

Tero Torvinen

Laippaliitosasentajan pätevyyden varmistaminen öljynjalostamolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

30.12.2016

Tekijä Otsikko	Tero Torvinen Laippaliitosasentajan pätevyyden varmistaminen öljynjalostamolla
Sivumäärä Aika	50 sivua + 1 liite 30.12.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitoinsinööri Pasi Parhamaa HSE päällikkö Tommi Leppänen Lehtori Janne Nuotio
<p>Insinööriyössä määritettiin Neste Oyj:n Porvoon öljynjalostamon putkistojen ja painelaitteiden laippa- ja pantaliitosten keskeisimmät laaduntuottotekijät. Tavoitteena oli tuottaa määritettyihin laaduntuottotekijöihin perustuen pätevyystesti, jolla voidaan tarvittaessa varmentaa standardin SFS-EN 1591-4 mukainen laippaliitosasentajan pätevyys.</p> <p>Porvoon öljynjalostamolla arvioidaan olevan yli 20 000 km prosessiputkistoa ja yli 100 000 kpl laippaliitoksia. Öljynjalostamon putkistoissa virtaa korkeassa paineessa ja lämpötilassa suuria määriä erilaisia syttyviä nesteitä ja kaasuja. Ruuviliitosten laatua on kuitenkin historiallisesti pidetty toissijaisena verrattuna hitsiliitoksiin, vaikka samassa putkessa tai laitteessa voi olla hitsi- ja ruuviliitoksia. Vuoto ruuviliitoksessa aiheuttaa yhtä vakavat seuraukset kuin vuoto hitsiliitoksessa. Tästä syystä kriittisiksi luokiteltujen ruuviliitosten laadunvarmistusta ei voi liikaa korostaa.</p> <p>Öljynjalostamolle tyypillisten ruuviliitosten laaduntuottotekijät määritettiin seuraamalla Porvoon tuotantolinjan 4 yksikkösisokin aikaista toimintaa sekä perehtymällä Neste Oyj:n spesifikaatioihin ja käytössä oleviin standardeihin. Laaduntuottotekijöiden perusteella tehtiin pätevyystesti, joka tullaan julkaisemaan Neste Oyj:n L2O-verkkokoulutuslustomalla. Pätevyystestillä voidaan tarvittaessa todentaa standardin SFS-EN 1591-4 mukainen laippaliitosasentajan pätevyys, mikäli henkilö ei pysty todistamaan tehneensä standardin mukaisia laippaliitosasennuksia viimeisen kuuden kuukauden aikana. Testiä tullaan käyttämään palveluntarjoajan toimittaman työvoiman pistokoemaiseen pätevyyden varmennukseen.</p> <p>Insinööriyössä tuotettu pätevyystesti osaltaan varmistaa, että laippaliitosasentajalla on valmiudet avata, sulkea ja tarkastaa ruuviliitos annettujen ohjeiden ja hyvien työtapojen mukaisesti. Tavoitteena on tuottaa ruuviliitos, joka ei aiheuta vuotoa sen elinkaaren aikana.</p>	
Avainsanat	Ruuviliitos, SFS-EN 1591-4, laadunvarmistus, laaduntuottotekijät, pätevointi, pätevyysvaatimus, Neste Oyj, öljynjalostamo

Author Title	Tero Torvinen Competence Control of a Bolting Technician in an Oil Refinery
Number of Pages Date	50 pages + 1 appendix 30 December 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Pasi Parhamaa, Maintenance engineer Tommi Leppänen, HSE manager Janne Nuotio, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis determines the key quality control factors of the flanged and clamped connectors of the pipelines and pressure equipment in the Neste Corporation Porvoo oil refinery. The goal of the thesis was to produce a competence test based on the determined quality control factors. The test can be used to confirm the competence of the bolting technicians in accordance with the standard SFS-EN 1591-4.</p> <p>Porvoo oil refinery is estimated to have approximately 20 000 km of pipelines and over 100 000 flanged connectors. Highly flammable fluids and gasses flow in the refinery's pipelines. Even though one pipeline or pressure equipment may include both bolted and welded connections, the quality of the bolted connections has historically been secondary compared to the welded connections. A leak in a bolted connection is as severe as a leak in a welded connection. Therefore, the quality control of the bolted connections cannot be underestimated.</p> <p>The key quality control factors of the distinctive bolted connection on the oil refinery were determined by monitoring the action of the bolting technicians during the overhaul of the Porvoo refinery production line 4 and by familiarizing with the Neste Corporation specifications and the used standards. Based on the determined key quality control factors the competence test was created. It will be published in the Neste L2O online training program. The test can be used in verifying the competence of the bolting technician based on the standard SFS-EN 1591-4, if he/she cannot substantiate that he/she has worked with the corresponding bolted connections during the last six months. The competence test will be used as a random test for demonstrating the competence of bolting technicians supplied by a service provider.</p> <p>The competence test created in this bachelor's thesis will for its part ensure that bolting technicians have the necessary capability to assembly, disassembly and inspect bolted connectors according to the instructions and good working methods. The goal is to produce a bolted connection that does not result in a leak during its life cycle.</p>	
Keywords	Bolted connection, SFS-EN 1591-4, quality control, quality control factors, competence, Neste Corporation, oil refinery

Sisällys

Lyhenteet & käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Neste Oyj	2
1.3	Ruuviliitoksen laadunvarmistus	3
2	Laippaliitosasentajan koulutus ja pätevänti	5
2.1	SFS-EN 1591-4 pätevyysvaatimuksena	5
2.1.1	Standardin rakenne	5
2.1.2	Koulutus ja pätevänti	7
2.2	Standardin soveltaminen Nesteellä	7
2.3	Ruuviliitoksen luokittelu ja esikiristyksen vaatimukset	9
2.3.1	Ryhmä A	10
2.3.2	Ryhmä B	10
3	Ruuviliitos	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Laippaliitos	12
3.3	Tiivisteet	17
3.3.1	Tiivisteet laippaliitoksissa	17
3.3.2	Pehmeät tiivisteet	19
3.3.3	Metalliseostetut ja vahvistetut tiivisteet	20
3.3.4	Kokometallitiivisteet	22
3.4	Pantaliitos	23

4	Laadun tuotto	27
4.1	Laatuvaatimus	27
4.2	Toiminnan laatu	27
4.3	Toiminnon laatu	28
4.4	Laaduntuottotekijät	29
4.4.1	Jatkuva parantaminen (NCR & PMS)	30
4.4.2	Henkilöstö	31
4.4.3	Työ- ja asennusohje	31
4.4.4	Suunnittelu ja esivalmistelu	32
4.4.5	Komponenttien hallinta	32
4.4.6	Työkalut	33
4.4.7	Asennuskohde ja ympäristö	34
4.4.8	Viimeistely ja dokumentointi	34
4.4.9	Tarkastaminen	35
4.4.10	Käyttö ja operointi	35
5	Ruuviliitoksen asennus	36
5.1	Toiminta asennuksen aikana	36
5.2	Yleisimmät toiminnan puutteet	37
5.2.1	Puutteellinen kiristys	38
5.2.2	Linjausvirhe	39
5.2.3	Vioittunut laippa	40
5.2.4	Viallinen tiiviste	42
6	Pätevyystesti	43
6.1	Pätevyystestin rakenne	43
6.2	Materiaalin testaus	46
6.3	Tulevaisuus ja pohdintaa	46
7	Yhteenveto	48
	Lähteet	49
	Liite. Laippaliitoksen asennuspöytäkirja	

Lyhenteet & käsitteet

ASME	American Society of Mechanical Engineers
CEN	Comité Européen de Normalisation, European committee for standardization
L2O	Licence to operate, Neste Oyj:n verkkokoulutuslupa
NCR	Neste Continuous Improvement Reporting
NDT	Non-destructive Testing, Rikkomaton aineenkoetus
NOS	Neste Oil Standard
PED	Pressure Equipment Directive, Euroopan Unionin painelaitedirektiivi
PMS	Punch Management System
PN	Pressure Nominal
RF	Raised Face, "Korokelaippa"
RTJ	Ring Type Joint, "Rengasuralaippa"
SFS	Finlands Standardiseringsförbund, Suomen Standardisoimisliitto
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association
Asentaja	Ruuviliitoksen avaava tai sulkeva taho
Katselmus	Suullinen ajatustenvaihto, jolla varmistetaan, että tilaaja ja asentaja ovat kykeneviä suorittamaan asennuksia ja tarkastuksia siinä laajuudessa kuin on sovittu

Komponentti Ruuviliitokseen kuuluvat komponentit, kuten ruuvit, aluslevyt, tiivisteet, välirenkaat ja laipat; kiinnitysosilla tarkoitetaan ruuveja, muttereita, aluslevyjä ja välirenkaita

Painelaite Suljettu tila, johon voi kehittyä ylipaine

Sisältö Putkistossa tai painelaitteessa virtaava paineenalainen aine

Tilaaaja Neste Oyj:n valtuuttama henkilö tai erillisellä sopimuksella hyväksytty muu tilaaja

Työnvalvoja Asentajan nimissä toimiva työnvalvoja

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tämä insinööriytyö tehdään Neste Oyj:n Suomen tuotantolaitoksille. Insinööriytyö on osa yrityksen laippaliitosasentajan päteväntikoulutusta. Pätevöinnin tuottaa ulkopuolinen koulutuslaitos ja se perustuu standardiin SFS-EN 1591-4. Pätevöinnin tavoitteena on osaltaan varmistaa, että ruuviliitoksia tekevä henkilöstö on asianosaavaa. Pätevyys on voimassa viisi vuotta.

Insinööriytyön teoriaosassa määritellään öljynjalostamon putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten keskeiset laaduntuottotekijät. Soveltavassa osassa tuotetaan määriteltyihin laaduntuottotekijöihin perustuen pätevyystesti, jolla voidaan tarvittaessa todentaa standardin SFS-EN 1591-4 mukainen laippaliitosasentajan pätevyys. Pätevyystestiä tullaan soveltamaan palveluntarjoajan toimittaman työvoiman pätevyuden varmentamiseen seisokki- ja huoltotöiden aikana. Testi toteutetaan verkkotestinä.

Päteväntitestin sisältö tuotetaan Gimlet Composer-ohjelmalla. Tuotettu materiaali julkaistaan Nesteen L2O verkkokoulutusalueella. Päteväntitestin tulee sisältää öljynjalostamon ruuviliitoksille ominaiset erityispiirteet sekä niiden asennukseen, tarkastukseen ja komponentteihin liittyvät vaatimukset.

Pätevyystestin tulee perustua eurooppalaiseen standardiin SFS-EN 1591-4 *Flanges and their joints part 4: Qualification of personnel competency in assembly of bolted connections of critical service pressurized systems* taulukkoihin 1, 4 ja 8 sekä sisältää Neste Oyj:n spesifikaatio F-101 *Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen*.

1.2 Neste Oyj

Neste Oyj (lyhyesti Neste) on suomalainen öljynjalostukseen ja öljyn vähittäismyyntiin keskittyvä yritys, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat fossiilisista ja uusiutuvista raaka-aineista valmistetut polttoaineet ja tärkeimmät öljytuotteet. Yhtiön liikevaihto vuonna 2014 oli noin 15 miljardia euroa ja yhtiön osake on listattu NASDAQ Helsingissä. Työntekijöitä yrityksessä on noin 5 000. Suomen valtio on Nesteen suurin omistaja 50,1 %:n osuudella. [Neste 2016.]

Neste Oyj perustettiin vuonna 1948 turvaamaan Suomen öljyhuolto. Neste ja Imatran Voima Oy fuusioituivat vuonna 1998 perustaen Fortum Oyj:n. Fortumin öljytoimiala erkaantui jälleen omaksi yhtiökseen vuonna 2005. Uusi yritys listautui Neste Oil Oyj:nä Helsingin pörssiin. Vuonna 2015 yhtiö päätti jättää ”Oil” sanan nimestään, jolloin sen nimi muutettiin jälleen Neste Oyj:ksi. Tätä perusteltiin sillä, että ”Oil” viittaa fossiiliseen raaka-öljyyn. Uusiutuvat raaka-aineet ovat kuitenkin yhtiön tuotannossa merkittävässä asemassa. Neste on maailman suurin uusiutuvan dieselin toimittaja. [Neste 2016.]

Nesteen tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa, Rotterdamissa ja Singaporessa. Suomen jalostamot sijaitsevat Porvoossa ja Naantalissa, mutta näiden ajatellaan muodostavan yhden jalostamokokonaisuuden. Tuotantolinjoista neljä on Porvoossa (kuva 1) ja yksi Naantalissa. Porvoon raakaöljyn jalostuskapasiteetti on noin 206 000 barreliä (1 bbl = 159 l) päivässä eli 10,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Porvoon jalostamolla sijaitsee myös kaksi uusiutuvia tuotteita valmistavaa yksikköä. Nesteellä on Porvoossa öljysatama, joka on tonnimääräisesti Suomen suurin satama. Naantalin tuotantolinjalla valmistetaan mm. dieseliä, liuottimia, bitumia ja pienmoottoribensiiniä. Naantalin raakaöljyn jalostuskapasiteetti on noin 58 000 barreliä päivässä eli kolme miljoonaa tonnia vuodessa. Singaporen ja Rotterdamin jalostamot tuottavat yksinomaan uusiutuvia polttoaineita. Kummankin jalostamon tuotantokapasiteetti on noin miljoona tonnia vuodessa. Lisäksi Neste omistaa 45 % Bahrainissa sijaitsevasta perusöljylaitoksesta. Laitos tuottaa voiteluöljyjen valmistuksessa käytettäviä perusöljyjä noin 400 000 tonnia vuodessa. [Neste 2016.]



Kuva 1. Nesteen Porvoon jalostamon tuotantolinjat 1 ja 2, kuvattu tuotantolinja 4:ltä.

Porvoon jalostamolla on asennettuna noin 50 000 erilaista laitetta. Prosessiputkistoa arvioidaan olevan noin 20 000 km ja laippaliitoksia yli 100 000 kpl. Putkistoissa ja painelaitteissa virtaa suuria määriä erilaisia syttyviä nesteitä ja kaasuja. Siksi ruuviliitosten laatua ei voi liikaa korostaa. [Parhamaa 2016.]

1.3 Ruuviliitoksen laadunvarmistus

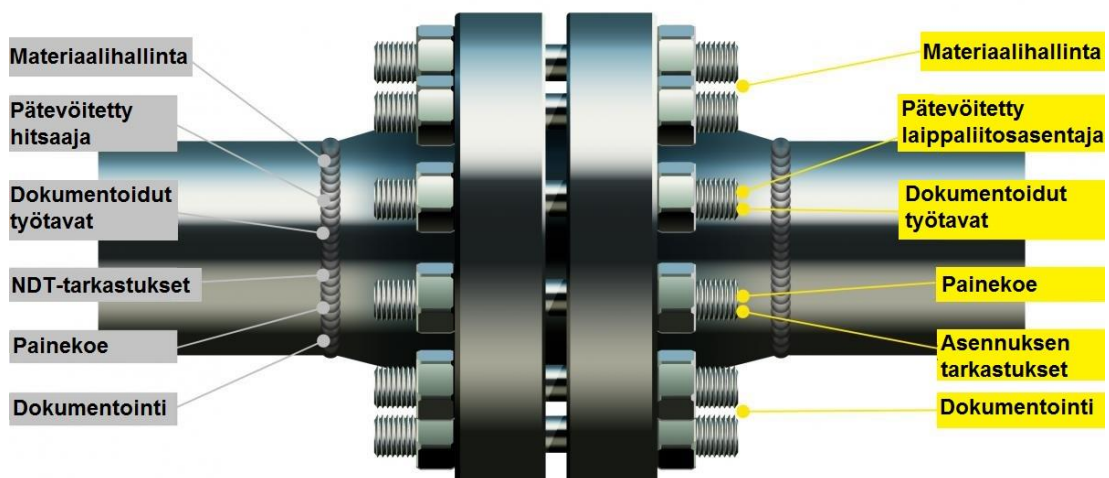
Laadunvarmistus sisältää toimenpiteitä ja toimintoja, joilla varmistetaan ruuviliitoksen kuormankantokyky ja tiiveys. Laadunvarmistuksella pyritään siihen, että tieto laatuvaatimuksesta ja informaatio kulkevat tilaajan ja asentajan välillä. Laadunvarmistus on onnistunut, kun tilaaja voi luottaa siihen, että ruuviliitos on avattu, suljettu ja tarkastettu ohjeiden ja hyvien työtapojen mukaisesti. [Parhamaa 2016.]

