



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

HYDRAULISILLA VETOKIRISTYS- JA MOMENTTITYÖKALUILLA TYÖSKENTELEVÄN ASENTAJAN PÄTEVYYDEN VARMISTAMINEN

TEKIJÄ: Samuli Koponen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Samuli Koponen	
Työn nimi Hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla työskentelevän asentajan pätevyyden varmistaminen	
Päiväys	14.5.2018
Sivumäärä/Liitteet	43/1
Ohjaajat Arto Urpilainen/Savonia-ammattikorkeakoulu, Mika Uusilta/Neste Oyj, Matti-Pekka Nurminen/Neste Oyj	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Neste Oyj	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Standardi SFS EN 1591-4 asettaa vaatimukset laippaliitosasentajan pätevyydelle. Neste Oyj käyttää osittain kyseisen standardin mukaista menettelyä laippaliitosasentajan pätevyyden varmistamiseen. Standardi on jaettu 11 koulutustasoon, joista Neste Oyj noudattaa tällä hetkellä kolmea. Tämä insinöörityö mahdollistaa tulevaisuudessa kahden uuden koulutustason käyttöönoton, jotka koskevat hydraulisia vetokiristys- ja momenttityökaluja. Työn tarkoituksena on luoda kaksi pätevyydestiä, toinen hydraulisille vetokiristystyökaluille ja toinen hydraulisille momenttityökaluille. Pätevyydestit tulevat Neste Oyj:n omaan käyttöön, joilla yritys voi tarvittaessa varmistaa hydraulisten työkalujen kanssa työskentelevän asentajan pätevyyden.</p> <p>Neste Oyj:n öljynjalostamoilla on satojatuhansia laippaliitoksia. Kriittiset ja erityisesti kiristysvoimaa vaativat liitokset kiristetään usein hydraulisilla vetokiristys- tai momenttityökaluilla. Oikein käytettyinä hydrauliset vetokiristys- ja momenttityökalut helpottavat ja ennen kaikkea nopeuttavat laippaliitoksen asennusta, mutta väärin käytettyinä voivat saattaa asentajan sekä kanssatyöntekijän vaaraan. Puutteellinen kiristys aiheuttaa turhia vuotoja laippaliitoksissa, jotka ovat ennaltaehkäistävässä oikeanlaisilla kiristysmenetelmillä. Hydraulisia vetokiristys- ja momenttityökaluja käyttävän asentajan pätevyyden varmistamisella pyritään varmistumaan laadukkaasta laippaliitoksesta ja näin välttämään turhia ja ennen kaikkea kalliita tuotannon menetyksiä, joita pahimmillaan vuotava ruuviliitos voi aiheuttaa.</p> <p>Pätevyydestit luodaan Gimlet Composer verkkokurssien sisällöntuottotyökalulla ja julkaistaan Neste Oyj:n License to Operate (L2O) – verkkokoulutusympäristöön.</p>	
Avainsanat SFS EN 1591-4, laippaliitos, pätevyydesti, Neste Oyj, hydraulikka, hydrauliset työkalut	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author Samuli Koponen			
Title of Thesis Competence Control for a Bolting Technician Working with Hydraulic Tension and Torque Tightening Tools			
Date	14.5.2018	Pages/Appendices	43/1
Supervisors Arto Urpilainen/Savonia University of Applied Sciences, Mika Uusilta/Neste Oyj, Matti-Pekka Nurminen/Neste Oyj			
Client Organisation /Partners Neste Oyj			
<p>Abstract</p> <p>European Standard EN 1591-4 sets qualification requirements of personnel competency in the assembly of the bolted flange connections. Neste Corporation partly applies the practices of the standard. The standard is divided in eleven training matrices. Neste Corporation applies three of them. This Bachelor's thesis enables to apply practices of two training matrices in future, which consist practices for hydraulic tension and torque tools. The purpose of the thesis is to create competence tests for hydraulic tension and hydraulic torque practices. Both competence tests are for Neste Corporation use only. The company can use them to prove competence of bolting technicians working with hydraulic tools.</p> <p>There are hundreds of thousands bolted flange connections in Neste Corporations oil refineries. Critical flange connections and especially flange connections requiring a lot of tightening force are tightened with hydraulic tightening and torque tools. Hydraulic tools will bring time saving practice when used right, but will endanger the personnel when used wrong. The lack of tightening methods will cause unnecessary leaks in flange connections, which will be prevented with right tightening methods. The competence test for bolting technicians working with hydraulic tension and torque tools will ensure a high quality flange connection, hence to avoid unnecessary and especially expensive production stops, caused by leaking flange connection.</p> <p>The competence test is created by Gimlet Composer tool and will be published on Neste Corporations License to Operate (L20) online training environment.</p>			
<p>Keywords</p> <p>SFS EN 1591-4, flange connections, competence test, Neste Corporation, hydraulic, hydraulic tools</p>			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Neste Oyj:n jalostamoiden käyttöön varmentamaan hydraulisilla kiristystyökaluilla työskentelevien henkilöiden työn laatua sekä työturvallisuutta.

Haluan kiittää Neste Oyj:n ohjaajia Mika Uussiltaa ja Matti-Pekka Nurmista sekä Savonia-ammattikorkeakoulun ohjaajaa Arto Urpilaista kaikesta tuesta ja avusta tämän opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää kaikkia niitä henkilöitä, joilta olen saanut arvokasta tietoa tämän opinnäytetyön tekemiseen.

Haluan lausua myös erityiskiitoksen vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet minua opiskeluideni aikana.

Porvoossa 14.5.2018

Samuli Koponen

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ESIPUHE

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn sisältö ja tavoitteet	7
1.2	Neste Oyj	7
2	LAIPPALIITOS	9
2.1	Yleistä	9
2.2	Laippaliitoksen valmistaminen	9
2.2.1	Toiminta yhdellä kiristystyökälulla	11
2.2.2	Toiminta neljällä kiristystyökälulla	11
2.3	Laippaliitoksen purkaminen	13
3	HYDRAULIIKKA	14
3.1	Yleistä	14
3.2	Hydrodynamiikka ja hydrostatiikka	14
3.2.1	Hydrodynamiikka	14
3.2.2	Hydrostatiikka	15
3.3	Hydrauliikan peruskäsitteitä	16
3.3.1	Paine	16
3.3.2	Pacalin laki	16
3.3.3	Tilavuusvirta	17
3.3.4	Viskositeetti	17
3.3.5	Virtauslajit	17
3.3.6	Hydraulinen teho ja hyötysuhde	18
3.3.7	Energian häviämättömyys	18
4	HYDRAULIIKKAJÄRJESTELMÄT	20
4.1	Avoin hydraulikkajärjestelmä	20
4.2	Suljettu hydraulikkajärjestelmä	20
4.3	Hydrauliikkanesteet	21
4.3.1	Öljyn tehtävä ja ominaisuudet	21
4.3.2	Öljyn lämpötila	21

4.4	Säiliöt.....	21
4.5	Pumppu	22
4.6	Venttiilit	23
4.7	Sylinterit.....	23
4.8	Putket, letkut, liittimet.....	24
5	HYDRAULISET KIRISTYSTYÖKALUT	25
5.1	Hydrauliset momenttityökalut	25
5.1.1	Hydraulisten momenttityökalujen turvallinen käyttö.....	26
5.2	Hydrauliset vetokiristystyökalut.....	26
5.2.1	Hydraulisten kiristystyökalujen turvallinen käyttö	27
5.3	Hydraulikoneikko	28
5.4	Kalibrointi.....	29
6	HYDRAULISET KIRISTYSTYÖKALUT TL4:LLÄ	30
6.1	Hydrauliset vetokiristystyökalut TL4	30
6.2	Hydrauliset momenttityökalut TL4.....	31
6.3	Käyttö tulevaisuudessa.....	31
7	KOULUTUS- JA PÄTEVYYSVAATIMUKSET	33
7.1	SFS EN 1591-4	33
7.1.1	Table 2 ja Table 3	34
7.2	Koulutusvaatimukset	35
8	PÄTEVYYSTESTIT	37
8.1	Rakenne.....	37
8.2	Käyttöönotto.....	39
8.3	Tulevaisuus	39
9	YHTEENVETO.....	40
10	LÄHTEET	41
11	LIITE 1: KALIBROINTITODISTUS.....	43

1 JOHDANTO

1.1 Työn sisältö ja tavoitteet

Tämä insinööri työ pohjautuu standardien SFS EN 1591-4 ja ASME PCC-1-2010 sekä Neste Oyj:n spesifikaation F-101 asettamiin vaatimuksiin. Työn tavoitteena on luoda kaksi erillistä pätevyydestä hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla työskentelevien asentajien pätevyyden varmistamiseksi.

Neste Oyj:n öljynjalostamoilla on satojatuhansia laippaliitoksia. Liitokset ovat kriittisiä toimivan prosessin sekä turvallisen työskentelyn kannalta. Liitosten asennukseen käytetään kohteesta riippuen erilaisia kiristystyökaluja. Kriittiset ja erityisesti kiristysvoimaa vaativat liitokset kiristetään usein hydraulisilla vetokiristys- tai momenttityökaluilla. Oikein käytettynä hydrauliset vetokiristys- ja momenttityökalut helpottavat ja ennen kaikkea nopeuttavat laippaliitoksen asennusta, mutta väärin käytettynä voivat saattaa asentajan sekä kanssatyöntekijän vaaraan. Puutteellinen kiristys aiheuttaa turhia vuotoja laippaliitoksissa, jotka ovat ennaltaehkäistävässä oikeanlaisilla kiristysmenetelmillä.

Vuotavilla laippaliitoksilla on suora yhteys jalostamon käytettävyyteen. Ne aiheuttavat turhia huolto- ja kunnossapitotoita, jotka voitaisiin välttää oikeilla kiristysmenetelmillä. Pahimmassa tapauksessa koko tuotantolinja tai jopa jalostamo joudutaan ajamaan alas kriittisen liitoksen pettäessä. Tämä tarkoittaa lähes aina suurta rahallista sekä tuotannollista menetystä. Lisäksi se vaikuttaa ympäristöön epäsuotuisasti. Hydraulisia vetokiristys- ja momenttityökaluja käyttävän asentajan pätevyyden varmistamisella pyritään varmistamaan laadukkaasta laippaliitoksesta ja näin välttämään turhia ja ennen kaikkea kalliita tuotannon menetyksiä, joita pahimmillaan vuotava ruuviliitos aiheuttaa.

Neste Oyj käyttää tällä hetkellä tietyiltä osin standardin SFS EN 1591-4 mukaista menettelyä laippaliitosasentajan pätevyyden varmistamiseen. Neste Oyj vaatii laippaliitosten parissa työskenteleviltä asentajilta, suunnittelijoilta sekä valvojilta hyväksytysti suoritettua kolmannen osapuolen tarjoaman laippaliitosasentajan päteväntutkintokoulutuksen. Koulutus sisältää standardiin SFS EN 1591-4 sekä Neste Oyj:n omaan spesifikaatioon F-101 liittyviä aiheita.

Pätevyydestä luodaan Neste Oyj:n omaan License to Operate (L2O) -verkkokoulutusympäristöön Gimlet Composer verkkokurssien sisällöntuottotyökalulla.

1.2 Neste Oyj

Neste Oyj on vuonna 1948 perustettu suomalainen öljynjalostusyhtiö, joka tuottaa raakaöljystä sekä muista syöttöaineista polttoaineita kuten dieseliä, bensiinejä, lento- ja laivaliikenteen polttoaineita, erilaisia öljytuotteita, liuottimia, nestekaasua sekä bitumia. Yritys on maailman suurin uusiutuvan dieselin tuottaja. Neste valittiin vuonna 2018 maailman toiseksi vastuullisimmaksi yritykseksi maailman vastuullisimpien yhtiöiden Global 100-listalla. (Neste, 2018.)

Yrityksellä on öljynjalostamoja Suomessa Porvoossa ja Naantalissa. Lisäksi uusiutuvan dieselin valmistukseen keskittyvät jalostamot Alankomaissa ja Singaporessa. Suomessa sijaitsevista öljynjalostamoista puhutaan yhtenä jalostamokokonaisuutena, jonka viidestä tuotantolinjasta neljä sijaitsee Porvoossa ja yksi Naantalissa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Espoon Keilaniemessä. (Neste, 2017.)

Neste Oyj:n strategiset tavoitteet perustuvat vahvasti yrityksen kilpailuetuihin. Neste on tällä hetkellä maailman suurin uusiutuvan dieselin tuottaja ja se haluaa panostaa globaaliin kasvuun uusiutuvien tuotteiden parissa. Yrityksen tavoitteena on 100 miljoonan euron lisäys uusiutuvien tuotteiden liiketoiminnan vertailukelpoiseen liikevoittoon vuoteen 2020 mennessä. Nesteen strategisena tavoitteena on myös toimia Itämeren alueen johtavana vähähiilisten ratkaisujen tarjoajana. Yrityksen tuotetarjonnassa yhdistyvät fossiiliset sekä uusiutuvat tuotteet. (Neste, 2016.)

Neste Oyj:n suurin omistaja on Suomen valtio 50,1 prosentin osakeomistuksella. Loput 49,9 prosenttia jakautuu sijoittajien ja eläkevakuutusyhtiöiden kesken. Yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli 13,2 miljardia euroa ja vertailukelpoinen liikevoitto ennätysellinen 1101 miljoonaa euroa. Neste Oyj:n osake on NASDAQ Helsingin listoilla. (Neste, 2018.)



KUVA 1. Porvoon jalostamon tuotantolinjat 1-4. (Neste, 2016-3-16.)

