

Teppo Torvi

# Ilmajäähdyttimen mekaaninen huolto ja huoltotyön laaduntuottotekijät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinööryö

27.3.2018

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Teppo Torvi Ilmajäähdyttimen mekaaninen huolto ja huoltotyön laadun- tuottotekijät</p> <p>61 sivua + 1 liite 27.3.2018</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Tutkinto-ohjelma</p>	<p>Konetekniikka</p>
<p>Ammatillinen pääaine</p>	<p>Valmistus- ja tuotantotekniikka</p>
<p>Ohjaajat</p>	<p>Luotettavuusinsinööri Pauli Vilden Luotettavuusinsinööri Pasi Parhamaa Työsuunnittelija Minna Nurmi Kehityspäällikkö Teppo Luoto Lehtori Markku Saarnio</p>
<p>Insinöörityössä käsiteltiin Neste Oyj:n Porvoon öljynjalostamolla käytettävien ilmajäähdyttimien mekaanisen huoltotoiminnan toimintatapoja, laatupoikkeamia ja laaduntuottotekijöitä, joilla vaikutetaan toiminnan laatuvaatimusten täyttymiseen. Tavoitteena oli tuottaa Nesteen koneistusosastolle kohdennettu työohje ruuvitulppien huoltoa varten sekä päivittää olemassa oleva ruuvitulppien avaus, tarkastus- ja sulku toimintaa koskeva työohje. Lisäksi työnvalvojille laadittiin pätevyystesti Nesteen L2O-itseopiskelujärjestelmään, jolla varmennetaan ja pidetään ilmajäähdytinhuollon osaaminen yllä.</p> <p>Nesteen Porvoon öljynjalostamolla on ilmajäähdytinlaitteita yhteensä toiminnassa noin 85 kappaletta. Ilmajäähdyttimiä käytetään aineiden lauhduttamiseen tai jäähdyttämiseen. Niissä virtaa korkeassa paineessa helposti syttyviä prosessiaineita sekä kaasuja.</p> <p>Ilmajäähdyttimissä olevien ruuvitulppien asianmukainen huoltotoiminta on kriittinen osa laitteiden kokonaiskäytettävyyttä. Yksittäisen ruuvitulpan aiheuttama vuoto voi aiheuttaa vaaratilanteen ja tuotannonmenetyksiä. Tästä syystä tässä insinöörityössä määritetyt toimintatavat ovat tärkeä osa käytettävyyttä ja luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Nesteen ilmajäähdytin huollon toimintatavat ja huollon laatupoikkeamat käsiteltiin tutkimmalla laitteiden RCM-materiaalia ja haastatteleamalla huoltotyön sidosryhmiä. Huoltotyön laaduntuottotekijöiden kautta pystyttiin lähestymään oleellisia asioita, ilmajäähdytin huoltoon liittyvien Nesteen sisäisten vaatimusten ja spesifikaatioiden pohjalta. Tämän materiaalin pohjalta valmisteltiin myös L2O-kysymyspatteri.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>laaduntuottotekijät, ilmajäähdytin, ruuvitulppa, kunnossapito, menetelmät, käytettävyys</p>

Author Title	Teppo Torvi Mechanical Maintenance of Air Coolers and Quality Factors of Maintenance Work
Number of Pages Date	61 pages + 1 appendices 27 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Pauli Vilden Reliability Engineer Pasi Parhamaa Reliability Engineer Minna Nurmi Work Planner Teppo Luoto Development Manager Markku Saarnio Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis examines the maintenance of air cooler (EC) header plugs, possibly causes for the maintenance and quality factors in the Neste Corporation's Porvoo oil refinery. The objective of the thesis was to produce a manual for header plug maintenance in a machine work shop and to update the existing manual for opening, checking and closing the header plugs at the refinery area. Additionally one of the goals was to produce a competence test for supervisors to ensure and update their skills. This competence test was prepared for Neste's L20-selfstudy system.</p> <p>There are approximately 85 air coolers at Neste's Porvoo refinery. Air coolers are used for cooling or condensing high pressured flammable process liquids and gases.</p> <p>The proper maintenance of the header plugs in the air coolers is a critical part of the overall usability of the devices and therefore a leakage caused by a single header plug can cause a hazard and lead to production losses. For this reason, the established procedures are an important part of the usability and reliability. Maintenance methods and reasons for maintenance were investigated by examining the reliability cost maintenance material of air coolers and by interviewing stakeholders. Through the quality factors, it was possible to approach essential issues related to the performance of assignments, such as the management of regulations and specifications on which the L20-online training questions are based.</p>	
Keywords	Air cooled heat exchanger, Maintenance, Header plug, Usability, Reliability, Quality factors

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	5
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	5
1.2	Neste Oyj	6
2	Ilmajäähdyttimen toiminta ja rakenne	8
2.1	Toimintaperiaate	8
2.2	Rakenne	9
2.2.1	Päätylaatikko	10
2.2.2	Ruuvitulppa	12
2.2.3	Ruuvitulpantiiviste	12
2.3	Materiaalitekniikka ja materiaalien valinta	14
2.4	Ruuviliitosvuotojen ennaltaehkäisy	16
2.5	Ruuvitulpan kiristysmomentin mitoitus ja kiristys	17
3	Ilmajäähdyttimen huolto	21
3.1	Huollon vaiheet	21
3.2	Huollontarpeen syyt	27
3.3	Ruuvitulppahuolto-prosessin haasteet ja kehityskohteet	30
4	Vastaanottotarkastuksen katselmointi	32
5	Laatu	35
5.1	Laadun määritelmä	35
5.2	Laatuvaatimus	35
5.3	Laatujärjestelmät	36
5.4	Laadukas tuotanto-omaisuuden hallinta kunnossapidossa	37

5.5	Laaduntuottotekijät	39
5.5.1	Työn suunnittelu	40
5.5.2	Tarkastus ja viranomaisvaatimukset	41
5.5.3	Työvälineiden kunnan tarkkailu	43
5.5.4	Työohjeet	44
5.5.5	Työkohde	45
5.5.6	Henkilöstö	47
5.5.7	Tiiveys- ja painekoe	48
5.5.8	Vastaanottotarkastus	49
5.5.9	Dokumentointi ja raportointi	50
5.5.10	Esimerkkejä jatkuvan parantamisen työkaluista Nesteellä	52
6	Työvälineen kehitys momenttivääntimeen	54
7	Henkilöstön pätevyyden varmentaminen ja ohjeistus	60
8	Yhteenveto	61
	Lähteet	62

Liite. Vastavoimavarren kokoonpanokuva

## Lyhenteet

API	<i>American Petroleum Institute</i>
EC	Neste Oyj:n käyttämä laitetunnus ilmajäähdyttimille
HSE	<i>Health, Safety, Environment</i> (riskien hallinta)
HV / HB	<i>Hardness Vickers / Hardness Brinell</i> (materiaalin pinnankovuusasteikko)
Lohko	Lohko tarkoittaa tässä työssä ilmajäähdyttimen päätylaatikoista ja jäähdytintinputkista rakentuvaa kokonaisuutta.
L2O	<i>License to Operate</i> (itseopiskelun verkkokoulutusalue)
M+	Neste Oyj:n kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä
NCR	<i>Neste Continuous Improvement Reporting</i> (Nesteen turvallisuus- ja laatu- poikkeamien raportointijärjestelmä)
NoBo	<i>Notified body</i> (ilmoitettu laitos). Ilmoitettu laitos on viranomaisen toimesta sertifioitu ja hyväksytty tarkastuslaitos
OQD	<i>Operation Quality Document</i> (Nesteen sisäisen laatukäsikirjan ohje)
PED	<i>Pressure Equipment Directive</i> (Euroopan unionin painelaitedirektiivi)
PPM	<i>Parts Per Million</i> (yksi miljoonasosa, esim. mg/kg)
PT	Pintatarkastus
Ra	Pinnankarheuslukema (µm)
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
SFS	Suomen standardoimisliitto

TTS	Turvallisten työtapojen suunnitelma
TRA	Työn riskien arviointi
Työnvalvoja	Asentajan nimissä toimiva Neste Oyj:n työnvalvoja
UNF	Tuumainen ISO-hienokierre

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Insinööri työ tehtiin Neste Oyj:n Porvoon öljyjalostamolle, sen kunnossapito-organisaation sekä palveluntoimittajien käyttöön. Työssä käsitellään ilmajäähdyttimen (EC) ruuvitulppahuoltoa ja huoltotoimintaan liittyviä laaduntuottotekijöitä.

Työn lähtökohtana oli yhtenäistää toimintatapoja tutkimalla ja kehittämällä ilmajäähdyttimen huolto prosessia. Tavoitteena oli tehdä Nesteen koneistamoon kohdennettu työohje ja päivittää ilmajäähdyttimen ruuvitulppien avaukseen, - tarkastukseen- ja sulkemiseen liittyvää työohjetta. Lisäksi tavoitteena oli laatia ilmajäähdytintyönvalvojan pätevyystesti, joka toteutettaisiin itseopiskeluun tarkoitetulla verkkokoulutus alustalla (L2O). Pätevyystestillä varmistettaisiin, että ilmajäähdyttimien huoltotyössä mukana oleva työnvalvoja on tietoinen oikeista työtavoista ja ilmajäähdyttimen kriittisten komponenttien laatuvaatimuksista.

Insinööri työn toteutuksessa käytettiin lähdemateriaaleja kuten muun muassa, standardeja, Nesteen sisäisiä spesifikaatioita ja haastateltiin Nesteen henkilöstöä. Lisäksi työn aikana tehtiin tutustumiskäynti Decometan tehtaalle Belgiaan, josta saatiin tietoa ilmajäähdytinvalmistajan käyttämistä laadunvarmistusmenetelmistä, vastaanottotarkastuksen kulusta sekä tiiveys- ja painekokeiden suorituksesta.

Insinööri työn teoriaosassa perehdytään ilmajäähdyttimen yleiseen rakenteeseen ja toimintaperiaatteeseen, ilmajäähdyttimen huoltoon sekä ruuvitulppahuollon keskeisiin tekijöihin ja laatuun. Huollon eri rajapintoja käydään työssä läpi tuomalla esiin keskeisiä työn laaduntuottotekijöitä standardien, spesifikaatioiden ja Nesteen kunnossapidon laatimien ohjeiden kautta.

## 1.2 Neste Oyj

### Neste yrityksenä

Neste Oyj on suomalainen öljynjalostukseen ja vähittäismyyntiin keskittynyt yritys, jolla on yli 1 000 aseman verkosto Itämeren alueella. Neste on maailman suurin uusiutuvan dieselin valmistaja. Yhtiön uusiutuviin tuotevalikoimiin kuuluvat mm. Neste My Diesel ja biopropaani. Uusia markkinoita haetaan uusiutuvilla muovi- ja liuotintuotteilla. Tuotevalikoimassa on edelleen myös fossiilisista lähteistä valmistettuja öljytuotteita. [5.]

Yhtiön liikevaihto vuonna 2017 oli 13,2 miljardia euroa ja vertailukelpoinen liikevoitto 1 101 miljoonaa euroa. Yhtiön osake on listattu Helsingin pörssiin NASDAQ. Yhtiön osakkeiden omistus sektoreittain on seuraava: 49,75 % Suomen valtio, 32,20 % ulkomaiset omistajat, 9,61 % suomalaiset instituutiot ja 8,44 % kotitaloudet. Työntekijöitä yhtiössä on noin 5 000. Yhtiön tuotantolaitokset sijaitsevat Rotterdamissa, Singaporessa ja Suomessa. Suomessa jalostamokokonaisuuden muodostavat Porvoo, jossa sijaitsevat tuotantolinjat 1–4 ja Naantali, jossa sijaitsee tuotantolinja 5. [5.]

### Nesteen historia

Neste konserni perustettiin vuonna 1948 turvaamaan Suomen öljyhuolto. Vuonna 1954 syntyi päätös rakentaa Naantaliin ensimmäinen öljynjalostamo, joka käynnistyi vuonna 1957. Öljynkulutuksen lisääntyessä Naantalin jalostamon kapasiteettia lisättiin 800 000 tonnista 2,5 miljoonaan tonniin, mutta se ei vielä riittänyt kasvavan öljynkulutuksen kattamiseksi. Vuonna 1969 Suomeen rakennettiin toinen jalostamo, joka sijaitsee Porvoon Kilpilahdessa (kuva 1). Vuonna 1998 Neste fuusioitui Imatran Voima Oy:n kanssa, mistä syntyi Fortum Oyj. Yhtiöiden yhteinen aikakausi kesti vuoteen 2005, jolloin ne eriytettiin. Fortumin öljytoiminta eriytettiin omaksi yhtiöksi, ja se listautui Helsingin pörssiin Neste Oil Oyj:nä. [5.]

Vuonna 2015 Neste Oil Oyj muutti nimensä Neste Oyj:ksi, koska yritys haluaisi markkinoida itseään erityisesti uusiutuvien polttoaineiden jalostajana ja markkinoijana. Vuonna 2018 Neste täytti 70 vuotta ja valittiin maailman toiseksi vastuullisimmaksi yritykseksi. [5.]



Kuva 1. Neste Oyj:n Porvoon Kilpilahdessa sijaitseva öljynjalostamo kuvattuna tuotantolinja 3:n suunnasta. [5.]

## 2 Ilmajäähdyttimen toiminta ja rakenne

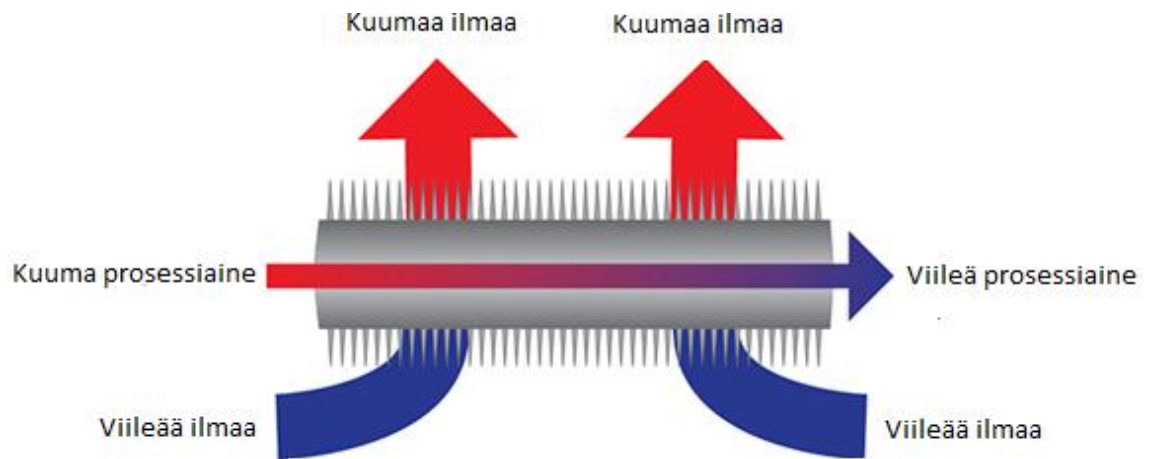
Nesteen öljynjalostamolla Porvoossa ilmajäähdyttimiä on käytössä noin 85 kappaletta. Ilmajäähdyttimiä käytetään yrityksessä yleisimmin nesteiden jäähdyttämiseen tai kaasujen lauhduttamiseen. [27.]

Ilmajäähdyttimen etuina on pienempi ympäristön kuormitus, koska järjestelmä ei tarvitse ulkoista jäähdytysnestettä, kuten esimerkiksi putkilämmönsiirrin. [18.]

### 2.1 Toimintaperiaate

Ilmajäähdytin on painelaite ja sen toiminta perustuu lämmönsiirtoon. Lämmönsiirron tyyppit jaetaan yleisesti kolmeen pääkategoriaan: 1. lämmön johtumiseen 2. konvektioon 3. lämpösäteilyyn. Lämmönsiirtoon käytetään yleisesti lämmönsiirtimiä. Lämmönsiirtimen toimintaperiaate on tavallisesti lämmittää kylmempää ainetta kuumemman väliaineen avulla. Kun ainetta halutaan jäähdyttää, käytetään laitteesta silloin nimitystä jäähdytin. Petrokemianlaitoksilla ja öljyteollisuudessa yleinen jäähdytintyyppi on ilmajäähdytin. [21.]