Historiallisesti ruuviliitosten laatua on pidetty toissijaisena verrattuna hitsiliitoksiin. Hitsaajalta vaaditaan määräajoin uusittava päteväntikoulutus. Hitsiliitokselle tehdään tarvittavat NDT-tarkastukset (*Non-destructive Testing*) sekä vuoto- ja painekokeet ennen käyttöönottoa. Liitoksesta tehdään asennus- ja tarkastuspöytäkirja. Vastaavaa laadunvarmistusta ei ole sovellettu ruuviliitoksiin, vaikka samassa putkessa tai laitteessa voi olla ruuvi- ja hitsiliitoksia. Vuoto ruuviliitoksessa aiheuttaa yhtä vakavat seuraukset kuin vuoto hitsiliitoksessa. [Hydrotight 2016.]

Vuodot aiheuttavat turhia kustannuksia, hankaloittavat käyttöä ja saattavat henkilöstön ja ympäristön vaaraan. Huoltotöiden aikaiset vuodot voivat aiheuttaa aikatauluun myöhästymisiä ja paisuttaa budjettia sekä lisätä epävarmuutta, kun laitos saadaan lopulta käyntiin. Käynnin aikana vuodot vaikuttavat aina tuottavuuteen, vähintään häiriten tuotantoa ja pahimmillaan aiheuttaen alasajon tai vaaratilanteen. Rahan, turvallisuuden ja ympäristön lisäksi vuodot vahingoittavat yhtiön imagoa. [Hydrotight 2016.]

Viime vuosina on syntynyt keskustelua ruuviliitosten laadunvarmistuksesta. Vuonna 2013 ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) ja CEN (*Comité Européen de Normalisation*) päivittivät standardejaan (ASME PCC-1-2010 ja SFS-EN 1591-4) lisäämällä laippaliitosasentajan pätevyyttä koskevat laatuvaatimukset. [Hydrotight 2016.]

Vuodesta 2016 alkaen Nesteen Suomen tuotantolaitoksilla vaaditaan standardin SFS-EN 1591-4 mukainen laippaliitosasentajan pätevänti. Ruuviliitoksia käsitellään yhtä kriittisinä kuin hitsejä (kuva 2).



Kuva 2. Laadunvarmistustoimenpiteitä hitsi- ja ruuviliitokselle [Hydrotight 2016].

2 Laippaliitosasentajan koulutus ja päteväinti

2.1 SFS-EN 1591-4 pätevyysvaatimuksena

SFS-EN 1591-4 mukaisella laippaliitosasentajan päteväintikoulutuksella on keskeinen rooli henkilöstön osaamisen kehittämisessä ja laadunvarmistuksessa. Koulutuksen tulee olla käytännönläheistä. Toiminnan ja teorian on tuettava toisiaan ja koulutuksessa huomioidaan yrityksen tarve ja tilanne. Koulutuksella tulee olla selkeä tavoite ja sen hyöty on oltava todennettavissa. Hyötyä mitattaessa tulisi miettiä, miten laatu tai suoritus on parantunut. Pelkkien koulutukseen käytettyjen tuntien tai päivien mittaaminen ei ole mielekästä. Varastoon kouluttaminen on turhaa ja koulutus tulee järjestää oikeaan tarpeeseen. [Lecklin 2006: 225.]

2.1.1 Standardin rakenne

SFS-EN 1591-4 Flanges and their joints: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressure systems

Vapaa suomennos (ei virallinen): Laippaliitokset: henkilöstön pätevyysvaatimukset kriittisten painelaitteiden ruuviliitosten kokoonpanossa

SFS-EN 1591-4:ää sovelletaan kriittisiksi luokiteltujen painelaitteiden ruuviliitosten parissa työskenteleviin asentajiin, tarkastajiin, työnjohtajiin ja suunnittelijoihin. Standardi määrittää pätevyysvaatimukset kaikille edellä mainituille henkilöille. Työntekijällä on oltava standardin mukainen pätevyys, jotta hän voi työskennellä pätevyyttä vastaavan työtehtävän parissa. Kaikkien päteväintikoulutukseen osallistuvien on suoritettava perustason päteväinti (Table 1 – Foundation level training matrix), jonka jälkeen henkilö voi suorittaa tarvitsemansa koulutusasteen. [SFS-EN 1591-4 2013: 5.]

Standardin koulutus- ja päteväntiosiot (vapaa suomennos, ei virallinen):

- Table 1 – Foundation level training matrix (Perustaso)
- Table 2 – Training matrix for hydraulic tension tightening (Hydrauliset kiristystyökalut)
- Table 3 – Training matrix for hydraulic torque tightening (Hydrauliset momentti-työkalut)
- 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 (Laippayksiköt, "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 2013: 9 - 15.]

Työnvalvojalla on oltava voimassaoleva pätevänti kaikilta niiltä standardin osa-alueilta, joita sovelletaan hänen valvontansa alaisiin ruuviliitoksiin. Lisäksi hänen on suoritettava "Table 11 – Training matrix for responsible engineer" - kohdan mukainen koulutus. [SFS-EN 1591-4 2013: 15.]

2.1.2 Koulutus ja päteväinti

Standardin mukainen laippaliitosasentajan päteväintikoulutus sisältää jokaista koulutusastetta kohden teoriaosan ja käytännönosan. Koulutuksen päätteeksi järjestetään teoria- ja käytännönkoe, jotka kumpikin on läpäistävä. Henkilön tulee suorittaa kaikki ne koulutusasteet, joiden taitoja hän työssään tarvitsee. Koulutuksen kesto on päätettävissä koulutuksen tarjoajan ja tilaavan yrityksen kesken. Sisällössä tulee ottaa huomioon henkilöstön aikaisempi työkokemus. [SFS-EN 1591-4 2013: 7 - 8.]

Kun henkilö on työskennellyt koulutusta vastaavien tehtävien parissa aikaisemmin ja hänet on työssään päteväitetty standardin kuvaileman koulutuksen kaltaisella teoriakoulutuksella ja käytännön harjoittelulla (esim. osana työharjoittelua), hänen ei tarvitse suorittaa standardin kuvailemaa koulutusosaa. Hän voi siirtyä suoraan teoria- ja käytännönkokeeseen. [SFS-EN 1591-4 2013: 7.]

Mikäli henkilö ei ole suorittanut standardin kuvailemaa teoriakoulutusta, vaan hänet on perehdytetty työhön ainoastaan käytännötyöllä (esim. kokeneiden asentajien johdolla), hänen on suoritettava standardin mukainen teoria- ja käytännönkoulutus. Tämän jälkeen hänen on suoritettava teoria- ja käytännönkoe. [SFS-EN 1591-4 2013: 7.]

2.2 Standardin soveltaminen Nesteellä

F-101 *Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen* on Nesteen sisäinen spesifikaatio (yrityskäytäntö), jonka tarkoituksena on asettaa yleiset laatuvaatimukset painelaitteiden ja putkistojen ruuviliitosten hallinnalle sekä laatuvaatimukset työvaiheille, komponenteille, työvälaineille, tarkastuksille ja liitoksia tekeville henkilöille. [F-101 2016: 4.]

Neste vaatii, että laippaliitosasentajan päteväinnin myöntävän osapuolen on oltava kolmannen osapuolen hyväksymä ulkopuolinen koulutuslaitos. Päteväintikoulutuksen tulee kattaa (toistaiseksi) standardin SFS-EN 1591-4 taulukot 1,4 ja 8. Lisäksi koulutuksen on sisällettävä Nesteen ruuviliitoksia käsittelevä spesifikaatio F-101. Erillisellä sopimuksella voidaan tarvittaessa vaatia taulukoiden 2, 3, 6 ja 7 mukainen pätevyys. Loput taulukot otetaan käyttöön tarvittavassa laajuudessa tulevaisuudessa. Päteväinti vaaditaan Suomen Neste Oyj:n tuotantolaitosten prosessiyksiköissä (ISBL) ja säiliöalueilla (OSBL) seuraavissa kohteissa:

- putkistojen ja painelaitteiden paineenalaisissa ruuviliitoksissa ja liitoksissa, joissa putkisto yhdistyy ruuviliitoksella koneeseen tai muuhun laitteeseen
- ilmajäähdyttimien ruuvitulppien asennuksessa
- instrumentointiliitoksissa, jotka kuuluvat painelaitedirektiivin (PED) soveltamisalueen luokkiin I-IV.

[F-101 2016: 4, 9.]

Satama- ja terminaalialueet sekä seuraavat tapaukset eivät kuulu pätevöinnin soveltamisalueisiin:

- ruuvilliset side- ja varusteliitokset
- ruuvittomat avattavat paineelliset liitokset
- koneiden ja pyörivien laitteiden sisäiset ruuviliitokset.

[F-101 2016:4.]

Nesteen Suomen tuotantolaitoksilla vaaditaan todistus voimassaolevasta pätevyydestä jokaiselta henkilöltä, joka työssään joutuu asentamaan tai valvomaan F-101-spesifikaation mukaisia ruuviliitosasennuksia. Pätevöintikoulutus ja siitä saatu todistus (kuva 3) ovat voimassa myöntämispäivästä alkaen viisi vuotta. Tämän jälkeen todistus voidaan uusida verkkotestillä tai ulkopuolisen koulutuslaitoksen järjestämällä pätevöintikoulutuksella. Henkilöä voidaan vaatia todistamaan, että hän on tehnyt pätevöintiä vastaavia asennuksia vähintään edeltävän kuuden kuukauden aikana. Jos henkilö ei tähän kykene tai hänen ammattitaitonsa halutaan jostain syystä varmentaa, voidaan häneltä vaatia tässä insinööriyössä tuotetun pätevöintitestin suorittamista. [F-101 2016: 7 - 8.]



Kuva 3. Todistus standardin SFS-EN 1591-4 taulukoiden 1,4 ja 8 mukaisesta laippaliitosasentajan pätevydestä.

2.3 Ruuviliitoksen luokittelu ja esikiristyksen vaatimukset

Nesteellä sovelletaan ruuviliitosten luokitteluun painelaitedirektiivin PED-jaottelua. Ruuviliitokset jaetaan kriittisyyden perusteella A- ja B-ryhmiin. Ryhmän A muodostavat ruuviliitokset, joiden luokitus on *hyväkonepajakäytäntö* ja PED-luokka I. Ryhmän B muodostavat ruuviliitokset, joiden PED-luokitus on II, III ja IV. Luokittelu määrittelee ruuviliitoksen asennustoiminnan minimivaatimukset. Yhdistettäessä eri luokituksen putkistoja tai laitteita, noudatetaan vaativinta luokitusta. [F-101 2016: 10.]

Ruuviliitosten lukumäärästä johtuen resursseja pyritään jakamaan kohteen kriittisyyden mukaan. Kriittisellä ruuviliitoksella tarkoitetaan ryhmään B kuuluvaa ruuviliitosta. Luokittelu kriittisyyden mukaan perustuu todennäköisyyteen, jolla kohde aiheuttaa vuodon elinkaarensa aikana sekä mahdollisen vuodon seurauksiin. Vuoto kriittisen painelaitteen ruuviliitoksessa altistaa henkilöstön, prosessin ja ympäristön välittömään vaaraan. [Parhamaa 2016.]

2.3.1 Ryhmä A

Ryhmän A liitoksien esikiristäminen voidaan tehdä ilman voimaa tai vääntömomenttia mittaavaa työkalua (esim. lenkkiavaimella). Menettelytapa on seuraava:

- Komponentit tarkastetaan avauksen yhteydessä ja uusitaan tarvittaessa.
- Tiivisteet uusitaan aina (poikkeuksena pantaliitosten tiivisteet, jotka uusitaan tarvittaessa).
- Laippojen tiivistepinnoille tehdään visuaalinen tarkastus.
- Laippakortti kiinnitetään, jos se on katselmuksessa todettu tarpeelliseksi.

[F-101 2016: 10 - 11.]

2.3.2 Ryhmä B

Ryhmän B liitoksien esikiristäminen täytyy tehdä voimaa tai vääntömomenttia mittaavalla työkalulla. Mikäli tämä ei ole mahdollista, tapauksesta on tehtävä kirjallinen poikkeama. Menettelytapa on seuraava:

- Komponentit tarkastetaan avauksen yhteydessä ja uusitaan tarvittaessa.
- Tiivisteet uusitaan aina (poikkeuksena pantaliitosten tiivisteet, jotka uusitaan tarvittaessa).
- Laippojen tiivistepintojen suoruudet tarkastetaan säteen ja kaaren suunnassa.
- Visuaalisen tarkastuksen lisäksi tehdään tarvittaessa pintatarkastus (tunkeumaneste- tai magneettijauhetarkastus).
- Jälkikiristys tehdään neljä tuntia asennuksen jälkeen. Jälkikiristystarve esitetään katselmuksessa.
- Laippakortti asennetaan katselmuksessa määritetyllä laajuudella.

[F-101 2016: 11.]

3 Ruuviliitos

3.1 Yleistä

Kemian-, prosessi- ja energiateollisuudessa lämmönvaihdinten, höyrystimien, tulistimien, reaktoreiden ym. välistä ainevirtaa siirretään yleisesti putkistossa. Suunnittelussa pyritään välttämään tilannetta, jossa komponenttien vaurioituminen heikentää kuormankantokykyä. Putkisto pyritään rakentamaan yhdestä osasta ja mahdolliset liitokset pääasiassa hitsataan. Kuitenkin laitteen liittyessä putkistoon ja usein avattava putkisto on yleensä taloudellisesti järkevämpi toteuttaa ruuviliitoksella.

Ruuviliitoksen rakenneosat liitetään toisiinsa kiinnitysruuveilla. Etuna on mahdollisuus avata ja sulkea liitos rikkomatta sitä. Ruuviliitos on oikein käytettynä luotettava, se soveltuu monenlaisiin olosuhteisiin ja standardikoon ruuvit ovat suhteellisen halpoja ja hyvin saatavilla. Ruuviliitoksen luotettavuus riippuu kuitenkin pitkälti kiristysmomentista, joka on vaikeasti hallittavissa. [Björk ym. 2014: 132; Kivioja 2009: 39.]

Liikeruuvien tarkoituksena on siirtää koneita tai laitteita. Niitä ei käytetä ruuviliitoksissa. [Ansaharju 2009: 43 - 44.] Tässä työssä tullaan keskittymään ainoastaan kiinnitysruuveihin.

Laadukkaan hitsiliitoksen ei katsota heikentävän putkiston rakennetta. Sen sijaan ruuvien epäjatkuvuuskohtat aiheuttavat aina jännityshuippuja ja kiristysmomentit ovat vaikeasti hallittavissa. Ruuviliitos on suunniteltu vuodottomaksi seuraavaan huoltoväliin saakka olettaen, että liitos tarkastetaan ja huolletaan säännöllisesti. Ruuviliitos on (toisinaan) kompromissi täydellisen tiiveyden ja kustannustehokkuuden välillä. [Björk ym. 2014: 422; Kivioja 2009: 39; Parhamaa 2016.]

3.2 Laippaliitos

Laippaliitoksessa putkien tai laitteiden kiinnitysliaput liitetään toisiinsa ruuviliitoksella. Perinteisen laippaliitoksen osat ovat

- kiinnitysliaput (yleisesti käytetään sanaa laippa)
- tiiviste
- ruuvit (malliltaan yleensä vaarna- tai kuusioruuveja)
- mutterit
- aluslevyt
- eristeholkit.

Laippaliitos pidetään koossa ruuvien ja muttereiden avulla. Perinteisesti ruuveja kiristetään pyörittämällä mutteria valittuun kiristysmomenttiin esimerkiksi kuvan 4 mukaista hydraulista momenttiväännintä käyttäen. Tällöin ruuviin kohdistuu venyttävä voima, joka tuottaa siihen jännityksen. Ruuvi toimii ikään kuin jousena ja aiheuttaa laippoihin voiman, joka vetää liaput yhteen. Tätä menetelmää käytettäessä on otettava huomioon ruuvien- ja mutterinkierteen sekä mutterin- ja liapanotsapinnan välinen kitka kiristysmomenttia laskeuttaessa. [Haitor 2016b.]