2 LAIPPALIITOS

2.1 Yleistä

Laippaliitoksella tarkoitetaan ruuvi-mutteri yhdistelmällä kiinnitettävää liitosta (KUVA 2). Ruuvi ja mutteri yhdistyvät toisiinsa kierteen avulla. Laippaliitoksia käytetään esimerkiksi putkistojen ja koneiden liittämiseen toisiinsa. Laippaliitoksen osia ovat:

- liitososat (laipat), joissa on toisilleen sopiva liitospinta ja reiät kiinnitysosia varten
- ruuvit/pultit
- mutterit
- aluslaatat
- tiivisteet.

Laippaliitoksen tehtävä kiinnityksen lisäksi on usein myös tiivistää liitos. Mikäli yhteen puristettavat liitospinnat eivät ole tarpeeksi tiiviitä, sijoitetaan niiden väliin tiiviste tai tiivistysainetta. Täysin toisiinsa istuvia liitospintoja on lähes mahdotonta valmistaa. Siksi paineenalaisissa linjoissa käytetään aina tiivisteitä. (Blom ym., 1999: 39.)



KUVA 2. Tyypillinen laippaliitos. (Hayward Pipe & Supply Co Inc, 2017.)

Verrattuna hitsattuun liitokseen, laippaliitoksen etuja ovat sen purettavuus ja uudelleenasetettavuus. Purku- ja asennustyö voidaan toteuttaa kaikenlaisissa olosuhteissa ja varsin yksinkertaisilla työkaluilla. Liitoksen kiinnitysosat (ruuvit/pultit, mutterit, aluslaatat) ovat yleisesti halpoja ja helposti saatavia. Luotettava laippaliitos syntyy asianmukaisten standardinosien ja kiristysarvojen valinnalla. Myös liitososien materiaaleille on tietty vaatimus käyttökohteesta riippuen. Yleisesti liitososilta vaaditaan lujuutta ja jäykkyyttä. (Blom ym., 1999: 39–40.)

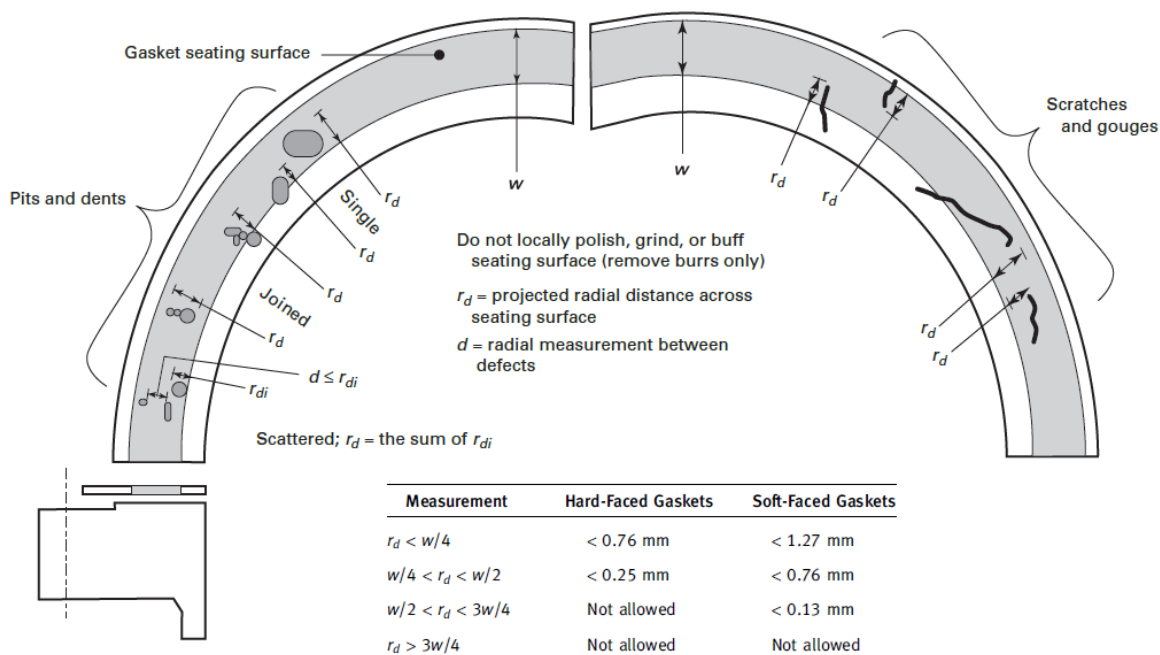
2.2 Laippaliitoksen valmistaminen

Kaikkien liitoksen osien oikeanlainen linjaaminen on tärkeä osa laippaliitoksen valmistusta. Sillä saadaan aikaan paras tiiviste-pintakontakti laippojen välille, jolloin koko tiivisteiden pinta-alalle kohdistuu yhtäläinen puristus-paine. Tällä on suuri merkitys vuotovapaan laippaliitoksen valmistuksessa. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite E.)

Laippaliitoksen valmistaminen aloitetaan tarkastamalla laippojen tiiviste-pinnan kunto ja suoruus. Tiiviste-pinnoissa ei saa olla likaa, rasvaa tai vaurioita. Lika ja rasva pyritään poistamaan sopivia työkaluja

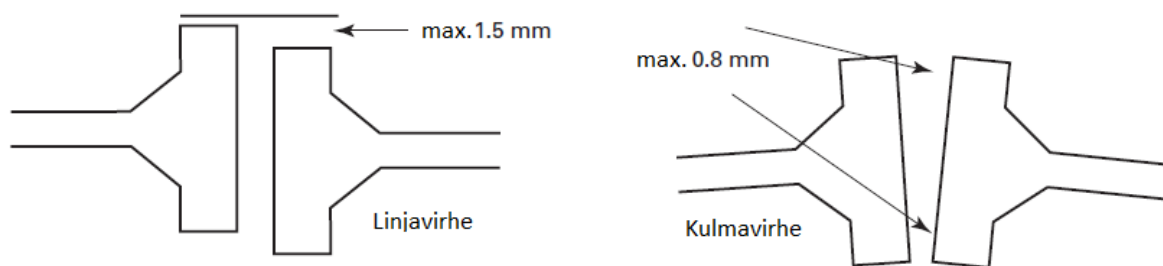
ja liuottimia käyttäen. Mikäli tiivistepinnoissa ilmenee vaurioita, naarmuja tai kuoppia, ne tulee tarkastaa ja arvioida standardin ASME PPC-1-2010 esittämien tiivistepinnan vaurioiden hyväksymisrajojen mukaisesti (KUVA 3). Tiivistepintojen suoruus mitataan työntömitalla ja rakotulkilla. Kovia tiivisteitä käytettäessä suoruus ei saa poiketa yli 0,15mm. Pehmeitä tiivisteitä käytettäessä sallittu suoruuden poikkeus on 0,25mm. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite D.)

Mikäli tiivistepinnan vaurio ei läpäise hyväksymisrajan asettamia vaatimuksia, sille on tehtävä asianmukaiset korjaustoimenpiteet; tiivistepinta voidaan koneistaa tai vaihtaa tilalle uusi laippa. Tiivistepintojen ollessa kunnossa voidaan asennustyö aloittaa.



KUVA 3. Tiivistepinnan vaurioiden hyväksymisrajat. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite E.)

Jokaiselle laippaliitokselle täytyy valita oikeat kiristysosat sen koosta ja käyttökohteesta riippuen. Määritelmät kiristysosille sanelevat standardit ja yhtiön omat spesifikaatiot. Oikeiden kiristysosien valinnan jälkeen voidaan liitoksen kiristys aloittaa. Tiiviste asetetaan laippojen väliin, jonka jälkeen ruuvit kiristetään kevyesti. Laipat täytyy linjata vastakkain niin, että linja- ja kulmavirheiden arvot eivät ylitä standardin ASME PPC-1-2010 määrittelemiä arvoja (KUVA 4). ASME PPC-1-2010 standardin mukaan linjavirhettä laippaliitoksessa saa olla enintään 1,5mm ja kulmavirhettä 0,8mm. Linja- ja kulmavirheet mitataan liitoksesta neljästä kohdasta 90° välein. Mittaukset toteutetaan työntömitalla, rakotulkilla ja suorakulmalla. Mikäli mitatut linja- ja kulmavirheen arvot ylittävät sallitut arvot, on liitos avattava ja virheet korjattava. On syytä huolehtia että linja- ja kulmavirheen arvot ovat mahdollisimman pienet ennen varsinaista kiristystä, jotta voidaan välttyä turhalta työltä ja tiivisteiden vaihdolta. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite E.)

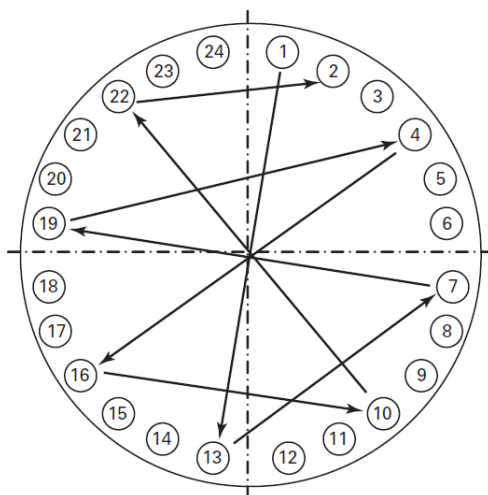


KUVA 4. Linja- ja kulmavirheen sallitut arvot. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite E.)

2.2.1 Toiminta yhdellä kiristystyökalulla

Tasaisen liitoksen aikaansaamiseksi laippaliitos on kiristettävä ristiin. Havainnekuvasssa (KUVA 5) on esitetty kiristysjärjestys laippaliitokselle, jossa on 24 kappaletta ruuvi-mutteri yhdistelmää. Kiristys ei tapahdu kuvan numerojärjestyksessä, vaan kuvan kiristysmutterit on numeroitu ja kiristys tapahtuu ristiin. Jokaiselle liitokselle on määritelty sen koosta ja käyttökohteesta riippuen tietty kiristysmomentti, johon liitoksen kiristysosat kiristetään. Kun liitosta aletaan kiristämään, sitä ei kiristetä kerralla lopulliseen kiristysmomenttiin. Kiristys tapahtuu vaiheittain, joissa

- 1. kiristyskerralla kiristetään ristiin 20–30% voimalla lopullisesta kiristysvoimasta
- 2. kiristyskerralla kiristetään ristiin 50–70% voimalla lopullisesta kiristysvoimasta
- 3. kiristyskerralla kiristetään ristiin lopullisella kiristysvoimalla
- 4. kiristyskerralla kiristetään myötäpäivään havainnekuvas (KUVA 5) numerojärjestyksessä lopullisella kiristysvoimalla, kunnes kiristysmutterit eivät enää kiristy.
- 5. kiristyskerralla toistetaan vaihe 4. neljä tuntia asennuksen jälkeen. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)



KUVA 5. Standardin ASME PCC-1-2010 mukainen kiristysjärjestys yhdellä kiristystyökalulla. Kiristysjärjestys numeroittain: 1, 13, 7, 19 – 4, 16, 10, 22 – 2, 14, 8, 20 – 5, 17, 11, 23 – 3, 15, 9, 21 – 6, 18, 12, 24. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)

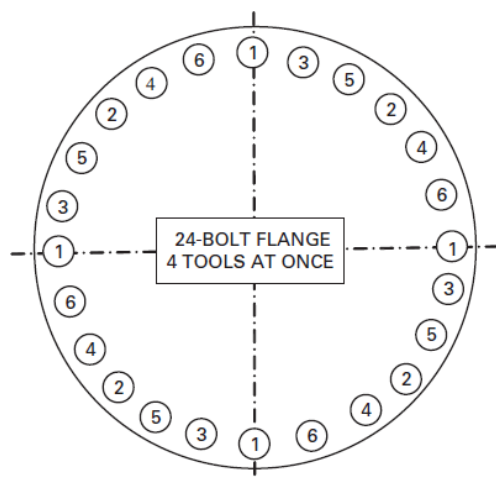
2.2.2 Toiminta neljällä kiristystyökalulla

Yhtäaikainen kiristys neljällä työkalulla mahdollistaa laadukkaamman ja nopeamman kiristystuloksen laippaliitoksessa verrattaessa yhden työkalun ristikiristysmenetelmään. Neljän työkalun menetelmää

käytetään useasti kriittisissä laippaliitoksissa öljynjalostus- ja petrokemianteollisuudessa. Käytännössä neljän työkalun menetelmä toimii parhaiten suurissa laippaliitoksissa (liitoksen kiristysruuvien koko > M20) hydraulisilla kiristystyökaluilla. Erittäin kriittisissä kohteissa suositellaan 50 %, jopa 100 % työkalu/pulttiliitos-suhdetta (kts. kappale 5.2). (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)