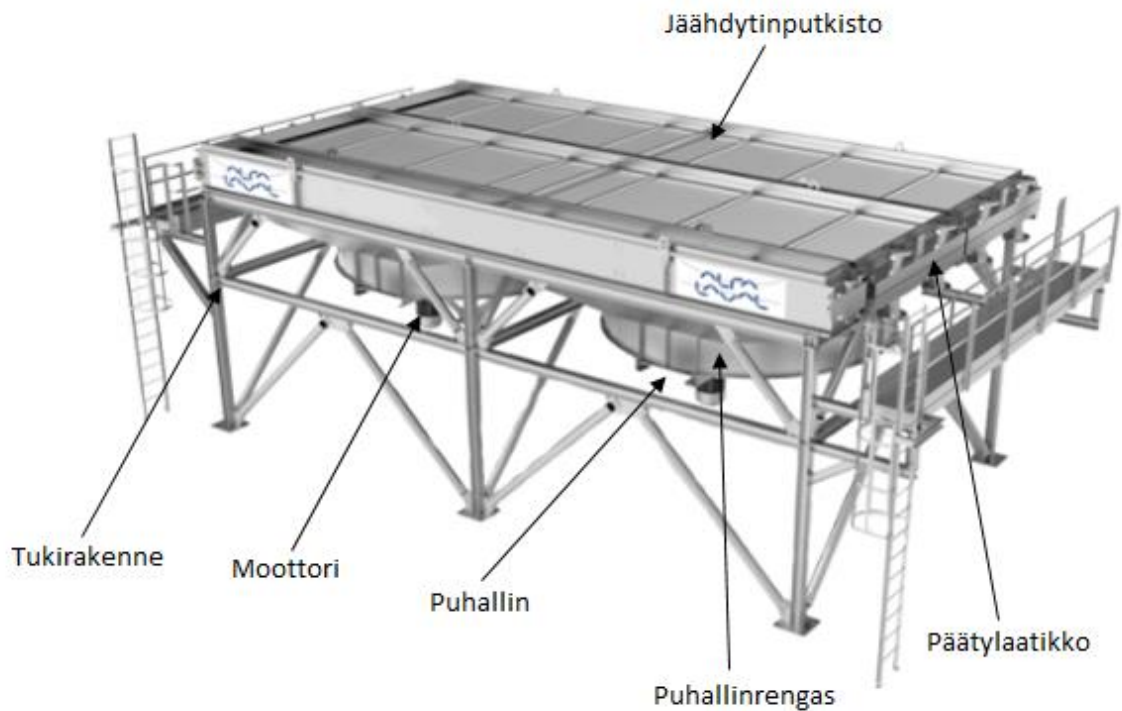
Tarkemmin kuvattuna ilmajäähdyttimen toiminta perustuu laitteessa virtaavan nesteen tai kaasun jäähdyttämiseen ilmavirtauksella eli pakotetulla konvektiolla, jossa ilmavirtaus tehostaa lämmönsiirtymistä. Lämpöopin sääntöjen mukaisesti lämpöenergia siirtyy kuumemmasta kylmempään, kun lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Ilmajäähdyttimen tapauksessa lämpöenergia siis siirtyy ilmavirtauksen avulla viileämpään ympäristöön jäähdyttäen jäähdytinputkien sisältöä (kuva 2). [28.]



Kuva 2. Rivoitettujen putkien väliin puhallettu ympäröivä ilma jäädyttää putkessa virtaavaa kuumaa prosessiainetta ja siirtää lämpöenergian ulkoilmaan [25].

## 2.2 Rakenne

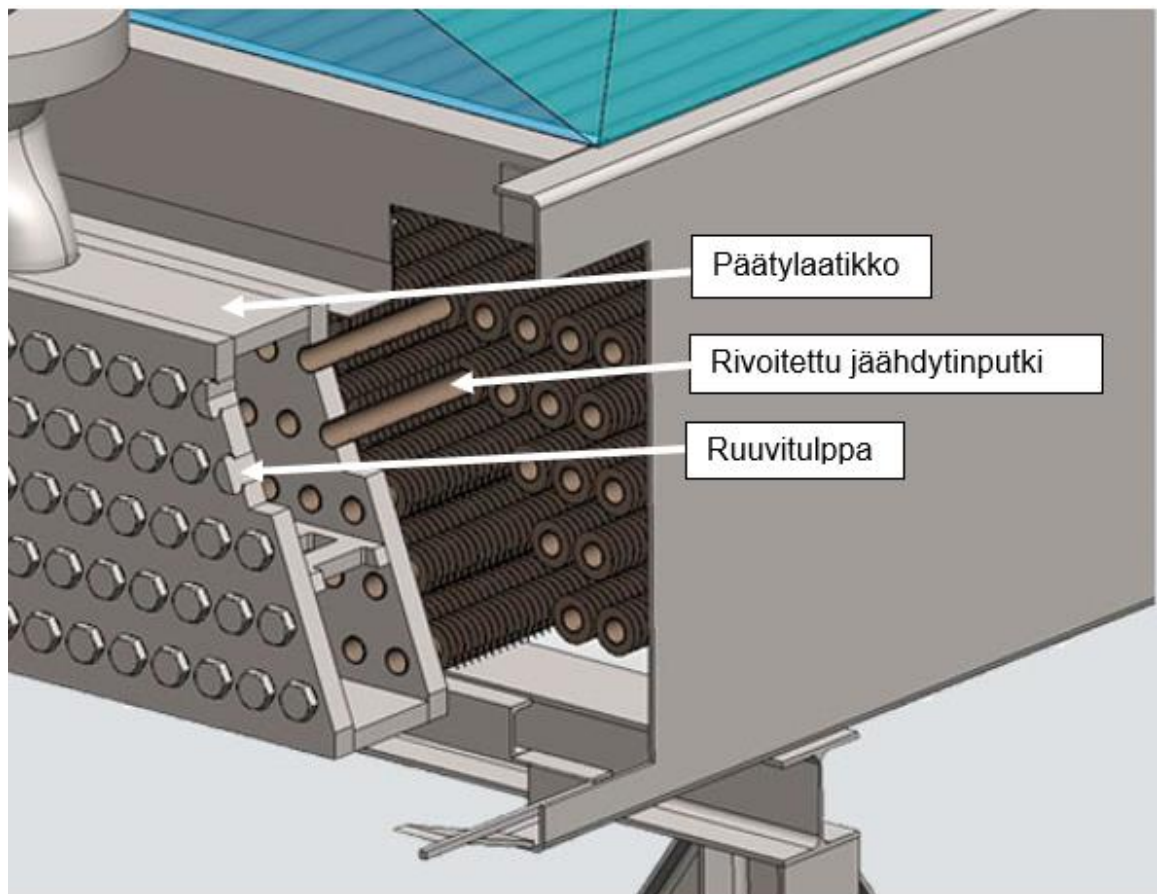
Ilmajäähdyttimen perusrakenne sisältää tukirakenteen, jäähdytinputkiston, päätylaatikon, puhallinrenkaan, puhaltimen ja puhallinta pyörittävän sähkömoottorin (kuva 3). Laitteen näkyvät rakenteet on yleensä sinkitty tai maalattu säänkestoa ajatellen. [19.]



Kuva 3. Ilmajäähdyttimen perusrakenne ja pääosat [19].

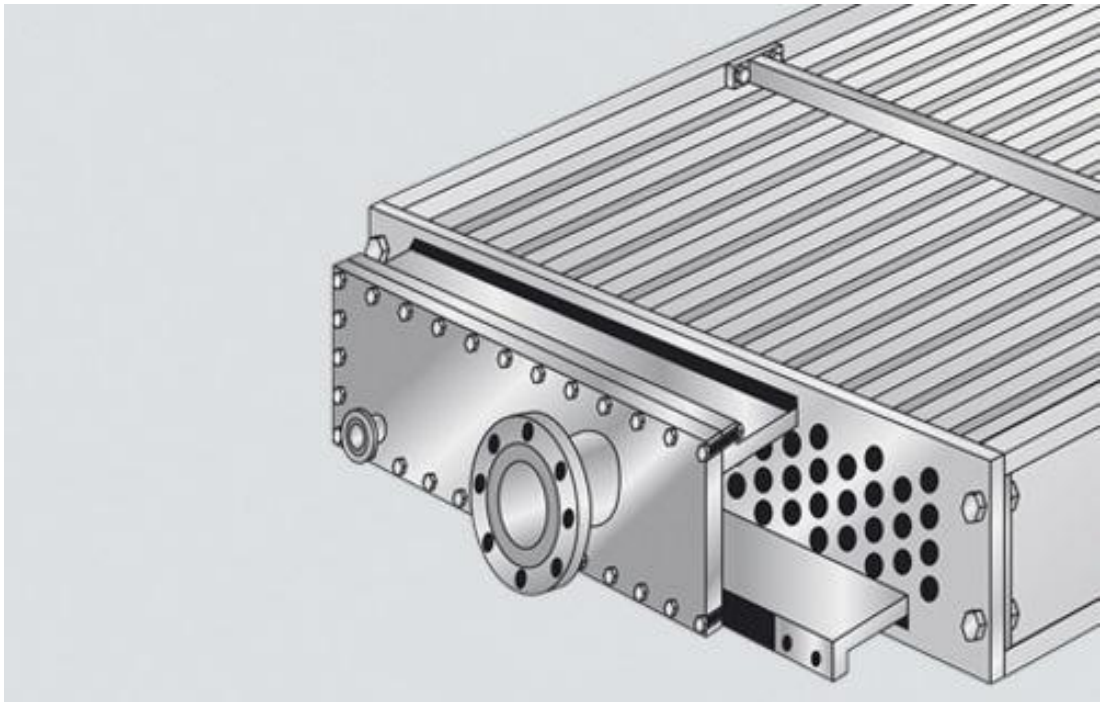
### 2.2.1 Päätylaatikko

Päätylaatikon tehtävänä on jakaa putkistosta tulevaa virtausta rivoitetuille jäähdytinputkistoille (kuva 4). Ainevirtaus saapuu kuumana sisään tuloyhteen kautta ja poistuu jäähtyneenä tai lauhtuneena paluuyhteen kautta ulos. Päätylaatikossa on lisäksi ns. ilmaus- ja vesitysyhteet. Päätylaatikon rakenne on koottu hitsaamalla. Hitsauksen vaatimukset on määritetty Nesteen ilmajäähdyttimien suunnittelu, valmistus- ja tarkastus spesifikaatio D-102:ssa. Päätylaatikon päätyihin on koneistettu tuumanosa-standardin kierteet ja tasotiivistepinta ruuvitulppaa ja metallitiivistettä varten.

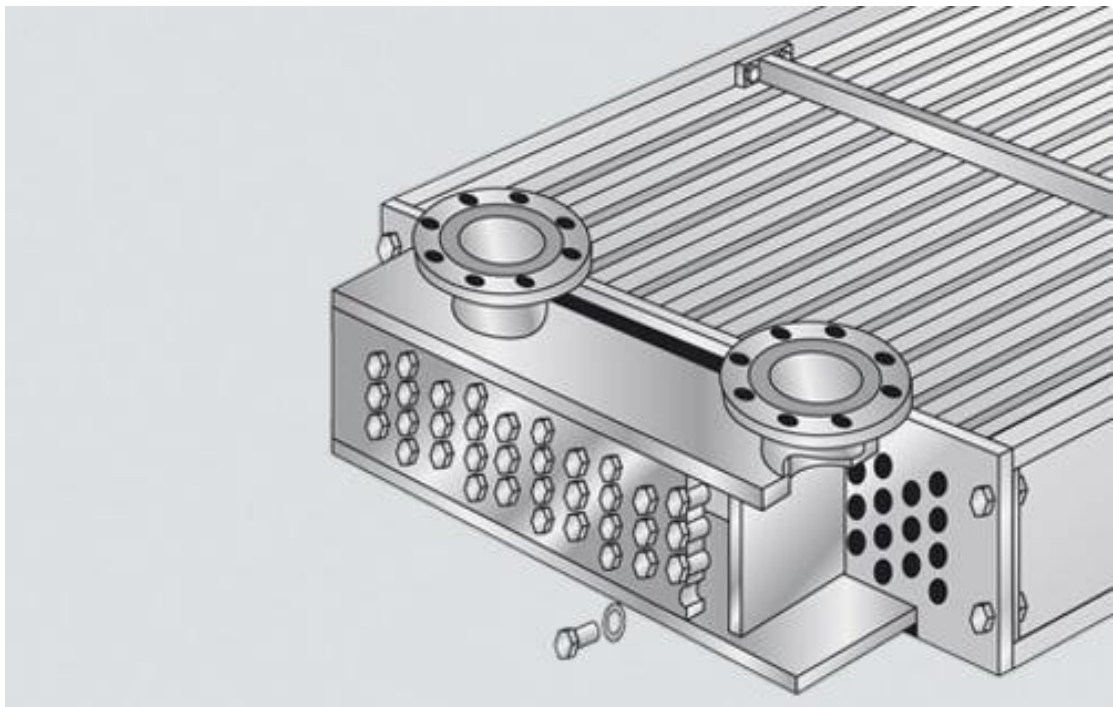


Kuva 4. Ilmajäähdyttimen päädyn poikkileikkaus ja pääosat [20].

Päätylaatikon rakenteita on erityyppisiä. Pääty voidaan sulkea yhdellä päätylevyllä (kuva 5) tai ruuvitulpilla (kuva 6). Päätylaatikon tyyppi määräytyy käyttöpaineen mukaan. Paineen ollessa enintään 3 000 psi eli noin 207 bar voidaan käyttää päätylevytyyppistä rakennetta. Paineen ollessa 3 000 psi tai enemmän käytetään ruuvitulpparatkaisua. Lisäksi ilmajäähdyttimessä virtaavan aineen ominaisuudet vaikuttavat päätylaatikkotyyppin valintakriteereihin. [11.]



Kuva 5. Päätylevyratkaisulla toteutettu päätylaatikko [20].



Kuva 6. Ruuvitulpparatkaisulla toteutettu päätylaatikko [20].

### 2.2.2 Ruuvitulppa

Ruuvitulpan tehtävä on pitää paineenalainen aine ilmajäähdyttimen sisällä (kuva 7). Ruuvitulpilla ei ole varsinaista tehtävää laitteen toiminnan kannalta, mutta irrotettavat ruuvitulpat mahdollistavat laitteen pesun ja tarkastuksen. Ruuvitulppien huoltotoiminta onkin, kriittinen osa ilmajäähdyttimien käytettävyyttä.

Ruuvitulpan vaatimukset määritellään Nesteen sisäisessä spesifikaatiossa D-102 ja tyyppikuvassa PVO-SP 0043 (kuva 9). [6.]



Kuva 7. Erityyppisiä ruuvitulppia [29].

### 2.2.3 Ruuvitulpantiiviste

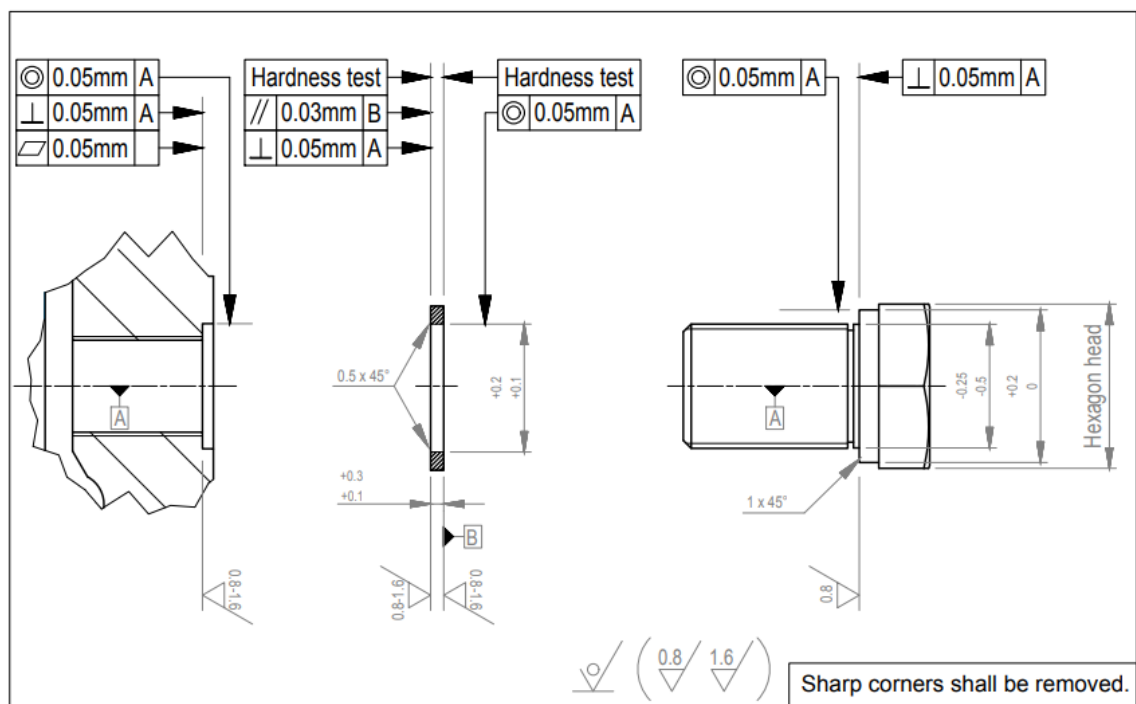
Tiivisteiden tehtävä on eristää ja estää vuodot erilaisissa liitoskohdissa (kuva 8). Vuodolla voi olla merkittävää haittaa laitteen toiminnalle tai vuoto voi aiheuttaa vaaraa ympäristölle. Ilmajäähdyttimen tapauksessa tiiviste on ruuvitulpan ja päätylaatikon tiivistepinnan välissä tiivistämässä sisällön erilleen ulkoilmasta.

Myös tiivisteiden vaatimukset on määritelty spesifikaation D-102 tyyppikuvassa PVO-SP-0043 vastaavasti kuin ruuvitulpan vaatimukset (kuva 9). Tiiviste tulee valmistaa lasuavalla menetelmällä (sorvaamalla) ja pinnanlaatu tulee olla Ra 0.8–1.6 µm alueella. Tiivisteiden kovuus tulee olla 40 HB alempi kuin ruuvitulpan tai päätylaatikon materiaalin. Lisäksi yhdensuuntaisuustoleranssin tulee olla vastapintoihin nähden enintään 0.03 mm. [6.]



Kuva 8. Paksuudeltaan erilaisia metallitiivisteitä. Nesteen sisäinen spesifikaatio D-102 määrittää, että tiivisteiden kovuuden tulee olla vähintään 40 HB alempi kuin vastapintojen kovuus [29].