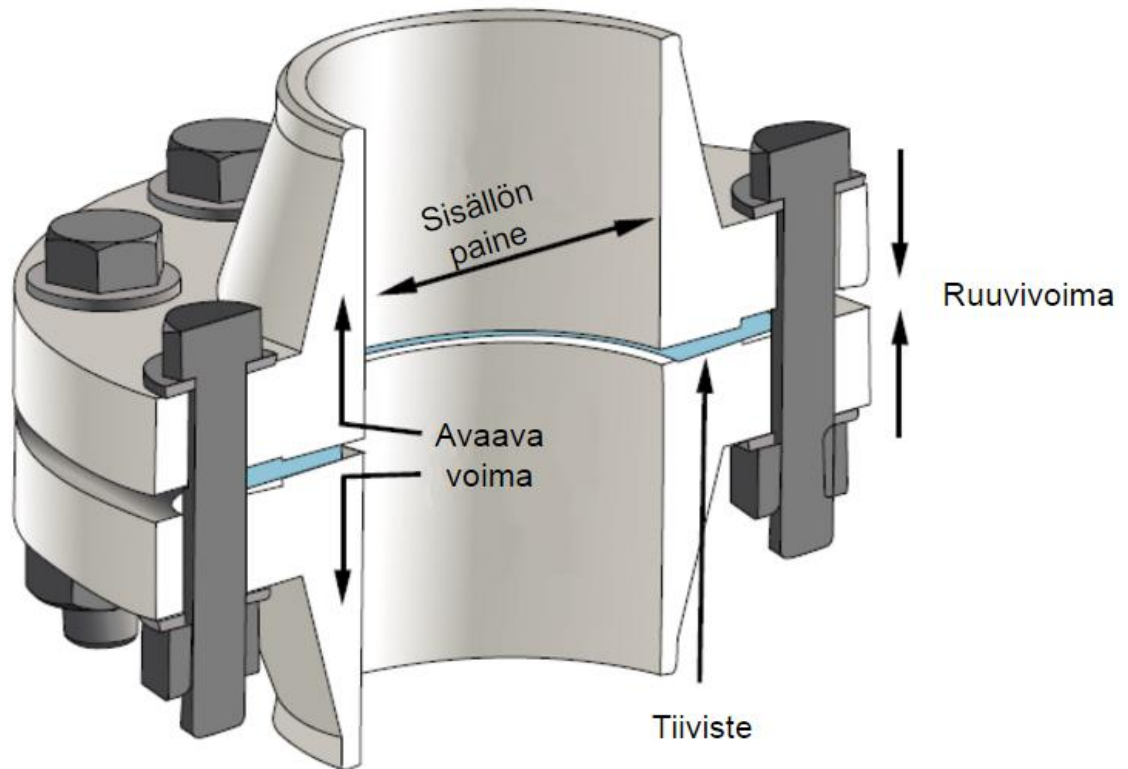
Kuva 4. Hydraulinen momenttiväännin [Haitor 2016a].

Ruuveja voidaan kiristää suoraan venyttämällä esimerkiksi kuvan 5 mukaista hydraulista vetotyökalua käyttäen. Tällöin määritetään venymää vastaava kiristysarvo eli voima, jolla ruuvia venytetään. Kun riittävä venymä on saavutettu, mutteri kierretään kiinni ja venyttävä voima vapautetaan. Tällöin ruuvi pyrkii palautumaan, jolloin siihen kohdistuu jännitys. [Haitor 2016b.]



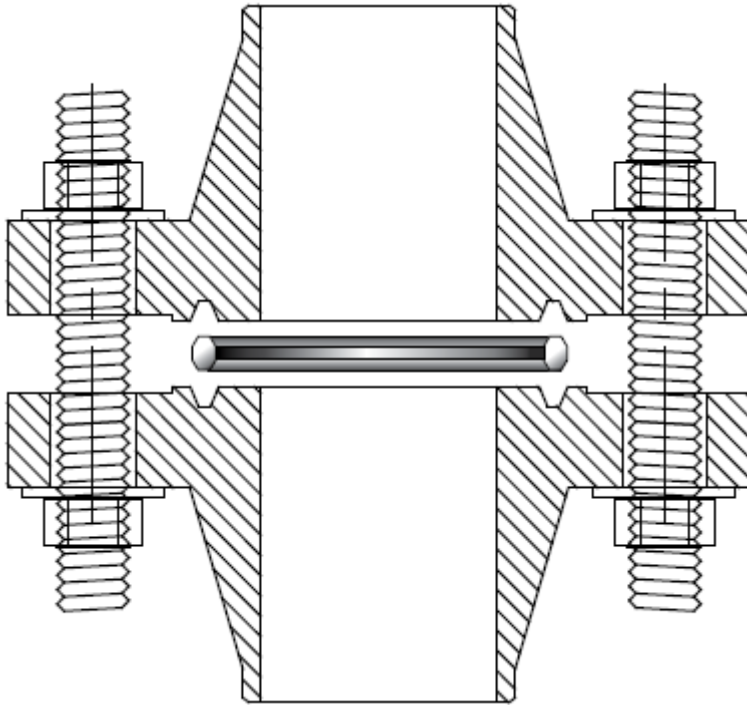
Kuva 5. Porvoon jalostamon tuotantolinjan 4 LCF-reaktori 1:n kansiruuvit asennetaan hydraulista vetotyökalua käyttäen. Taka-alalla näkyvällä ohjauspöydällä pumpataan hydraulioiljyä ruuvien kierteisiin asennettuihin sylintereihin, jotka paineen vaikutuksesta aiheuttavat ruuviin vetävän voiman. Kuvassa Tentecin valmistama työkalu.

Ruuvien jännityksen vetävää voimaa kutsutaan ruuvivoimaksi. Ruuvivoima puristaa laippoja ja tiivistettä tuottaen niihin puristuspaineen. Putkiston tai painelaitteen sisällön paine kohdistuu laippojen ja putkien seinämiin, jolloin sisältö pyrkii tiivisteen ja tiivistepintojen väliin. Sisällön paine aiheuttaa ruuvivoiman vastaisen avaavan voiman. Ruuvivoiman on vastattava vähintään sisällön painetta, jotta sisältö ei pääse purkautumaan tiivisteen ja tiivistepintojen välistä. Laskettaessa tiivisteeseen kohdistuvaa puristuspainetta on huomioitava, että käytön aikana puristuspainetta laskee sisällön avaavan voiman vaikutuksesta. Kuvassa 6 esitetään laippaliitokseen vaikuttavat voimat. [Lamons Gasket Handbook 2012: 13.]

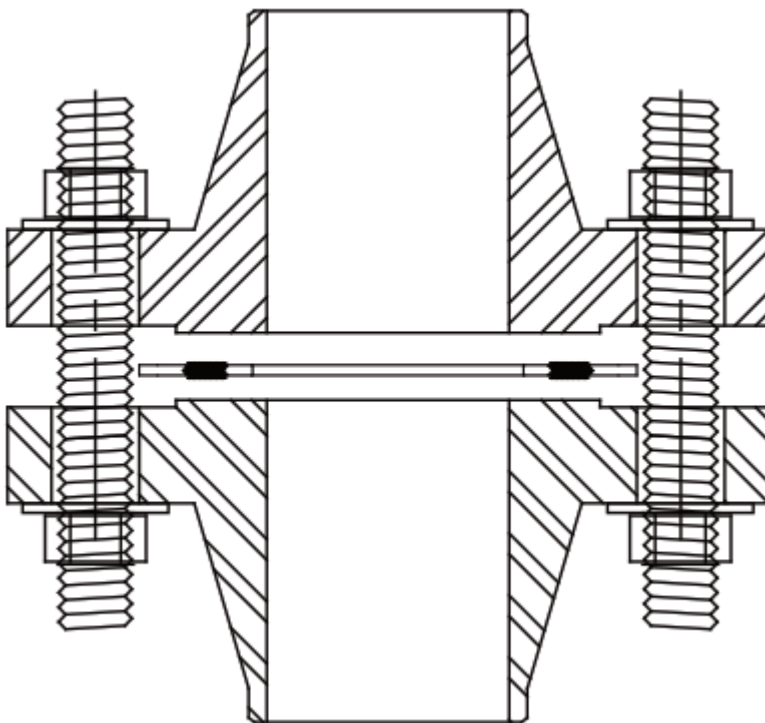


Kuva 6. Ruuvien venyminen aiheuttaa jännityksen, jota kutsutaan ruuvivoimaksi. Ruuvivoima aiheuttaa puristuspaineen laippoihin ja tiivisteeseen. Sisällön paine pyrkii tiivisteeseen ja tiiviste-pintojen väliin aiheuttaen avaavan voiman. [Lamons Gasket Handbook 2012: 13.]

Kiinnityslaippoja on lukuisia malleja. Tavallisimmin laipat ovat hitsattuina putkeen tai toimilaitteeseen. Teollisuudessa pyritään käyttämään standardoituja laippamuotoja. PN-mitotetut (*Pressure Nominal*) laipat löytyvät standardista SFS-EN 1092-1. ASME-standardin mukaiset laipat löytyvät standardista ASME B16.5. Esimerkkinä kuvissa 7 ja 8 on esitetty ASME-standardin mukaiset RTJ- (*Ring Type Joint*) ja RF- (*Raised Face*) laipat. Molemmat laippamallit ovat yleisiä öljynjalostamon laippaliitoksissa.



Kuva 7. RTJ-laippoja ("rengasuralaippa") käytetään korkeapaineisissa liitoksissa [Lamons Gasket Handbook 2012: 9].



Kuva 8. RF-laipat ("korokelaippa") ovat yleisimpiä laippoja teollisuudessa [Lamons Gasket Handbook 2012: 8].

Laippojen tiivistepintojen oikea pinnankarheus on oleellinen osa laippaliitoksen kuormankantokykyä. Vaadittava pinnankarheus riippuu sisällöstä, lämpötilasta, paineesta ja käytettävästä tiivisteestä. Yleistäen voidaan sanoa, että pehmeät tiivisteet tarvitsevat karhean ja kovat tiivisteet sileän tiivistepinnan. Tiivistepintojen muodot eroavat siinä, millä tasolla ruuvit ovat tiivistepintaan nähden sekä tiivistepinnan olakkeiden, urien ym. mukaan. [Lamons Gasket Handbook 2012: 10.] Tiivistepintojen muodot on standardoitu (SFS-EN 1091-1 ja ASME B16.5).

3.3 Tiivisteet

3.3.1 Tiivisteet laippaliitoksissa

Tiiviste on laippaliitoksen kriittisin osa. Sen tarkoituksena on tiivistää liitos ja estää sisältöä purkautumasta ulos. Sisältö voi olla kiinteää, nestettä, kaasua tai näiden seosta. Jos olisi mahdollista tuottaa täydellisesti toisiinsa sopivat tiivistepinnat, tiivisteitä ei tarvitsisi käyttää. Tämä on kuitenkin mahdotonta, koska

- laipat ja laitteet voivat olla hyvin suuria
- tiivistepintojen koneistus riittävän tasaiseksi on vaikeaa ja kallista
- tiivistepinnat voivat naarmuuntua ja kolhiintua käsittelyn, varastoinnin ja käytön aikana
- käytön aikana tapahtuu korroosiota ja eroosiota.

[Lamons Gasket Handbook 2012: 4.]

Laippaliitosten lukumäärä esimerkiksi öljynjalostamolla on niin suuri, että jokin edellisistä tulee aina toteutumaan.

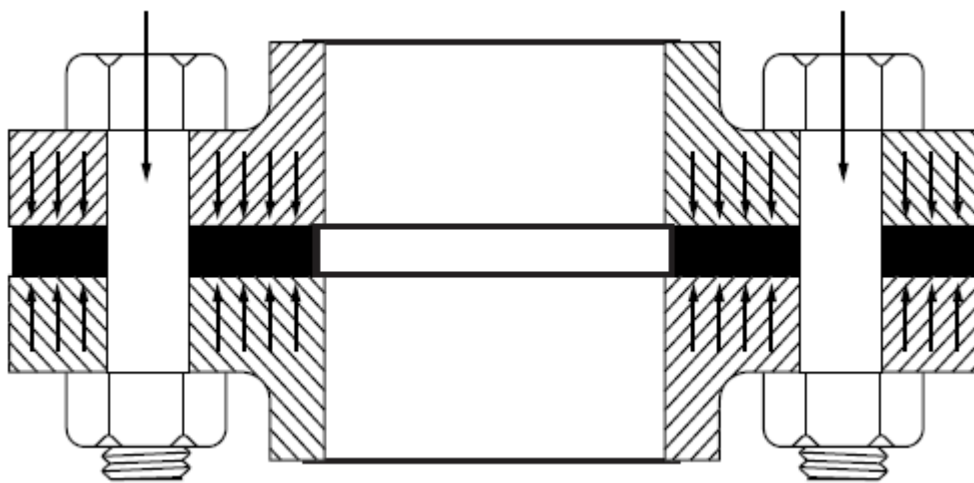
Tiiviin liitoksen tulee täyttää ainakin seuraavat ominaisuudet:

- tiivisteiden tulee sopia tiivistepinnalle
- tiivisteeseen tulee kohdistua riittävä puristusaine

- tiivisteen materiaalin tulee kestää prosessin vaatimat ominaisuudet, kuten paine, lämpötila, korrosio ja eroosio.

[Lamons Gasket Handbook 2012: 4.]

Tiivisteeseen tuotetaan puristusaine tyypillisesti ruuvivoiman avulla (kuva 9). Tällöin tiiviste mukautuu puristusaineen vaikutuksesta laippojen tiivistepintojen epätasaisuuksiin. Tämä vaatii muodonmuutoskykyä, kokoonpuristuvuutta, kimmoisuutta, lujuutta, paineenkestoa, lämpötilankestoa, kemiallista kestävyyttä ja tiiveyttä. Mukautumisen tiivistepintojen muotoihin tulisi tapahtua mahdollisimman pientä puristusainetta käyttäen. [Kivioja 2009: 163 - 164.]



Kuva 9. Puristusaine tasotiivisteeseen [Lamons Gasket Handbook 2012: 5].

Laippaliitoksen tiivisteet ovat staattisia tiivisteitä eli lepotiivisteitä. Tämä johtuu siitä, että laippojen liike on tiivistykseen nähden merkityksetöntä. Staattisen tiivisteiden tavoite on pyrkiä täysin vuodottomaan tiivistykseen. [Kivioja 2009: 164.]

Tiivistemateriaalin tulee olla pehmeämpää kuin laipan materiaali. Liian kova tiiviste voi vahingoittaa laipan tiivistepintaa. Tiivistemateriaalit jaetaan tavallisesti:

- epämetallitiivisteet (pehmeät tiivisteet)
- metalliseostetut tai vahvistetut tiivisteet (puolimetallitiivisteet)
- kokometallitiivisteet (rengastiivisteet)

[Lamons Gasket Handbook 2012: 15, 43, 99.]

3.3.2 Pehmeät tiivisteet

Epämetallitiivisteitä (yleisesti puhutaan pehmeistä tiivisteistä) on helppo muokata erilaisiin muotoihin. Pehmeät tiivisteet ovat helposti kokoonpuristuvia, jolloin ne eivät vaadi suurta puristuspainetta. Kokoonpuristuvuuden ansiosta ne sallivat tiivistepinnan vaurioita paremmin kuin kovat tiivisteet. Yleisiä materiaaleja ovat mm.

- elastomeerit
- synteettiset kuidut
- PTFE (teflon)
- joustava grafiitti.

[Lamons Gasket Handbook 2012: 15.]

Pehmeitä tiivisteitä (kuva 10) on usein vahvistettu metallilla tai kyllästetty öljyllä. Tavallisin pehmeän tiivisteiden käyttölämpötila vaihtelee noin -50 °C – 250 °C välillä, mutta osa kestänee paljon korkeampiakin lämpötiloja. Pehmeillä tiivisteillä on huono paineenkesto, joten niitä käytetään pääasiassa matalapaineisissa liitoksissa. [Lamons Gasket Handbook 2012: 15; Kivioja 2009: 164.]



