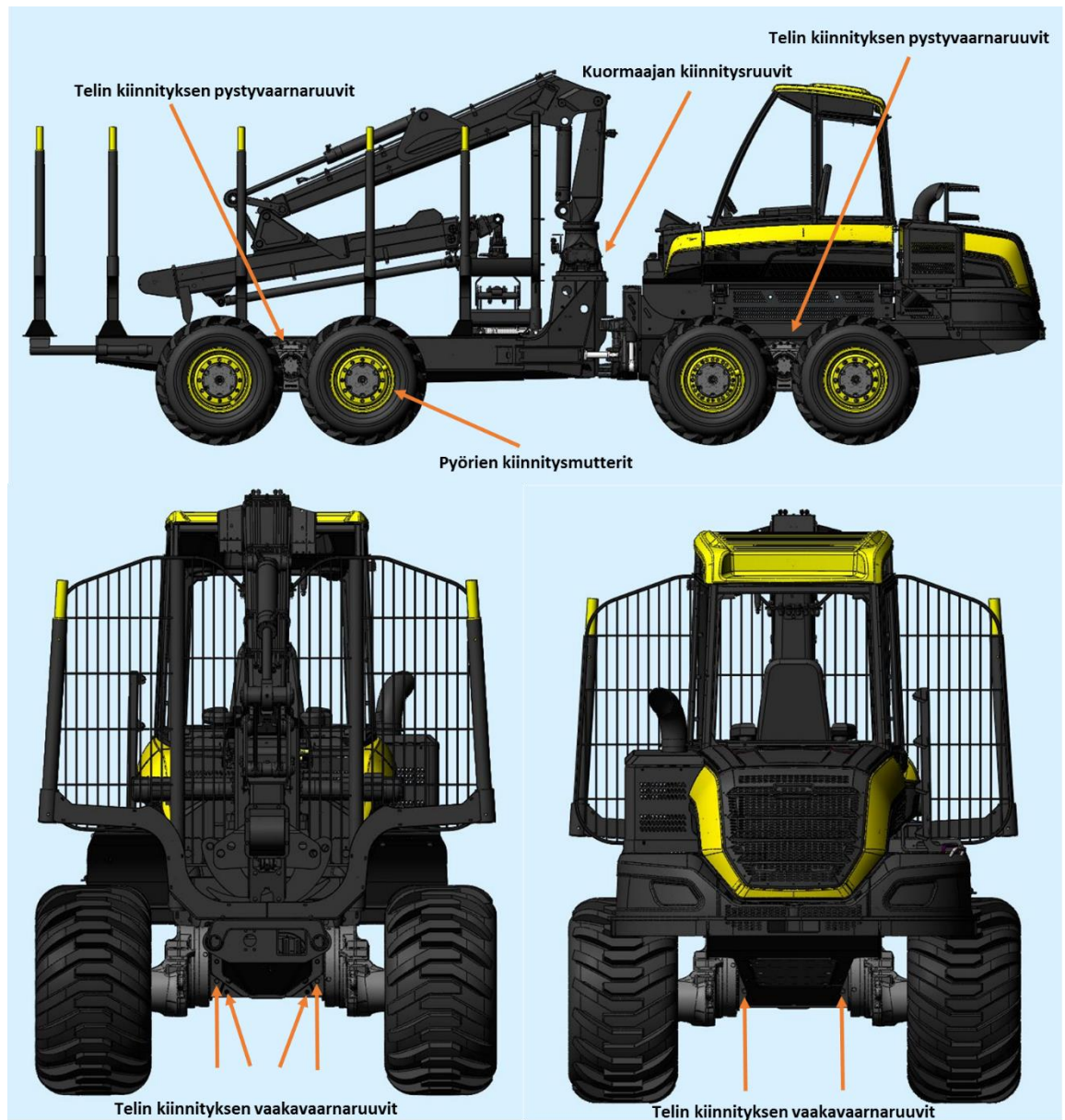
Kalასniemi, J. Tuotepäällikkö. 2015. Haastattelu 6.3.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Vantaa.

Kontula, J. Aluemyyntipäällikkö. 2015. Haastattelu 28.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Pirkkala.

- Lavinen, T. Työsuojelupäällikkö. 2015. Haastattelu 30.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Iisalmi.
- Mertanen, T. Huoltopalvelujohtaja. 2015. Haastattelu 23.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Iisalmi.
- Oulun yliopisto. Ruuviliitokset. Opetusmateriaali. Luettu 3.2.2015.
http://me oulu.fi/files/tx_opetus/26/1223550702_Ruuviliitokset.pdf
- Ponsse Oyj. Tilinpäätös 2014. Julkaistu 17.2.2015. Luettu 17.2.2015.
<http://www.ponsse.com/fi/media-arkisto/tiedotteet/ponsen-tilinpaatos-1.1.-31.12.2014>
- Ponsse Oyj. Tuotemallisto. Luettu 20.1.2015. <http://www.ponsse.com/fi/tuotteet>
- Ponsse Oyj. Historia. Luettu 20.1.2015. <http://www.ponsse.com/fi/ponsse/historia>
- Ponsse Oyj. Vuosikertomus 2013.
- Ponsse Oyj. Huoltosopimukset. Luettu 21.1.2015.
<http://www.ponsse.com/fi/huoltopalvelut/huoltosopimukset>
- Rollix. 2013. Kääntökehien ja erikoislaakereiden asennus- ja huolto-ohjeet.
- Rönkkö, P. Huoltopäällikkö. 2015. Haastattelu 21.1.2015. Haastattelija Yli-Marttila, T. Iisalmi.
- Stahlwille. Tuoteluettelo 2014. Luettu 5.2.2015.
http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/tyokalut/kasityokalut_kalusteet/fi_FI/stahlwille/
- Tampereen teknillinen yliopisto. Rasiustyyppit. Kurssimateriaali. Luettu 5.2.2015.
http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_2_1_3.php
- Työsuojelupiiri. Ergonomia. Julkaistu 6.11.2013. Luettu 20.1.2015.
<http://www.tyosuojelu.fi/fi/ergonomia>
- Työsuojelupiiri. Nostotyö. Julkaistu 20.11.2013. Luettu 20.1.2015.
<http://www.tyosuojelu.fi/fi/nostotyö/75>
- Työsuojelupiiri. Toistotyö. Julkaistu 8.11.2013. Luettu 20.1.2015.
<http://www.tyosuojelu.fi/fi/toistotyö>
- Työturvallisuuslaki 24 §. Työturvallisuuslaki 738/2002. Luettu 20.1.2015.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L5P24>
- Työsuojelupiiri. 2010. Työpaikkatapaturmat. Luettu 20.1.2015.
<http://www.tyosuojelu.fi/upload/tyopaikkatapaturmat-kaikki-ammatti-aiheuttaja.pdf>
- Valtanen, E. 2000. Koneenrakentajan taulukkokirja. 11. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Würth Elektronik. Ruuviliitoksen suunnittelu. Luettu 5.2.2015.
<http://www.wurthelektronik.fi/site/media/pdf/we/kuvasto/suunnitteluopas06.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Ponsse-kuormatraktorin kriittiset ruuviliitokset



Liite 2. Ponsse Scorpion-harvesterin kriittiset ruuviliitokset



Liite 3. Ponsse Ergo 8w-harvesterin kriittiset ruuviliitokset