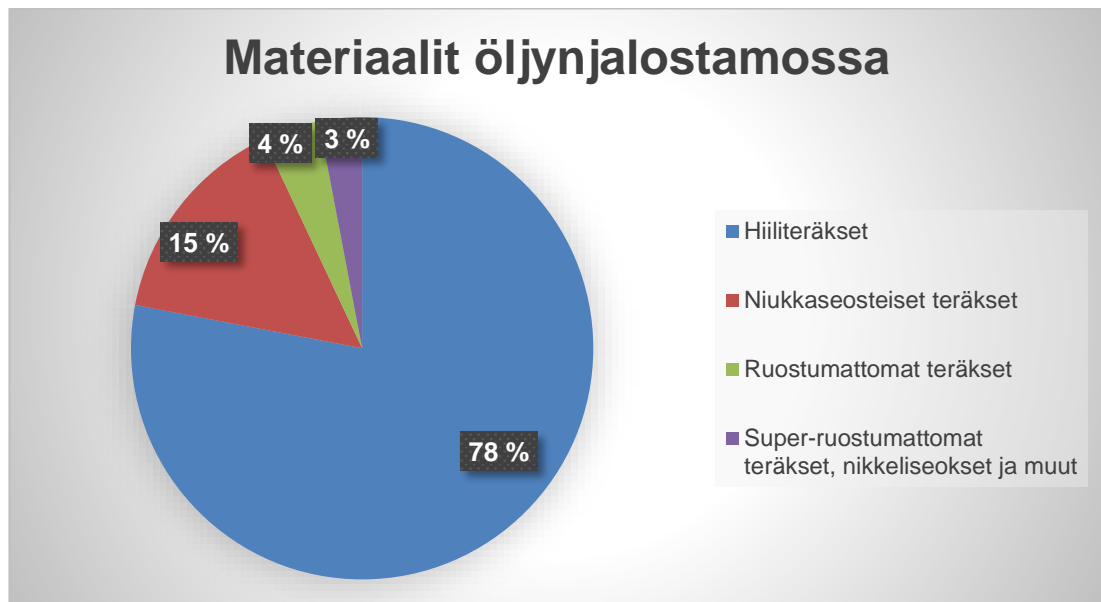
Tiivisteiden paikalleen asetusvaiheessa huomioidaan, että tiiviste asettuu kunnolla tulpan ja päätylaatikon väliin sekä se, että tiivisteessä oleva viiste tulee tulpan tiivistepinnan puolelle.



Kuva 9. Ruuvitulpan ja tiivisterenkaan tyyppikuva. Pienillä toleransseilla sekä yhdensuuntaisilla pinoilla saadaan liitospinnat pitäviksi [6].

### 2.3 Materiaalitekniikka ja materiaalien valinta

Teräslajit luokitellaan karkeasti rakenneteräksiin, työkaluteräksiin ja ruostumattomiin teräksiin. Koostumuksen mukaan luokiteltuna teräkset jakautuvat hiiliteräksiin, niukkaseosteisiin teräksiin, ruostumattomiin teräksiin ja superlujiin teräksiin (kuva 10). [14.]



Kuva 10. Materiaalien jakauma öljynjalostamolla [9].

Ilmajäähdyttimien materiaalien valintaa ohjaa suuresti korroosioympäristö (taulukko 1). Jäähdyttimet sisältävät kemiallisia yhdisteitä, joista muun muassa rikkivety ( $H_2S$ ), ammoniumbisulfidi ( $NH_4HS$ ) sekä ammoniumkloridi ( $NH_4Cl$ ) ovat ominaisuuksiensa vuoksi korroosion ja eroosion aiheuttajina ilmajäähdyttimien metallipinnoilla. Korroosio voi aiheuttaa pahimmillaan tukkeuman jäähdytimeen. Osittain tukkeentuneessa ilmajäähdyttimen jäähdytinputkessa virtausnopeudet voivat nousta yli suunnitteluarvojen aiheuttaen metalliin eroosiota. Tukkeentuneessa jäähdytinputkessa vastaavasti muodostuvat korroosioalttiit olosuhteet. Tällaisia yksiköitä ovat Nesteen Porvoon jalostamolla esimerkiksi vety-yksikkö (VY) ja perusöljy-yksikkö (VHVI). [14; 28.]

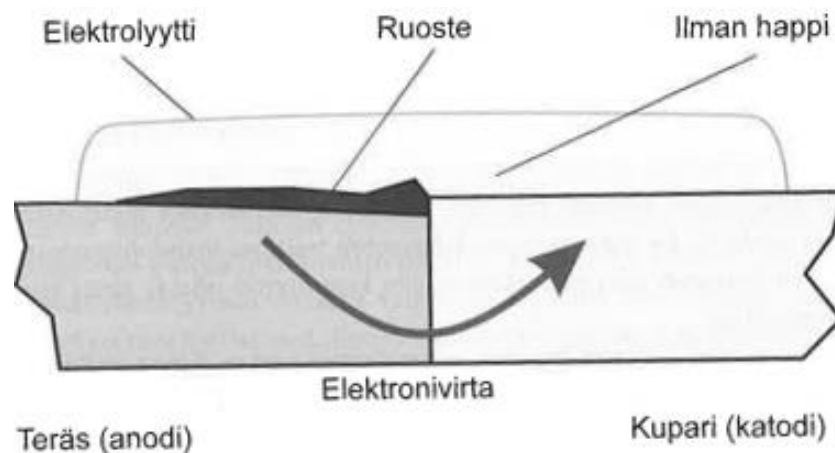
Taulukko 1. Teräslaadun valinta korroosioympäristön mukaan. Ilmajäähdyttimen elinkaaren aikana materiaalin kulumista ja korroosiota valvotaan säännöllisillä tarkastuksilla. [9].

Korroosioympäristö	Teräslaatu
Syövyttämättömät ympäristöt	Hiiliteräs
Lievästi syövyttävät ympäristöt	Hiiliteräs lisävaatimuksilla Hiiliteräs suojattuna Ruostumattomat teräkset
Voimakkaasti syövyttävät ympäristöt	Ruostumattomat teräkset (Duplex)
Hapot / Emäkset	Super - ruostumattomat teräkset Nikkeliseokset (Inconell) Erikoisseokset

Materiaalien valinnan periaatteita ovat lisäksi materiaalien mekaaniset ominaisuudet, käyttövaatimukset sekä valmistettavuus. Valmistettavuuteen liittyy esimerkiksi muokattavuus ja hitsausominaisuudet. Mekaanisiin ominaisuuksiin sekä käyttövaatimukseen liittyy esimerkiksi materiaalin kestävyys ja sähkökemiallisten reaktioiden hallinta. Materiaalivalinnoissa tulee käyttää materiaaleja, jotka ovat potentiaalieroltaan tasapainoisia. Epätasapainoinen potentiaaliero voi aiheuttaa liitospintojen välistä korroosiota ja lyhentää täten käyttöikää esimerkiksi vuotoja aiheuttamalla.

Pintojen välistä korroosiota kutsutaan galvaaniseksi korroosioksi eli kontaktikorroosioksi (kuva 11). Kontaktikorroosio liittyy myös ruuvitulppahuollon aikaiseen toimintaan, jolloin työstettäviin pintoihin kontaktissa olevien työvälineiden tulee olla samaa materiaalia käsiteltävien pintojen kanssa, jotta korroosion alkaminen estetään.

[14.]



Kuva 11. Galvaanisen korroosion toimintamekanismi [1, s 82].

Ilmajäähdyttimen materiaalit hiilivety (H<sub>2</sub>) ja hiilivety–rikkivety (H<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>S) ympäristöissä:

- hiiliteräkset (S265 GH)
- ruostumattomat teräkset (A316L)
- ruostumattomat Duplex-teräkset (3RE60, Duplex 2205)
- ruostumattomat erittäin lujat teräkset (Inconel 825). [9.]

Valmistettaessa edellä mainituissa ympäristöissä käytettäviä painelaitteita huomioidaan, standardit SFS-EN 10025 sekä SFS-EN 10028-2...7 (Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin materiaalivalintoja tehtäessä). Erityisesti öljynjalostusteollisuudessa vaaditaan materiaaleilta kestävyyttä vetyhaurautta vastaan. [1, s. 428.]

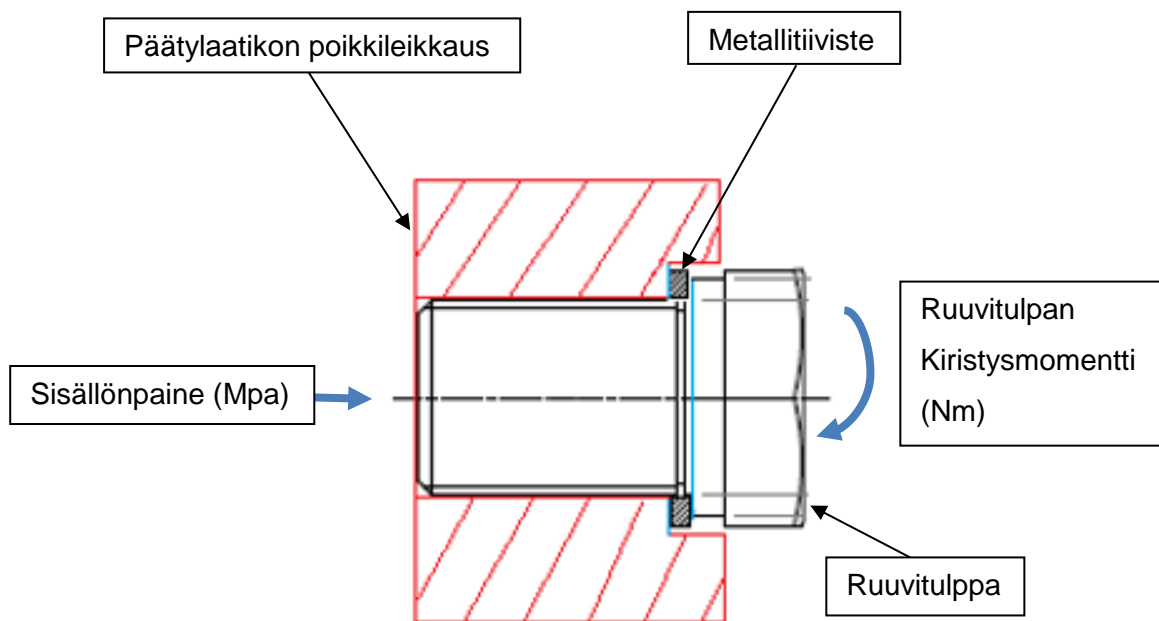
#### 2.4 Ruuviliitosvuotojen ennaltaehkäisy

Ruuviliitoksen tavanomainen tehtävä on rakenteiden toisiinsa liittäminen. Ilmajäähdyttimessä olevien ruuvitulppien tehtävänä on toimia tiivistävänä sulkutulppana [1, s. 132.]. Ruuvitulppa joutuu kestävänsä suuria tuubin sisällönpaineen aiheuttamia voimia (kuva 12). Nesteellä ilmajäähdyttimien ruuvitulppaliitokset kuuluvat kriittisten painelaitteiden osien piiriin, joten niiden asennukseen sovelletaan Nesteen ruuviliitos-spesifikaatiota F-101:stä. Spesifikaatiota sovelletaan Suomen Neste Oyj:n tuotantolaitosten prosessiyksiköissä (ns. ISBL-alue) ja säiliöalueilla (ns. OSBL-alue) ja seuraavissa kohteissa:

- ilmajäähdyttimien ruuvitulppien asennuksessa
- putkistoissa ja painelaitteiden paineenalaisissa ruuviliitoksissa sekä liitoksissa joissa putkisto yhdistetään ruuviliitoksella koneeseen tai muuhun laitteeseen, esim. pumppu, kompressori jne.
- instrumentointiliitoksissa niiltä osin kuin ne sisältyvät painelaittedirektiivin soveltamisalueen luokkiin I–IV. [7.]

Ruuviliitoksen kestävyys vaikuttaa oleellisesti valmistusmenetelmä. Ruuveja voidaan valmistaa valssausmenetelmällä tai lastuavalla koneistusmenetelmällä eli sorvaamalla. Valssatun kierteen etuina on koneistettuun kierteseen nähden yhtenäinen voimalinja ilman epäjatkuvuuskohtia materiaalissa, mikä tekee kiertestä lujempaa. Kierteen kiinnileikkautumisriski myös pienenee. Valssaaminen on valmistusmenetelmänä nopea, joten standardiruuvit sarjatuotannossa valmistetaan usein juuri tällä menetelmällä. Tehdastekoiset ilmajäähdyttimen ruuvitulpat ovat myös yleensä valssattuja. [26.]

Ruuviliitoksen auki kiertymisen estämiseksi käytetään erilaisia varmistusmenetelmiä. Varmistustapoja ovat nestemäiset kierrelukiteliimat, lukkolevyt, jousella tai hammastuksella olevat aluslevyt sekä lankavarmistus ruuvien välillä. Ruuviliitoksen aukeamista edesauttavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi värinä, kuormitussuunnan vaihtelut tai lämpötila. Ilmajäähdyttimessä ruuvitulpat kiristetään taulukossa tai piirustuksessa määritettyyn laskennalliseen momenttiin, joka riittää pitämään ruuvitulpan tarvittavalla kireydellä ja tiivistämään paineenalaisen päätylaatikon sisällön eroon ulkoilmasta. [1, s. 156.]



Kuva 12. Poikkileikkaus ruuvitulpasta ja kierreestä [Muokattu spesifikaatiokuvasta; 9].

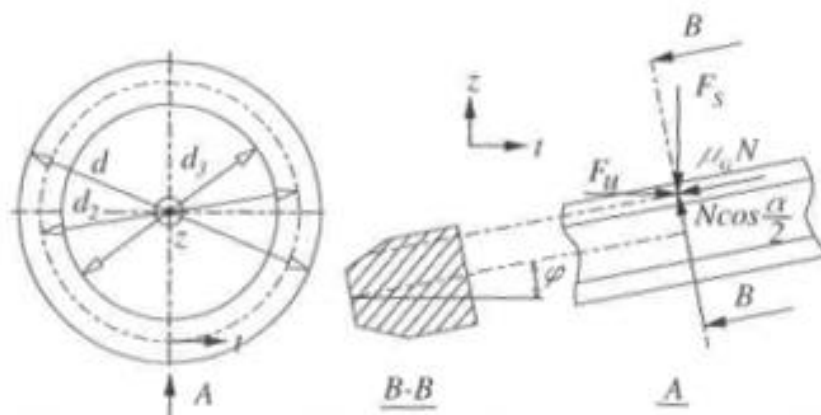
## 2.5 Ruuvitulpan kiristysmomentin mitoitus ja kiristys

Seuraavassa esitellään ilmajäähdyttimen ruuvitulpan kiristysmomentin mitoitusta sekä kiristämistä. Laskuesimerkit on toteutettu 1 ½" ja 1 ¾" UNF-kierteillä. Tarkoituksena on tutkia ruuvitulpan halkaisijan vaikutusta kiristysmomenttiin EC:n sisällönpaineen ollessa edelleen sama. Ruuvitulpan ja kierreiden halkaisijaa joudutaan kasvattamaan, jos alkuperäinen kierre on jostain syystä vaurioitunut riittävän pahoin. Normaalitilanteessa kiristysmomenttiarvot ovat taulukossa tai valmistajan piirustuksissa Nesteen painelaitearkistossa.

Valmistajan tapa laskea kiristysmomentti ottaa useampia muuttujia huomioon, joten seuraavaksi esiteltävät esimerkkilaskelmat perustuvat lähdetietoon oppikirjasta.

Kierteen kiristysmomentti voidaan laskea kun tiedetään kierteeseen vaikuttavat ulkoiset voimat ja olosuhteet sekä kierteen tyyppi (Kuva 13). Tästä saadaan tangentin ja ruuvin z-akselin suunnat yhdistävä kaava, jolla kiristysmomentti ( $M_G$ ) lasketaan [1, s. 136.]:

$$M_G = \frac{d_2}{2} * \frac{\mu G + \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \tan(\varphi)}{-\mu G * \tan(\varphi) + \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * F_S$$



Kuva 13. Kierteen profiilin poikkileikkaus [1, s. 136]

- $F_s$  on ruuvin aksiaalivoima
- $N$  on ruuvin ja mutterin välinen normaalivoima
- $\mu_G$  on kierteen kitkakerroin
- $\varphi$  on kierteen nousukulma
- $F_u$  on ruuvin kiristämiseen tarvittava aksiaalivoima
- $M_G$  on ruuvin kiristämiseen tarvittava vääntömomentti
- $d_2$  on ruuvitulpan halkaisija kierteen harjan puolivälistä

[1, s. 135]

Esimerkki 1:

Alkutilanteessa käytetään 1 ½" ruuvitulppaa, johon oletetaan kohdistuvan 13,5 MPa eli 135 bar sisällönpaine. Laskutapa huomioi oletetun kitkan ja aksiaalikuorman. Laskennassa ruvin halkaisija otetaan kierteen harjan puolivälistä ( $d_2$ ).