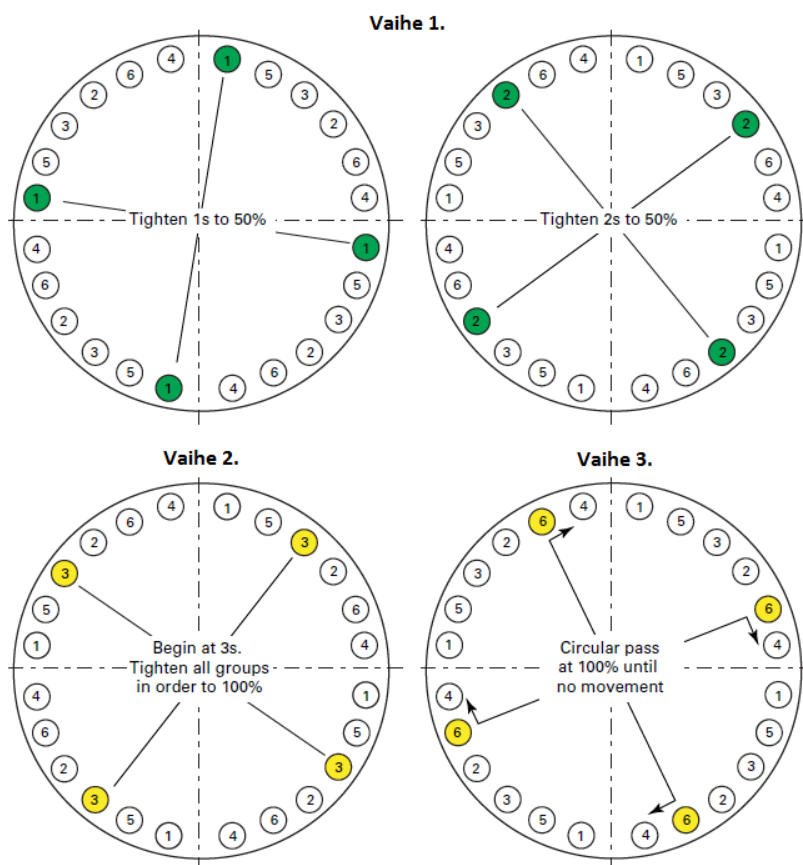
Laippaliitoksen kiristysruuvit tulee numeroida siten, että kiristysjärjestys vastaa neljän työkalun menetelmää. Esimerkiksi 24 kiristysruuvien liitos on jaettu neljään osaan, joissa jokaiselle työkalulle on kuusi kiristettävää kiristysruuvia (KUVA 6). Laippaliitoksen kiristysruuvit numeroidaan seuraavasti:

- numero yksi merkataan kellotaulun mukaisesti kohtiin 12, 3, 6, 9
- puolitetaan kulmat numerolla yksi merkattujen kiristysruuvien väliin ja merkataan siihen numero kaksi
- puolitetaan loputkin kulmat mahdollisimman tasaisesti ja jatketaan numerointia kunnes kaikki kiristysruuvit on numeroitu. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)



KUVA 6. Standardin ASME PCC-1-2010 mukainen kiristysjärjestys neljällä kiristystyökalulla. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)

Neljän työkalun kiristysmenetelmä on jaettu kolmeen vaiheeseen (KUVA 7). Ensimmäisessä vaiheessa numerolla yksi ja kaksi merkattut kiristysruuvit kiristetään 50 % voimalla lopullisesta kiristysvoimasta, niin että numerolla yksi merkattut kiristysruuvit kiristetään ensin. Ei ole tarpeellista kiristää loppuja kiristysruuveja 50 % voimalla lopullisesta kiristysvoimasta, sillä ensimmäisen vaiheen tarkoitus on saada tiiviste istumaan tasaisesti sekä linjata laipat kohdilleen. Toisessa vaiheessa kiristetään kaikki kiristysruuvit lopullisella kiristysvoimalla niin, että aloitetaan numerolla kolme merkattuista kiristysruuveista ja siirrytään järjestyksessä numerolla kuusi merkattuihin kiristysruuveihin. Tämän jälkeen kiristetään vielä numerolla yksi ja kaksi merkattut kiristysruuvit lopullisella kiristysvoimalla. Kolmas vaihe on tarkastuskierros, jossa kiristysruuvit kiristetään lopullisella kiristysvoimalla kunnes mutterit eivät enää pyöri. Kolmas vaihe aloitetaan edeltävän vaiheen lopusta kiristäen järjestyksessä myötäpäivään. (ASME PPC-1-2010, 2010: Liite F.)



KUVA 7. Standardin ASME PCC-1-2010 mukaiset kiristysvaiheet neljällä kiristystyökallulla. (ASME PCC-1-2010, 2010: Liite F.)

2.3 Laippaliitoksen purkaminen

Laippaliitoksen purkamisessa on otettava muutamia seikkoja huomioon. Etenkin jos liitos sijaitsee paineenalaisessa putkilinjassa, on purkamisessa syytä kiinnittää erityistä huomiota. Putkilinjan tulee olla paineeton sekä eristetty muusta järjestelmästä ennen kuin purkaminen voidaan aloittaa. Kun varmistutaan siitä että edellä mainitut toimenpiteet on suoritettu, voidaan laippaliitoksen purkaminen aloittaa.

Liitoksen purkaminen tulisi aloittaa itsestä kauimmaisesta tai alimmaisesta mutterista, jotta mahdolliset sisällön ja paineen jäämät purkautuisivat itsestä poispäin. Itsestä kauimmainen tai alimmainen mutteri löystytetään, mutta ei aukaista kokonaan. Sen ympäriltä löystytetään sopiva määrä muttereita, jotta liitos aukeaisi enemmän ja mahdollinen jäännöspaine purkautuisi. Kun laippojen tiivistepintojen välissä on rako, ja varmistutaan että putkilinjasta ei vuoda mitään, voidaan loput mutterit löystyttää ja avata laippaliitos kokonaan. Laippaliitosta purettaessa on huomioitava että laippojen tiivistepinnat eivät kolhiinnu.

Laippaliitoksen ollessa auki, tarkastetaan laippojen tiivistepintojen kunto ja suoruus. Kappaleessa 2.2 on kerrottu standardin ASME PCC-1-2010 asettamat vaatimuksen tiivistepinnan kunnolle ja suorudelle.

3 HYDRAULIIKKA

3.1 Yleistä

Hydrauliikka on tekniikan alue, jossa käytetään nesteitä energian siirtämiseen tai ohjaamiseen. Ensimmäisissä hydraulisissa voimansiirtojärjestelmissä käytettiin voimansiirron väliaineena vettä. Sana "hydro" on Kreikkalaisperäinen etuliite ja tarkoittaa veteen kuuluvaa. Nykyään hydrauliikka-nimitystä käytetään kuitenkin paineöljyteknikasta, jossa väliaineena on paineenalainen öljy. (Ansaharju, 2009: 239.)

Neste soveltuu erityisen hyvin hydraulisen tehonsiirron työaineeksi, koska

- neste on herkkäliikkeistä
- neste on lähes kokoonpuristumatonta
- nestepaineen aiheuttama voima on aina pintaa vastaan kohtisuorassa
- nestepaineen aiheuttama voima on riippumaton pinnan asennosta
- paine asettuu nesteessä hyvin nopeasti yhtä suureksi kaikkialla.

Yllä mainittujen nesteen ominaisuuksien perusteella työaineen sisäiset energiahäviöt ovat pieniä, määnt voidaan sijoittaa mihin asentoon hyvänsä ja tehonvälitys tapahtuu lähes viiveettä. (Suvanto, 2012: 323.)

Hydraulisen käyttöjärjestelmän etuja ovat sen joustavuus ja komponenttien hyvä teho-paino-suhde. Teho siirretään putkia tai hydrauliikkaletkuja pitkin, jotka on helppo asentaa tai kuljettaa käyttökoh-teeseen parasta mahdollista reittiä alueen turvallisuuden ja työn suorittamisen kannalta. Hydrauliikkaa käytetään paljon teollisuudessa ja sen liikkuvan kaluston koneissa ja laitteissa. Teollisuuden puristimet, valssit ja työstökoneiden työliikkeet ovat usein hydrauliikalla toteutettuja. Liikkuvassa kalustossa hydrauliikka käytetään muun muassa kaivureissa, traktoreissa ja erilaisissa nostureissa. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 170.)

Hydrauliikkakomponentteja valmistetaan useissa eri maissa ja tuotantolaitoksissa. Yhteiset standardit ovat tärkeässä asemassa yhtäläisen laadun saavuttamiseksi. Yleisiä standardoituja komponenttien ominaisuuksia ovat muun muassa käyttöpaino, komponenttien fyysinen koko ja mitat. Euroopassa standardoinnista vastaavat ISO (International Organization for Standardization), CEN (Comité Européen de Normalisation) ja DIN (Deutsches Institut für Normung). Yhdysvalloissa standardoinnista vastaa ASME (The American Society of Mechanical Engineers). SFS (Suomen Standardisoimisliitto) vastaa edellä mainittujen standardien suorista tai hieman sovelletuista käännöksistä. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 170.)

3.2 Hydrodynamiikka ja hydrostatiikka

Hydrauliikka jakautuu kahteen peruserätykseen: hydrodynamiikkaan ja hydrostatiikkaan.

3.2.1 Hydrodynamiikka

Hydrodynamisessa voimansiirtojärjestelmässä kehitetään nesteelle suuri liikenopeus pumpun avulla. Suurella nopeudella virtaava neste ohjataan esimerkiksi turbiinin juoksupyörään, jossa se osuessaan

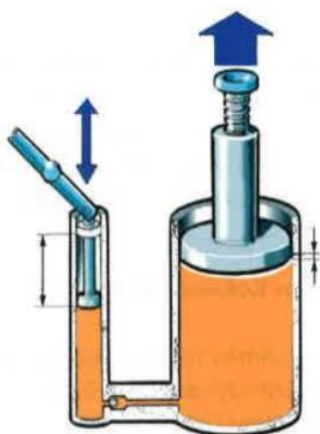
juoksupyörän siipiin muuntaa liike-energian takaisin mekaaniseksi työksi ja saa juoksupyörän pyörimään (KUVA 8). Tunnetuin hydrodynaamisen voimansiirtojärjestelmän sovellus on nestekytkin. (Ansaharju, 2009: 239.)



KUVA 8. Hydrodynaamisen voimansiirron periaate. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 171.)

3.2.2 Hydrostatiikka

Hydrostaattinen voimansiirto voidaan määritellä pyrkimykseksi siirtää voimaa nestemäärää työntämällä. Hydrostaattisesta voimansiirrosta puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti hydraulista voimaansiirtoa. Hydraulinen järjestelmä ei itsessään ole voimanlähde vaan voimanlähteenä toimii sähkö- tai polttomoottori, joka pyörittää pumppua. Järjestelmä siirtää voiman haluttuun kohtaan ja muuntaa sen käyttötarkoitusta vastaavaksi. Pumppu syöttää nestettä järjestelmän työstä vastaaville toimilaitteille, kuten eri komponenteille, sylintereille, hydraulikkamoottoreille tai vastaaville. Toimilaitteesta riippuen, ulostuleva voima on joko suoraviivaista tai pyörivää. Hydrostaattisessa voimansiirtojärjestelmässä käytetään paineenalaista nestettä hyödyksi tehon siirrossa. Paineenalainen neste siirretään säiliöstä pumpulla työtä tekeväille sylinterille tai vastaavalle. Tällöin pumpun siirtämä neste liikuttaa sylinterin mäntää ja samalla nostaa sen päällä olevaa kuormaa. Järjestelmän paine määräytyy kuorman suuruuden mukaan. Tunnettuja hydrostaattisen voimansiirtojärjestelmän sovelluksia ovat nostimet (tunkit) ja hydrauliset puristimet. (Ansaharju, 2009: 239.)



KUVA 9. Hydrostaattisen voimansiirron periaate. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 171.)

3.3 Hydrauliiikan peruskäsitteitä

Hydrauliiikka perustuu nestefysiikkaan. Tässä osiossa käsitellään hydrauliiikan kannalta olennaisia nestefysiikan käsitteitä.

3.3.1 Paine

Paineella tarkoitetaan pinta-alaa vasten kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa. Hydrauliiikassa käytettävään väliaineeseen (öljyyn) saadaan paine pumpun avulla. Esimerkiksi hydrauliiikkasynterissä paine vaikuttaa männän pintaa, joka paineen vaikutuksesta siirtää työntävästi mäntää varsineen. Paine voidaan määrittellä kaavalla:

$$p = \frac{F}{A'} \quad (1)$$

jossa p =paine (N/m^2), F =voima (N) ja A =pinta-ala (m^2). Tämä yhtälö voidaan muuntaa muotoon, jolla voidaan laskea sylinterin tekemä työ:

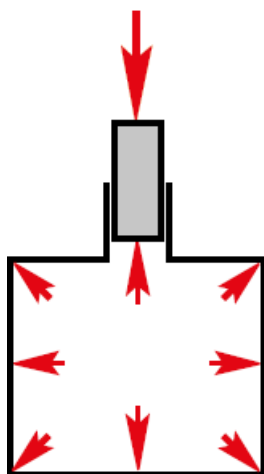
$$F = pA. \quad (2)$$

Paineen p yksikkö on N/m^2 eli Pa (pascal). Koska kyseessä on hyvin pieni yksikkö, sovelluksissa käytetään usein kerrannaisia, kuten kilopascal ($1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$) ja megapascal ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$). Kaasun ja nesteen paine ilmoitetaan usein myös baareina ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$). (Ansaharju, 2009: 240–242.)

Paineesta puhuttaessa tulevat usein esille käsitteet absoluuttinen paine, ylipaine ja alipaine. Ylipaineella tarkoitetaan ilmakehän painetta suurempaa painetta ja vastaavasti alipaineella ilmakehän painetta pienempää painetta. Ilmakehän paine on 1,01325 bar, eli noin 1,0 bar. Absoluuttisella paineella tarkoitetaan paineen arvoa 0 bar, eli paine mikä vallitsee avaruudessa tai maan pinnalla tyhjiötilassa. Absoluuttisia painearvoja käsitellään enemmän fysiikassa. Hydrauliiikassa painearvot ilmoitetaan yleensä ylipaineena. (Ansaharju, 2009: 242.)