Kuva 10. Pehmeitä tiivisteitä on tarjolla lukuisia malleja [Lamons Gasket Handbook 2012: 15].

3.3.3 Metalliseostetut ja vahvistetut tiivisteet

Metalliseostetut ja vahvistetut tiivisteet (puolimetallitiivisteet) koostuvat metallisesta tukirungosta ja pehmeästä pintamateriaalista. Tavallisesti grafiitti- tai teflonpinnan ansiosta tiiviste vaatii verrattain pienen puristuspaineen. Lukuisien eri materiaalivaihtoehtojen ansiosta puolimetallitiivisteitä käytetään monenlaisissa käyttökohteissa. [Lamons Gasket Handbook 2012: 42.]

Yleisimpiä puolimetallitiivisteitä ja niiden ominaisuuksia:

- Spiraalitiivisteiden (kuva 11) lämpötilan kesto vaihtelee noin 600 °C - 1100 °C välillä. Niitä käytetään paineluokkaan 2500# asti. Ne ovat yleisiä ja monipuolisia tiivisteitä, joita käytetään laajalti raskaassa teollisuudessa. Tiiviste koostuu metallista ja pehmeästä materiaalista, jotka on punottu kierros kerrallaan ohuiksi nauhoiksi. Nauhat koostuvat vuorotellen metallista ja pehmeästä materiaalista. Metallinauhat hitsataan yhteen, jolloin ne puristuessaan toimivat jousena. Vaihtelemalla metallin ja pehmeän materiaalin suhdetta saadaan erilaisiin paineluokkiin soveltuvia tiivisteitä. Laaja materiaalivalikoima mahdollistaa tiivistetyypin käytön lähes kaikissa korroosio-olosuhteissa. [Lamons Gasket Handbook 2012: 43.]



Kuva 11. Spiraalitiiviste ja esimerkkejä profiilista [Lamons Gasket Handbook 2012: 43 - 44].

- Kampaprofiilitiivisteiden (kuva 12) lämpötilan kesto on korkeimmillaan 850 °C ja paineen kesto 2500# asti. Yleisiä käyttökohteita ovat lämmönvaihtimet, suuret painelaitteet ja liitokset, joissa tapahtuu liikettä lämpötilan vaihtelun seurauksena. Tiivisteiden ydin on terästä ja pintamateriaali joustavaa pehmeää materiaalia. [Lamons Gasket Handbook 2012: 83.]



Kuva 12. Kampaprofiilitiiviste ja esimerkkejä profiilista [Lamons Gasket Handbook 2012: 83].

- Aallotetut metallitiivisteet (kuva 13) soveltuvat paineluokaltaan 150# ja 300# liitoksiin, joihin ei voida käyttää suurta ruuvivoimaa. Tiiviste koostuu aaltomaisesta metalliprofiilista, joka on päällystetty joustavalla pehmeällä materiaalilla. Ne kestävät hyvin lämpötilan ja paineen vaihtelua sekä liitoksen redusoitumista. [Lamons Gasket Handbook 2012: 89.]



Kuva 13. Esimerkki aallotetun metallitiivisteiden profiilista [Lamons Gasket Handbook 2012: 89].

- Metallivaippatiivisteet (kuva 14) koostuvat metallisesta vaipasta ja pehmeästä ytimestä. Ydin kestää tyypillisesti lämpöä n. 480 °C:seen asti. Niitä käytetään laajalti lämmönvaihtimissa. Metallia valitaan käyttökohteen ominaisuuksien mukaan. [Lamons Gasket Handbook 2012: 93.]



Kuva 14. Erilaisia metallivaippatiivisteiden profiileja [Lamons Gasket Handbook 2012: 93 - 95].

3.3.4 Kokometallitiivisteet

Yleisimmin käytetyt kokometalli- eli rengastiivisteprofiilit ovat ovaali ja kahdeksankulmio (kuva 15), jotka kestävät painetta n. 640 bar asti. Muodot on standardoitu, ja ne vaativat laipat, joihin on muotoiltu tiivisteelle ura (esim. RTJ-laippa). Kahdeksankulmaisella profiililla saadaan parempi tiiveys, mutta ne eivät sovi vanhoihin ovaaliprofiilille valmistettuihin laippapohjiin. Tasapohjainen laippapohja mahdollistaa kummankin tiivisteeprofiilin käytön. Rengastiivisteet kestävät korkeita lämpötiloja ja lämpötilan vaihtelua, paineiskuja sekä kemikaalien syövyttävyyttä. Rakenteesta johtuen asennuksessa on käytettävä suurta ruuvivoimaa. [Lamons gasket handbook 2012: 99.]



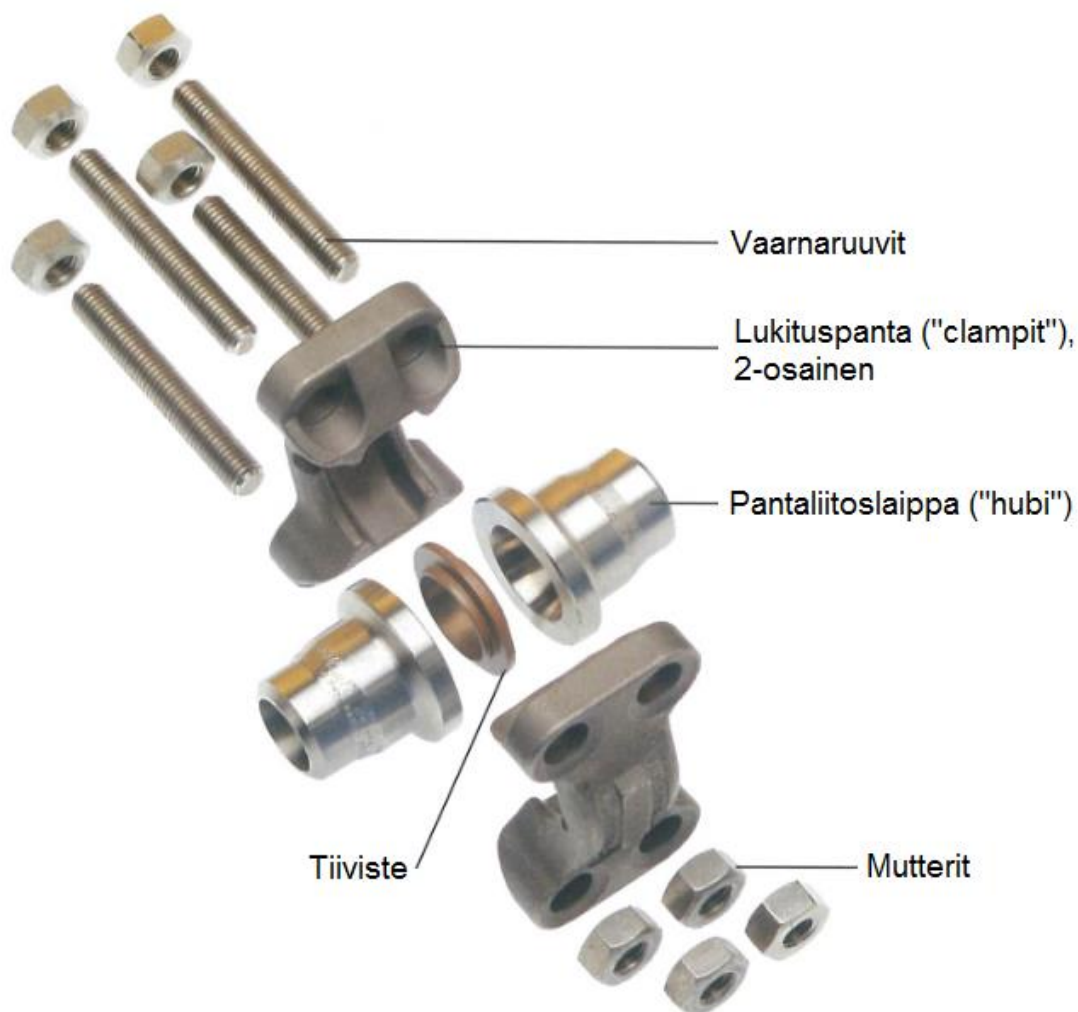
Kuva 15. Ovaali ja kahdeksankulmainen tiivisteprofiili [Lamons gasket handbook 2012: 99].

3.4 Pantaliitos

Pantaliitokset ovat yleistyneet 50 viimeisen vuoden aikana. Niitä käytetään erityisesti öljy- ja kemianteollisuuden korkeapaineisissa prosesseissa, joissa perinteisen laippaliitoksen koko kasvaa liian suureksi. Tunnetuimmat valmistajat lienevät Grayloc, Techlok, Destec ja Galperti. Nesteen tuotantolaitoksilla ja säiliöalueilla käytetään Grayloc-tyypin pantaliitoksia ja tässä työssä tullaan keskittymään niihin.

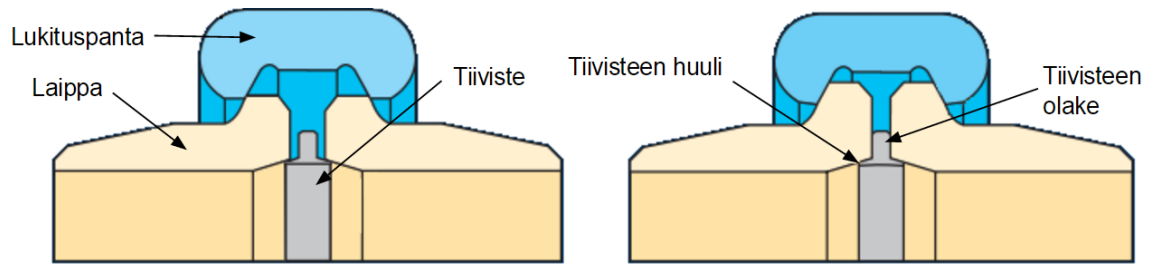
Nesteellä pantaliitoksia käytetään paineluokaltaan 1500#, 2500# ja 4500# putkistoissa. Pantaliitosta käytetään vaihtoehtona RTJ- ja RF-tiivistepintaisille laippaliitoksille. [H-101 2015: 60.]

Pantaliitoskomponenteilla ei ole vielä vakiintunutta suomalaista nimikekäytäntöä. Kuvassa 16 on esitelty grayloc-pantaliitoksen yleisimmät komponentit. Lisäksi voidaan käyttää suojaholkkia (shroud), joka suojaa tiivistettä lämpötilan vaihtelulta ja eroosiolta. Suojaholkki on kaksiosainen holkki, joka asennetaan pantaliitoksen sisään. Suojaholkki on valmistettu samasta materiaalista kuin pantaliitoslaipat.



Kuva 16. Grayloc-pantaliitoksen komponentit [Oceanengineering 2012: 2].

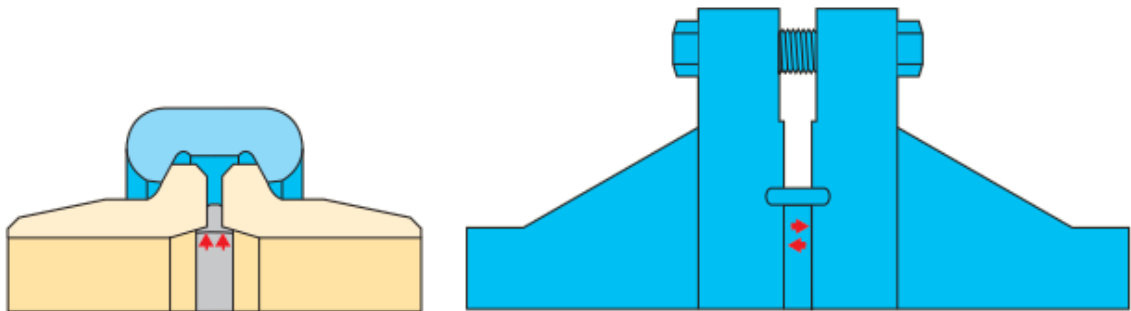
Pantaliitoslaipat hitsataan perinteisen laippaliitoksen tapaan putkeen. Tiiviste asettuu laipan tiivistepintaa vasten jättäen pienen ilma- ja tiiviste-olakkeen ja tiivistepinnan väliin (kuvassa 17 vasemmalla). Lukituspanta kiristetään laippojen ympärille tarvittavaan vääntömomenttiin, jolloin tiiviste asettuu tiukasti paikoilleen (kuvassa 17 oikealla). Tiiviste on kartiomainen metallirengas, jonka materiaalina käytetään hiiliterästä tai ruostumatonta terästä. Tiiviste voi olla päällystetty teflon- tai grafiittipinnoitteella.



Kuva 17. Tiivisteen olake jättää pienen ilmaraon laippojen tiivistepintojen väliin. Ruuvien kiristyessä tiivisteen huuli muotoutuu elastisesti laippojen tiivistepintojen epätasaisuuksiin. [Oceanengineering 2012: 3.]

Pantaliitoksen rakenteesta johtuen sillä on muutamia ominaisuuksia, jotka tekevät siitä perinteistä laippaliitosta varmemman liitosmuodon:

- Putkiston sisällön paine ei pyri tiivisteeseen ja tiivistepintojen väliin, vaan paine puristaa tiivisteeseen huulta tiukasti laippojen tiivistepintaa vasten. Tällöin ruuvien kiristysmomentti on helpommin hallittavissa. Sisällön paineen vaikutus panta- ja laippaliitokseen on havainnollistettu kuvassa 18.



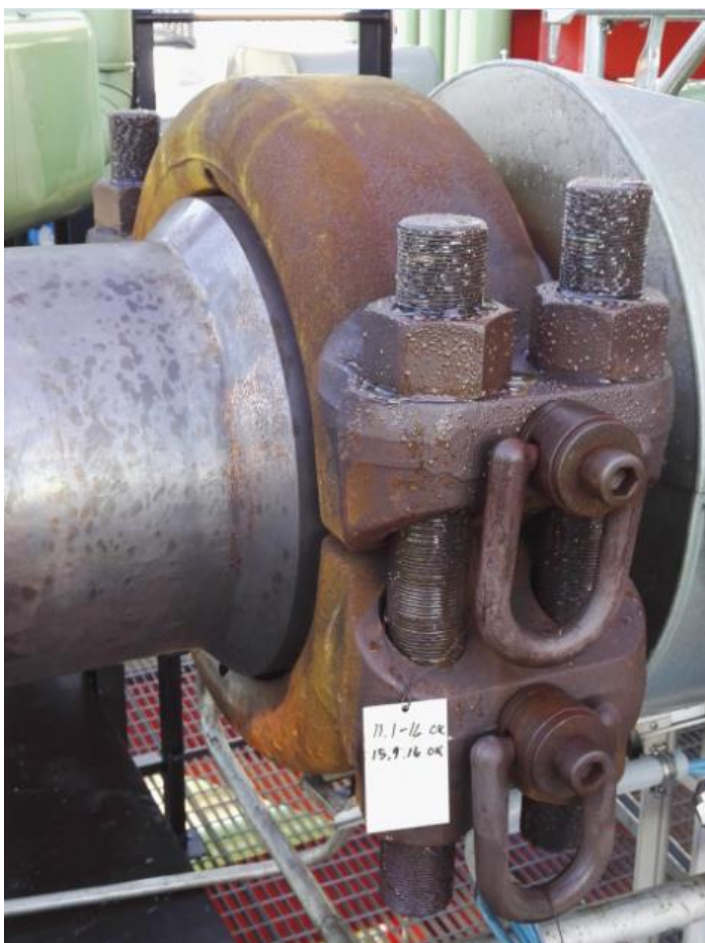
Kuva 18. Sisällön paineen vaikutus panta- ja laippaliitokseen [Oceanengineering 2012: 3].

- Liitos sietää putkiston muodonmuutoksia kuten taipumista paremmin kuin perinteinen laippaliitos [Oceanengineering 2012: 4].
- Laitteet voidaan asentaa mihin asentoon tahansa, koska laippojen ruuvireikiä ei tarvitse linjata. Lukituspantoja voidaan pyörittää laippojen ympärillä haluttuun asentoon, jolloin ruuvit voidaan kiristää sopivaan asentoon. [Oceanengineering 2012: 5.]