Alkuarvot:

- $d_2 = 37,65$  mm
- $\mu_G = 0,3$  (kierteen kitka + tiivistävän otsapinnan kitka)
- kierteen nousukulma =  $35^\circ$

$$M_G = \frac{37,65}{2} * \frac{0,3 + \cos\left(\frac{35}{2}\right) * \tan(35)}{-0,3 * \tan(35) + \cos\left(\frac{35}{2}\right)} * 13,5 \text{Mpa} = 331 \text{Nm}$$

Esimerkki 2:

Tämä esimerkki on laskettu samalla kaavalla mutta ruuvitulpan koko on 1 ¾", jolloin  $d_2 = 44$  mm.

$$M_G = \frac{44}{2} * \frac{0,3 + \cos\left(\frac{35}{2}\right) * \tan(35)}{-0,3 * \tan(35) + \cos\left(\frac{35}{2}\right)} * 13,5 \text{Mpa} = 386 \text{Nm}$$

Tuloksena huomataan, että ruuvitulpan halkaisijan kasvattaminen vaikutti kiristysmomentin kasvuun lähes 17 %. Ruuvitulpan halkaisijan kasvulla on, siis merkittävä vaikutus kiristysmomenttiin, mikä on erityisesti otettava huomioon, valmistettaessa niin sanottuja ylikokoisia ruuvitulppia suurennetulle kierrereiälle. Tämä tarkoittaa, että taulukkojen ja piirustuksissa mainittujen arvojen sijaan on laskettava kiristysmomentti tapauskohtaisesti sekä laadittava korjaussuunnitelma.

Ruuvitulpat kiristetään yleisesti käyttämällä momenttiavainta tai akkukäyttöistä momenttiväännintä (kuva 14). Huomioitavaa on, että tulpat tulee aina esikiristää käsin, ennen momenttiin kiristystä. Paineilmalla toimivan ns. pulttipyssyn käyttäminen on kielletty, koska momentin hallinta ei ole mahdollista. Tuloksena voi olla, ruuvitulpan kierteen ja vastakierteen kiinnileikkautuminen.

Akkukäyttöinen momenttiväännin on hankintana Nesteen kunnossapidolle vielä uusi, ja sen käyttö on siten toistaiseksi työnvalvojan luvan varaista. Laitteen mukana kulkee yleinen käyttöohje, joka on myös siirretty päivitetyle ruuvitulppien avaus-huolto- ja tarkastusohjeelle. Momenttivääntimen momenttialue on pienemmässä laitteessa 271–1627 Nm ja isommassa 441–2712 Nm. Laitteeseen suunniteltiin tässä insinööriyössä vasta-voimavarsi (Luku 6).



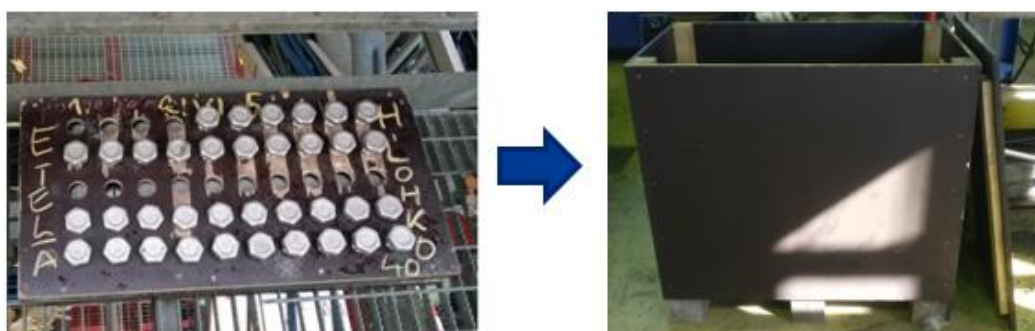
Kuva 14. Momenttiavain ja akkukäyttöinen momenttiväännin [29].

### 3 Ilmajäähdyttimen huolto

#### 3.1 Huollon vaiheet

Ilmajäähdyttimen huollossa on osallisena eri palveluntoimittajien / ammattiryhmien edustajia, jotka suorittavat toimintoja työluvan alaisuudessa. Seuraavassa kappaleessa on kuvaus työvaiheiden kulusta ja menetelmistä.

1. **Esityöt** suorittaa Nesteen tuotanto-organisaatio. Tarkoituksena on saattaa laite työkuntoon kunnossapito-organisaatiolle. Esitöitä ovat mm. ilmajäähdyttimen tyhjennys ja sokeoinnit. Sokeoinnissa laitteelle tulevat putkistot suljetaan laippaliitosten väliin tulevilla umpilaipoilla eli niin sanotuilla sokealaipoilla.
2. **Ruuvitulppien avaus** voidaan tehdä, kun laitteen on tuotannon puolelta todettu olevan työkunnossa. Pääperiaatteena on noudattaa ruuvitulppien avauksessa laaditun työohjeen määräyksiä. Avattaessa ruuvitulppia momenttiavaimella on avausmomenttia samalla seurattava 10 %:n otannalla tulppien kokonaismäärästä. Avauksessa havaitut poikkeamat kirjataan avauspöytäkirjaan / momentti- taulukkoon. Avauksen jälkeen tarkastetaan visuaalisesti kierrepintojen kunto ja tiivistepinnat. Irrotetut tulpat siirretään järjestykseen tulppien kuljetustelineisiin / laatikkoihin, joissa ne kuljetetaan koneistamoon ruuvitulppahuoltoon (kuva 15). Käytetyt tiivisteet vaihdetaan uusiin. Avauksessa havaitut vialliset kiertet tai ruuvitulpat merkitään huomiovärillä (päätylaatikko + ruuvitulppa) sekä vialliset ruuvitulpat siirretään selvästi erilleen.

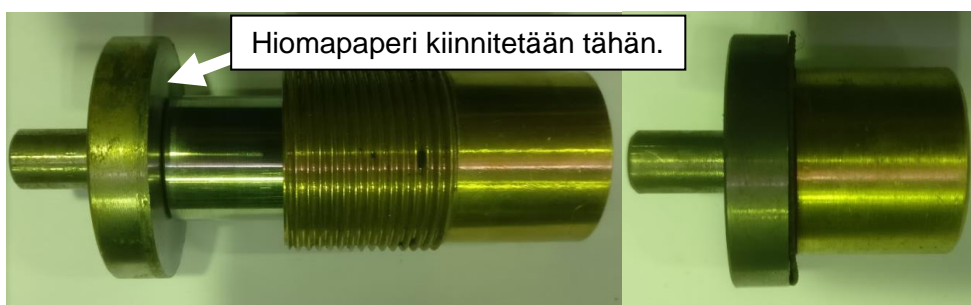


Kuva 15. Ruuvitulppien kuljetusteline ja laatikko [27].

3. **Ilmajäädyttimen pesee** korkeapainepesuihin erikoistunut palveluntoimittaja. Korkeapainepesu voidaan suorittaa vasta, kun kaikki ruuvitulpat on irrotettu ja siirretty koneistamoon jatkotoimenpiteitä varten ja tarvittavat suojaukset on tehty ilmajäädyttimen ympäristössä. Korkeapainepesussa paine on vähintään 250 bar.
  
4. **Päätylaatikon kierrereikien ja tiivistepintojen puhdistus, tarkastus sekä hionta** ovat seuraavia työvaiheita korkeapainepesun jälkeen. Päätylaatikon kierrereiät puhdistetaan käyttäen rasvanpoistajaa ja pyörivää teräsharjaa. Tiivistepinta puhdistetaan rasvanpoistajalla ja pyyhitään puhdistuspyyhkeellä. Tämän jälkeen tiivistepinta sekä kierre tarkastetaan. Tiivistepinta tarkastetaan visuaalisesti ja tarvittaessa pintatarkastusmenetelmällä. Kierteen tarkastus suoritetaan visuaalisesti sekä ns. No-Go- kierretulkilla.

Päätylaatikossa olevat ruuvitulppia vastaan olevat tiivistepinnat hiotaan työhön suunnitelluilla hiontatyökaluilla eli tuurnilla (kuva 16). Alkuvaiheessa hionta tehdään tuurnalla, mikä ohjautuu kierteen ulkoharjan mukaan. Tiivistepinnassa havaittujen isompien vaurioiden tai kohtisuoruuden korjaamiseen käytetään tuurnaa, joka kierretään päätylaatikon kierteeseen ja ohjautuu ohjuritapin avulla samaan linjaan varmistaen kohtisuoruuden. Hionnassa tulee käyttää runsaasti voiteluainetta. Pinnanlaadun vaatimukset on esitetty D-102- spesifikaation liitteessä PVO-SP 0043. Hionnan jälkeen päätylaatikon kierrereiät ja tiivistepinnat puhdistetaan uudelleen rasvanpoistajalla ja paineilmalla.

Koneistamossa ruuvitulpat käyvät läpi pesu- tarkastus- ja kunnostusprosessin. Kunnostetut ja tarkastuksessa hyväksytyt ruuvitulpat kuljetetaan takaisin kentälle laatikoissa samassa järjestyksessä odottamaan asennusta.

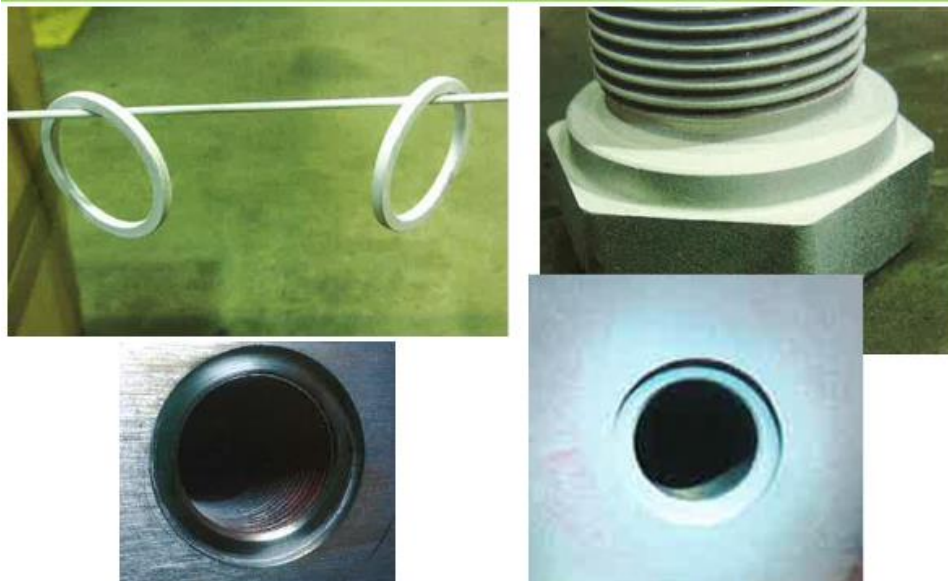


Kuva 16. Hiontatuurna. Vasemmalla olevassa kuvassa on kierteellä paikoitettava ohjaava hiontatuurna, jota käytetään kun tiivistepinnan kohtisuoruuden nähdään olevan selvästi poikkeava. Oikealla on tuurna, jossa ohjuri pyörii kierteen harjan mukaisesti ja jota käytetään ensisijaisesti hiontaan, ennen kierteellä olevaa mallia. Tuurna kiinnitetään akkuporakoneeseen.

5. **Tarkastusryhmä** suorittaa ilmajäähdyttimelle tarkastuksia puhdistus- ja pesuvaiheen jälkeen. Tarkastukset perustuvat myös painelaitelain määräämiin lakisääteisiin määräaikoihin. Tarkastukseen käytetään erityyppisiä ainetta rikkomattomia menetelmiä (NDT), jotka määräytyvät tarkastuskohteen mukaan. Menetelmiä ovat pintatarkastusmenetelmä, lämpökuvausmenetelmä ja ultraäänimenetelmä.

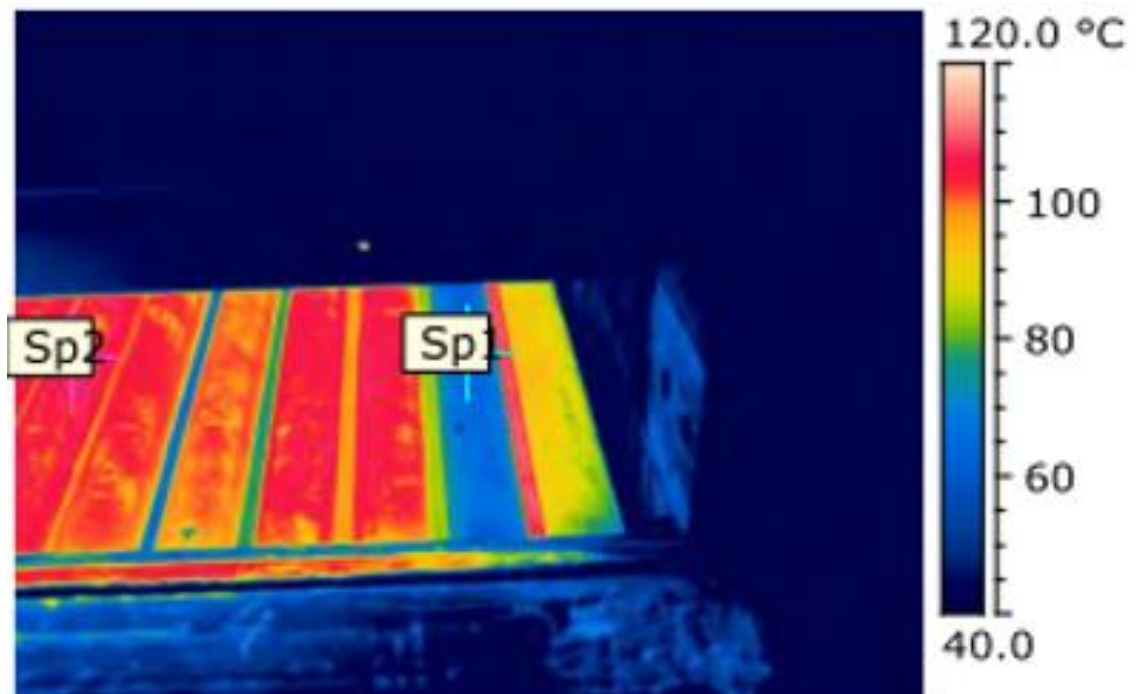
Seuraavassa lyhyet kuvaukset kustakin menetelmästä:

- Pintatarkastusmenetelmä (PT)
  - Pintatarkastuksella (kuva 17) tarkoitetaan kohteen pinnasta havaittavien säröjen ja vikojen paikantamista. Pintatarkastusmenetelmiä ovat magneettijauhetaikastus, jota voidaan käyttää ns. mustille hiiliteräspinnoille sekä tunkeumanestetaikastus, jota hyödynnetään ns. kirkkaille materiaaleille, kuten ruostumattomat teräkset.
  - Menetelmä ei kuitenkaan sovellu huokoisille materiaaleille, koska pinnan karheus vaikuttaa vian havaitsemiseen.



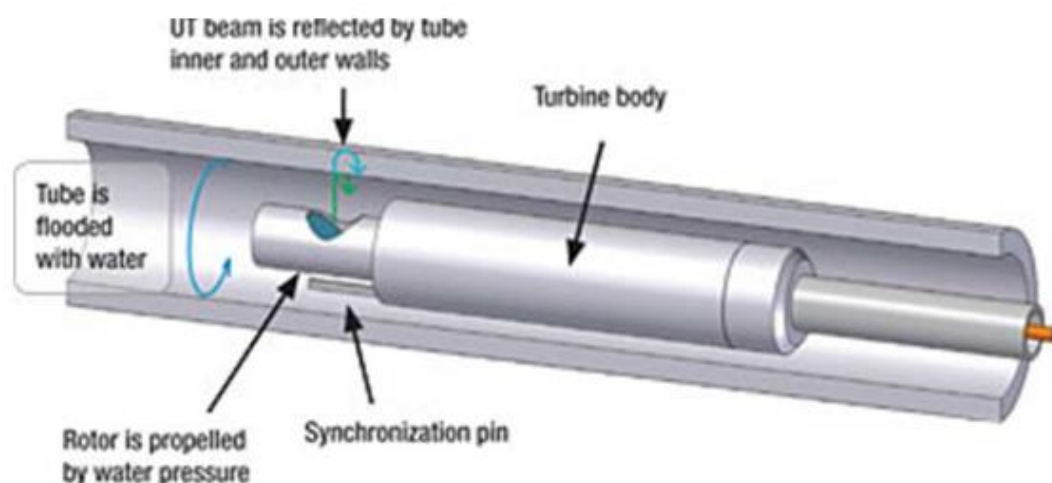
Kuva 17. Tiivisteiden, ruuvitulpan ja päätylohkon PT-kuvia [27].

- Lämpökuvausmenetelmä
  - Lämpökameralla paikannetaan jäähdytinputkien tukkeumia, jotka havaitaan lämpötilaeroina (kuva 18). Tällä menetelmällä päästään usein ongelman jäljille, mikä käynnistää tarpeen pysäyttää ja pestä ilmajäähdytin.



Kuva 18. Lämpökameralla kuvattu ilmajäähdyttimen jäähdytinputkia, jossa tukkeutunut jäähdytinputki näkyy sinisellä värillä [27].