3.3.2 Pacalin laki

Pascalin laki liittyy vahvasti hydrauliiikkaan. Pascalin lain mukaan paine leviää nesteessä tasaisesti joka suuntaan. Esimerkiksi vedellä täytetyssä kuution muotoisessa säiliössä nesteen ollessa paineessa kohdistuu kuution sisäpinnan jokaiselle seinämälle yhtä suuri paine. Paine kohdistuu kohtisuorasti pintaa vastaan astian muodosta riippumatta. (Ansaharju, 2009: 242.)



KUVA 10. Havainnekuva paineen leviämisestä. (Enarpac, 2018.)

3.3.3 Tilavuusvirta

Tilavuusvirta ilmaisee aikayksikössä virranneen nestemäärän tilavuutta. Tilavuusvirran yksikkö on m^3/s (kuutiometriä sekunnissa) tai l/min (litraa minuutissa). Hydraulikassa sen tunnus on q_v tai Q . Tilavuusvirta määrittää hydraulisen toiminnan nopeuden. Sitä muuttamalla voidaan säädellä toiminnan nopeutta. Pumppujen tuotosta puhuttaessa tarkoitetaan tilavuusvirtaa. Tilavuusvirta voidaan laskea kaavalla:

$$q_v = Av, \quad (3)$$

jossa q_v =tilavuusvirta (m^3/s tai l/min), A =poikkipinta-ala (m^2) ja v =virtausnopeus (m/s). Tilavuusvirta voidaan siis määrittää kun tiedetään poikkipinta-ala ja virtausnopeus samassa kohdassa. Jos virtausnopeus ei ole vakio poikkileikkauksessa, on v nopeuden keskiarvo kyseisessä kohdassa. (Ansa-harju, 2009: 242; Suvanto, 2012: 356–357.)

3.3.4 Viskositeetti

Viskositeetti kuvaa nesteen olomuotoa tietyssä lämpötilassa. Olomuodolla tarkoitetaan tässä tapauksessa, onko neste juoksevaa vai jäykkää. Erilaiset nesteet omaavat erilaisen viskositeetin. Esimerkiksi öljyn viskositeetti on paljon suurempi kuin veden. Lämpötilan noustessa nesteen viskositeetti pienenee ja vastaavasti lämpötilan laskiessa viskositeetti kasvaa. Tästä syystä öljyä käytetään voitelemaan esimerkiksi auton moottoria, koska se muodostaa suuren viskositeettinsä ansiosta moottorin osien välille riittävän paksun ja kestäväen kalvon. Viskositeetin tunnus on η ja mittayksikkö Pascalsekunti (Pa*s). (Suvanto, 2012:372–374.)

Hydrauliikkajärjestelmissä nesteen viskositeetillä on suuri merkitys. Viskositeettiarvon ollessa alhainen, kasvavat järjestelmän vuodot ja samalla hyötysuhde pienenee. Alhainen viskositeetti aiheuttaa kulumista voitelevan öljykalvon ohenemisen myötä. Alhainen viskositeetti aiheuttaa myös lämpötilan nousua ja vuotoja. Viskositeettiarvon ollessa suuri, ovat virtausvastukset suuria ja hyötysuhde sen vaikutuksesta huono. Myös voiteluominaisuudet heikkenevät öljyn huonon tunkeuman vuoksi. Tämä voi aiheuttaa myös kulumista hydrauliikkajärjestelmässä. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 174–175.)

3.3.5 Virtauslajit

Nesteen virtaus voi olla laminaarista tai turbulenttista. Laminaarinen virtaus tarkoittaa suoraviivaista nesteen virtausta, jossa neste virtaa ns. virtausviivojen mukaisesti pyörteilemättä. Kun virtausnopeus kasvaa, muuttuu virtaus turbulenttiseksi. Turbulenttisella virtauksella tarkoitetaan nesteen pyörteilevää virtausta. Nestehiukkaset eivät noudata samaa rataa vaan liikkuvat välillä jopa virtaussuuntaa vastaan. Laminaarisessa virtauksessa häviöt kasvavat virtausnopeuden funktiona eli nopeuden noustessa häviöt kasvavat suhteessa nopeuteen. Turbulenttisessa virtauksessa virtausnopeuden kasvu kasvattaa häviöitä eksponentiaalisesti. Turbulenttinen virtaus tulisi välttää hydrauliikkajärjestelmän toimintakunnon ylläpitämiseksi. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 175.)

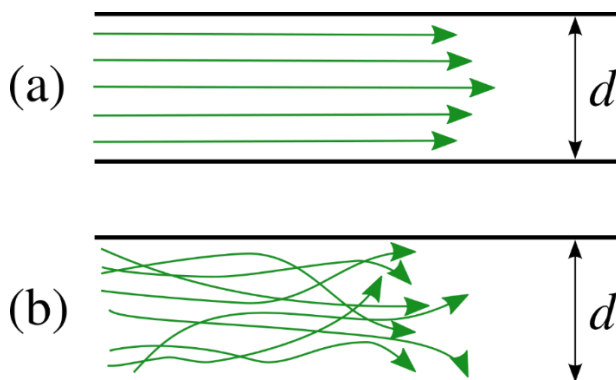
Virtauslajit voidaan tunnistaa toisistaan Reynoldsin luvun avulla. Reynoldsin luku (Re) saadaan yhtälöstä:

$$Re = \frac{\rho v D}{\eta}, \quad (4)$$

jossa ρ =virtaavan aineen tiheys (kg/m^3), v =keskimääräinen virtausnopeus (m/s), D =virtauspoikkipinnan sisähalkaisija (m) ja η =viskositeetti ($\text{Pa}\cdot\text{s}$). Jos

- $Re < 2000$, on virtaus laminaarista
- $2000 < Re < 3000$ (siirtymävaihe), on virtauksessa laminaarisia ja turbulenttisia piirteitä
- $Re > 3000$, on virtaus turbulenttista.

Mainitut rajat ovat likimääräisiä. (Suvanto, 2012: 378–379.)



KUVA 11. Kuvassa on esitetty laminaarinen virtaus (a) ja turbulenttinen virtaus (b). (Guillom, 2008.)

3.3.6 Hydraulinen teho ja hyötysuhde

Hydraulinen teho määräytyy nesteen paineen (Δp) ja tilavuusvirran (q_v) mukaan. Nesteen virratessa esimerkiksi pumpun läpi, paine ennen pumppua (p_1) on pienempi kuin paine pumpun jälkeen (p_2), eli $p_2 > p_1$. Pumppu ylläpitää paine-eroa ja pakottaa aineen siirtymään korkeampaan paineeseen. Paine muuttuu määrällä $\Delta p = p_2 - p_1$, kun siirrytään pumpun läpi virtauksen suuntaan. Näin ollen pumpun teho (P) saadaan lausekkeesta:

$$P = \Delta p q_v. \quad (5)$$

Lauseke ilmaisee pumpun hyötYTEHON, eli pumpun virtaavaan aineeseen tekemän työn aikayksikköä kohti. (Suvanto, 2012: 380–381.)

Hyötysuhde (η) ilmaisee koneen tuottaman hydraulisen hyötYTEHON (P_h) ja syöttötehON (P_s) suhteen. Hyötysuhde saadaan laskettua lausekkeella:

$$\eta = \frac{P_h}{P_s}. \quad (6)$$

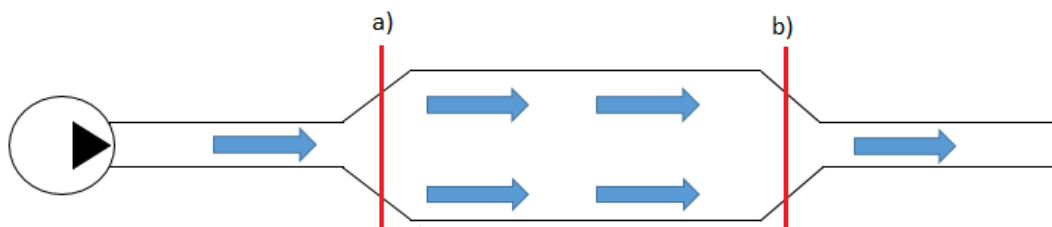
Koneen hyötysuhde on aina < 1 . Kaikkea paine-erossa kulunutta energiaa ei voida käyttää hyödyksi laitteiston kitkan ja muiden virtausta heikentävän syiden takia. Tätä voidaan kutsua häviöenergiaksi. Hydraulisten toimilaitteiden osissa on myöskin usein välyksiä ja niistä johtuvia vuotoja. Etenkin lämpötilan noustessa ja nesteen viskositeetin pienentyessä vuodot ja häviöiden määrä kasvavat. Nesteen pyörteily komponenttien kanavissa ja liittimissä aiheuttaa myöskin häviöitä. Häviöt heikentävät komponenttien hydromekaanista hyötysuhdetta. Tämä tarkoittaa paine-eron pienentymistä, joka vaikuttaa hyötysuhteeseen negatiivisesti. (Suvanto, 2012: 183; Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 179–180.)

3.3.7 Energian häviämättömyys

Hydrauliikassa pätee myös energian säilymlaki. Sen mukaan energia ei voi hävitä, vaan se vaihtaa ilmenemismuotoaan. Hydrauliikassa energia esiintyy paine-, liike- ja lämpöenergiana. Voiman monin-

kertaistaminen työsylinteriä suurentamalla ei ole energian säilymislain vastaista. Suurempi mäntä liikkuu vain pienemmän männän siirtämän nestemäärän verran, eli mäntien siirtymät ovat käänteisesti verrannollisia niiden pinta-aloihin. Energian säilymislain mukaan kummankin sylinterin suorittama työ kuitenkin on yhtä suuri. (Ansaharju, 2009: 243.)

Energian häviämättömyyttä voidaan tarkastella vertaamalla paine- ja liike-energian keskinäistä suhdetta. Kun järjestelmässä virtaavalla nesteellä on tietty virtausnopeus, liike-energia määräytyy virtausnopeuden ja nesteen paineen mukaan. Liike- ja paine-energian summa on oltava vakio, koska energiaa ei voida poistaa tai lisätä. Kun järjestelmän putkiston halkaisija muuttuu, myös virtaavan nesteen nopeus muuttuu. Kuvassa 12. on esitetty periaate putken halkaisijan vaikutuksesta paineeseen. Kohdassa a), kun halkaisija kasvaa, nesteen virtaus ja liike-energia pienenee, mutta paine kasvaa. Vastaavasti kohdassa b), halkaisijan pienentyessä, nesteen virtaus ja liike-energia kasvaa, mutta paine pienenee. (Ansaharju, 2009: 243.)



KUVA 12. Putken poikkipinta-alan vaikutus paineeseen.

4.3 HydrauliiKANesteeT

HydrauliiKANesteen tarkoituksena on siirtää energiaa pumpulta työkoneelle. Yleisin käytettävä neste on öljy, koska se täyttää hydrauliiKajärjestelmän asettamat vaatimukset. Öljy on tavallisesti lisäaineistettua mineraaliöljyä, mutta korkeissa lämpötiloissa voidaan käyttää myös synteettisiä öljyjä, jotka kestävät vaativissa olosuhteissa paremmin kuin mineraaliöljyt. Jos on vaara, että öljy pääsee pilamaan ympäröivää luontoa, käytetään yleensä kasviöljypohjaisia öljyratkaisuja, mikäli hydrauliiKajärjestelmä sen sallii. Joskus hydrauliiKANesteenä käytetään palamattomia nesteitä. Nämä ovat vesiöljyseoksia, vesi-glykoliseoksia tai synteettisiä nesteitä. Ominaisuuksiltaan nämä nesteet eivät vastaa hydrauliiKaöljyn ominaisuuksia. (Ansaharju, 2012: 246.)

4.3.1 Öljyn tehtävä ja ominaisuudet

HydrauliiKajärjestelmässä öljyltä ja sen ominaisuuksilta vaaditaan paljon. Pääsääntöisesti öljyä käytetään hydrauliiKajärjestelmässä tehon siirtoon pumpulta työkoneelle ja toimilaitteille. Se myös voitelee toimilaitteiden liikkuvat osat, tiivistää liikkuvien osien ja pesän väliset välykset, jäähdyttää järjestelmää, huuhtelee järjestelmän epäpuhtaudet ja estää korroosiota. HydrauliiKaöljyltä vaaditaan oikeaa viskositeettiä, että se pystyy voitelemaan järjestelmää käynnistettäessä sekä käynnin aikana. Öljyltä vaaditaan myös hyvää kestävyyttä hapettumista ja sakkaantumista vastaan, hyvää voitelukykyä ja voitelukalvon lujuutta, hyvää korroosionesto- ja vedenerottelukykyä. Se ei myöskään saa vaahdotua helposti eikä vahingoittaa käytettäviä tiivisteitä. (Ansaharju, 2012: 247.)

4.3.2 Öljyn lämpötila

Öljyn ominaisuuksien hyödyntämiseksi, öljyn täytyy olla sille sopivassa lämpötilassa. Liian kylmä sekä liian lämmin öljy ovat epäedullisia hydrauliiKajärjestelmälle. Kylmän öljyn voiteluominaisuudet ovat heikot ja kavitaatiovaara kasvaa. Liian lämpimän öljyn voiteluominaisuudet taas kärsivät viskositeetin pienentyessä. Tämä lisää myös vuotojen vaaraa. Väärä öljyn lämpötila aiheuttaa myös komponenttien vaurioitumisvaaran. Öljyä voidaan lämmittää tai vastaavasti jäähdyttää, silloin kun öljyn lämpötila on sen toiminanna kannalta epäsuotuisa. (Ansaharju, 2012: 247.)