- Prosessipaineen kasvaessa perinteinen laippaliitos vaatii suuren tiivistepinnan ja paljon ruuveja, jotta saavutetaan riittävä kuormankantokyky. Pantaliitos vie perinteiseen laippaliitokseen nähden pienen tilan, on noin kolme kertaa kevyempi, vaatii kaikissa paine- ja kokoluokissa vain neljä vaarnaruuvia ja on täten helpompi asentaa. [H101 2015: 60.]

Pantaliitoksen heikkoutena voidaan pitää korkeaa hintaa. Toisaalta vuoto kriittisessä liitoksessa voi aiheuttaa alasajon ja maksaa moninkertaisesti itse liitoksen hinnan.

Laippa- ja pantaliitoksia voi olla samassa putkistossa, mutta yleensä suunnittelussa pyritään suosimaan jompaakumpaa liitostyyppiä. Tämä johtuu siitä, että prosessi rakennetaan tietyille paineluokalle. Prosessiyksikköön, jossa on yleisesti käytössä jompikumpi liitostyyppi, ei yleensä rakenneta erilaisia ruuviliitoksia. Porvoon jalostamon tuotantolinja 4 on korkeapaineisyksikkö, jossa suositetaan pantaliitoksia (kuva 19). Yksikössä on noin 3 300 pantaliitosta.



Kuva 19. Grayloc-pantaliitos Nesteen Porvoon jalostamon tuotantolinja 4:llä.

4 Laadun tuotto

4.1 Laatuvaatimus

Laatuvaatimus on jokin ominaisuus, jonka toiminnan tai toiminnon tulisi vähintään täyttää. Toiminnon elinkaarelle laatuvaatimuksia määrittelevät mm:

- viranomaisen (kansainvälinen tai kansallinen)
- standardi
- spesifikaatio
- ohjeet (esim. työ- ja asennusohjeet).

Viranomaisen asettamat laatuvaatimukset koskevat yleensä toiminnon turvallista valmistusta ja suunnittelua sekä kaupankäyntiä. Viranomaismääräykset ovat tavallisesti lakeja, joiden noudattaminen on pakollista. Lait ja direktiivit eivät ilmaise, miten vaatimus tulee tuottaa. [Parhamaa 2016.]

Standardi on jonkin organisaation määritelmä, miten jokin asia tulisi tehdä. Standardit eivät ole lakeja. Niiden noudattaminen on ihmisten ja yritysten omalla vastuulla. [Parhamaa 2016.]

Viranomaisen tai standardin laatuvaatimus ei ole välttämättä tarpeeksi yksityiskohtainen yrityksen käyttöön. Spesifikaatio (yrityskäytäntö) on yleissitova, tarkka ja yksiselitteinen määrittely toiminnan ja toiminnon vaatimuksista. Spesifikaatiolla täydennetään ja tarkennetaan lainsäädännön, normien ja standardien vaatimuksia huomioiden toimialan erityispiirteet. [Parhamaa 2016.]

4.2 Toiminnan laatu

Toiminnan laadulla tarkoitetaan tekemisen laatua (tässä tapauksessa esim. ruuviliitoksen asennus). Toiminta koostuu useista toimintaprosesseista, jotka rakentuvat laaduntuottotekijöistä. Laaduntuottotekijöiden avulla voidaan tarkastella, mitä toiminnan kussa-

kin vaiheessa tapahtuu ja miten laatuvaatimus täytetään. Lisäksi voidaan määrittää, milloin ja missä laatuvaatimus ei täyty sekä millaisia laatu puutteita toiminnassa esiintyy. [Parhamaa 2016.]

Laadukas toiminta saavutetaan, kun seuraavat ominaisuudet täyttyvät:

- Toiminnalla on selkeä tavoite.
- Työtavat ovat selvillä ja ne on sisäistetty.
- Jokaisella roolilla on tietty vastuu, josta muut roolit ovat tietoisia (vältetään päällekkäin tekemistä).
- Kaikkien mielipiteet ja kokemus otetaan huomioon.
- Hyvät suoritukset palkitaan.

[Hokkanen & Strömberg 2006: 38 - 39.]

4.3 Toiminnon laatu

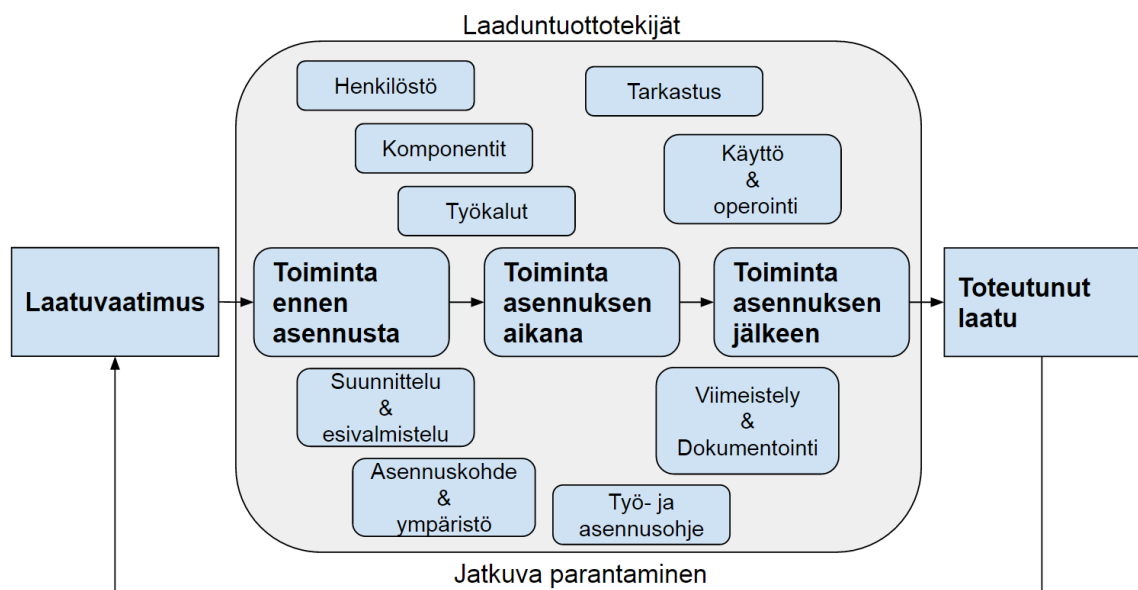
Tässä työssä toiminnolla tarkoitetaan ruuviliitosta. Toiminnan laaduntuottotehtävillä on keskeinen rooli toiminnon laadun näkökulmasta. Toiminnolle tuotetun laadun tulee olla vähintään asetettujen vaatimusten mukainen. Toiminnan laadulla pyritään toiminnon eheyteen, jota mitataan kuormankantokyvyllä ja tiiveydellä. Jos toiminnon laatuvaatimus ei täyty, aiheuttaa ruuviliitos vuodon elinkaarensa aikana. [Parhamaa 2016.]

4.4 Laaduntuottotekijät

Toiminnon saavuttama laatu on monivaiheisien prosessien summa. Toiminnon laatu on riippuvainen kaikista toiminnan osapuolista:

- tilaaja
- asentaja
- käyttäjät (operointi)
- suunnittelijat
- materiaalin valmistajat
- viranomaiset [Parhamaa 2016.]

Kuvassa 20 on esitetty ruuviliitoksen laaduntuottotekijät.



Kuva 20. Ruuviliitoksen keskeiset laaduntuottotekijät [Parhamaa 2016].

4.4.1 Jatkuva parantaminen (NCR & PMS)

Jatkuvan parantamisen tavoitteena on tutkia, miten toteutunut laatu vastaa laatuvaatimusta. Mikäli toiminnolle ei ole tuotettu laatuvaatimuksen mukaista laatua, on jatkuvan parantamisen avulla määritettävä, missä toiminnan osa-alueella laatu poikkeama(t) on tapahtunut. Tärkeimmät laatu poikkeamanhallintajärjestelmät Nesteellä ovat NCR (*Neste Continuous Improvement Reporting*) ja PMS (*Punch Management System*).

Nesteellä on käytössä NCR V12-poikkeamanhallintajärjestelmä, johon kaikilla yrityksen työntekijöillä on vapaa pääsy. NCR-järjestelmän tarkoituksena on poikkeamien kerääminen, käsittely ja arviointi. Henkilöstön velvollisuus on kirjata ei-toivotut tapaukset järjestelmään. NCR-poikkeamat on luokiteltu seuraavasti:

- HSE-poikkeamat kohdistuvat terveyteen, turvallisuuteen ja ympäristöön.
- Laatu poikkeamat kohdistuvat tuotteisiin, palveluun, asiakkaisiin tai toimittajiin sekä Nesteen sisäiseen toimintaan.
- ”Läheltä piti” tapaus ei sisällä seurausta. Toiminnalla olisi voinut olla ei-toivottuja seurauksia, jos olosuhteet olisivat olleet toisenlaiset.
- Auditointipoikkeama on auditoinnin tai tarkastuksen yhteydessä havaittu poikkeama.

[Parhamaa 2015: 32 - 33.]

Yksikköseisokkien aikana mekaanisten laitteiden kunnossapitotöiden yhteydessä havaittuja poikkeamia hallitaan PMS-tietokantajärjestelmällä. PMS-järjestelmän tarkoituksena on systemaattisesti kirjata laite- ja aluekohtaiset havainnot laitteissa ja työtavoissa. Havainnolla on jokin ei-toivottu vaikutus laitteen käyttöönottoon tai operointiin. Havainto voi liittyä esimerkiksi laitteen tiiveyteen. PMS-järjestelmä mahdollistaa seisokkitöiden aikaisen nopean reagoinnin poikkeamiin ja poikkeamien poistamiseen tarvittavien suunnitelmien laadinnan sekä muutoksenhaallintatoimenpiteiden asianmukaisen käsittelyn. Tämä edesauttaa laitteen turvallista käyttöönottoa ja operointia. [Parhamaa 2015: 33.]

4.4.2 Henkilöstö

Laatuajattelu lähtee yrityksen johdosta. Sen voidaan katsoa onnistuneen, kun se saadaan vakiinnutettua työntekijätason toimintaan. Henkilöstön voidaan katsoa vaikuttavan toiminnan jokaiseen osa-alueeseen. Oikeiden tekniikoiden ja toimintojen takana on aina inhimillinen tekijä. [Lecklin 2006: 213.]

Henkilöstön laatuajattelu on saatava tasolle, jolla korkea laatu on työn tavoite. Toimintaan osallistuvat ymmärtävät, miten heidän työnsä liittyy kokonaisuuteen ja millä toimenpiteillä he voivat vaikuttaa toiminnon laatuun. Toimintojen ja laaduntuottotekijöiden läpikäynti ja sen sisäistäminen, että laatu riippuu prosessin heikoimmasta lenkistä, on laatuajattelun kannalta oleellista. Työntekijän on ymmärrettävä, että vanhat ja tutut työtavat eivät välttämättä ole laadun kannalta parhaimmat. Pyritään irti ajattelumallista ”teen näin, koska näin on aina tehty”. [Lecklin 2006: 214 - 215.]

Inhimillisiä virheitä ei pystytä täysin poistamaan varsinkaan silloin, kun työskennellään uudessa ympäristössä. Laatuajattelu ei saa johtaa tilanteeseen, jossa oma-aloitteisuus ja rohkeus tarttua uusiin ja vaikeisiin asioihin häviää virheen pelossa. Tehdyt virheet on käsiteltävä ja korjaavat toimenpiteet sisäistettävä. On ymmärrettävä, miksi näin on tapahtunut. Lopulta toiminta on korjattava tasolle, jossa virheen toistaminen vältetään. Henkilöstön laadulla voidaankin tarkoittaa kykyä oppia virheistä. [Lecklin 2006: 215.]

Laippaliitosasentajan pätevyys on oleellinen osa ruuviliitoksen turvallista käyttöä. Pätevyydellä varmistetaan liitoksen oikeaoppinen asennus ja kuormankantokyky. Harjoitus ja pätevyys sekä kokemus ja tieto sekoitetaan usein keskenään. Harjoittelu ei takaa pätevyyttä, eikä kokemus takaa tietoa tai asian ymmärrystä. Harjoittelu, kokemus ja kyky käyttää opittua tietoa hyväksi ovat pätevyyden perusta. [SFS-EN 1591-4 2013: 4.]

4.4.3 Työ- ja asennusohje

Työ- ja asennusohjeet ovat laadunvarmistuksen työkaluja. Ohjeiden tarkoituksena on minimoida toiminnan aikaiset virheet. Ohjeissa on kuvattava työvaihe vaiheittain tavalla, jolla laatuvaatimus täyttyy. Työohjeen tulee olla helposti luettavissa, selkeä ja yksiselitteinen sekä tiedon on löydyttävä nopeasti ja yksityiskohtaisesti.

4.4.4 Suunnittelu ja esivalmistelu

Tässä kappaleessa suunnittelulla tarkoitetaan asennustoiminnan suunnittelua, ei ruuviliitoksen teknistä suunnittelua.

Suunnittelun ja esivalmistelun laatu riippuu pitkälti siitä, kuinka hyvin asentaja tunnistaa tavoitteet ja vaatimukset, jotka ruuviliitoksen on täytettävä. Tämä asettaa asentajalle vastuun kertoa, mitä vaatimuksia ja tavoitteita hän kykenee täyttämään.

Toiminnan suunnittelulla ja esivalmistelulla pyritään varmistamaan, että asennustoiminnalla saadaan haluttu lopputulos. Tällöin asennusvaiheessa vältetään turha työ, jolloin toiminta nopeutuu ja selkeytyy. Suunnittelussa on pohdittava, miten asennustoimintaa saadaan ohjattua suuntaan, jolla laatuvaatimus täyttyy. Toiminta asennuksen aikana täytyy olla suunniteltu vähintään toimialan teknisten standardien mukaisesti. Ruuviliitoksen on täytettävä samat vaatimukset kuin painelaitteen muiden rakenteiden. [Parhamaa 2016.]

Suunnittelun pohjalta on tehtävä työvaiheittainen tehtäväkuvaus, joka toimitetaan asentajalle katselmuksen ja asennusohjeen muodossa. Katselmuksen ja asennusohjeen on välitettävä kaikki tarvittava informaatio, jota asentaja tarvitsee ruuviliitoksen asennukseen ja tarkastukseen. Tarkastukset ja testaukset on suunniteltava osana laadunvarmistusta.

4.4.5 Komponenttien hallinta

Ruuviliitoksen kuormankantokyky on riippuvainen komponenttien laadusta. Komponenttien tulee täyttää liitokselle asetetut laatuvaatimukset esimerkiksi paineen ja lämpötilan siedon osalta. Hankinnassa noudatetaan suunnittelun ohjeita ja pyritään välttämään yli-laatua. Laadukkaat komponentit eivät itsessään takaa laatua. Komponentteja tulee käsitellä laatuvaatimuksen mukaisesti toiminnan jokaisella osa-alueella.

Komponentit tulee suojata varastoinnin ajaksi asianmukaisesti. Kiinnitysosien varastointiin käytetään ohutta suojaöljyä. Laippojen varastointiin käytetään varastointirasvaa. Oikean varastointirasvan käyttö on oleellista kiinnitysosien ja laippojen tiivistepintojen suojaamiseksi. Spray-voiteluaine (liuotinominaisuuksia) ja asennusrasva (kerää epäpuhauksia) eivät sovellu varastointiin. Tiiviste on säilytettävä suojaussissa tai kotelossa

asennushetkeen saakka. Varastoinnin aikana on vältettävä kiinnitysosien ja laippojen kolhiintuminen.

Ennen asennusta on varmistuttava, että komponentit ovat asennusohjeen mukaiset ja toimintakuntoiset. Tarvittavat merkinnät tulee olla näkyvillä. Ruuviliitoksessa ei tule käyttää CLASS# ja PN-järjestelmän komponentteja ristiin. Uudelleenkäytettävät ruuvit ja mutterit asennetaan samoihin pareihin. Kiinnitysosien vähäinen ruoste poistetaan liuotinta ja teräsharjaa käyttäen. Mutterin on kierryttävä asennuspituuteen asti sormivoimaa käyttäen. Aluslevyjen on oltava läpikarkaistuja. Kiertyneet tai kuppimaiset aluslevyt on vaihdettava.