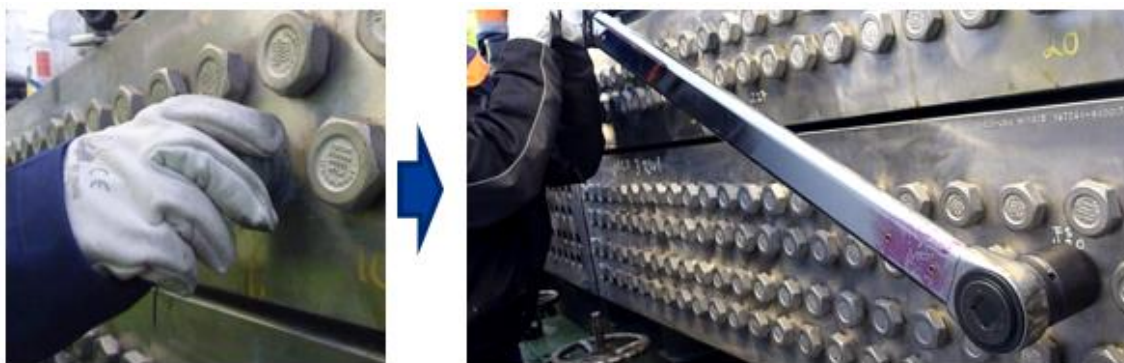
- Ultraäänimenetelmät (IRIS)
  - IRIS eli *Internal Rotary Inspection System* (kuva 19) on paksuusmittausmenetelmä, jolla havaitaan sisä- ja ulkopinnan korrosio.
  - Käytetään jäähdytinputkien sisäpuoliseen tarkastukseen.
  - Soveltuu sekä ferriittisille, että ei ferriittisille materiaaleille.



Kuva 19. IRIS on ultraäänimenetelmä paksuusmittaukseen, jossa lähetettävä ääni käännetään laitteessa olevan peilin avulla kohteeseen. Peiliä pyöritetään vedellä [23].

6. **Ruuvitulppien asennusvaihe** alkaa, kun kaikki edeltävät työvaiheet ovat valmiita. Työssä tulee noudattaa laaditun työohjeen määräyksiä.

Ruuvitulppien kiristysmomentti tulee olla selvitettyinä laitteen piirustuksista ja käytettävät tulpat ja tiivisteet saatavilla laitteen vieressä laatikossa. Tiivisteiden asennuksessa huomioidaan, että viistepuoli asetetaan ruuvitulppaa kohti. Tulppien kierre rasvataan aina ennen asennusta. Ruuvitulppa tulee kiertää ensin paikoilleen käsin ja samalla seurataan, että tiiviste asettuu pintoja vasten kunnolla. Momenttiin kiristys tapahtuu käsin kiristyksen jälkeen momenttiavainta tai akkumomenttiväännintä käyttäen. Tulppien kiristysmomentit merkitään momenttitaulukoon, joka liitetään jälkikäteen Nesteen M+ kunnossapitojärjestelmään ko. laitteen tekniseksi dokumentiksi. (kuva 20)



Kuva 20. Ruuvitulpat esikiristetään käsin, ennen momenttiavaimen tai akkumomenttivääntimen käyttöä [27].

7. **Tiiveyskoe sekä painekoe** suoritetaan lopuksi. Edellä mainittujen kokeiden tarkoitus on selvittää, vuotavatko ilmajäähdyttimen ruuvitulpat, liitokset tai yhdelai-pat. Tiiveyskoe suoritetaan ylipaineella ja tarvittaessa heliumilla, mutta yleensä paineistetulla vedellä tehty koe riittää. Vesipainekokeessa tulee ottaa huomioon veden kloriittipitoisuus (enintään 10 ppm). Koepaineiden, tulee olla valmistajan ohjeiden mukainen eli tavallisesti kaksinkertainen käyttöpaineseen nähden. Ko-keesta laaditaan pöytäkirja, joka liitetään myös laitteen teknisiin huoltodokument-teihin.

Kun ilmajäähdyttimen huoltoprosessi on viety läpi, luovutetaan laite tuotannolle. Tuo-tanto-organisaatio valmistelee laitteen takaisin käynnistettäväksi ja prosessin käyttöön. Operaattorit tarkkailevat laitteen toimintaa käynnistyksen jälkeen siihen saakka, kunnes normaali käynti on saavutettu. Työnvalvoja vastaa siitä, että työ raportoidaan M+ järjes-telmään ja kaikki dokumentit on asianmukaisesti täytetty. Huoltoprosessiin voi myös si-sältyä muita mekaanisia töitä, kuten voimansiirtoon liittyvien osien vaihtoa. Ensiarvoisen tärkeää on, että näiden töiden yhteensovittaminen muiden huoltotöiden väliin sujuu on-gelmitta.

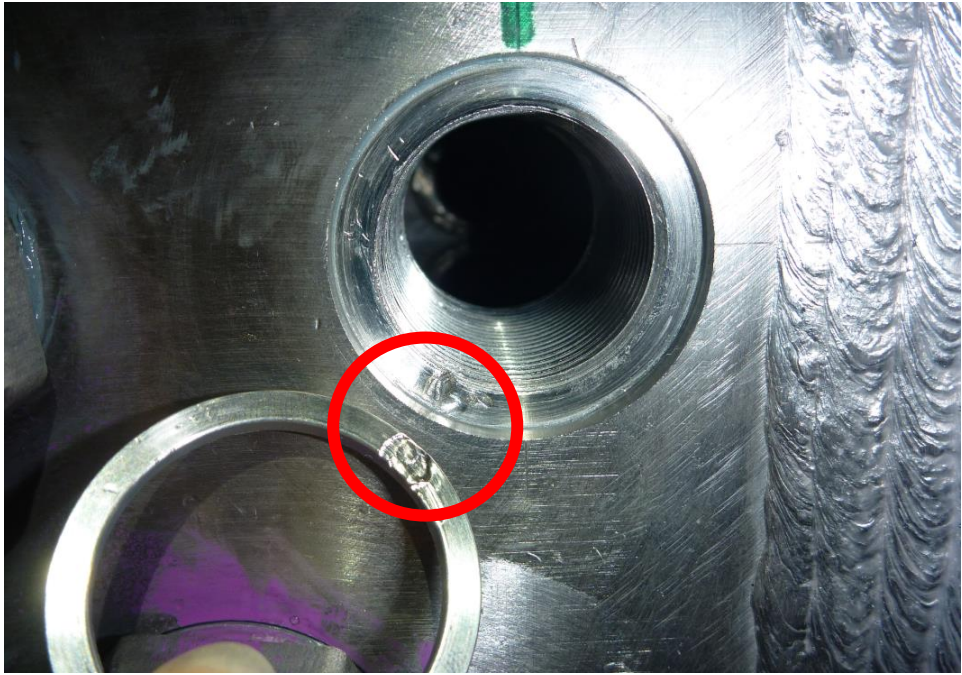
### 3.2 Huollontarpeen syyt

Ilmajäädyttimien isot huollot tehdään tavallisesti yksikköseisokkien aikaan sekä noin viiden vuoden välein pidettävissä suurseisokeissa. Seuraava suurseisokki on Nesteen Porvoon jalostamolla vuonna 2020. Ylimääräisten huoltopysäytysten aiheutumista luonnollisesti vältetään, koska ne aiheuttavat Nesteelle kalliita tuotannonmenetyksiä. Ilmajäädyttimiin liittyviä suunnittelemattomia seisokkeja voivat aiheuttaa muun muassa mahdolliset tukkeumat, asennusvirheet, materiaalin väsyminen ja valmistusviat. Luvussa 2.3 käsiteltiin rikkivedyn, ammoniumbisulfidin, sekä ammoniumkloridin aiheuttamaa korroosioriskiä, jonka vuoksi ilmajäädyttimiä pestään korroosiovaikutuksen estämiseksi.

Tarkastelemalla RCM-laiteryhmätaulukkoa ja erään EC:n vikalistausta, saatiin ruuvitulppiin, tiivisteisiin sekä päätylaatikkoon liittyvät yleisimmät vikaantumisen aiheuttajat selvitettyä. Tarkastelussa selvisi, että pääsyyt vikaantumiselle jakaantuvat huolto/asennusvirheisiin ja valmistusvirheisiin. Tarkemmin tutkittuna esille nousi, että kolhiintuneet tiivistepinnat, viallinen kierre tulpassa tai EC-lohkossa, ruuvitulpan tiivistepinnan väärä geometria sekä metallitiivisteiden kunto ovat olleet merkittävimpiä syitä poikkeamiin. Kuvissa 21–25 esitellään muutamia havaittuja poikkeamia.



Kuva 21. Vuotava ruuvitulppa [28].



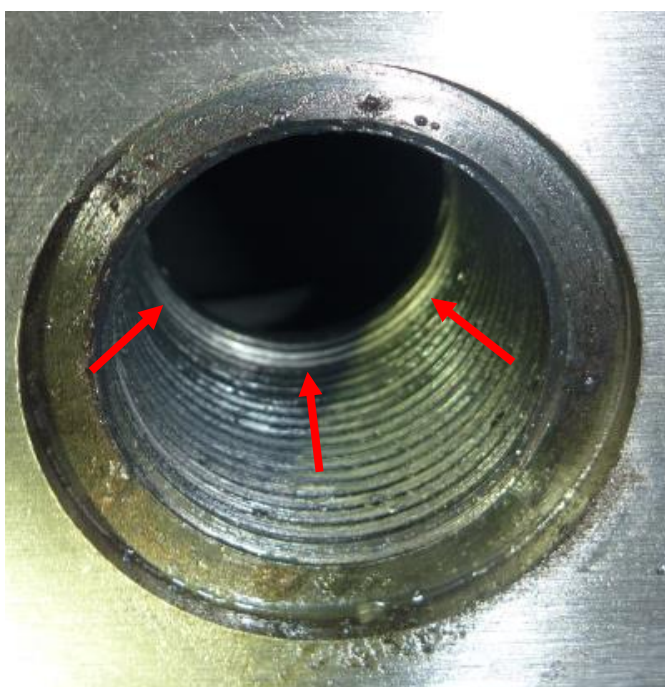
Kuva 22. Vaurioita päätylaatikon tiivistepinnassa ja tiivisteessä [28].



Kuva 23. Syöpymää tiivistepinnan ulkolaidalla [28].



Kuva 24. Haljennut tiiviste [28].



Kuva 25. Kierre ei ole koneistettu kokonaan läpi, minkä vuoksi ruuvitulppa ei kiristy tiivistepintoja vasten [28].

### 3.3 Ruuvitulppahuoltoprosessin haasteet ja kehityskohteet

Ruuvitulppien huoltoprosessi vie aikaa, johtuen ruuvitulppien suuresta lukumäärästä. Ruuvitulpat pestään, tarkastetaan ja kunnostetaan yleisesti käsityönä. Tästä johtuen käytettyjen ruuvitulppien kunnostusmenetelmä ja visuaalinen tarkastus ovat myös alttiita inhimillisille virheille. Tämä voi vaikuttaa toiminnan laatuun, jos huonokuntoinen ruuvitulppa päätyy takaisin käytössä olevaan ilmajäähdyttimeen. Prosessin laatua pyritään varmistamaan muun muassa tämän insinööriyön osana laaditulla työohjeella. Ohje tukee toimintaa erityisesti, kun työtä suorittava henkilö ei ole ennen ollut huoltoprosessissa mukana ja vaatii siten opastusta työn suorittamiseen. Ruuvitulppahuoltoprosessi vaikuttaa myös Nesteen Porvoon keskuskorjaamon koneistamon resursseihin ja mahdollisesti pitkittää muiden töiden läpimenoaikaa. Ruuvitulppahuollon kustannusrakenne on pitkälti työtunteihin painottuva.

Kehitysehdotus on, että ruuvitulppaerät voitaisiin tilata valmistajan tai palveluntoimittajan kautta valssattuna, jotta laatuvaatimus varmasti täyttyy Nesteen spesifikaatio D-102:n mukaisesti. Lisäksi ruuvitulppien pesu- ja puhdistustapaa voitaisiin kehittää. Jalostamalla on käytössä ultraäänipesuri, jonka käyttöä voitaisiin ensisijaisesti testata, ja tutkia sen soveltuvuutta myös ruuvitulppien pesuun.

Tällä hetkellä koneistamo on valmistanut uusia ruuvitulppia pienerissä lastuavalla menetelmällä. Koneistamossa valmistettavien ruuvitulppien haasteita on mahdollisesti materiaalin saatavuus, joka voi aiheuttaa viivästyksiä. Lisäksi rasituksessa ruuviliitoksen väsymismekanismi saattaa muodostua ongelmaksi, koska uuden ruuvitulpan uusi koneistettu kierre saattaa sisältää epäjatkuvuuskohtia valssatun sijaan ja poiketa vastakierteen muodonmuutoksen vuoksi aiheuttaen mahdollisia pitävyy- ja lujuus ongelmia. Valmistettavista ruuvitulpista tulee olla aineodistus, joka talletetaan dokumentiksi Nesteen sisäisen OQD-8810 aineodistusvaatimuksen mukaan. Valmistettujen ruuvitulppien kantaa stanssataan aineestyyppi ja valuerän numero jäljitettävyyden varmistamiseksi.

Prosessin tehokkuutta lisäisi myös ennakointi. Ruuvitulppahuolto voi aiheuttaa yllättäviä tilanteita, ja siksi kommunikoinnin Nesteen hankinnan ja materiaalivaraston kanssa tulee olla tehokasta, jotta ruuvitulppien valmistukseen voitaisiin varautua tarvittavilla materiaaleilla. Tällä menettelyllä työn läpimenoa saadaan nopeutettua turhan odotusajan vähentyessä.

Teoriassa toimintatapa noudattaa lean-menetelmää, jossa tuotannonohjaus vastaa tarpeisiin, juuri oikeaan aikaan sovitusti. Tästä käytetään nimitystä JIT (Just In Time).

Tilanteet, joissa päätylaatikon ruuvitulpan vastakierre korjataan tai reikää joudutaan suurentamaan, vaativat Nesteen sisäisen ohjeistuksen mukaan aina korjaussuunnitelman ja hyväksynnän. Reiän suurenus aiheuttaa tarpeen myös isommalle ruuvitulpalle ja tiivisteelle. Ruuvitulpan mitoitus uuden kiristysmomentin suhteen on laskettava aina tapauskohtaisesti, mitä käsiteltiin luvussa (2.5). Ruuvitulpan mitoitukseen liittyen ehdotetaan, että ylikokotulpat voitaisiin mahdollisuuksien mukaan laskea valmiiksi, jolloin valmistus tai tilausprosessi saadaan nopeammin käyntiin.

Ruuvitulppien kuljetusta varten olevia vanerilaatikoita voitaisiin jatkokehittää paremmiksi. Mahdollista tulppien ultraäänipesua ajatellen voitaisiin vanerilaatikossa olevat telineet korvata esimerkiksi muovilla, joka kestää pesuprosessin. Tämänhetkissä vanerisissa kuljetuslaatikoissa on ongelmana, että laatikon reiät saattavat kierteen hangatessa tukkia ruuvitulpan kierrettä. Reikiä voitaisiin suurentaa ja reikiin voitaisiin asentaa nylonholkit ruuvitulppien kierteiden likaantumisen estämiseksi (kuva 26).



Kuva 26. Ruuvitulppien kuljetuslaatikon teline, johon ruuvitulpat ladotaan [27].

#### 4 Vastaanottotarkastuksen katselmointi

Insinööriyön aikana oli myös mahdollisuus osallistua uuden Porvoon jalostamon tilaamaan EC-lohkon vastaanottotarkastukseen Decometa NV:n tehtaalla. Tehdas sijaitsee Belgiassa, Genk:in kaupungissa. Yritys valmistaa ilmajäähdyttimiä sekä pystyy suorittamaan ilmajäähdyttimien jäähdytinputkien vaihtoa, jopa asiakkaan luona. Palvelut, jotka Decometa tilaa muualta ilmajäähdyttimiin, liittyvät sähköistykseen sekä automatiikkaan. Lisäksi ilmajäähdyttimien ruuvitulpat ja tiivisteet ja jäähdytinputkistot valmistetaan alihankintana.

Vastaanottotarkastus sisälsi tällä kertaa ruuvitulppien ja tiivisterenkaiden visuaalisen tarkastuksen, asennuksen valvonnan sekä lohkon fyysisten mittojen tarkastuksen. Lisäksi valvoimme tiiveys- ja painekokeiden suorituksen.

Ruuvitulpat sekä tiivisteet tarkastettiin visuaalisesti satunnaisotannalla, juuri ennen paikalleen asennusta Nesteen D-102 spesifikaation mukaisesti. Kyseisessä EC:ssä oli tulppia 210 kappaletta. Ruuvitulppien paikalleen asennuksessa kyseiselle ilmajäähdyttimelle käytettiin, 415 Nm:n kiristysmomenttia. Kiristyksessä ruuvitulpat esikiristettiin käsin kiertämällä, ennen konevoiman käyttöä. Laite, jota Dekometa NV käyttää ruuvitulppien kiristykseen, on paineilmatoiminen, ja momentti säätyy paineen mukaan. Momentin säätöön oli laitteen taulukko, jolla momenttia vastaava paine saadaan asetettua. Huomiota herätti myös, että yrityksen käyttämässä vääntimessä oli käytössä samanlainen vastavoimavarsi, jollaista myös tämän insinööriyön aikana on suunniteltu Nesteen akkukäyttöiseen momenttivääntimeen (luku 6). Vastaanottotarkastuksessa tehdyn havainnon pohjalta voitiin todeta, että kiristysmenetelmä on käyttökelpoinen ja siten toteutettavissa myös Nesteellä (kuvat 27 ja 28).



Kuva 27. Dekometa NV pneumaattinen momenttiväännin, jossa momentti säätyy säädetyyn paineen mukaan. Momenttiarvoa vastaava paine säädetään laitteen mukana kulkevan taulukon mukaisesti [31].



Kuva 28. Ruuvitulpan kiristys. Vastavoimavarsi tukeutuu viereisiin tulppiin. Kiristysmomenttina 415 Nm [31].