4.4 Säiliöt

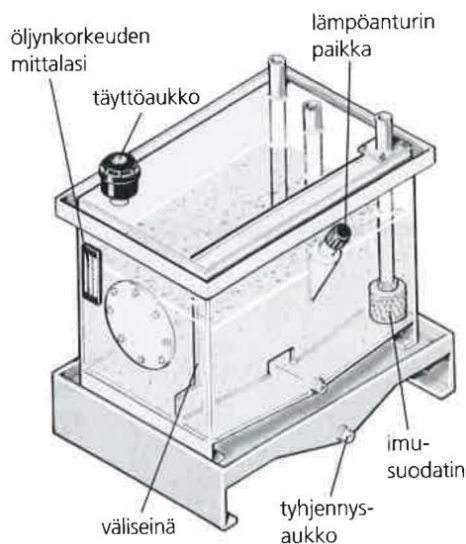
HydrauliiKasäiliö toimii öljyn varastona hydrauliiKajärjestelmässä. Pumppu imee öljyä säiliöstä järjestelmän käyttöön. Työn tehnyt öljy palaa takaisin säiliöön paluuputken kautta. Säiliöön rakennetaan tyypillisesti väliseinällä. Se erottaa imu- ja paluupuolen toisistaan ja samalla vahvistaa säiliön rakennetta. Väliseinässä tulee olla aukko, jotta öljy pääsee siirtymään säiliön osioiden välillä. Imu- ja paluuputket sijoitetaan eri puolille säiliötä mahdollisimman kauaksi toisistaan. Säiliötä suunniteltaessa on otettava huomioon sen huollettavuus. Säiliö on voitava puhdistaa ja huoltaa helposti, joten sen täytyy olla helposti avattavissa. Suurissa säiliöissä käytetään huoltoluukkuja puhdistusta ja huoltoa varten. Säiliön tilavuus tulee olla noin kolme kertaa pumpun tuottama tilavuusvirta (l/min). On kuitenkin otettava huomioon hydrauliiKajärjestelmän asettamat vaatimuksen öljymäärälle. (Ansaharju, 2012: 248–249.)

Tyypillisesti öljysäiliön varusteet ovat:

- imuputki
- imusuodatin
- paluuputki
- ilmansuodatin
- tyhjennystulppa
- öljynkorkeuden mittalasi
- lämpömittari
- huoltoluukku.

Tarpeen mukaan voidaan käyttää pinta- ja lämpöhälyttimeä sekä öljyn jäädytintä tai lämmitintä. (Ansaharju, 2012: 249.)

Öljyyn tarttuu epäpuhtauksia sen käytön aikana. On tärkeää saada epäpuhtaudet poistettua öljystä komponenttien toimintahäiriöiden ja vaurioitumisen estämiseksi. Epäpuhtauksien poistoon käytetään tavallisesti suodattimia, jotka puhdistetaan huoltojen yhteydessä.



KUVA 14. Öljysäiliö varusteineen. (Ansaharju, 2012: 247.)

4.5 Pumppu

Pumppu on hydraulikkajärjestelmän tärkein osa. Sitä tarvitaan muuttamaan moottorin mekaaninen energia hydrauliseksi energiaksi. Pumppu saa pyöriessään aikaan alipaineen imupuolelle. Öljy imeytyy pumppuun, josta se siirtyy painepuolen kautta järjestelmään. Pumput voidaan jakaa vakio-tilavuuspumppuihin ja säätötilavuuspumppuihin. Vakio-tilavuuspumppu tuottaa nimensä mukaan tasaista vakio-tilavuusvirtaa, kun taas säätötilavuuspumpun tilavuusvirta on säädettävissä sen pyörimisnopeuden mukaan. (Ansaharju, 2012: 250.)

Pumpun koko ilmoitetaan yleensä tilavuusvirtana ja paineena. Tilavuusvirralla tarkoitetaan sitä nestemäärä, jonka pumppu tietyllä pyörimisnopeudella tietyssä ajassa pystyy siirtämään imupuolelta painepuolelle. Tilavuusvirta ilmoitetaan yksikköinä l/min. Pumpun pyörimisnopeus riippuu käyttömoottorin pyörimisnopeudesta. Pumpun tuotto ei riipu niinkään paineesta, se ilmoitetaan aina suhteessa tiettyyn paineeseen. Paine ilmoitetaan ylipaineena, yksikkönä MPa. Yleisimpiä pumpputyyppejä ovat hammaspyöräpumput, siipipumput, ruuvipumput ja mäntäpumput. (Ansaharju, 2012: 250–251.)

4.6 Venttiilit

Venttiilien tarkoitus hydraulikkajärjestelmässä on nestevirran ohjaus, paineen ja tilavuusvirran säätäminen sekä toisten venttiilien esi- tai kauko-ohjaus. Ne voivat rakenteeltaan olla hyvinkin erilaisia käyttötarkoituksesta riippuen. Venttiilit voidaan jakaa viiteen eri ryhmään:

- suuntaventtiilit
- vastaventtiilit
- paineventtiilit
- virtaventtiilit
- sulkuventtiilit. (Ansaharju, 2012: 254.)

Suuntaventtiilit ohjaavat öljyvirtoja hydraulikkajärjestelmässä. Niillä yhdistetään eri virtausteitä toisiinsa, jolloin öljy saadaan virtaamaan haluttuun suuntaan. Suuntaventtiilejä käytetään pääsääntöisesti toimilaitteiden ohjaamiseen, mutta niitä voidaan käyttää myös muiden venttiilien ohjaamisessa. Suuntaventtiilin ohjaus, eli luistin liikuttelu voidaan hoitaa monella eri tavalla, kuten käsin, mekaanisesti, sähköisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti. (Ansaharju, 2012: 254.)

Vasta- ja vastusvastaventtiileitä käytetään kun halutaan sallia öljyn virtaus yhteen suuntaan ja vastustaa toista suuntaa. Vastaventtiili sallii virtauksen vain yhteen suuntaan, kun taas vastusvastaventtiiliä käytettäessä voidaan öljyn virtausta sallia myös toiseen suuntaan rajoitetusti. Tätä käytetään esimerkiksi sylinteriin menevissä putkissa kun halutaan rajoittaa männän liikettä toiseen suuntaan. (Ansaharju, 2012: 255–256.)

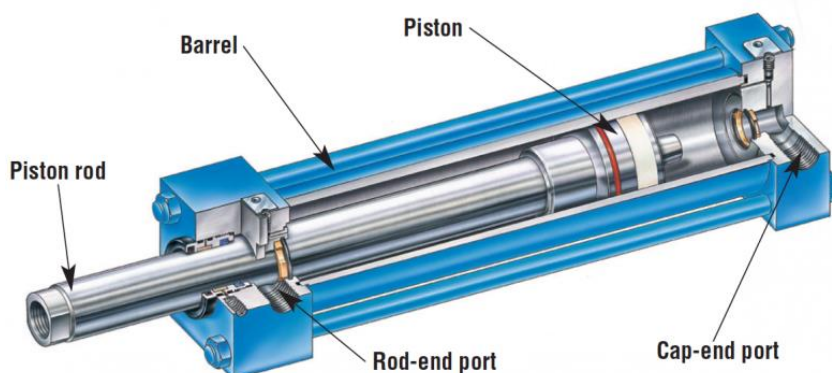
Paineventtiileitä käytetään paineen alentamiseen tai rajoittamiseen. Paineenrajoitusventtiiliä käytetään hydraulikkajärjestelmän ylikuormitussuojana. Se avautuu kun saavutetaan sille asetettu avautumispaineraja. Avauduttuaan se ohjaa nesteen venttiilin kautta takaisin säiliöön ja pelastaa järjestelmän liian suurelta paineiskulta. Paineenalennusventtiiliä käytetään järjestelmän paineen alentamisessa tiettyyn arvoon. (Ansaharju, 2012: 256.)

Virtaventtiileitä käytetään yksinkertaisena määräsäätöventtiilinä. Ne eivät kuitenkaan sovellu tarkkaan säätöön, sillä niiden säätämä tilavuusvirta vaihtelee paineen mukaan. (Ansaharju, 2012: 256.)

Sulkuventtiileillä erotetaan linjoja toisistaan huollon ajaksi. Venttiilissä on periaatteessa kaksi asentoa: auki ja kiinni. Sulkuventtiileinä käytetään lautas-, kartio-, kalvo- ja palloventtiileitä. (Ansaharju, 2012: 257.)

4.7 Sylinterit

Sylinteri on tavallisin laite hydraulikkajärjestelmässä, jolla muutetaan paine-energiaa työksi. Sylinteri suorittaa suoraviivaisen liikkeen, kun öljynpaine ohjataan sen sisälle. Sylinterit jaetaan toimintaperiaatteen mukaan yksitoimisiin ja kaksitoimisiin. Yksitoimisessa sylinterissä öljynpaine liikuttaa mäntää vain yhteen suuntaan. Paluuliike saadaan aikaan ulkoisella kuormalla tai jousivoimalla. Kaksitoimisessa sylinterissä öljynpaine taas liikuttaa mäntää molempiin suuntiin.



KUVA 15. Tyypillinen kaksitoiminen sylinteri. (Hydraulics & Pneumatics, 2012-01-01.)

4.8 Putket, letkut, liittimet

Pumpun tuottama hydraulinen energia siirretään hydraulikkajärjestelmässä putkien ja letkujen avulla. Putket ja letkut liitetään komponentteihin sekä toisiinsa liittimien avulla. Kuten putkia ja letkuja, on myös liittimiä useita eri malleja järjestelmästä riippuen. Hydraulikkajärjestelmän putkistoa suunniteltaessa on huomioitava virtaus. Virtauksen on tapahduttava niin, että syntyvät häviöt ovat mahdollisimman pieniä. Siksi on käytettävä riittävän suurihalkaisijaisia ja mahdollisimman lyhyitä putkia. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 211.)

Hydrauliikkaletkut ovat saumattomia tai hitsattuja hiiliteräsputkia. Myös ruostumattomia ja ruostumattomia haponkestäviä teräsputkia käytetään hydraulikkajärjestelmissä. Matalapainehydrauliikassa voidaan käyttää kupari-, alumiini- tai muoviputkia. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 215.)

Hydrauliikkaletkuja käytetään silloin, kun kyseessä on liikkuva toimilaite. Letkut vaimentavat ja katkaisevat värähtelyn etenemisen laitteistossa. Kun paine nousee, letkut laajenevat, jolloin niiden jousto vaimentaa sekä paineiskua että värähtelyä. Tyypillisesti hydrauliikkaletku koostuu kolmesta päällekkäisestä kerroksesta, jotka ovat: sisäletku, yksi tai useampi vahvikekerros ja ulkokuori. Hydrauliikkaletkut voidaan jakaa kolmeen ryhmään käyttöpaineen mukaan:

- matalapaineletkut
- keskipaineletkut
- korkeapaineletkut.

Hydrauliikkaletkut valmistetaan yleensä öljynkestävästä, synteettisestä kumista. Niiden paineenkestävyyttä on parannettu puuvilla- ja teräskudoksilla. Kudosten lukumäärä määrää letkun sallitun maksimikäyttöpaineen. (Keinänen ja Kärkkäinen, 2005: 212–213.)

5 HYDRAULISET KIRISTYSTYÖKALUT

Kun laippaliitoksen kiristysosat ovat isoja, tarvitaan kiristykseen paljon voimaa. Vaadittavan kiristysvoiman määrittelee myös liitoksessa käynnin aikana vallitseva käyttöpain ja lämpötila. Kriittiset ja erityisesti kiristysvoimaa vaativat liitokset kiristetään usein hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla. Niillä voidaan saavuttaa suuri ajallinen hyöty perinteisiin kiristysmenetelmiin verrattuna.

Neste Oyj ei vaadi tällä hetkellä hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla työskentelevältä asentajalta erikoispätevyyttä työn suorittamiseen, vaan kolmannen osapuolen tarjoama laippaliitosasentajan koulutus riittää. Yleisesti hydraulisten työkalujen maahantuoja ja välittäjä kouluttavat työkalujen ostajat laitteen turvalliseen käyttöön.

Ruuviliitoksen kiristämiseen on olemassa käytännössä kaksi menetelmää. Liitos voidaan kiristää perinteisesti muttereita pyörittämällä. Toinen menetelmä on liitoksen ruuvien venytys. Menetelmän valinta riippuu useasta eri tekijästä. (Haitor Oy, 2018a.)

5.1 Hydrauliset momenttityökalut

Hydraulisilla momenttityökaluilla pyritään kiristämään mutteri tiettyyn kiristysmomenttiin. Kiristysliike aiheuttaa liitoksen ruuvissa venyttävää voimaa tuottaen siihen vetojännitystä. Venyttävän voiman vastavoima, eli ruuvikuorma, saa ruuviliitoksen kappaleet kiristymään toisiaan vasten. Kiristysvoimaa vastaava kiristysmomenttiarvo voidaan määrittää laskennallisesti. Kiristysmomenttiarvoa laskettaessa on otettava huomioon mutterin ja kiristettävän pinnan välinen kitka. Kitkakerroimen ollessa suuri, vaikuttaa se epäsuotuisasti kiristysmomenttiarvoon. Kitkakerrointa voidaan pienentää oikeilla voiteluöljyillä. Öljyissäkin on suuria eroja, jotka voivat vaikuttaa liitoksen todelliseen kiristysmomenttiarvoon. Tästä syystä on käytettävä asennusohjeessa mainittua voiteluöljyä liitoksen kiristysosien voiteluun. (Haitor Oy, 2018a.)

Hydraulisten momenttityökalujen toimintaperiaate on sama kuin perinteisillä kiristystyökaluilla, hydrauliiikan ansiosta kiristysvoima on vain suurempi. Ne voidaan kiinnittää samalla tavalla kuin tavanomainen lenkkiavain tai kiristyshylsy. Hydrauliset momenttityökalut tarvitsevat kiristykseen vastavoiman. Vastavoima haetaan yleensä viereisestä kiristysmutterista tai liitoksen rungosta. Vastavoima voidaan ottaa myös liitoksen aluslevyistä, kun käytetään erikoisaluslevyjä. Tavallisesti käytetään vastavoimavartta, joka kiinnitetään momenttityökaluun. Työkalun runkorakenne voidaan myös suunnitella siten, että siinä on vastavoimalle kohdistuva alue ilman kiinnitettävää lisävartta.