Asennuskohteessa komponentit voivat altistua sään tai jonkin muun ulkoisen tekijän aiheuttamille vaurioille. Tiivisteet, tiivistepinnat ja kiinnitysosat on suojattava aina, jos niitä säilytetään pidempiä aikoja ulkona. Sälle altistuneet laipat on käsiteltävä ohuella suojarasvalla. Avatun ruuviliitoksen komponentit on säilytettävä tarkoitusta varten varatussa säilytyspussissa. Komponentit on säilytettävä liitoksen välittömässä läheisyydessä. Säilytyspussissa on merkittävä, mistä komponentit ovat peräisin, päivämäärä ja asentajan nimi. Eri liitosten komponentit eivät saa sekoittua. Irrotettuja laippoja tai tiivisteitä ei saa säilyttää metallisella alustalla. Ruostuneilta tai muuten vaurioituneilta komponenteilta ei voida odottaa vaadittua laatua.

4.4.6 Työkalut

Toimivat työkalut ovat oleellinen osa ruuviliitoksen laatua. Työvälineet on pidettävä niille tarkoitetuilla paikoilla, jolloin ne eivät katoa tai tuhoudu. Jotta työskentely olisi tehokasta ja turvallista, on työkalujen oltava huollettuja ja ehjiä. Työkalujen huolto säästää rahaa ja ennaltaehkäisee ongelmia asennustilanteessa. [Ansaharju 2009: 21.]

Työkalujen apuvoimana voidaan käyttää sähköä, pneumatiikkaa ja hydraulikkaa. Apuvoimaa käyttävän työkalun vääntömomentin tai voiman tulee olla säädettävissä. Vääntömomenttia mittaavan työkalun on oltava momenttiavain tai hydraulinen momenttiväänin. Voimaa mittaavan työkalun on oltava hydraulinen ruuvivenytyssylinteri. Poikkeavat työvälineet sekä tarkastukseen ja testaukseen käytettävät laitteet hyväksytään erikseen katselmuksessa. [F-101 2016: 9-10.]

Voimaa tai vääntömomenttia mittaavat työkalut on kalibroitava 12 kuukauden välein tai tilaajan vaatiessa. Kalibrointitarran on oltava näkyvillä. Kalibroinnista saatava todistus on pystyttävä esittämään Nesteen edustajan vaatiessa. [F-101 2016: 10.]

Joidenkin työkalujen käyttöön voidaan vaatia koulutusta, jolla varmistutaan työkalun oikeaoppisesta ja turvallisesta käytöstä. Esimerkiksi vetotyökalujen käyttö vaatii pätevöintikoulutuksen.

4.4.7 Asennuskohde ja ympäristö

Osa öljynjalostamon ruuviliitoksista on ahtaissa ja korkeissa paikoissa, jolloin kohteen luoksepäästävyys on heikko. Lisäksi kohteet voivat olla hyvin likaisia. Työturvallisuusrisien minimointi on avainasemassa toiminnan oikeaoppiseen suoritukseen.

Ruuviliitoksen avaamisen tai sulkemisen yhteydessä voi ilmetä poikkeamia tai erityishuomiota. Laadukkaan liitoksen kannalta on suositeltavaa, että samat asentajat avaavat ja sulkevat kohteen. Tällöin vähennetään riskiä, että informaatio ei kulje asentajalta toiselle.

Liitosta avatessa on aina varmistettava, että kohde on paineeton ja työlle on saatu aloituslupa.

4.4.8 Viimeistely ja dokumentointi

Asennuksen jälkeen laippaan on asennettava katselmuksen määräämässä laajuudessa laippakortti. Laippakortti osoittaa, että ruuviliitos on asennettu laatuvaatimuksen mukaisesti ja se voidaan ottaa prosessin käyttöön. Laippakortin tulee osoittaa ruuviliitoksen asennuksesta vastaava yritys, työntekijä, ajankohta ja käytetty kiristysmomentti. Sen tarkoitus ei ole identifioida putkistoa tai laitetta. [F-101 2016: 14.] Pantaliitoksille asennetaan laippakorttia vastaava momenttilappu.

Jos liitoksen paineluokka on $\geq 600\text{#}$ tai kyseessä on rekisteröity painelaite, asennuksesta tehdään asennuspöytäkirja. Asennuspöytäkirjaan dokumentoidaan liitoksen asennuksen kannalta oleellimmat tiedot. Asennuspöytäkirja säilytetään painelaitteen muiden dokumenttien joukossa. [F-101 2016: 15.] Liitteenä 1 on laippaliitoksen asennuspöytäkirjapohja.

Dokumentoinnilla varmistetaan, että tulevaisuudessa tiedetään, mitä liitokselle on tehty (tiiviste, kiristysmomentti ym.), kuka asennuksen suoritti ja milloin asennus on tehty.

4.4.9 Tarkastaminen

Tarkastaminen on laadun todentamisen työkalu. Tarkastuksella todennetaan, että jokin laatuvaatimus (esim. standardi) on täytynyt. Tarkastuksella osoitetaan asentajille ja työnjohdolle, että laatua tarkkaillaan. Tämä lisää motivaatiota tehdä työ kerralla kunnolla. Ilman tarkastuksia laatua ei voida vaatia tai todentaa, mutta laatua ei voida luoda vain tarkastuksilla.

Tosiaikainen laadunvarmistus on asentajan toteuttamaa asennustoiminnan tarkkailua. Asentajan on puututtava mahdolliseen laatupoikkeamaan välittömästi asennustapahtuman aikana. Esimerkiksi laippojen linjausta tarkkaillaan koko toiminnan ajan.

Asennuksen jälkeisestä vastaanottotarkastuksesta vastaa työnvalvoja. Vastaanottotarkastus suoritetaan katselmuksessa määritetyn menettelyn mukaisesti. Prosessialueilla suoritetaan ns. momenttikerroksia, joissa pistokoemaisesti tarkistetaan kriittisten ruuviliitosten kiristysmomentit. Tarkastajalla tulee olla vaadittava pätevyys tarkastaa kyseisiä ruuviliitoksia. Tarkastuslaitos (kansallisesti hyväksytty laitos) suorittaa mahdolliset NDT-tarkastukset. [F-101 2016: 9.]

Testaamisella todennetaan, toimiiko toiminto laatuvaatimuksen määrittämällä tavalla. Esimerkiksi vuoto- ja painekokeella testataan, onko liitos saavuttanut siltä vaaditun kuormankantokyvyn.

4.4.10 Käyttö ja operointi

Öljynjalostamolla ruuviliitos alistetaan haastaviin olosuhteisiin. Käyttöhenkilökunnalla, joka työssään joutuu esimerkiksi sokeoimaan putkia, tulee olla asianmukainen pätevyys ruuviliitoksen asennukseen. Ruuviliitos tulee altistaa vain sellaiselle sisällölle, jolle se on alun perin suunniteltu. Väärällä prosessialueella käytetyltä liitokselta ei voida odottaa vaadittua laatua. Käyttöhenkilökunnalla on oltava perustason tekninen ymmärrys ruuviliitoksen toiminnasta.

5 Ruuviliitoksen asennus

5.1 Toiminta asennuksen aikana

Ruuviliitoksen valmistuksessa noudatetaan standardin ASME PCC-1-2010 kohdan 10. *Tightening of bolts* mukaista toimintaa. Putkistojen liitosten ruuvikohtaiset kiristysmomentit valitaan Neste Oyj:n spesifikaation H103 *Putkiston esivalmistus- ja asennusspesifikaatio* liitteestä 2. Kiristysmomentin valintaan vaikuttavat ruuvikoko, laippojen nimelliskoot, paineluokka ja käytetty voiteluaine. Laitekohtaiset kiristysmomentit löytyvät laitetiedoista. Kuumakiristys tehdään vain tilaajan sitä vaatiessa. Työ tehdään tapauskohtaisen työohjeen mukaan. [F-101 2016: 12.]

Ruuviliitoksen kokoonpanon tärkeimmät työvaiheet ovat:

- Tiiviste ja tiiviste-pinnan kunto on tarkastettava ennen asennusta. Epäpuhtaudet on poistettava kohteeseen soveltuvaa liuotinta tai pehmeää teräsharjaa käyttäen. Ruostumatonta teräspintaa ei saa puhdistaa hiiliteräsharjalla. [F-101 2016: 11.]
- Kiinnitysosien kierteet sekä muttereiden ja laippojen otsapinnat on voideltava asennusohjeessa määrättyllä asennusrasvalla. Grayloc-liitoksen lukituspannan ja laippojen otsapinnat sekä pinnoittamaton tiiviste voidellaan. Asennusrasvaa ei saa joutua laippaliitoksen tiivisteeseen tai tiiviste-pinnalle.
- Mutteri kierretään sormivoimin ruuvin asennuspituuteen asti. Laipat linjataan ennen asennusmomenttiin asennusta. Linjauksen on pysyttävä kauttaaltaan samana koko asennuksen ajan. Laippaliitos kiristetään vaiheittain:
 1. 20 – 30 % tavoitemomentista ristiin
 2. 50 – 70 % tavoitemomentista ristiin
 3. 100 % tavoitemomentista ristiin
 4. 100 % tavoitemomentista järjestyksessä, kunnes mutterit eivät enää kierry.

[ASME PCC-1-2010: 7.]

Pantaliitos voidaan kiristää suoraan 100 %:iin tavoitemomentista ristiin. Lukituspantaa lyödään asennusvasaralla (usein messinkivasara), jolloin liitos hakeutuu muotoonsa. Kiristäminen ja lyöminen toistetaan, kunnes liitos ei enää lyömisen seurauksena löysty. Pantojen länkivälin visuaalinen tarkastus riittää, jos pannat eivät ole silminnähtävän vinossa. Länkivälin on oltava sama kummallakin puolella.

- Jälkikiristys tehdään, jos se asennusohjeessa tai katselmuksessa vaaditaan. Jälkikiristys tehdään 100 %:n tavoitemomentilla järjestyksessä, kunnes mutterit eivät enää kierry. [F-101 2016: 11 - 12.] Pantaliitoksen lukituspantaa ei lyödä jälkikiristuksen yhteydessä.

Ruuviliitoksen avaamisen keskeisimmät työvaiheet:

- Varmistetaan, että liitos on paineeton ja tarvittaessa huuhdeltu ja puhdistettu. Mahdolliset paineen ja sisällön jäänteet voivat purkautua liitoksesta, jolloin työskentelyä laippaliitoksen säteissuunnassa on vältettävä. Huomioitavaa on, että pantaliitosta avattaessa mahdollinen paine ja sisältö voivat purkautua mihin suuntaan tahansa.
- Muttereita tulee löysätä vaiheittain ristiin ja mutterit saa irrottaa vasta, kun putkiston jännitykset ovat purkautuneet. Pantaliitoksen lukituspantaa lyödään asennusvasaralla, jolloin jännitys purkautuu. Huomioidaan, että pantaliitoksen tiiviste voi olla kiilautunut tiukasti laippojen tiivistepintaa vasten, jolloin se voi pitää painetta, vaikka lukituspanta on irrotettu.
- Laippoja pyritään avaamaan vain sen verran, että tiiviste saadaan poistettua. Uudelleenkäytettävät komponentit on puhdistettava, pestävä, tarkastettava ja säilöttävä asianmukaisesti.

5.2 Yleisimmät toiminnan puutteet

Vuoto aiheutuu, kun toiminnalla ei tuoteta vaadittua kuormankantokykyä ja tiiveyttä. Yleensä toiminnan laatu puute liittyy tuotettuun ruuvivoimaan ja komponentteihin.

5.2.1 Puutteellinen kiristys

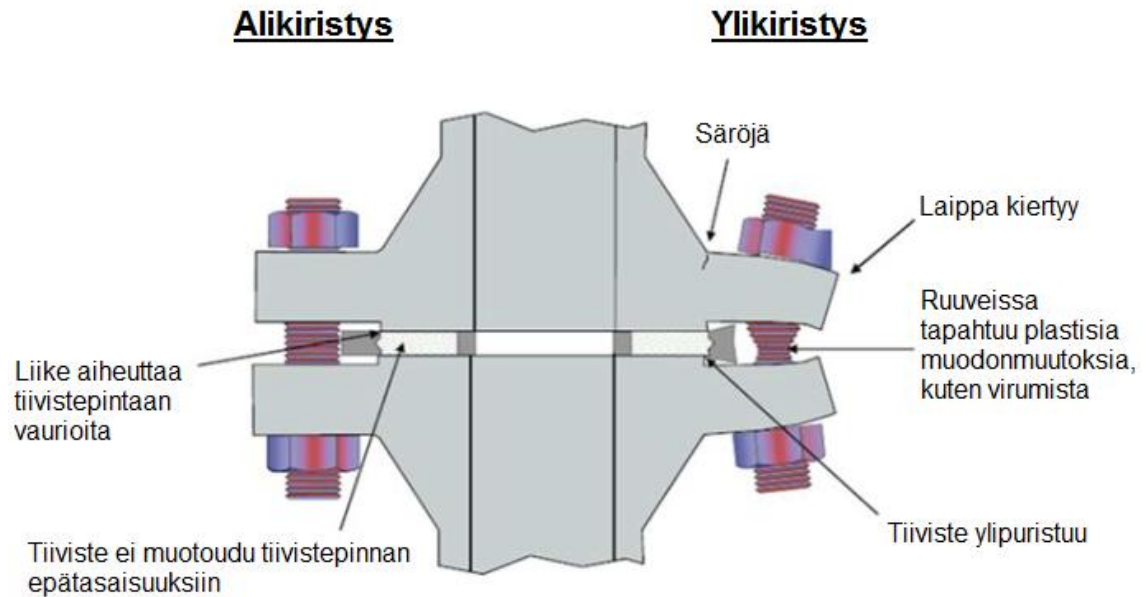
Suurin osa kiristysmomentista kuluu kitkan voittamiseen, jolloin kiristysmomentin ja tuotetun jännityksen suhdetta on vaikea ennustaa. Perinteinen voimaa mittaava momentti-työkalu ei mittaa ruuvivoimaa vaan ruuviin kohdistuvaa kiristysmomenttia. Työkalujen kunnossapito ja kalibrointi niiden koko elinkaaren ajan on ensiarvoisen tärkeää oikean ruuvivoiman tuottamiseen. Voiteluaineella pyritään laskemaan ruuvin- ja mutterin kierteiden sekä mutterin ja laipan otsapinnan välistä kitkakerrointa. Asennuksessa tulee käyttää vain asennusohjeen tai katselmuksen mukaisia voiteluaineita, koska asennusohjeen kiristysmomentit ovat voiteluainekohtaisia.

Puutteellisella kiristyksellä tarkoitetaan ali- tai ylikiristettyä sekä epätasaisesti kiristettyä ruuviliitosta. Alikiristetty ruuvi ei tuota tarvittavaa puristuspainetta tiivisteeseen, jolloin tiiviste ei muotoudu tiivistepintojen epätasaisuuksiin. Tiivisteiden liike tiivistepintojen välissä aiheuttaa naarmuja tiivistepintaan. Oikealla momentilla asennettujen ruuvien löystymisen syynä voi olla:

- viruminen
- värinä
- putkiston vääntyminen
- lämpölaajeneminen.

Ruuvien asettuminen (redusoituminen) tapahtuu kuitenkin aina. Tämän takia käynnistyksen jälkeen voidaan suorittaa jälkikiristys, jossa ruuvit kiristetään vielä kertaalleen oikeaan momenttiin.

Ylikiristys tuottaa liian suuren puristuspaineen, jolloin tiiviste voi hajota, laippaan syntyy säröjä ja laippa voi kiertyä. Lisäksi ylikiristys voi aiheuttaa ruuvissa plastisia muodonmuutoksia (mm. virumista), jolloin ruuvi voi löystyä. Mikäli on ilmeistä, että asennus on tapahtunut liian suurella vääntömomentilla tai ilman voiteluainetta, on kiinnitysosat vaihdettava.



Kuva 21. Ali- ja ylikiristysten vaikutus laippaliitokseen [Borealis... 2016: 6].