Kun laitteen kokoonpano oli valmis, alkoi tiiveys- ja painekokeita suorittava alihankkijayritys valmistelemaan kokeita. Kokeet suoritettiin tehdashallissa. Koe aloitettiin heliumkaasulla, jolla räikeimmät vuotopaikat saadaan esiin. Testissä koepaineena oli 1 bar, jota pidettiin 30 min. Tämän jälkeen erityistä analysaattorilaitetta käyttäen tarkastettiin laitteen vuodot, joita ei ilmennyt. Sallittu vuoto on 1 mbar l/s. Heliumtestauksen jälkeen EC tyhjennettiin heliumkaasusta. Vesipainekoe suoritettiin laitteen teknisten suunnitelmien mukaan 11.5 bar paineella laitteen suunnittelupaineen ollessa 8 bar. Mahdolliset vuodot tarkastettiin käyttäen hyvää valaistusta visuaalisesti ja toistamalla tarkastus muutamia kertoja. Vesipainekokeen jälkeen lohko kuivataan ja täytetään työllä kuljetusta ja säilytystä varten. Kyseessä oleva EC-lohko tulee korvaamaan vanhan käytöstä poistuvan laitteen seuraavan yksikköseisokin aikana (kuva 29.).

Työn luovutus- ja vastaanottotarkastukseen tehtaalla sisältyy standardisoituja sekä Nesteen spesifikaation määrittämiä asioita. Näitä kohteita ovat esimerkiksi hitsausliitosten kovuusvaatimuksien läpäisy, ruuvitulpan laatu ja kiristystavan noudattaminen.



Kuva 29. Uusi ilmajäähdyttimen lohko, johon ollaan kiinnittämässä ruuvitulppia. Ruuvitulpat näkyvät esirasvattuna laitteen päällä [31].

## 5 Laatu

### 5.1 Laadun määritelmä

Laatu voidaan määritellä monella tavalla. Nykyaikaisen laatuajattelun mukaan laatu on tuotteen tai palvelun kyky täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset tai laatu on tuotteen vastaavuutta tuotemäärittelyihin. Esimerkiksi palvelun toimittajan tuote on heidän osaamisensa, kykynsä ja imagonsa. [2, s 372.]

Laatu pitää sisällään tuotteen ominaisuuksia, kuten sen suorituskyvyn ja luotettavuuden, joka nähdään kunnossapidon piirissä myös käytettävyytenä. Tätä kautta voidaan usein myös varmistaa että tuotteen turvallisuus ja ympäristövaikutukset ovat hallinnassa.

### 5.2 Laatuvaatimus

Laatuvaatimuksilla määritellään ominaisuudet, jotka toiminnan tai toiminnon tulisi vähintään täyttää. Ilmajäähdyttimen elinkaaren laatuvaatimuksia määrittelevät viranomaisvaatimukset, standardit, spesifikaatiot sekä ohjeet.

Viranomaisvaatimukset määrittelevät toiminnalle vaateet suunnittelun, valmistuksen, rekisteröinnin ja käytön osalta.

Standardit määrittävät, miten toimintaa tulisi suorittaa. Standardien kautta laatua voidaan seurata vertaamalla toimintaa standardin vaateisiin. Standardien noudattamisesta vastaa yritys ja yrityksen henkilökunta.

Spesifikaatioilla ja ohjeilla pyritään mukauttamaan standardien soveltuvuutta yrityksen käyttöön, eli tarkentamaan niitä soveltuviksi paremmin yrityksen käyttöön.

[17, s. 27]

Nesteen operoimissa ilmajäädyttimissä noudatetaan valmistuksen ja käytön osalta amerikkalaisen API-661 /- harmonisoidun SFS-EN ISO 13706 -standardin vaatimuksia ja Euroopan unionin painelaitedirektiiviä 2014/68/EU (PED) sekä ATEX-direktiivi 2006/42/EU:ta. Neste Oyj:n spesifikaatio D-102 tarkentaa ilmajäädyttimien toimintoja suunnittelun, valmistuksen ja huollon osalta. [6.]

Ruuvitulppahuollossa mukana olevan henkilöstön pätevyysvaatimukset perustuvat SFS-EN 1591-4 -standardiin ja Neste Oyj:n spesifikaatio F-101:een, joka liittyy henkilöstön pätevyysvaatimuksiin kriittisten painelaitteiden ruuviliitosten kokoonpanossa. Ruuvitulppahuollon laadun varmistamiseksi on laadittu myös työohjeet, kuten ruuvitulppien avaus- tarkastus- ja sulkuohje sekä ruuvitulppien tarkastus ja kunnostusohje koneistamon käyttöön.

Laitteen valmistaja takaa CE-merkinnällä, että laite täyttää painelaitedirektiivin 2014/68/EU vaatimukset.

### 5.3 Laatu järjestelmät

Neste Oyj:n käyttämiä laatu järjestelmiä ovat seuraavat:

- SFS-EN ISO 9001:2008 Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset.
- SFS-EN ISO 14001:2004 Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja opastusta niiden soveltamisesta.
- OHSAS 18000:2007 Työterveys- ja työturvallisuusjohtamisjärjestelmät.
- SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset.

[16.]

#### 5.4 Laadukas tuotanto-omaisuuden hallinta kunnossapidossa

Kunnossapitoa ovat kaikki koneen elinkaaren aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoitus on ylläpitää tai palauttaa koneen tai laitteen toimintakyky niin, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon. Kunnossapidon tehtävänä ei ole ensisijaisesti korjata vikoja vaan yrittää hallita ja ennaltaehkäistä vikaantumisia. Laitteiden käytettävyyteen liittyy eri rajapintoja, kuten laitteiden käyttäjät, tuotanto ja kunnossapito, jotka voivat toiminnallaan myös vaikuttaa vikaantumiseen.

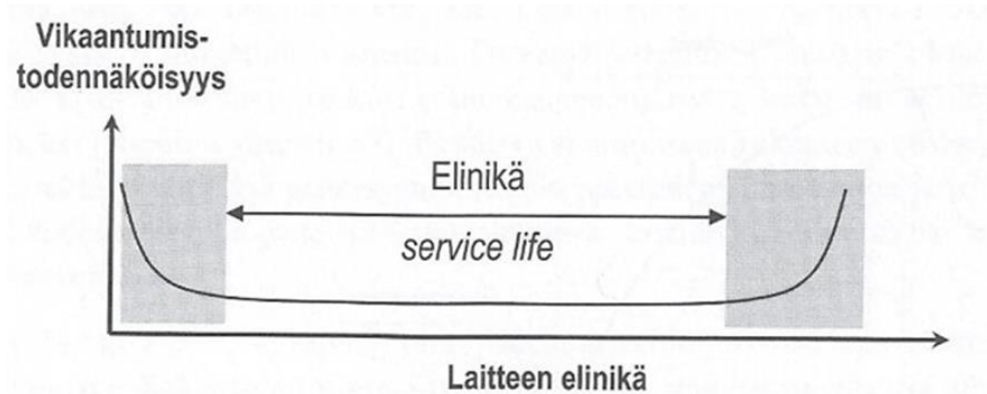
Nesteen kunnossapidossa noudatetaan luotettavuuskeskeisen kunnossapidon (RCM) strategiaa. Tämä tarkoittaa, että öljynjalostamon laitteet on priorisoitu, jotta kunnossapito voidaan keskittää eniten huoltoon vaativiin laitteisiin. Vikaantumista ennaltaehkäistään proaktiivisilla toimenpiteillä. Näitä toimenpiteitä ovat jaksotettu huolto, jaksotettu uusiminen ja kunnonvalvonta. Kunnonvalvonnan havainnoilla voidaan ryhtyä tarvittaessa toimenpiteisiin.

Kunnossapidon tavoitteet voidaan jakaa laitetasoon sekä tuotantotasoon. Laitetasolla kunnossapito kiinnittää huomioita luotettavuuteen ja kustannuksiin sekä kunnossapidettävyyteen. Tuotantotasolla halutaan, että laitteiden käytettävyys on tasolla, joka mahdollistaa toiminnan suorittamisen katkotta.

Laadun varmistamiseksi on laadittu standardeja, jotka pitävät sisällään laitteen elinkaaren alkaen sen suunnittelusta, materiaaleista, valmistuksesta ja tarkastuksesta. Elinkaaren liitetään myös omaisuudenhallintakäsitem, eli kuinka pitkään laite tulee toimimaan suunnitellusti ja mahdollisimman vähin kustannuksin. Nesteellä tarkastamiseen liittyy vahvasti laitteiden elinkaaren pidentäminen. Laadukkaalla tarkastustoiminnalla voidaan ennalta ehkäistä isoja tuotannonmenetyksiä ja reagoida alkaviin laiterikkoihin ajoissa, jotta korjaus-suunnitelma voidaan laatia ja toteuttaa hyvissä ajoin.

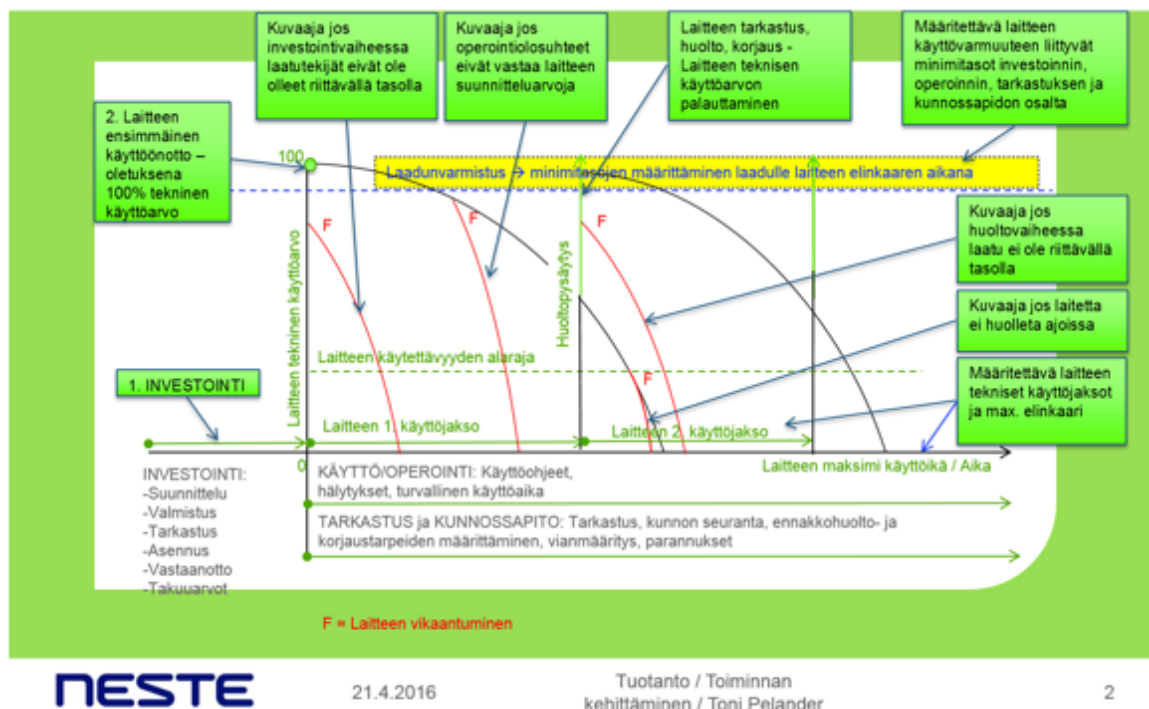
[4.]

Käyttöönotto vaiheessa laitteessa saattaa tulla esille vikoja, joita suunnittelu ei ole huomioinut tarpeeksi. Eliniän loppupäässä ikääntymisen aiheuttama kuluma yms. aiheuttaa vikaantumisen riskin kasvua. (kuva 30.) [4.]



Kuva 30. Vikaantumismalli [4].

Elinkaari pitää sisällään käyttöjaksoja, joille on määritetty eheystaso toimintakunnon ylläpitämiseksi. Kunnossapitotarpeen tullessa ajankohtaiseksi laitteelle tehdään tarvittavat toimenpiteet toimintakunnon palauttamiseksi. Neste on laatinut koneiden- ja laitteiden elinkaaresta yleisen kaavion, mikä esitellään kuvassa 31. [16.]



NESTE

21.4.2016

Tuotanto / Toiminnan  
kehittäminen / Toni Pelander

2

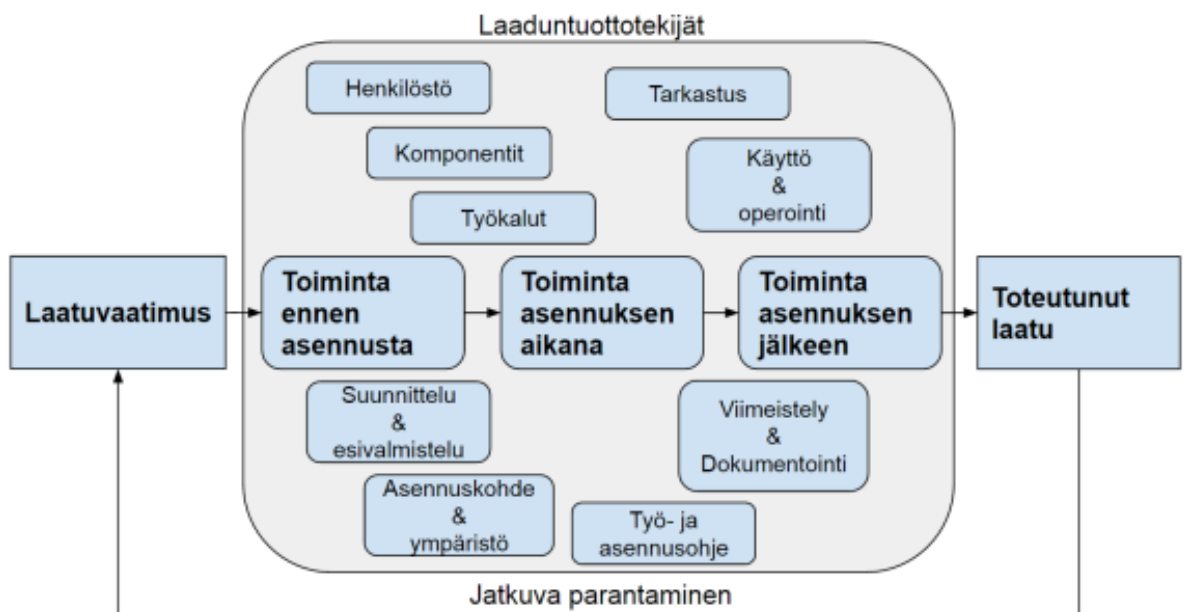
Kuva 31. Laitteen elinkaarikuvaaja [27].

## 5.5 Laaduntuottotekijät

Laaduntuottotekijöitä ovat kaikki ne toiminnan aikaiset toimenpiteet, joilla saavutetaan asetettujen laatuvaatimusten tavoitteet (kuva 32). Tärkeimpiä laaduntuottotekijöitä ilmajäähdyttimen huollossa ovat:

- suunnittelu ja esivalmistelu
- tarkastus ja viranomaisvaatimukset
- työvälineet (kunnon tarkkailu)
- työohjeet
- työkohde
- henkilöstö
- vastaanottotarkastus
- dokumentointi ja viimeistely
- jatkuva parantaminen.

[17, s. 29.]

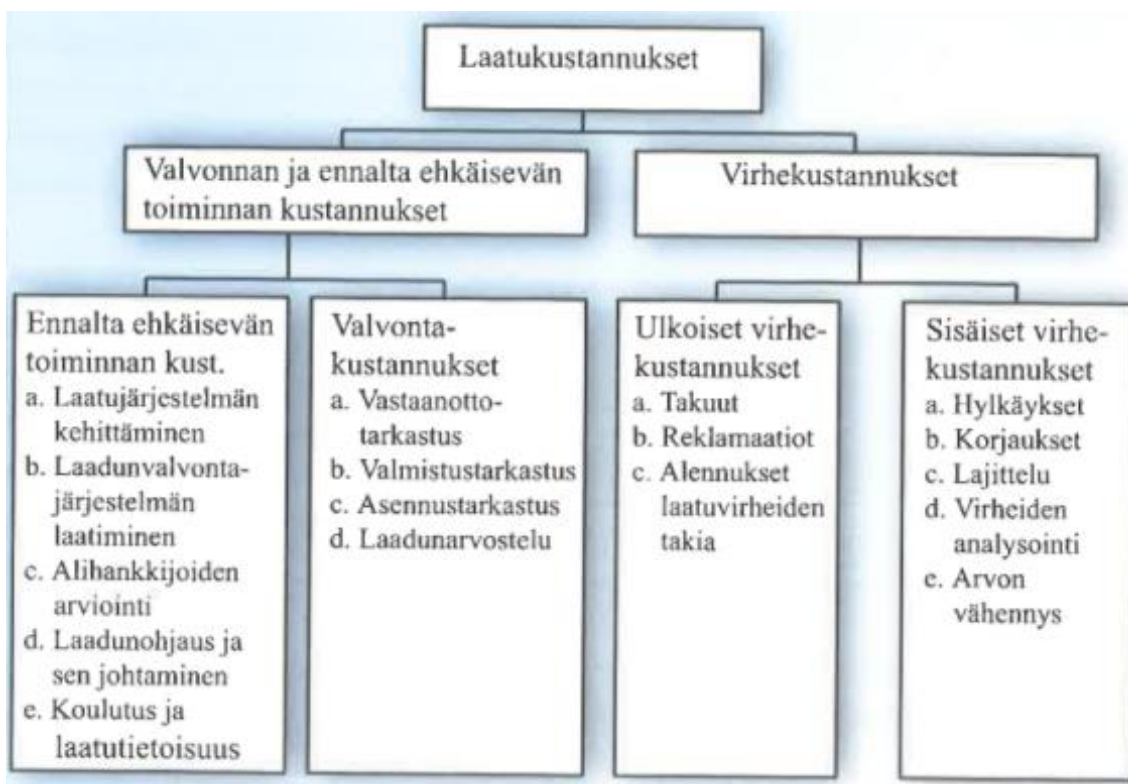


Kuva 32. Laaduntuottotekijät [17, s. 27.]