Hydraulisia momenttityökaluja on lukuisia eri malleja, joista tilaajan on valittava itselle sopiva käyttökohteesta riippuen. Kiristystyö voidaan suorittaa erittäin ahtaissakin tiloissa pienillä momenttikiristimillä ja silti säilyttää hydrauliiikan tarjoama suuri kiristysvoima. Yksi hydrauliikkapumppu voi käyttää useampaa momenttikiristintä samanaikaisesti (KUVA 16). Näin pyritään saavuttamaan tasaisesti kiristetty liitos ja yhtäläinen ruuvikuorma liitoksen jokaisessa kohdassa.



KUVA 16. Samanaikainen momenttikiristys. (Haitor Oy, 2018c.)

5.1.1 Hydraulisten momenttityökalujen turvallinen käyttö

Hydrauliset momenttityökalut ovat voimatyökaluja ja niillä työskenneltäessä on työturvallisuuteen käytettävä erityistä huomiota. Turvallisen työskentelyn takaamiseksi on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

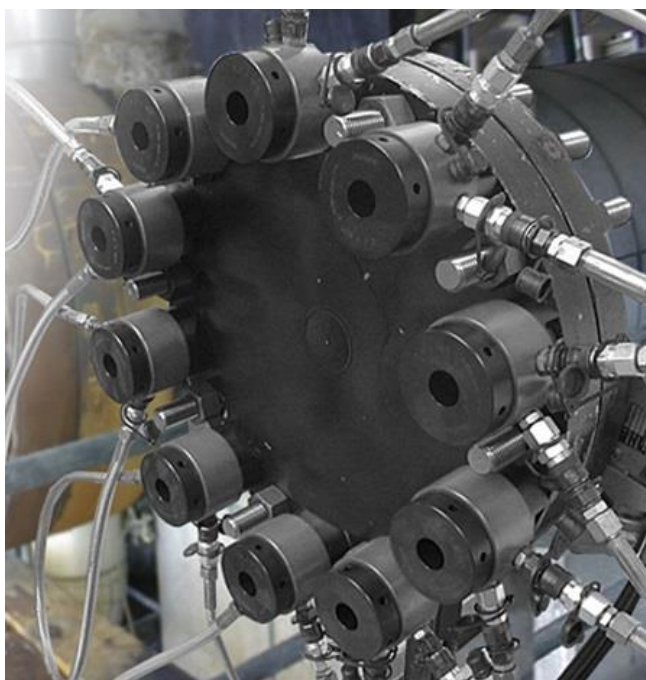
- asianmukaiset suojavälineet, kuten suojakäsineet, suojalasit, kypärä, turvakengät, kuulosuojaimet ja muut työkohteen määrittämät suojavälineet
- työympäristön puhtaus ja valaistus
- oikean työkalun käyttö
- vain kunnossa olevien työkalujen käyttö – esimerkiksi hiusmurtumat hylsyssä voivat aiheuttaa vaaratilanteen
- letkujen asettelu - letkut eivät saa olla kierteellä tai tiukalla mutkalla
- oikea käyttöpaine
- etäisyys hydraulisesta työkalusta – yleisesti hydraulisia työkaluja voidaan käyttää kauko-ohjaimella
- epäselvissä tilanteissa on otettava yhteys työnvalvojaan. (Haitor, 2018b.)

Kun perusasiat ovat kunnossa, on työn suorittaminen turvallista. Työn suorittamiseen tulee varata riittävästi aikaa, jotta työturvallisuus ei kärsi liian kiireen vuoksi.

5.2 Hydrauliset vetokiristystyökalut

Hydraulisten vetokiristystyökalujen toimintaperiaate on hieman erilainen kuin perinteisten kiristystyökalujen. Hydraulisilla vetokiristystyökaluilla voima kohdistetaan ruuviliitoksen pulttiin, jota venytetään voiman avulla. Venytettävällä pultilla on tietty venymää vastaava kiristysarvo materiaalista riippuen. Tämä tarkoittaa sitä voimaa, jolla pulttia tulee venyttää, jotta saadaan haluttu kiristysarvo. Kun tarvittava venymä on saavutettu, kierretään mutteri paikoilleen ja vapautetaan venyttävä voima. Venytetty pultti pyrkii palautumaan lähtöpituusarvoonsa, jolloin mutteri estää sen. Tällä saadaan aikaan ruuvikuorma joka kiristää ruuviliitoksen kappaleet toisiaan vasten. Hydraulisia vetokiristimiä käytettäessä päästään eroon kitkan aiheuttamasta epävarmuustekijästä, sillä mutterit kierretään paikoilleen käsivoimin. (Haitor Oy, 2018a.)

Hydraulisia vetokiristystyökaluja käytetään kriittisissä ja kiristysvoimaa vaativissa kohteissa. Kriittiset ruuviliitokset luovat kiristystyölle erityisvaatimuksia. Hydraulisia vetokiristystyökaluja käytettäessä nämä vaatimukset pystytään täyttämään työkalujen erinomaisen kiristysvoimantuoton ja kiristystarkkuuden ansiosta. Parhaaseen kiristystulokseen päästään kun käytetään useampaa vetokiristystyökalua samanaikaisesti. Optimaalinen vetokiristystyökalujen määrä on sama kuin kiristettävien ruuvien määrä. Työkalujen hinnasta ja työhön käytetystä ajasta muodostuva kustannus on kuitenkin optimoitu ja yleisesti sovittu, että sopivin työkalu/pulttiliitos-suhde on 50 %. Joissain tapauksissa on hyväksyttävää käyttää 25 % suhdetta. 50 % suhde tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kahdeksan kiristysruuviliitoksessa käytetään neljää vetokiristystyökalua (KUVA 17). (Haitor Oy, 2012.)



KUVA 17. Hydraulisia kiristystyökaluja 50 % suhteella. (Haitor, 2018c.)

5.2.1 Hydraulisten kiristystyökalujen turvallinen käyttö

Hydraulisilla vetokiristystyökaluilla työskennellessä on käytössä suuret voimat ja korkeat käyttöpainet. On syytä kiinnittää erityistä huomiota työturvallisuuteen. Hydraulisilla vetokiristystyökaluilla työskentelevän asentajan on perehdyttävä työkalun käyttöön perusteellisesti. Seuraavat seikat on syytä omaksua, ennen kun työskentelee hydraulisilla vetokiristystyökaluilla:

- vetokiristystyökaluja ei tule koskaan käyttää, jos ei ole saanut asianmukaista koulutusta laitteelle
- vetokiristystyökaluja ei tule koskaan käyttää, mikäli on pienikin epäily sen oikeanlaisesta kokoonpanosta
- on käytettävä asianmukaisia suojavälineitä, kuten suojakäsineitä, suojalaseja, kypärää, turvakengkiä ja muita työkohteen määrittämiä suojavälineitä
- tietoisuus pultin lujjuudesta ja liitospituudesta kiristystyökalun ja pultin välillä
- tietoisuus pultin venyttämiseen tarvittavasta voimasta
- riittävä öljysäiliön kapasiteetti kaikille varusteille

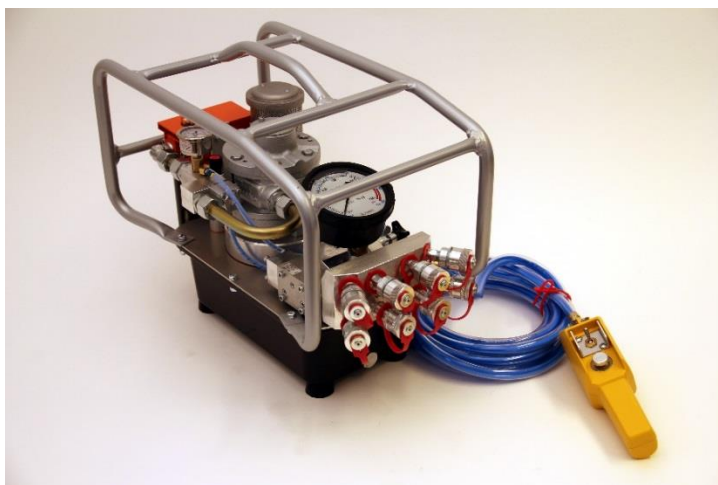
- paineistettua työkalua saa lähestyä vain silloin, kun voi varmistua, että hydraulipaine pysyy säädetyllä tasolla
- paineistetun järjestelmän vuotoa ei tule koskaan yrittää tukkia, vaan pumppu on sammutettava
- kiristystyökalun sallittua maksimipainetta ei tule koskaan ylittää
- kiristystyökalun sallittua maksimi iskunpituutta ei tule koskaan ylittää
- hydraulikkaletkut eivät saa olla kiertyneitä, vaurioituneita tai liian jyrkässä kulmassa. (Haitor Oy, 2012)

5.3 Hydraulikoneikko

Hydraulikoneikolla tarkoitetaan mukana kannettavaa hydraulikkajärjestelmää. Se sisältää tavanomaiset hydraulikkajärjestelmän komponentit kuten:

- moottorin
- pumpun
- öljysäiliön
- suuntaventtiilin
- rajoitusventtiilit
- suodattimet
- painemittarin
- lisäksi kaukosäätimen.

Hydraulikoneikko tuottaa vaadittavan käyttöpaineen hydraulisille vetokiristys- ja momenttityökaluille. Painetta säädetään säätöventtiilin avulla. Koneikko liitetään hydraulikkatyökaluihin hydraulikkaletkujen ja liittimien avulla. Koneikosta riippuen, sillä voidaan ohjata yhtä tai useampaa kiristystyökalua samanaikaisesti tasaisemman kiristysvoiman saavuttamiseksi. Hydraulikoneikon moottori voi olla joko sähkö- tai paineilmatoiminen. Räjähdysherkässä työympäristössä suositetaan paineilmatoimista hydraulikoneikkoa sähkötoimisen sijaan.



KUVA 18. Paineilmatoiminen hydraulikoneikko. (Haitor, 2018c.)

5.4 Kalibrointi

Jotta hydraulikoneikko sekä hydrauliset työkalut toimisivat niille esitetyllä tavalla, täytyy ne kalibroida säännöllisin väliajoin. Yleisesti järjestelmä tulisi kalibroida noin vuoden välein. Kalibroinnilla tarkoitetaan painemittareiden ja työkalujen asettamista oikeaan arvoon, sillä käytön jälkeen niissä saattaa esiintyä heittoja. Painemittarit kalibroidaan niin, että järjestelmä paineistetaan tiedossa olevalla paineella ja verrataan sitä järjestelmän esittämään paineeseen. Mikäli järjestelmän esittämä arvo ylittää toleranssien määräämät vaatimukset, korjataan järjestelmän arvo esittämään oikeaa arvoa. Hydrauliset momenttityökalut kalibroidaan niille tarkoitetulla laitteella. Työkalu kiinnitetään kalibrointilaitteeseen, joka ilmoittaa asetetun kiristysmomentin digitaalisesti. Työkalun ja kalibrointilaitteen arvoja verrataan keskenään ja tehdään tarvittavat muutokset työkalun arvoihin. Hydraulisia vetokiristystyökaluja ei varsinaisesti kalibroida, vaan ne huolletaan järjestelmän kalibroinnin yhteydessä.

Koska hydraulisten vetokiristys- ja momenttityökalujen käyttöpaineet ovat erittäin korkeat, on järjestelmän kalibrointi ensiarvoisen tärkeää. Työkalun kyljestä on löydettävä merkintä viimeisestä huoltokerrasta ja kalibroinnista. Kalibroinnin yhteydessä tulisi hydraulikkaletkut myös tarkastaa ja koepainestaa mahdollisten vaurioiden varalta.

Kalibroinnista toimitetaan kalibrointitodistus (LIITE 1), jota tulee säilyttää muiden hydraulikoneikon dokumenttien kanssa. Kalibrointitodistuksessa ilmoitetaan seuraavat tiedot:

- kalibroitu laite
- laitevalmistaja
- laitteen sarjanumero
- kalibrointipäivämäärä
- testilaitteen tiedot
- kalibroinnin suorittaja.

6 HYDRAULISET KIRISTYSTYÖKALUT TL4:LLÄ

Hydraulisia vetokiristys- ja momenttityökaluja käytetään Neste Oyj:n öljynjalostamoilla yleisesti mekaanisten kunnossapitotöiden yhteydessä. Aiheen rajaamiseksi tässä kappaleessa keskitytään tuotantolinja neljällä (TL4) käytettäviin hydraulisiin kiristystyökaluihin.