5.2.2 Linjausvirhe

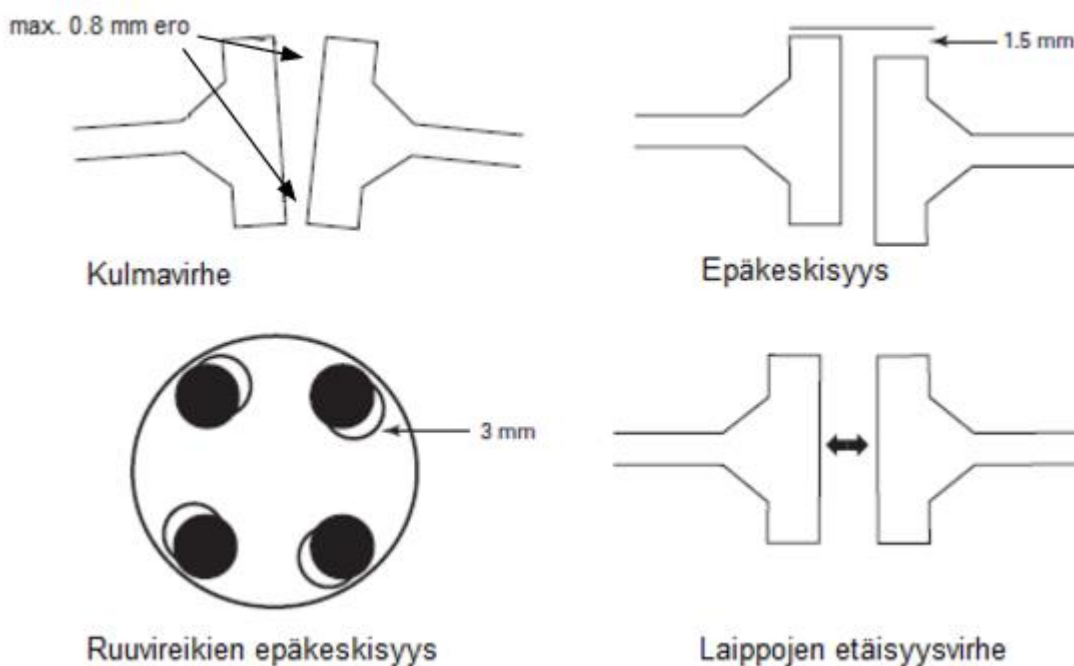
Neste Oyj:n Suomen tuotantolaitoksilla noudatetaan standardin ASME PCC-1-2010 liitteen E mukaista menettelyä laippojen linjauksessa.

Laipat linjataan ennen asennusmomenttiin kiristämistä. Laippojen tulisi asettua tasaisesti tiivisteiden ympärille käyttämällä 10 %:n tavoitemomenttia. Linjatessa laippoja seuraavien vaatimusten on täytyttävä:

- Suurin sallittu kulmavirhe on 0,8 mm:n ero laippojen pienimmän ja suurimman raon välillä.
- Suurin sallittu laippojen epäkeskisyys on 1,5 mm.
- Ruuvien tulee liikkua esteettä ruuvireikien läpi. Ruuvireikien linjauksessa sallitaan 3 mm:n poikkeama "täydellisestä" linjasta.
- Laipat tulee pystyä linjaamaan lihasvoimaa käyttäen vähintään kahden tiivisteiden paksuuden etäisyydelle toisistaan.

[ASME PCC-1-2010: 27 – 28.]

Oikeaoppinen linjaus maksimoi tiivistepintojen ja tiivisteiden kosketuspinta-alan ja vähentää ruuvien ja muttereiden sekä muttereiden ja laipan otsapinnan välistä kitkaa. Virhe laipan linjauksessa estää puristuspainetta jakautumasta tasaisesti tiivisteelle, jolloin tiiviste ja tiivistepinta voivat vaurioitua. [ASME PCC-1-2010: 27.] Kuvassa 22 esitellään erilaisia linjausvirheitä.



Kuva 22. Linjausvirheitä [ASME PCC-1-2010: 29].

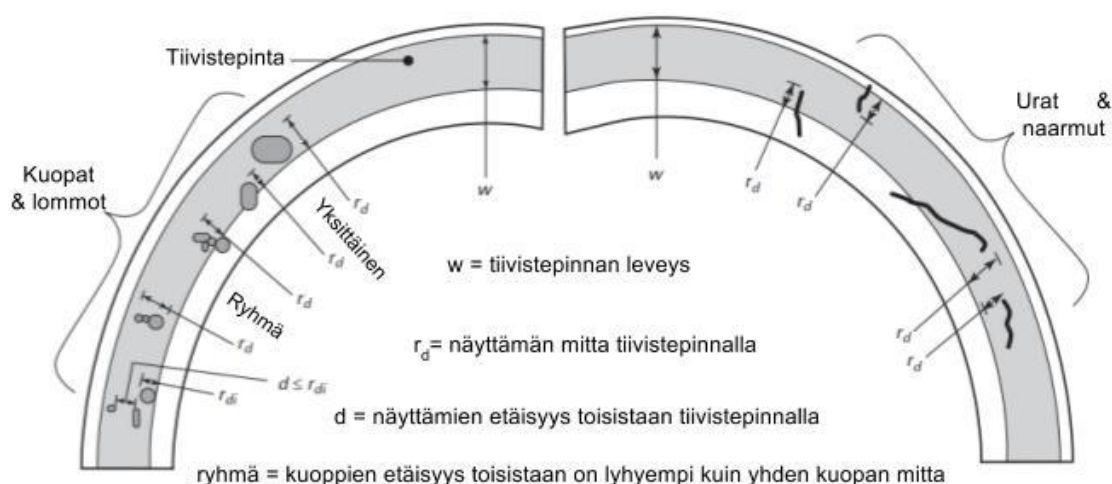
5.2.3 Vioittunut laippa

Neste Oyj:n Suomen tuotantolaitoksilla käytettyjen tiivistepintojen muotojen tulee olla standardin ASME B16.5 mukaisia. Tiivistepintojen viimeistelyn on oltava NOS 4301 mukainen. Tiivistepintojen kunnon tulee olla standardin ASME PCC-1-2010 liitteen D mukainen. [F-101 2016: 12.]

Laippojen ja erityisesti laippojen tiivistepintojen on oltava moitteettomassa kunnossa, jotta saavutetaan riittävä kuormankantokyky. Laippojen tiivistepinnan säteensuuntaiset vauriot ovat tiiveyden kannalta erityisen haitallisia. Pienet kehän suuntaiset vauriot voidaan sallia. Tiivistepinnan vaurioiden hyväksymisrajat on esitetty kuvassa 23. ja taulukossa 1. Pantaliitosten tiivistepintojen vauriot arvioidaan tapauskohtaisesti. Asentaja tarkastaa tiivistepinnan visuaalisesti. Tarkastuslaitos tekee tarvittavat NDT-tarkastukset.

Tiivistepinnan suoruus säteen ja kaaren suunnassa tarkastetaan esimerkiksi suorakulmaa käyttäen. Tiiviste ei muotoudu täydellisesti naarmuuntuneen tai kieron tiivistepinnan muotoihin. [ASME PCC-1-2010: 1.]

Tiivistepinnan tai tiivisteiden välissä ei saa olla epäpuhtauksia, jotka kiristymisen aikana aiheuttavat naarmuja. Epäpuhtaudet on poistettava kohteeseen soveltuvaa liuotinta tai pehmeää teräsharjaa käyttäen. Ruostumatonta teräspintaa ei saa puhdistaa hiiliteräsharjalla. [F-101 2016: 11.]



Kuva 23. Tiivistepinnan vauriot [ASME PCC-1-2010: 26].

Taulukko 1. Tiivistepinnan hyväksymisrajat [ASME PCC-1-2010: 25].

Mitta	Vian max. syvyys (kovatiiviste)	Vian max. syvyys (pehmeä tiiviste)
$r_d < w/4$	< 0,76 mm	< 1,27 mm
$w/4 < r_d < w/2$	< 0,25 mm	< 0,76 mm
$w/2 < r_d < 3w/4$	Ei sallita	< 0,13 mm
$r_d > 3w/4$	Ei sallita	Ei sallita

Havaitessaan näyttämän asentaja ottaa yhteyttä työnjohtajaan. Asentaja saa poistaa tiivistepinnalta ainoastaan purseet. Tiivistepinnan vauriot korjataan tyypillisesti hiomalla tai tarvittaessa hitsaamalla ja koneistamalla.

5.2.4 Viallinen tiiviste

Tiivisteiden täytyy olla moitteettomassa kunnossa, jotta saavutetaan riittävä kuormankantokyky. Yleisimpiä syitä tiivisteiden vioittumiseen ja ehdotuksia tilanteen korjaamiseksi:

- Tiivisteeseen on kohdistunut liian suuri puristusaine.
 - Jos kiristysmomentti on oikea, valitaan tiiviste, joka sietää suurempaa puristusainetta (kovempi tiivistemateriaali).
- Tiivisteeseen on kohdistunut liian pieni puristusaine.
 - Jos kiristysmomentti on oikea, valitaan pehmeämpi ja paksumpi tiiviste.
- Tiivisteeseen on kohdistunut epätasainen puristusaine.
 - Epätasainen puristusaine voi seurata ruuvien väärästä kiristysjärjestyksestä, linjausvirheestä tai kierosta tiivisteepinnasta. Ruuvit kiristetään vaiheittain ristiin. Varmistetaan, että laipat on linjattu oikein eikä putkisto ole vääntynyt. Vioittunut tiivisteepinta on korjattava.
- Galvaaninen korroosio
 - Valitaan samasta materiaalista valmistetut laipat ja tiiviste, estetään elektrolyytin pääsy tiivisteepinnoille ja valitaan korroosion kestävä tiiviste.
- Riittämätön paineen ja lämpötilan tieto
 - Valitaan prosessin paineeseen ja lämpötilaan sopiva tiiviste.

[Lamons Gasket Handbook 2012: 125.]

6 Pätevyystesti

6.1 Pätevyystestin rakenne

Määritettyjen laaduntuottotekijöiden pohjalta tuotettiin Gimlet Composer-ohjelmaa käyttäen F-101 spesifikaation mukainen pätevyystesti. Testillä todennetaan standardin SFS-EN 1591-4 taulukoiden 1, 4 ja 8 mukainen laippaliitosasentajan pätevyys. Testi sisältää F-101 spesifikaation mukaiset laatuvaatimukset työvaiheille, komponenteille, työvälineille, tarkastuksille ja liitoksia tekeville henkilöille. Pätevyystesti tehdään verkkotestinä Neste Oyj:n valvomissa olosuhteissa.

Pätevyystesti koostuu A- ja B-osasta, jotka kumpikin on suoritettava hyväksytysti. A-osaan tuotettiin 60 tehtävää, joista tietokone arpoo testiin satunnaisessa järjestyksessä 30 tehtävää. B-osaan tuotettiin 20 tehtävää, joista tietokone arpoo satunnaisessa järjestyksessä 10 tehtävää. Tällöin testattava henkilö ei ennakkoon tiedä testin tarkkaa sisältöä. Kummankin osan hyväksymisraja on (toistaiseksi) 80 %, jolloin hyväksytty suoritus vaatii 24 oikeaa vastausta A-osasta ja kahdeksan oikeaa vastausta B-osasta. B-osa koostuu tehtävistä, joiden katsotaan olevan vaikeita. Jakamalla verkkotesti A- ja B-osaan varmistetaan, että jokainen testattava henkilö saa saman määrän vaikeita kysymyksiä.

Tehtävät ovat muodoltaan monivalintaväittämiä, oikein/väärin kysymyksiä ja asioiden jaottelua oikeisiin ryhmiin. Kysymykset on muotoiltu helposti ymmärrettäviksi, mutta kuitenkin muotoon, jossa oikeaa vastausta joutuu pohtimaan ennen kaikkea siitä näkökulmasta, mikä on asentajan työtapojen vaikutus ruuviliitoksen laatuun. Testillä testataan asentajan ymmärrystä seuraavissa osa-alueissa:

- Komponenttien käsittely ennen asennuksen alkua, asennuksen aikana ja asennuksen jälkeen
- Komponenttien yhteensopivuus ja soveltuvuus liitokseen
- Laippakortin ja momenttilapun täyttö
- Laippa- ja pantaliitoksen asennuksen ja purun työvaiheet
- Lämmönvaihdinten rakenne ja TEMA-koodit

- Ruuviliitosten kriittisyyden luokittelu
- Tosi aikainen laadunvarmistus ja tarkastukset
- Työkalujen huolto ja kalibrointi
- Työkalujen käyttö
- Työn esivalmistelu (voitelu, linjaus ym.)

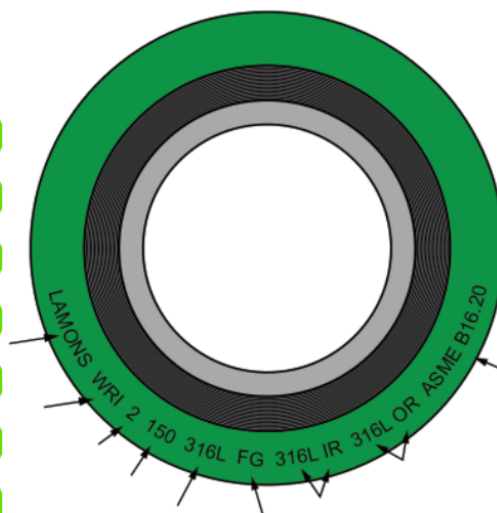
Pätevyystesti ei sisällä ”kompakysymyksiä” tai ”nippelitietoa” vaativia kysymyksiä. Testi mukailee sisällöltään ulkopuolisen koulutuslaitoksen järjestämää laippaliitosasentajan pätevöintikoulutusta olettaen, että henkilö on tehnyt pätevöintiä vastaavia asennuksia viimeisen kuuden kuukauden aikana ja läpäissyt hyväksytysti pätevöintikoulutuksen. Testissä ei käsitellä ulkoa opetettavaa teoriaa, vaan keskitytään käytännönläheisiin kysymyksiin. Kuvissa 24 ja 25 esitellään esimerkkitehtäviä Laippaliitosasentajan verkko-testin A- ja B-osasta.

Laippaliitosasentajan pätevyystesti › Osa A

Spiraalitivisteen paineluokka

Mikä merkintä ilmoittaa kuvan tiivisteen paineluokan?

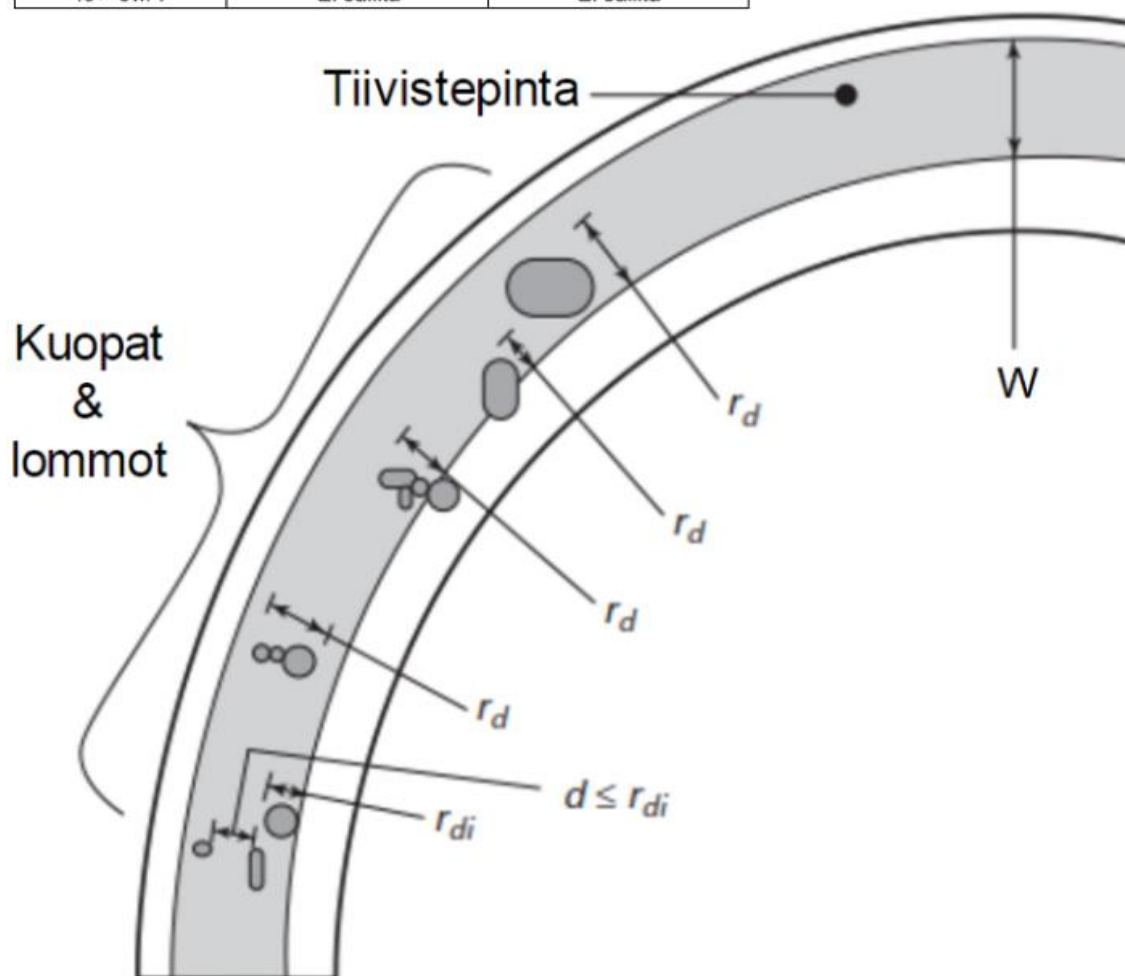
- Lamons
- WRI
- 2
- 150
- 316L
- FG
- 316L IR
- 316L OR
- ASME B16.20



Kuva 24. Kuvankaappaus Laippaliitosasentajan pätevyystestin A-osasta.