### 5.5.1 Työn suunnittelu

Hyvällä työn suunnittelulla voidaan vaikuttaa valvonnan ja ennalta ehkäisevän toiminnan kustannuksiin sekä virhekustannuksiin (kuva 33). Virhekustannuksia ovat esimerkiksi tuotannonmenetykset, jotka voivat johtua epäonnistuneesta kunnossapitotyöstä laitteelle. [2, s. 375.]

Hyvällä suunnittelulla, voidaan vaikuttaa laitteen elinkaaren aikaiseen tarkastustoimintaan (kuva 34). [1, s. 30.]



Kuva 33. Toiminnan laatukustannusten jakauma [2, s. 376.]



Kuva 34. Viansietokonsepti. Periaatteen mukaan matala suunnittelun laatu tarkoittaa vaativaa tarkastusohjelmaa. Laadukas suunnittelu puolestaan keventää tarkastusohjelmien laajuutta. [1, s. 30.]

### 5.5.2 Tarkastus ja viranomaisvaatimukset

Tarkastustoiminta on laaduntuottotekijänä merkittävä. Tarkastustoiminnan laatuun vaikuttaa muun muassa tarkastajien laitetuntemus, jotta tarkastustoiminta osataan kohdentaa oikeisiin paikkoihin. Toiminnanlaatua määrittävät myös edeltävät työvaiheet, kuten pesutoiminnan onnistuminen ilmajäähdytinhuollon aikana. Painelaitteiden pysyvien liitosten ainetta rikkomattomat tarkastukset (NDT) on teetettävä henkilöillä, joilla on tehtävään asianmukainen pätevyys. NDT-tarkastaja on pätevoidetty standardin SFS-EN-473 mukaan tarkastamaansa kohteeseen. [10.]

Tarkastustoiminnan tavoitteena on seurata laitteen elinkaaren aikaista kuntoa ja tuoda havaitut poikkeamat esille. Tarkastusotannassa laitetuntemuksen lisäksi on ajateltava muun muassa olosuhteita ja sitä, mitä aineita ilmajäähdyttimen sisällä kulkee. Jotta tarkastustoiminnassa päästään tuloksiin, täytyy tarkastusvälien ja tarkastusotannan olla suunniteltu. Tarkastustuloksien kirjaamisen ehdoton edellytys on, että tuloksien kirjaamiseen on olemassa järjestelmä. [28.]

Nesteellä ilmajäähdystyöt raportoidaan M+ järjestelmään. Ruuvitulppien kiristyksestä tehdään momenttikaavio, josta ruuvitulppien kiristyksessä käytetyt momentit ilmenevät. Tulppien avauksessa tarkastusotanta on 5–10 % tulppien kokonaismäärästä. [28.]

Ilmajäähdystimen valmistaja huolehtii siitä, että kaikki painelaitedirektiivin, ilmoitetun laitoksen ja tilaajan edellyttämät tarkastukset ja testaukset suoritetaan ennen toimitusta (NoBo). [6.]

Ilmajäähdystin luetaan painelaitelain piiriin. Painelaitteella tarkoitetaan säiliötä, putkistoa ja muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta sekä painelaitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia. Markkinoille saatettava painelaitte on suunniteltava, valmistettava, tarkastettava, varustettava ja asennettava siten, että sen turvallisuus pystytään takaamaan, jos painelaitetta käytetään valmistajan ohjeiden mukaisesti tavallisissa ja kohtuudella ennakoitavissa olevissa käyttöolosuhteissa. [13.]

Ilmajäähdystimet kuuluvat TUKES:in ylläpitämään painelaiterekisteriin. Ilmajäähdystimentarkastusta määrittää kauppa- ja teollisuusministeriön aikainen päätös painelaiteturvallisuudesta. Ilmajäähdystimelle on tehtävä 4 vuoden välein määräaikaistarkastus tämän asetuksen nojalla. Määräaikaistarkastus sisältää käyttötarkastuksen ja sisäpuolisen tarkastuksen sekä 8 vuoden välein tehtävän painekokeen. [15.]

Uuden ilmajäähdystimen ollessa kyseessä valmistaja suorittavaa tarvittavat tarkastukset, jotka on määritetty tarkastus- ja testaus-standardeissa, spesifikaatio D-102:ssa ja PED:ssä. [6.]

### 5.5.3 Työvälineiden kunnan tarkkailu

Ilmajäähdyytimelle tehtävässä kunnossapitotyössä käytetään työkaluja, joiden käyttö edellyttää säännöllistä kalibrointia. Liitosten valmistukseen käytettävät vääntöä ja voimaa mittaavat työkalut tulee kalibroida 12 kuukauden välein tai tilaajan niin vaatiessa. Kalibroinnista on oltava voimassa oleva todistus ja työkalussa tulee olla kalibrointitarra (kuva 35.). Todistus tulee esittää Neste Oyj:n edustajan vaatiessa. [7.]

Laittevalmistajan vastuulla, on myös liittää dokumentaatioon heidän käyttämien laitteiden kalibrointitodistus. [6.]

<b>CALIBRATION</b>	
BY _____	DATE _____
DUE _____	
<b>CALIBRATED</b>	
EXPIRES _____	
IDENT. NO. _____	
ACCURACY _____	
DATE CAL. _____	
BY _____	
DEPT. NO. _____	

Kuva 35. Esimerkki kalibrointitarroista [30.]

#### 5.5.4 Työohjeet

Työohjeet ovat laadunvarmistuksen kannalta tärkeä tekijä. Ohjeiden tarkoitus on kertoa työnkulku vaihe vaiheelta ja tätä kautta minimoida työnsuorituksen aikaiset virheet. Työohjeiden ehdottomana vaatimuksena on selkeys ja hyvä luettavuus, eli sopivasti tekstiä ja kuvia havainnollistamaan asioita. Ohjeistuksen täytyy tietysti aina myös noudattaa toimintaan liittyviä lakeja ja määräyksiä (mm. painelaitelaki).

Nesteen ohjeistus perustuu kansainvälisiin standardeihin, sisäisiin OQD-ohjeisiin, yksityiskohtaisiin työmäärittelyihin ja laitespesifikaatioihin, jotka määrittelevät laatuvaatimukset laitteille ja mm. huoltotoiminnalle. Eri spesifikaatiot on jaettu luokkiin kirjaintunnuksiin. EC:lle on olemassa spesifikaatio luokassa D, D-102. D-ryhmään kuuluvat spesifikaatiot käsittelevät yleisesti paineastioita ja painelaitteita.

Laadun varmistamiseksi, työohjeen tukena ilmajäähdytintöissä käytetään tarkastuslistoja, joissa työvaiheet ja toiminnan kussakin työvaiheessa mahdollisesti tapahtuvat poikkeamat on listattu. Tarkastuslistalla olevat asiat tulee näin varmistettua systemaattisesti sekä inhimillisten virheiden ja unohdusten riski pienenee huomattavasti. Monet urakoitsijat käyttävät työssään itse kehittämiään ja Nesteen tarkastamia listoja. Tarkastuslistat jäävät Nesteelle dokumentaatioksi tehdystä työstä (kuva 36).

Ilmajäähdyttimien laitekansiossa on määritelty laitteen käyttöohjeet ja mm. asennusvaiheessa käytettävät ruuvitulppien kiristysmomentit.

[28.]

## Quality Check

Acceptance report

Date:

Equipment :

Supervisor :

Unit :

No.		Control	leaks	follow up leaks removed	check Supervisor	final acceptance Supervisor
1	wrong gasket	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	no gasket	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	flat gasket not removed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	gasket not removed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	wrong bolt diameter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	wrong bolt length	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	nut not filled	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	not all bolts installed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	not all bolts tightened	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	bolts not greased	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	flanges are misaligned	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	nonparallel flanges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	blind plugs not removed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	sealing surface cleaned	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Control of air-cooler plug thread	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Control of air-cooler plug gasket surface	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kuva 36. Laadunvalvontatarkastuslista ilmajäähdyttimille [27].

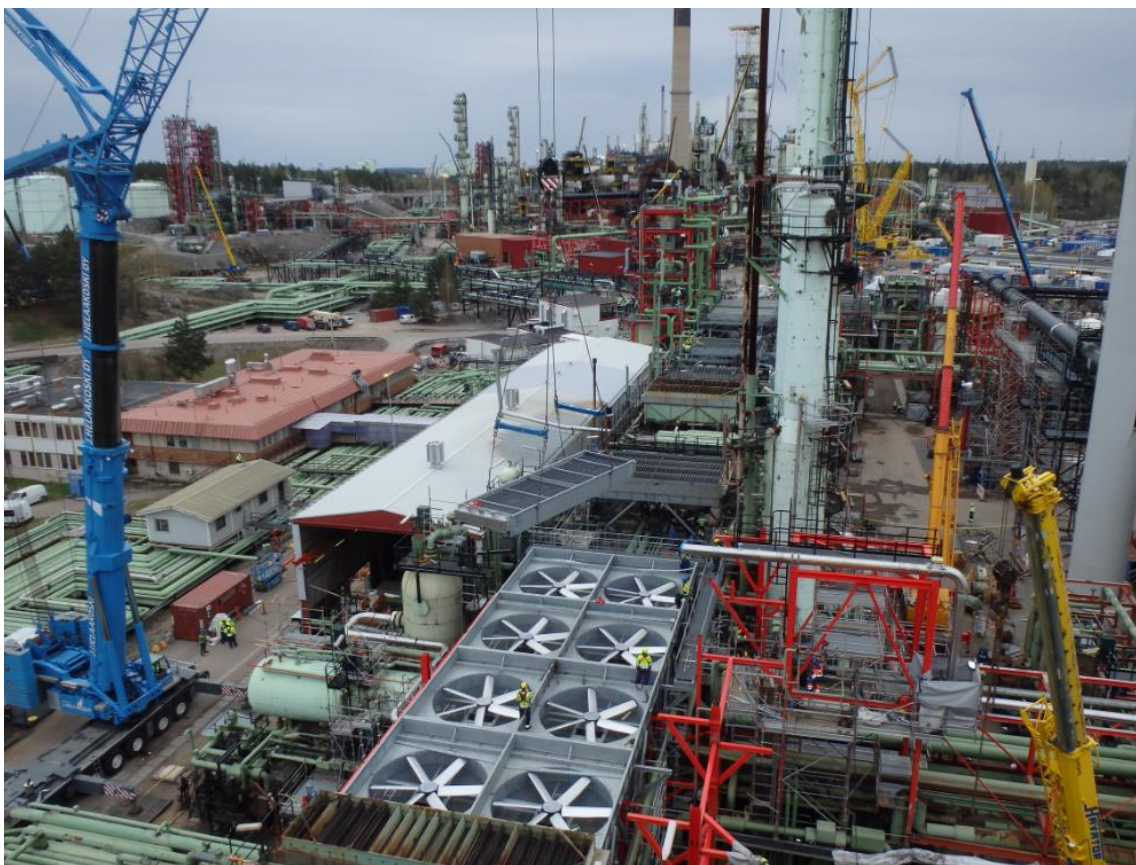
### 5.5.5 Työkohte

Laadun tuottaminen työkohteessa on näkyvimmin yleistä siisteyttä ja järjestystä sekä ennen kaikkea työturvallisuuden noudattamista (kuva 37).

Työturvallisuuden maksimoimiseksi Neste vaatii, että kaikki kunnossapitotyöt jalostamo-alueella tehdään kirjallisella työluvalla. Poikkeuksena ovat työt, jotka voidaan suorittaa vakituisilla tulityöpaikoilla tai korjaamorakennuksessa. Erikoisyksiköt, suljetut tilat, nostotyöt ja telinetyöt vaativat aina tarkemmat ohjeistukset ja luvat. Työn sisältäessä tulityötä, täytyy sitä suorittavalla henkilöllä olla voimassa oleva tulityökortti. Työluvalla saa tehdä vain sen sallimia töitä. Työhön osallistuvilla henkilöillä tulee myös olla mahdolliset erikoisyksikköihin liittyvät koulutukset voimassa samoin kuin kansallinen tai vastaava ulkomainen työturvallisuuskortti.

Työluvan tehtävänä on varmistaa, että työskentely jalostamolla tapahtuu turvallisesti. Työluvan keskeiset asiat ovat ohjata turvalliseen työskentelyyn ja olla tarvittaessa dokumenttina viranomaiselle huolellisesti valmistellusta työstä. Palvelun toimittajan vastuulla on aina sisäistää työluvan vaateet. Näistä esimerkkinä, että palvelun toimittaja ymmärtää työskennellä ainoastaan luvan myöntävällä alueella ja noudattaa sen voimassaoloaikaa.

Työturvallisuus on laaduntuottotekijänä myös imagollinen. Neste ottaa turvallisuusasiat vakavasti. Palvelun toimittaja ja Nesteen oma henkilökunta sitoutuvat tehdessään työtä Nesteelle, noudattamaan sääntöjä ja määräyksiä tinkimättömästi jalostamolla. Ilmajäähdyttimen kunnossapitotoimintaan liittyen noudatetaan Nesteen turvallisuus OQD-ohjeita. Poikkeamahavainnot raportoidaan Nesteen NCR-järjestelmään, mistä on kerrottu lisää tämän luvun aliluvussa 5.5.10.



Kuva 37. Työkohteessa meneillään oleva EC-lohkon nosto vuonna 2015 [27].

### 5.5.6 Henkilöstö

Laatuajattelu lähtee yrityksen johdosta. Johdon tehtävänä ja tavoitteena on kehittää keinoja laadun ylläpitoon ja kehitykseen. Laadun tuottaminen ja ylläpito vaatii kuitenkin koko henkilöstön sitoutumista laatuajatteluun ja motivoitumista toimintojen kehittämiseen, jolloin puhutaan myös laatu vastuusta. Jokainen henkilö on vastuussa toiminnan laadusta omalla työpanoksellaan. Laadukas toiminta tarkoittaa ilmajäähdyttimen ruuvitulppien asentamista hyviä työtapoja ja ohjeita noudattaen. [17.]

Neste Oyj:n öljynjalostamoilla ilmajäähdytin huoltotöitä tekevät palveluntoimittajan henkilöstö, jotka tuottavat sopimuksen mukaista palvelua tai työsuoritetta tilaajalle, joka on Neste Oyj. Neste on puolestaan toimipaikallaan päätoteuttaja ja täten vastaa aina viimekädessä palveluntoimittajan työn laadusta ja turvallisuudesta, hoitaa koulutuksen jne.

Palvelun toimittajat valitaan Nesteelle HSE-auditointien ja niiden läpäisemisen kautta. Valinnan kriteereinä ovat HSE-vaatimusten kuin työn laatuvaatimusten täyttäminen jo ennen työsuoritukseen ryhtymistä. [28.]

HSE-vaatimukset asetetaan Nesteen sisäisessä dokumentissa [NOQD-209 / liite 2]. Q-vaatimukset muodostuvat dokumentaatiovaateista (mm. painelaitelaista), pätevyysvaateista (mm. laippaliitosasentajan pätevyys) ja kyvystä tuottaa Nesteen spesifikaation mukaista palvelusuoritteita sovitus- ja aikataulussa. [28.]

Edellä mainitusta konkreettisena esimerkkinä on se, että kriittisiä painelaitteiden ruuviliitoksia varten Neste Oyj vaatii henkilöstöltä SFS-EN 1591-4 -standardin mukaisen pätevyyden, jota sovelletaan myös ilmajäähdyttimen ruuvitulppien asennukseen. Standardi määrittää pätevyysvaatimukset ruuviliitoksen parissa työskenteleville asentajille, tarkastajille, työnohtajille ja suunnittelijoille. [7.]

### 5.5.7 Tiiveys- ja painekoe

Ilmajäähdyttimelle suoritetaan ennen luovutusta tehtaalta asiakkaalle tiiveys- ja painekokeet, jota määrittää muun muassa Nesteen spesifikaatio D-102. Tiiveys- ja painekoe vaaditaan myös, kun laite on kunnossapitotoimintojen vuoksi jouduttu avaamaan. Näin varmistutaan, että laite ei vuoda käynnin aikana. [6.]

Tiiveystesti suoritetaan käyttäen heliumkaasua. Koepaine tulee olla minimissään 100 KPa(g) eli 1 bar. Tiiveyskokeen aikana vuodot tutkitaan analysaattorilaitteen avulla. Sallittu vuotoraja on 1 mbar l/s. Testitulokset, jotka sisältävät painemittareiden kalibrointitulokset, tulee liittää tekniseen dokumentaatioon. [6.]

Painekoe suoritetaan käyttäen vettä. Veden kloridipitoisuuden tulee olla vähemmän kuin 10 ppm Nesteen spesifikaatio D-102:n mukaisesti. Huomioitavaa on myös, että painekokeen aikana käytettäviä pehmeitä tiivisteitä ei saa uudelleen käyttää varsinaisiin laippaliitoksiin vaan liitoksiin on käytettävä spesifikaation mukaisia tiivisteitä. Painemittareiden tulee olla tarkastuslaitoksen kalibroimia ja kalibroinneista on oltava esittää todistus. Painemittareita on lisäksi oltava kaksi kappaletta, jotta painelukemia voidaan vertailla ja havaita mahdollisesti virheellinen painelukema kokeen aikana (kuva 38). [6.]