[REDACTED]

6.1 Hydrauliset vetokiristystyökalut TL4

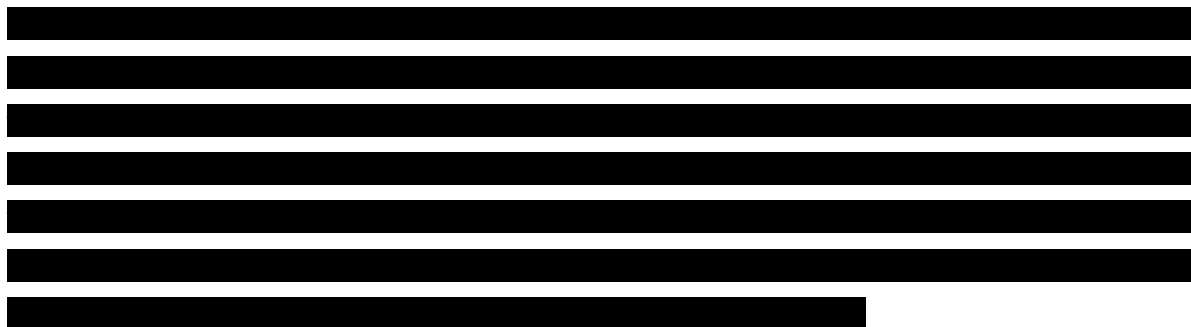
Hydraulisia vetokiristystyökaluja käytetään TL4:llä kohteissa, joissa on korkeat käyttöpaineet sekä lämpötilat. Tällaisia kohteita ovat muun muassa reaktorit, korkeapainelämmönvaihtimet sekä erottimet.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

6.2 Hydrauliset momenttityökalut TL4



6.3 Käyttö tulevaisuudessa

Hydraulisia momenttityökaluja on mahdollista käyttää lähestulkoon minkä tahansa laippaliitoksen kiristämiseen ja avaamiseen työkalujen pienen koon ja suuren kiristysvoiman ansiosta. Vaadittavat kiristysmomentin on vain oltava tiedossa ennen momenttityökalujen käyttöä. Mekaanisten kunnossapitotöiden työnsuunnittelijat sekä työnjohtajat määriteltävä kohteet, joissa voitaisiin saavuttaa aikataullisia etuja hydraulisilla momenttityökaluilla perinteisten kiristysmenetelmien sijaan.



Supernut koostuu erikoismutterista, kiristysruuveista sekä aluslevystä. Kiristysruuvit ovat kiinnitettyinä mutteriin. Toimintaperiaate Supernutilla kiristettäessä on, että mutteri kierretään käsivoimin kiristettävän kiristysruuvin päälle, jonka jälkeen varsinainen kiristys aloitetaan mutteriin kiinnitetyillä kiristysruuveilla. Kiristysruuvit on kiristettävä vaiheittain ristiin oikean kokonaiskiristysvoiman aikaansaamiseksi. Supernut-mutterilla kiristettäessä on huomioitava yksittäisen Supernut-mutterin kiristysjärjestys, sekä kaikkien Supernut-muttereiden kiristysjärjestys. Yhden pumpun jokaisessa 16:sta liitoksessa käytettävässä Supernut-mutterissa on 14 kiristysruuvia. Kiristettäviä ruuveja on siis kaikkiaan 224 kappaletta. Ruuvien kiristysmomentit ovat pieniä ruuvien suuren määrän vuoksi (120-205Nm), mutta kiristäminen on kuitenkin erittäin työlästä ja aikaa vievää lukuisten kiristysvaiheiden takia. (Flowserve Corporation, 2005.)



KUVA 20. Supernut kahdeksalla kiristysruuvilla. (Nord-Lock Group, 2018.)

[REDACTED]

[REDACTED]

7 KOULUTUS- JA PÄTEVYYSVAATIMUKSET

Koulutus ja pätevyys, kokemus ja tietotaito menevät usein sekaisin keskenään. Koulutus ei ole tae pätevyystä, eikä kokemus ole tae tietotaidosta. Koulutus, kokemus ja kyky omaksua tietotaitoa ovat vaatimuksia savuttaa pätevyys. Tärkeimmät elementit pätevyyden saavuttamiseen ovat teoreettisen tietotaidon oppiminen yhdistettynä käytännön harjoituksiin. Pätevyyden varmistaminen suoritetaan kokeiden ja arviointien avulla. Laippaliitosasentajan pätevyys on avaintekijä parhaaseen mahdolliseen suorituskyykyyn sekä turvalliseen työympäristöön tuotanto- ja prosessilaitoksissa. Liitoksien on oltava toleranssien ja vaatimusten mukaisia. Siksi koulutettuja laippaliitosasentajia tarvitaan. (SFS EN 1591-4: 4.)

Neste Oyj:n tuotantolaitoksilla on lukuisia kriittisiä laippaliitoksia. Kriittisiä liitoksista tekee niiden läpi virtaava sisältö, lämpötila ja paine. Sisällöllä tarkoitetaan putkilinjassa virtaavaa ainetta, kuten kaasua, höyryä, öljyä tai muita kemikaaleja, jotka ovat usein korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Neste Oyj:n tuotantolaitoksilla käsitellään suuria määriä vaarallisia sekä palo- ja räjähdysherkkiä kemikaaleja. Liitoksen peittäminen tämän kaltaisessa työympäristössä voi vaarantaa työntekijöitä, yritystä sekä ympäristöä.

7.1 SFS EN 1591-4

Standardi SFS EN 1591-4 "Flanges and their joints part 4: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems" on vuonna 2013 vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Se asettaa vaatimukset laippaliitosasentajan pätevyydelle. Koska laippaliitoksia on erilaisia muun muassa koosta, käyttökohteesta ja sisällöstä riippuen, on standardi jaettu eri taulukoihin (table). Standardi sisältää taulukot:

- Table 1 – Foundation level training matrix (Perustaso)
- Table 2 – Training matrix for hydraulic tension tightening (Hydrauliset vetokiristystyökalut)
- Table 3 – Training matrix for hydraulic torque tightening (Hydrauliset momenttityökalut)
- Table 4 – Training matrix for heat exchangers and pressure vessels (Lämmönvaihtimet ja painelaitteet)
- Table 5 – Training matrix for flanges made from brittle materials (Hauraat laippamateriaalit)
- Table 6 – Training matrix for bolt load determination after assembly (Ruuvikuorman toteaminen asentamisen jälkeen)
- Table 7 – Training matrix for compact flanges (Kompaktilaipat)
- Table 8 – Training matrix for clamp connectors (Pantaliitokset)
- Table 9 – Training matrix for special connectors/flanges (Erikoisliitokset / erikoislaipat)
- Table 10 – Training matrix for small bore tubing connections (Pienet puristusliitokset)
- Table 11 – Training matrix for responsible engineer (Laippaliitosten suunnittelu). (SFS EN 1591-4: 4–15.)

Standardin SFS EN 1591-4 yksittäiset taulukot jaetaan kahteen ryhmään, riippuen onko taulukon esittämä vaatimus ydinasia vai tietoisuus kyseessä olevasta asiasta.

7.1.1 Table 2 ja Table 3

Kuvissa 21 ja 22 on esitetty standardin SFS EN 1591-4 Table 2 ja Table 3 taulukoiden vaatimukset hydraulisten vetokiristys- ja momenttityökalujen parissa työskentelevälle asentajalle, suunnittelijalle sekä valvojalle. Vaatimukset liittyvät esimerkiksi:

- työkalujen tekniisiin ominaisuuksiin
- työkalujen turvalliseen käyttöön
- kiristystapoihin
- huoltoon
- oikean järjestelmäpaineen valintaan
- usean työkalun samanaikaiseen käyttöön.

Table 2 — Training matrix for hydraulic tension tightening

Topic	Core	Awareness
Permanently installed hydraulic tensioning nuts	X	
Fundamentals of hydraulic tensioning	X	
Understanding when to use hydraulic tensioning equipment	X	
Types of hydraulic tensioners	X	
Methods of hydraulic tensioning	X	
Maintenance of pump and hydraulic tensioner	X	
Calibration of hydraulic tensioners	X	
Hose configuration	X	
Methods of calculating correct bolt load and associated formulae	X	
Understanding gross load/residual load	X	
Number of hydraulic tensioners, percentage cover and effect on load loss	X	
Hydraulic tensioning pressure/load conversion	X	
Hydraulic tensioning procedures	X	
Hydraulic tensioning tightening patterns	X	
Tool fit and clearance issues	X	
Bolt coatings and their effect on thread security in both nut and puller sleeve	X	

KUVA 21. Standardin SFS EN 1591-4 Table 2. (SFS EN 1591-4, 2013: 10.)

Table 3 — Training matrix for hydraulic torque tightening

Topic	Core	Awareness
Safe use and handling of hydraulic hoses	X	
Correct socket usage, wear/damage of sockets	X	
Risk of pressure injection injuries – avoidance and action	X	
Good working practices to avoid finger/hand pinch points	X	
Safe use of a backing wrench	X	
Types of hydraulic torque wrenches	X	
Selection of tool pressure to provide required torque for a particular tool	X	
Use of single and multiple tools to tighten a joint	X	
Numbering of bolts when single and multiple tools are used	X	
Understanding when to use hydraulic torque equipment	X	
Fundamentals of hydraulic torqueing	X	
Tool fit and clearance issues	X	
Identifying good reaction points	X	
Torque tightening patterns	X	
Importance of lubrication and control of friction	X	
Effects of bolt coatings	X	

KUVA 22. Standardin SFS EN 1591-4 Table 3. (SFS EN 1591-4, 2013: 11.)

7.2 Koulutusvaatimukset

Neste Oyj hyödyntää SFS EN 1591-4 standardin vaatimuksia tietyiltä osin ja jatkossa laajemmin. Tällä hetkellä Neste Oyj vaatii laippaliitosten parissa työskentelevältä asentajalta, suunnittelijalta sekä valvojalta hyväksytysti suoritetun kolmannen osapuolen tarjoaman laippaliituskoulutuksen, joka sisältää standardin SFS EN 1591-4 taulukoiden Table 1 - Perustaso, Table 4 - Lämmönvaihtimet ja painelaitteet sekä Table 8 - Pantaliitokset –oleellisimmat tekniset- ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Lisäksi kolmannen osapuolen koulutukseen on sisällytetty Neste Oyj:n oman spesifikaation F-101” Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen” asettamat Nesteen vaatimukset.

Koulutus koostuu kahdesta osiosta. Ensimmäinen osio on verkkokoulutus, jossa käydään läpi aiheeseen liittyviä asioita omatoimisesti kolmannen osapuolen verkkokoulutusjärjestelmän kautta ja lopuksi suoritetaan verkkokoe läpikäydyistä aiheista. Hyväksytysti suoritettu verkkokoe oikeuttaa toiseen koulutusosioon siirtymisen. Toinen osio on käytännön koulutus, jossa harjoitellaan laippaliitosten asennusta sekä purkua. Toisen osion lopuksi suoritetaan käytännön koe laippaliitoksen asennukseen ja purkuun liittyen. Hyväksytysti suoritettu koulutus on voimassa viisi vuotta, edellyttäen että koulutuksen suorittanut henkilö on tehnyt laippaliitoksiin liittyviä töitä viimeisen kuuden kuukauden aikana. Koulutuksen tarkoituksena on vakiinnuttaa työskentelytavat, joilla saavutetaan vuotovapaa liitos sen elinkaaren aikana.

Neste Oyj voi vaatia erillisellä sopimuksella taulukoiden Table 2 – Hydrauliset vetokiristystyökalut, Table 3 – Hydrauliset momenttityökalut, Table 6 – Ruuvikuorman toteaminen asentamisen jälkeen ja Table 7 – Kompaktilaipat – vaatimuksia asentajalta, suunnittelijalta sekä valvojalta. Tämä edellyttää kuitenkin että perustason koulutus (Table 1) on hyväksytysti suoritettu. (F-101, 2016: 9.)

Neste Oyj varmistaa säännöllisesti laippaliitosasentajan pätevyyden yrityksen laatimilla pätevyystesteillä. Pätevyystestin sisältö vaihtelee standardista SFS EN 1591-4 suoritettavan taulukon mukaan. Tämä insinööriyön tarkoituksena on luoda Neste Oyj:n pätevyystestit standardin SFS EN 1591-4 Table 2 - Hydrauliset vetokiristystyökalut ja Table 3 - Hydrauliset momenttityökalut taulukoille. (F-101, 2016: 9.)

8 PÄTEVYYSTESTIT

Pätevyytestien tarkoituksena on varmentaa hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla työskentelevien asentajien pätevyys. Pätevyyden varmentamisella pyritään vaikuttamaan hydraulisilla kiristystyökaluilla tehtävän työn laatuun sekä työturvallisuuteen. Hydraulisilla kiristystyökaluilla työskenneltäessä on käytössä suuret kiristysvoimat ja käyttöpaineet, jotka voivat aiheuttaa suurta vaaraa henkilöstölle ja ympäristölle inhimillisen virheen tai vahingon sattuessa. Pätevyytsteillä pyritään minimoimaan riskit sekä inhimilliset virheet kertaamalla työkalujen käyttöön sekä turvallisiin työskentelytapoihin liittyviä aiheita. Pätevyytestit osaltaan ennaltaehkäisevät hydraulisilla kiristystyökaluilla kiristettävien laippaliitosten vuotoja sekä työtaturmia. Henkilöturvallisuus on yksi Neste Oyj:llä työskentelyn pääpiirteistä, siksi yritys panostaa muun muassa tämänkaltaisiin pätevyystesteihin.

Pätevyytestien sisältö muodostuu standardien SFS EN 1591-4 "Flanges and their joints, Part 4: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems" sekä ASME PCC-1-2010 "Guidelines for pressure boundary bolted flange joint assembly" asettamien vaatimusten perusteella. Lisämateriaalia pätevyystestien luomiseen on saatu Haitor Oy:ltä. Haitor Oy on suomalainen kiristystyökalujen toimittaja, joka kiristystyökalujen lisäksi tarjoaa suunnittelu-, koulutus-, huolto- ja kalibrintipalveluja asiakkailleen. Yrityksellä on kokemusta eri teollisuuden alojen ruuviliitoksista kuten öljynjalostus- ja petrokemianteollisuudesta sekä ydin- ja tuulivoimaloista.