Oikeaoppisen asennustoiminnan kannalta on merkityksentöntä osaako asentaja jokaisen tiivistemallin kaikki ominaisuudet ulkoa. Käytettävä tiiviste kerrotaan katselmuksessa tai asennusohjeessa. Epäselvissä tilanteissa tieto saadaan työnvalvojalta. Jotta asentaja pystyy noudattamaan annettuja ohjeita, on hänen kuitenkin osattava tulkita tiivisteiden merkintöjä.

Mitta	Vian max. syvyys (kovatiiviste)	Vian max. syvyys (pehmeä tiiviste)
$r_d < W/4$	< 0,76 mm	< 1,27 mm
$W/4 < r_d < W/2$	< 0,25 mm	< 0,76 mm
$W/2 < r_d < 3W/4$	Ei sallita	< 0,13 mm
$r_d > 3W/4$	Ei sallita	Ei sallita



Kuva 25. Kuvakaappaus Laippaliitosasentajan pätevyystestin B-osasta. Tehtävässä kysytään: ”Käytössä on rengastiiviste. Kuinka syvä kuoppa tiivistepinnalla sallitaan, kun kuopan pituus on yli puolet tiivistepinnan pituudesta?”.

Asentajan ei tarvitse opetella ulkoa tiivistepintojen hyväksymisrajoja. Asennustilanteessa tieto hyväksymisrajoista kerrotaan katselmuksessa, asennusohjeessa tai tarvittaessa kysytään työnvalvojalta. Sen sijaan hyväksymisrajojen tulkinta on oleellinen osa laippaliitosasentajan osaamista.

6.2 Materiaalin testaus

Tuotettua pätevyystestiä testattiin Neste Oyj:n asiantuntijoilla (kaksi kunnossapitomes-taria, työnsuunnittelija, käyttövarmuusinsinööri, kunnossapitoinsinööri ja HSE-päällikkö), Neste Jacobs Oy:n asiantuntijalla sekä Metropolia AMK:n insinööriyön ohjaajalla. Pal-lautteen perusteella materiaaliin tehtiin tarvittavat muutokset, kunnes se sisällöltään miellytti kaikkia osapuolia.

6.3 Tulevaisuus ja pohdintaa

Neste Oyj huolehtii itse tuotetun materiaalin julkaisusta ja tulevaisuuden käyttöönotosta. Materiaali tullaan julkaisemaan Nesteen L2O-verkkokoulutus-alustalla. Neste tulee sovel-tamaan tuotettua pätevyystestiä haluamallaan tavalla ja tarvittavassa laajuudessa. Yritys voi tarpeen mukaan muokata pätevyystestin sisältöä.

Neste Oyj ottaa standardin SFS-EN 1591-4 loput taulukot käyttöön tarpeen mukaan. Tällöin yritys tekee käyttöönotettavien taulukoiden mukaisen pätevyystestin, joka liite-tään osaksi tässä insinööriyössä tehtyä pätevyystestiä.

Porvoon jalostamolla toteutetaan suurseisokki viiden vuoden välein (seuraava 2020) ja pienempiä yksikköseisokkeja on vuosittain. Vuoden 2015 suurseisokissa jalostamolla työskenteli arviolta yli 4 000 ulkopuolista työntekijää. Yrityksellä on huolena, että osa palveluntarjoajan työvoimasta ei ehkä täytä standardin SFS-EN 1591-4 mukaista päte-vyysvaatimusta. Tässä insinööriyössä tuotetulla pätevyystestillä voidaan todentaa asen-tajan pätevyys, mikäli hän ei kykene todistamaan tehneensä vastaavia ruuviliitosasen-nuksia viimeisen kuuden kuukauden aikana. Neste Oyj voi tarvittaessa vaatia jokaiselta henkilöltä, joka työssään tekee standardin SFS-EN 1591-4 soveltamisalueen mukaisia tehtäviä, pätevyystestin suorittamista. Tällöin pätevyystestillä voidaan tehdä pisto-koemaisia testauksia palveluntarjoajan toimittamalle työvoimalle.

Neste Oyj määrittää itse toiminnan tilanteessa, jossa henkilö ei läpäise verkkotestiä. Alustavan suunnitelman mukaan, henkilön on uusittava verkkotesti tietyn ajan kuluttua (mahdollisesti viikko). Tänä aikana henkilön on itsenäisesti opiskeltava Nesteen spesifikaatioita ja työohjeita. Henkilö ei saa työskennellä ruuviliitosasennuksien parissa ennen kuin hän on suorittanut verkkotestin hyväksytysti. Hän saa kuitenkin työskennellä avustavissa tehtävissä, jotka eivät suoranaisesti velvoita SFS-EN 1591-4 mukaista laippaliitosasentajan pätevyyttä.

Pätevyyden varmentamisella pyritään tilanteeseen, jossa öljynjalostamon seisokki- ja huoltotöistä vastaavat asentajat ovat asianosaavia. Tällä pyritään osaltaan varmistamaan laitoksen turvallinen käynnistys ja vuodoton huoltoväli. Epäpätevä toiminta pitkitää huoltoa ja kasvattaa kustannuksia. Toisaalta on vältettävä tilannetta, jossa seisokki- tai huoltotyöt viivästyvät, koska työvoima ei ole läpäissyt päteväintitestiä. Yrityksen on päästävä tasapainoon vaadittavan pätevyyden ja testin läpäisyvaatimusten välillä.

Tuotettua pätevyydestä voidaan tarvittaessa soveltaa Neste Oyj:n F-101 spesifikaation mukaisesti laippaliitosasentajan pätevyyden uusintaan, kun henkilön suorittama pätevyys vanhenee. Tällöin laippaliitosasentaja uusii pätevyyden viiden vuoden välein suorittaen tässä insinööriyössä tehdyn pätevyydestin.

Neste Oyj on tietävästi Suomessa ensimmäinen taho, joka toiminnassaan vaatii standardin SFS-EN 1591-4 mukaisen laippaliitosasentajan pätevyyden. Pätevyydestin mahdollinen soveltaminen pätevyyden jatkamiseen riippuu siitä, miten muu teollisuus ottaa käyttöön standardin SFS-EN 1591-4 mukaisen laippaliitosasentajan pätevöinnin.

Mikäli muu teollisuus ottaa standardin SFS-EN 1591-4 käyttöön Neste Oyj:n mittakaavassa, jokin ulkopuolinen koulutuslaitos tulee todennäköisesti tuottamaan pätevyyden uusintaan tähtäävän päteväintitestin tai koulutuksen. Tällöin lienee perusteltua kysyä, voiko Neste vaatia tai onko yrityksen ylipäänsä järkevä ylläpitää omaa pätevöinnin uusintaan tähtäävää testiä. Lisäksi voidaan kysyä, kuinka yritys pitää rekisteriä pätevyyden suorittaneista henkilöistä ja heidän pätevyytensä uusintatarpeesta. Nämä ongelmat voidaan välttää ulkoistamalla pätevyyden uusinta. Neste tekee itse päätöksen asian suhteen myöhemmin. Kuitenkin oma pätevyydesti antaa Nesteelle mahdollisuuden pätevöinnin jatkamiseen omatoimisesti, jos ulkoistaminen ei ole mahdollista tai ulkopuolisen koulutuslaitoksen tuottama pätevyyden jatko ei yritystä miellytä.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä määritettiin öljynjalostamolle tyypillisten ruuviliitosten keskeisimmät laaduntuottotekijät ja tutkittiin näiden vaikutusta toiminnan ja toiminnon laatuun. Laaduntuottotekijät määritettiin tutustumalla laippa- ja pantaliitoksien asennustoimintaan Neste Oyj:n Porvoon öljynjalostamon tuotantolinjan 4 yksikköseisokin aikana ja perehtymällä Neste Oyj:n spesifikaatioihin:

- F-101 Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen
- H-101 Putkistojen suunnitteluspesifikaatio
- D-101 Painesäiliöt ja lämmönvaihtimet

sekä Neste Oyj:n käytössä oleviin standardeihin:

- SFS-EN 1591-4 Flanges and their joints: Qualification of personnel competency in the assembly of the bolted connections of critical service pressure systems
- ASME PCC-1-2010 Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly.

Määritettyjen laaduntuottotekijöiden pohjalta tehtiin Gimlet Composer-ohjelmalla verkko-testi, joka sisältää standardin SFS-EN 1591-4 taulukoiden 1 (perustaso), 4 (lämmönvaihtimet ja painelaitteet) ja 8 (pantaliitokset) mukaisen laippaliitosasentajan pätevyyden varmentamisen. Tuotetulla pätevyystestillä tullaan tarvittaessa varmentamaan henkilön pätevyys sekä pistokoemaisesti testaamaan palveluntarjoajan toimittaman työvoiman pätevyyttä seisokki- ja huoltotöiden aikana.

Tuotettu materiaali luovutettiin suunnitellusti julkaisuvalmiina Neste Oyj:n käyttöön. Yritys vastaa itse tuotetun materiaalin julkaisusta L2O-verkkokoulutuslupalla ja tulevaisuuden käyttöönotosta. Insinööriyö osaltaan varmistaa öljynjalostamon laippa- ja pantaliitosten oikeaoppisen avaamisen, sulkemisen ja tarkastamisen sekä tätä kautta ruuviliitoksen vuodottoman elinkaaren.

Lähteet

Ansaharju, Tapani. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

ASME PCC-1-2010. Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly. 2010. New York: The American Society of Mechanical Engineers.

Björk, Timo., Hautala, Pekka., Huhtala, Kalevi., Kivioja, Seppo., Kleimola, Matti., Lavi, Markku., Martikka, Heikki., Miettinen, Juha., Ranta, Aarno., Rinkinen, Jari. & Salonen, Pekka. 2014. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Borealis Polymers Oy Amiedun Laippaliitosasennuksen päteväintiesitys. 2016. PDF-tiedosto. <Amiedun intranet>. Amiedu. Luettu 30.11.2016.

F-101. 2016. Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen. Porvoo: Neste Oyj.

H-101. 2015. Putkistojen suunnitteluspesifikaatio. Porvoo: Neste Oyj.

Haitor. 2016a. Verkkodokumentti <<http://www.haitor.com/fi/tuotteet/?cat=8c55a3f4514c64f4707f134f57ecaac4&mfr=&rng=&id=040bd0ea51530401d5057f1357ecaac4>>. Luettu 28.11.2016

Haitor. 2016b. Verkkodokumentti <<http://www.haitor.com/fi/tukimateriaali/standardit/>>. Luettu 12.12.2016.

Hokkanen, Simo & Strömberg, Oiva. 2006. Laatuun johtaminen. Jyväskylä: PainoPorras Oy.

Hydrotight. 2016. Verkkodokumentti <<http://www.hydratight.com/en/joint-integrity-assurance/overview/bolted-joint-vs-welded-joint>>. Luettu 28.11.2016.

Kivioja, Seppo. 2009. Konetekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

Lamons Gasket Handbook. 2012. Verkkodokumentti. Lamons. <http://www.lamons.com/public/pdf/lit_reference/LamonsGasketHandbook2012.pdf>. Luettu 8.11.2016.

Lecklin, Olli. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum.

Neste. 2016. Verkkodokumentti. <<https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4>>. Luettu 28.11.2016

Oceanengineering. 2012. Grayloc Connectors. Verkkodokumentti. <<http://www.oceanengineering.com/oceandocuments/brochures/subseaproducts/GRLC%20-%20Grayloc%20Connectors.pdf>>. Luettu 28.11.2016.

Parhamaa, Pasi. 2016. Kunnossapitoinsinööri, Neste Oyj, Porvoo, Keskustelu 1.11.2016, 14.11.2016, 7.12.2016.

Parhamaa, Pasi. 2015. Mekaanisten laitteiden yhteydenhallinta öljynjalostamolla. Diplomityö. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/104298/Pasi%20Parhamaa_Diplomity%C3%B6.%2021.4.2015.%20final%20pdf.pdf?sequence=2>. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

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. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

Laippaliitoksen asennuspöytäkirja

NESTE OIL

LAIPPALIITOKSEN ASENNUSPÖYTÄKIRJA F-101_Liite1

Sijainti:	Laitetunnus:	Päivä:
Asentajan nimi:	Yrityksen nimi:	
Valmistusluokka:		

Laippojen valmistelu

Tiivistepintojen puhdistus (puhdistettu epäpuhtaudet tiivistepinnoista)	Kyllä	Ei
Tiivistepintojen visuaalinen tarkastus (ei merkittäviä naarmuja eikä vaurioita)	Kyllä	Ei

Tiivisteet

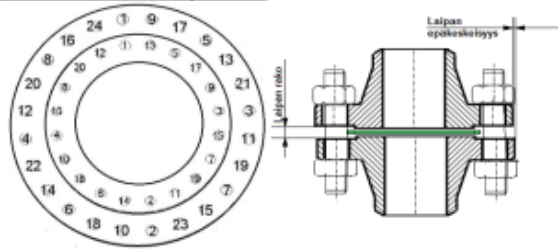
Käytetty uusia tiivisteitä	Kyllä	Ei
Tiivisteet sopivat laippaliitokseen	Kyllä	Ei
Tiivistetyyppi		
Tiivistemateriaali(t)		

Laippojen linjaus asennuksen aikana

	Sijainti 0°	Sijainti 90°	Sijainti 180°	Sijainti 270°
Laipan rako (max. 0,8mm)				
Laipan epäkeskeisyys (max. 1,5mm)				

Laippojen asennus, vaarnaruuvit, momentit

	Koko	Materiaali		
Vaarnaruuvit				
Aluslevyt (DIN 125)			Kyllä	Ei
Voiteluain	Kierteet ja mutterien vastinpinnat voideltu		Kyllä	Ei
	1.kiristys 20% maksimista (Nm)	2.kiristys 40% maksimista (Nm)	3.kiristys 80% maksimista (Nm)	
Kiristysmomentit				
	4.kiristys 100% maksimista (Nm)			
Kiristysmomentit				



Työkalut:
Erityisvaatimukset:
Poikkeamat:

Laippaliitos on oikein asennettu ja valmis käyttöönotttavaksi

Mekaaninen Hyväksyntä

Allekirjoitus _____ Pvä _____

Neste Oil Oyj
www.nesteoil.fi

Postiosoite
PL 310, 06101 PORVOO
Käyntiosoite
Porvoon Jämsäntie, Kipilahdi
Puhelin 010 45811

Y-tunnus 1852302-9
Kotipaikka Espoo
© NesteOil 2009