Pätevyytsteillä varmennetaan standardin SFS EN 1591-4 osioiden Table 2 ja Table 3 mukainen pätevyys hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla työskentelevälle henkilölle. Pätevyytestit on luotu Gimlet Composer verkkokurssien sisällöntuottotyökalulla ja ne tullaan julkaisemaan Neste Oyj:n L20-verkkokoulutuslustoilla.

8.1 Rakenne

Pätevyytestien kysymykset on laadittu yhteistyössä Nesteen ja Haitorin kanssa. Pätevyytestit koostuvat kahdestakymmenestä kysymyksestä, joista tietokone arpoo sattumanvaraisesti 15 kysymystä. Tällä pyritään ennakoimaan tilanne, että pätevyystestit olisivat ulkoa opeteltavissa. Pätevyytestien läpäisyn hyväksymisprosentti on 80 %, joten 15 kysymyksen testin hyväksytysti suorittaminen vaatii 12 oikeaa vastausta. Pätevyytestin kysymykset koostuvat monivalintatehtävistä, joissa on joko yksi tai useampi oikea vaihtoehto. Kysymykset ovat luonteeltaan helposti ymmärrettäviä. Oikeiden vastausten ymmärtäminen vaatii työkokemusta tai koulutusta kyseisistä työkaluista. Neste suorittaa säännöllisesti pätevyystestien arviointia ja väärin vastausten analysointia, jotka johtavat laadun sekä turvallisuuden jatkuvaan edistämiseen.

Pätevyystesti - Hydrauliset vetokiristystyökalut

Työkalun iskunpituus

Miten voit huomata että iskunpituus on saavuttanut sallitun maksimi arvon? Valitse yksi tai useampi oikea vaihtoehto.

- Iskunpituutta ei voi huomata, vaan se täytyy arvata
- Iskunpituus tulee selvittää työkalukohtaisesti ennen työn aloitusta
- Työkalu antaa äänimerkin kun maksimi iskunpituus on saavutettu
- Iskunpituuden näkee työkalun rungosta
- Maksimi iskunpituuden kertoo viiva männässä.

Vastaa

KUVA 23. Kysymys hydraulisten vetokiristystyökalujen pätevyystestistä.

Hydraulisilla vetokiristimillä työskennellessä on syytä tietää mikä on työkalun sallittu iskunpituus. Iskunpituuden ylitys voi aiheuttaa hallitsemattoman hydraulipaineen vapautumisen. Tästä voi aiheutua vahinkoa työntekijöille sekä ympäristölle. Työkalun iskunpituutta ei tule ylittää missään tilanteessa (KUVA 23).

Pätevyystesti - Hydrauliset momenttityökalut

Työvaiheet

On tärkeää löytää sopiva kohta vastavoimavaralle. Mistä vastavoima yleensä haetaan? Valitse yksi tai useampi oikea vaihtoehto.

- Laipan rungosta
- Putkesta laippaliitoksen vieressä
- Vastavoiman saa pitämällä käsin vastavoimavarresta kiinni
- Viereisestä mutterista

Vastaa

KUVA 24. Kysymys hydraulisten momenttityökalujen pätevyystestistä.

Hydrauliset momenttityökalut tarvitsevat vastavoimaa toimiakseen. On tärkeää löytää kiinteä kohta vastavoimaa varten. Tämä edesauttaa liitoksen mutterin virheetöntä kiristystä sekä parantaa työturvallisuutta (KUVA 24).

8.2 Käyttöönotto

Pätevyystestit tullaan julkaisemaan Neste Oyj:n L2O (License to Operate) -verkkokoulutusympäristössä. Mekaanisista kunnossapitotöistä vastaavat henkilöt nimeävät testin suorittavat henkilöt. Henkilön pätevyyden voidaan varmistaa tilanteessa, mikäli

- hän ei pysty todistamaan tehneensä töitä hydraulisilla vetokiristys- ja momenttityökaluilla viimeisen kuuden kuukauden aikana
- hänet on pistokoemaisesti valittu testin tekemiseen
- hänen pätevyytensä halutaan jostain muusta syystä varmistaa.

Pätevyystestin suorittajille lähetetään linkki sähköpostilla, jonka kautta valitut henkilöt pääsevät kirjautumaan Neste Oyj:n L2O-verkkokoulutusympäristöön pätevyystestin suorittamista varten. (Laine, 2018)

Pätevyystestit voidaan suorittaa Neste Oyj:n valvomissa koulutustiloissa tai palveluntoimittajan työpaikalla. Lähtökohtaisesti testit pyritään suorittamaan molemminpuolista luottamusta kunnioittaen.

8.3 Tulevaisuus

Tulevaisuudessa Neste Oyj vastaa itse tässä insinööriyössä tuotettujen pätevyystestien julkaisusta ja käyttöönotosta. Yritys voi halutessaan muuttaa pätevyystestin sisältöä muokkaamalla kysymysten asettelua tai lisäämällä kysymyksiä. Hyväksymiseen vaadittavaa läpäisyprosenttia on myös muokattavissa, mikäli se nähdään tarpeelliseksi. Neste Oyj määrittää itse myöskin tilanteen, jossa pätevyystestejä ei suoriteta hyväksytysti. Menettely tässä tilanteessa on lisättävä Gimlet Composer verkkokurssien sisällöntuototyökalulla tuotetun testin loppuun.

Tulevaisuudessa Neste Oyj tulee vaatimaan kolmannen osapuolen koulutusta hydraulisilla kiristystyökaluilla työskenteleville henkilöille. Koulutus on vastaavanlainen kuin aikaisempi kolmannen osapuolen tarjoama laippaliitoskoulutus, mutta keskittyy standardin SFS EN 1591-4 taulukoihin Table 2 ja Table 3. Koulutuksella pyritään aikaansaamaan laadukas ja turvallinen työnsuoritus hydraulisilla kiristystyökaluilla.

Tällä hetkellä pätevyystestien suorituspaikasta ei ole tarkkaa linjausta. Tulevaisuudessa Neste Oyj:n täytyy määrittää testien suorituspaikka, niin että testit voidaan suorittaa parhaalla mahdollisella tavalla Nesteen sekä testien suorittavien henkilöiden näkökulmasta.

Tässä insinööriyössä laaditut pätevyystestit tullaan liittämään jo aikaisemmin laadittujen pätevyystestien yhteyteen. Testin suorittaville henkilöille valikoidaan näistä pätevyystesteistä työtehtävän vaatimuksia vastaavat pätevyystestit.

9 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä on tarkasteltu laippaliitosten asennukseen sekä purkuun liittyvien standardien:

- SFS EN 1591-4 "Flanges and their joints. Part 4: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems"
- ASME PCC-1-2010 "Guidelines for pressure boundary bolted flange joint assembly"

sekä Neste Oyj:n oman spesifikaation:

- F-101 "Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen"

asettamia vaatimuksia hydraulisilla kiristystyökaluilla työskentelevän henkilön pätevyyden varmistamista ajatellen.

Osaamisvaatimukset hydraulisille kiristystyökaluille tulevat standardin SFS EN 1591-4 taulukoiden:

- Table 2 - Training matrix for hydraulic tension tightening (Hydrauliset vetokiristystyökalut)
- Table 3 - Training matrix for hydraulic torque tightening (Hydrauliset momenttityökalut)

perusteella.

Insinööriyössä käsiteltiin myös teoriapainotteisesti hydrauliiikan peruskäsitteitä, hydrauliiikkajärjestelmän osia sekä hydraulisia kiristystyökaluja.

Tässä insinööriyössä tuotettujen pätevyystestien sisältö tulee edellä mainittujen standardien ja spesifikaatioiden sekä niiden sisältämien taulukoiden pohjalta. Pätevyystestit on luotu Gimlet Composer verkkokurssien sisällöntuottotyökalun avulla. Pätevyystestit luovutettiin Neste Oyj:n käyttöön julkaisuvalmiina. Yritys vastaa itse tuotetun materiaalin käyttöönotosta ja jakelusta tulevaisuudessa.

10 LÄHTEET

- Ansaharju, T. (2009). Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY Oppimateriaali Oy.
- ASME PCC-1-2010. (2010). Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly.
- Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Suosara, E. (1999). Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Enerpac. (2018). Downloads. Saatavissa: <https://www.enerpac.com/en/downloads?topic=All&format=2074>
- Flowserve Corporation. (2005). Ohjeet asennusta, käyttöä ja huoltoa varten reaktorikierrätyspumulle.
- Guillom. (2008-10-30). Saatavissa: Wikimedia Commons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Laminar_and_turbulent_flows.svg
- Haitor Oy. (2012). Tentec vetotyökalut.
- Haitor Oy. (2018a). Kiristystekniikka. Saatavissa: <http://www.haitor.com/fi/tukimateriaali/standardit/>
- Haitor Oy. (2018b). Manuaalit. Saatavissa: <http://haitor.fi/fi/tukimateriaali/manuaalit/>
- Haitor Oy. (2018c). Tuotteet. Saatavissa: <http://www.haitor.com/fi/tuotteet/?cat=b1e04a2c514c654e7e7f13e157ecaac4&mfr=&rng=&id=f24051e8515bce3a540582685ecaac4>
- Hayward Pipe & Supply Co Inc. (2018). ANSI & ASME B16.5 Pipe Flanges. Saatavissa: <http://www.haywardpipe.com/products/pipe-flanges/ansi-asm-b16-5-flanges/>
- Hydraulics & Pneumatics. (2012-1-1). Saatavissa: Hydraulics & Pneumatics: <http://www.hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/Cylinders/Article/False/6423/TechZone-Cylinders>
- Laine, S. (2018). Koulutusinsinöörin haastattelu.
- Mannonen, M. (2012). Hydraulisesti venytettävien työohjeet. Neste Oyj arkisto.
- Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. (2005). Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Neste Oyj. (2016). Puhtaammat ratkaisut - strategiamme ydin. Saatavissa: <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/visio-ja-missio/strategiset-tavoitteet>

Neste Oyj. (2017). Neste maailman toiseksi vastuullisin yritys. Saatavissa:

<https://www.neste.com/fi/fi/neste-maailman-toiseksi-vastuullisin-yritys>

Neste Oyj. (2017-3-16). Nesteen, Veolian ja Borealiksen voimalahanke Porvoon Kilpilahdessa toteu-

tuu. Saatavissa: <https://www.neste.com/fi/fi/nesteen-veolian-ja-borealiksen-voimalahanke-porvoon-kilpilahdessa-toteutuu>

Neste Oyj. (2017). Uusiutuvat tuotteet. Saatavissa: [https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-](https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/liiketoiminta-alueet/uusiutuvat-tuotteet)

[meist%C3%A4/liiketoiminta-alueet/uusiutuvat-tuotteet](https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4/liiketoiminta-alueet/uusiutuvat-tuotteet)

Neste Oyj. (2018). Nesteen tilinpäätöstiedote 2017. Saatavissa: [https://www.neste.com/fi/fi/neste-](https://www.neste.com/fi/fi/nesteen-tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6stiedote-2017)

[teen-tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6stiedote-2017](https://www.neste.com/fi/fi/nesteen-tilinp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6stiedote-2017)

Nord-Lock Group. (2018). Superbolt. Saatavissa: [http://www.nord-lock.com/superbolt/multi-jack-](http://www.nord-lock.com/superbolt/multi-jack-bolt-tensioners/)


[bolt-tensioners/](http://www.nord-lock.com/superbolt/multi-jack-bolt-tensioners/)

SFS EN 1591-4. (2013). Flanges and their joints. Part 4: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressurized systems.

Spesifikaatio F-101. (2016). Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen.

Suvanto, K. (2012). Tekniikan fysiikka 1. Porvoo: Edita Publishing Oy.

11 LIITE 1: KALIBROINTITODISTUS

 Haitor Oy Viiljelijantie 8, 00410 Helsinki puh.: (09) 5660970 fax: (09) 5663211 e-mail: haitor@haitor.com Internet: www.haitor.com																				
Kalibrointitodistus																				
Kalibroitu laite: Painemittari Valmistaja: Tentec Sarjanumero: 55787/20-06	Toditusno: 18706 Päivämäärä: 13.12.2011 Lämpötila: 20 °C Kalibroinin suoritti J1																			
Liittyy laitteeseen: <input style="width: 100px;" type="text" value="Tentec"/>	sn: <input style="width: 100px;" type="text" value="207061"/>																			
<p>Painemittarin annettiin tasaantua 3 h mittaushuoneessa ennen kalibrointia. Mittari paineistettiin kolme kertaa täyteen paineeseen ennen kalibrointia. Kalibrointi suoritettiin nousevalla paineella. Lukemaa otettaessa mittaria naputeltiin kevyesti.</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Mittaustulokset</th> <th>Näyttämä</th> <th>Virhe %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">bar</td> <td style="text-align: center;">bar</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">502,0</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">-0,40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">998,0</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">0,20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1245,0</td> <td style="text-align: center;">1250</td> <td style="text-align: center;">0,40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1490,0</td> <td style="text-align: center;">1500</td> <td style="text-align: center;">0,67</td> </tr> </tbody> </table>			Mittaustulokset	Näyttämä	Virhe %	bar	bar		502,0	500	-0,40	998,0	1000	0,20	1245,0	1250	0,40	1490,0	1500	0,67
Mittaustulokset	Näyttämä	Virhe %																		
bar	bar																			
502,0	500	-0,40																		
998,0	1000	0,20																		
1245,0	1250	0,40																		
1490,0	1500	0,67																		
<i>Mittalaitetiedot</i>																				
Testilaitte: Digital pressure gauge AEP BIT02B Sarjanumero: 2988-6	Tarkkuus (%): 0.2 Kalibrointipäivämäärä: 21.6.2011 Tod: 717000																			
Kalibroinnista vastaa: Helsingissä 13.12.2011																				