Jalostamoalueella tehtävissä painekokeissa varmistutaan ennen aloitusta, että esityöt on suoritettu. Esitöihin lukeutuvat, sokeoinnit, kokeeseen käytettävän väliaineen vaatimuksien tarkastus (kloridipitoisuus), koelaitteiston ilmaus ja testaus. Esitöiden jälkeen suoritetaan laitteiden kalibrointi ja visuaalinen tarkastus vuotojen paikantamiseksi. Varsinaisen painekokeen aikana tarkkaillaan visuaalisesti koepainetta ja mahdollisia vuotoja ilmajäähdyttimessä. Hyväksytyt kokeen jälkeen, työmäärittelyn tarkastuslista kuitataan allekirjoituksin sekä täytetään painekoepöytäkirja. Pöytäkirja ja tarkastuslista liitetään ilmajäähdyttimen tekniseen dokumentaatioon. [6.]



Kuva 38. Painemittarit kiinnitettynä laipan kanteen. Kokeessa käytetään kahta mittaria, jotta mitaustulosten eroaisuutta voidaan seurata. Mittareiden tulee olla kalibroitu ja kalibroinnista on oltava todistus [31].

#### 5.5.8 Vastaanottotarkastus

Ilmajäähdyttimen huoltotyön päätyttyä vastaanottotarkastuksesta vastaa työnvalvoja. Suoritettun työn valmistuessa ennen vastaanottotarkastusta, palveluntoimittajan on varmistettava, että työkohte on siistitty. Työstä tulee olla myös luovutuspöytäkirja ja se tulee olla hyväksytetty tilaajalla. Pöytäkirjan tulee sisältää vähintään:

- työn tyyppi
- yksikkö
- laite
- työn suorittajat
- työn kesto
- mittapöytäkirja / momenttikaavio
- havainnot, poikkeamat, parannusehdotukset.

Työ voidaan katsoa suoritetuksi, kun tilaaja on hyväksytysti vastaanottanut kaikki palveluntoimittajan tekemät toimintoon liittyvät tekniset raportit ja muut dokumentit siinä muodossa kuin tilaaja on edellyttänyt. Vastaanottotarkastus on viimeinen vaihe laaduntuottoketjuiden ketjussa. Tässä kohtaa selviää, kuinka hyvin toiminnassa on saavutettu haluttu laatutaso ja tavoitteet. Vastaanottotarkastuksesta vastaa työnvalvoja.

#### 5.5.9 Dokumentointi ja raportointi

Laaduntuottoketjuna laadukas raportointi on yhtä tärkeää, kuin laadukas huoltotyön suorittaminen. Raportointiin sisältyy, että laiteyksilön historia on tallennettu ja myöhemmin voidaan tarvittaessa tutkia edeltäviä toimia, joita laitteille on tehty.

Neste käyttää kunnossapitotöiden raportointiin M+ kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmää, joka toimii kunnossapitotöiden ”selkärankana”. Järjestelmään liittyy koko jalostamon laitekanta ja tarvittavat toiminnot kunnossapitotoiminnan hallintaan. Järjestelmä perustuu työtilaukseen (TT), jossa on määritelty mille kunnossapitotiimille sekä mille yksikölle ja laitteelle työ on kohdennettu. Järjestelmän tärkein hyöty on dokumentoida systemaattisesti tehdyt kunnossapitotyöt, toimia laskutuksen perustana sekä kerätä syntynyt dokumentaatio yhteen paikkaan. M+ sisältää kootusti tiedon, mitä laitteita on huollettu ja paljonko niihin on käytetty rahaa. [24.]

Tyypillinen työtilaus ilmajäähdyttimen huoltoon, tulee niin sanottuna alityönä koneistustiimille. Työtilausten sisällään pitämät työvaiheet tulee näin kohdennettua oikealle kustannuspaikalle, jotka on jaoteltu jalostamolla tiimeittäin. Koneistamon rooli on hankkia työtilaukselle resurssit, eli sopia palvelun toimittajan kanssa aikataulusta ja varata tarvittava määrä työntekijöitä, jotta toiminta saadaan suoritettua. Työn aikanaan valmistuessa työ raportoidaan mahdollisimman selkeästi ja yksilöiden (kuva 39).

Työtilauksen raportointi - 405426 Vastavoimavarren koneistukset

TT:  Pkunta:  Kuvaus:  Raportoinut:  Tila:  Raportoitu pvm:

**Raportointi** | Budjetti | Vapaa teksti | Työt | Aikaraportointi | Tilöinnit | Vaiheet | Materiaalit | Ostokehotukset | Työkälu ja laitteistot

**Laite**

Kytentäytyppi:  Laitte:

Pkunta:  Laitteen kuvaus:

**Raportointitiedot**

Luokka:   Tyyppi:

Suor.toimenpiteet:   Syy:

Syykuvaus:

Tehty työ:

Työn erittely:

Tarkastushuom.:

Mittauspiste:   Luonti huomautus

Työn edist. (%):   Vaiheet työtilaustilan mukaan

**Suunnittelutiedot**

Tod.alku:  Valmistuspvm:

Pyydetty aloitus:  Kiint. alkaa:

Vaad. aloitus:  Valmistuttava:

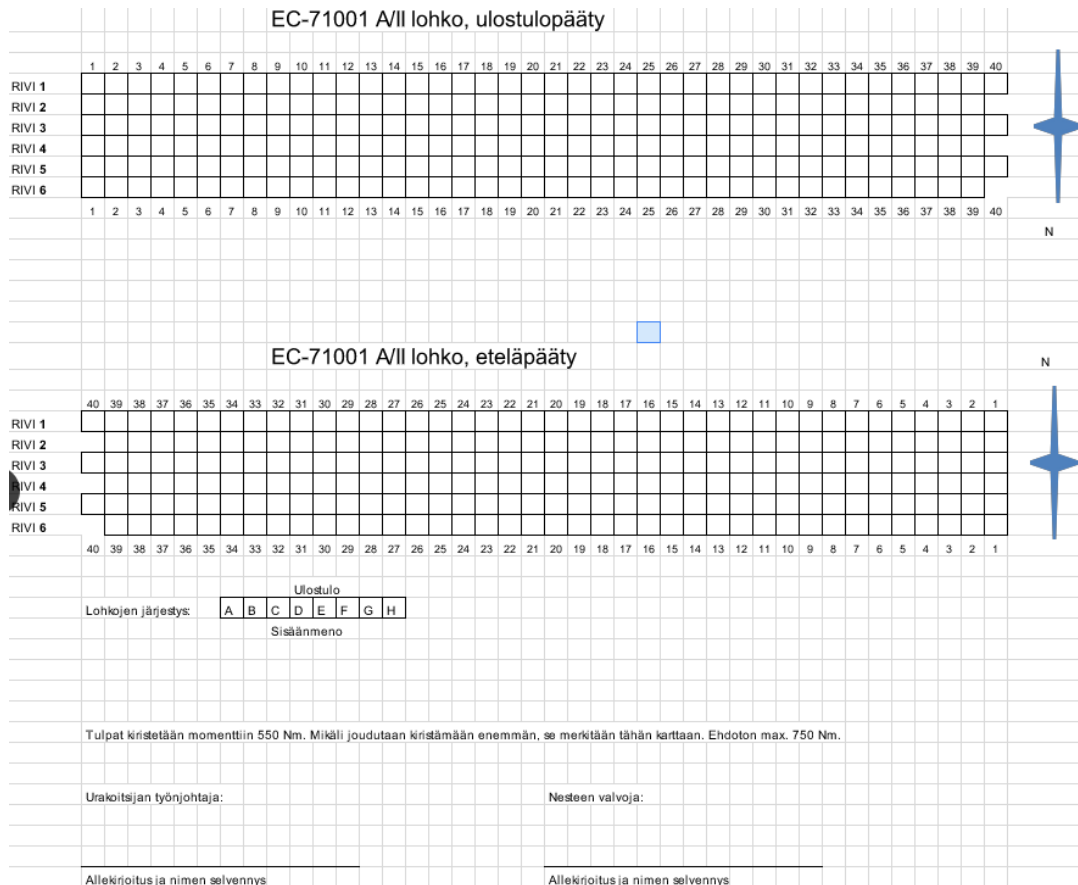
SLA - pyyd. aloitus:  SLA - valm. viim.:

Tekninen Muutos:  Tekninen Muutos Nro:

Ed.tapahtuma:

Kuva 39. Työtilauksen raportointikenttä M+ kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmässä [27].

Raportoinnin ja dokumentaation tärkeydestä yhtenä hyvänä esimerkkinä on myös ilma-  
jäähdyttimen ruuvitulppien momenttiin kiristys. Tähän työvaiheeseen on urakoitsija ja  
Neste sopinut toimintatavat. Dokumentaatio kiristysmomenteista tehdään kuvan 40 mu-  
kaisesti.

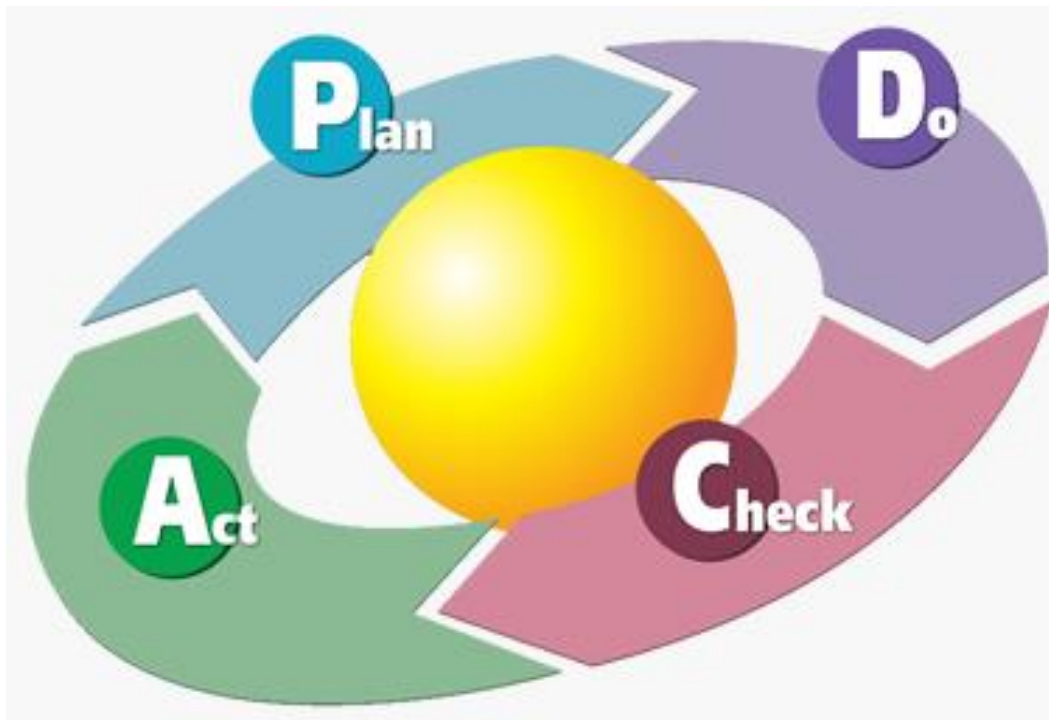


Kuva 40. Momenttipöytäkirjaan merkitään ruuvitulppien kiristysmomentit ja poikkeamat [27].

### 5.5.10 Esimerkkejä jatkuvan parantamisen työkaluista Nesteellä

Jatkuva parantaminen on toimintamalli, jossa toimintaa tai toimintoa kehitetään jatkuvasti. Toiminnan kehityksen avulla toiminta saadaan hiottua koko ajan paremmaksi. Tätä voivat olla esimerkiksi ilmajäähdytin töissä turhan odotusajan pienentäminen ja tehokkuuden lisääminen työnkulussa, jonka osatekijöitä ovat kunnolliset työohjeet ja työvälineet. Kehityksessä on mukana koko henkilöstö ja kehitystyön työkaluna voi olla esimerkiksi kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä (M+) saatu tieto laitteiden huoltohistoriasta ja tuntimääristä.

Yleisesti jatkuvan parantamisen työkaluna käytetään Demingin ympyrää (kuva 41). Periaatteena on alussa suunnitella jokin prosessi, jonka jälkeen toteutetaan ja seurataan sen käyttäytymistä. Viimeinen vaihe on prosessin tuloksien tarkastelu, joiden avulla muutokset ja kehitys tarpeet ilmenevät. [4.]



Kuva 41. Demingin ympyrä, jota käytetään yleisenä jatkuvan parantamisen työkaluna laatujohtamisessa [4].

Nesteellä on käytössä turvallisuus- ja laatu poikkeamista oppimisyökalu (NCR). Tämän työkalun kautta tehdyt raportit poikkeamista päätyvät tietokantaan katsottaviksi ja niitä voidaan tutkia, yksittäisinä tai usean tapauksen massatutkintana. Tutkinnassa on tavoitteena löytää juurisyy. Juurisyyn kautta tehdään korjaavia toimenpiteitä, jotta tapaus ei enää toistuisi ja ongelma häviäisi. Poikkeamaraportti tulee laatia ilmajähdyttimen tapauksessa esimerkiksi väärällä momentilla kiristetyistä ruuvitulpasta.

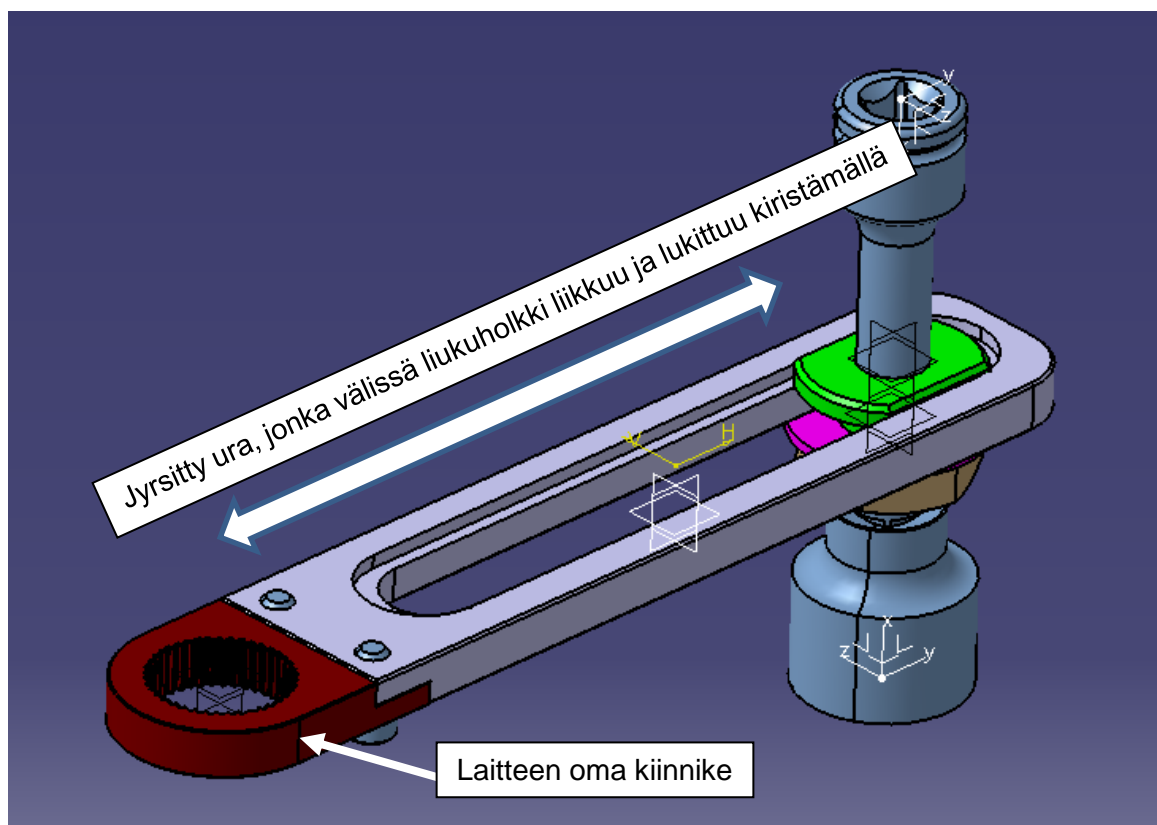
PMS eli punch management system on Nesteellä vuonna 2014–2015 kehitetty järjestelmä. Sen tarkoitus on havainnoida kunnossapitotöistä ja investoinneista aiheutuneita työn teknillisiä ja toiminnallisia laatu poikkeamia seisokkien aikana. Kentällä havaitut poikkeamat raportoidaan PMS-järjestelmään. Poikkeamiin voidaan järjestelmän avulla reagoida nopeasti, korjata ne dokumentoidusti sekä tarvittaessa palata poikkeamien tarkasteluun vielä kuukausienkin jälkeen. [28.]

## 6 Työvälineen kehitys momenttivääntimeen

Yhtenä insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ilmajäähdyttimen ruuvitulppien kiristykseen säädettävä vastavoimavarsi, jollainen oli käytössä Decometa NV:n tehtaalla (kuva 42). Tämän työvälineen kehityksen tavoitteena oli uuden akkukäyttöisen momenttivääntimen käyttöönotto ruuvitulppien asennuksessa. Vastavoimavarrella momenttiväännin saadaan tuettua kiristuksen aikana, jotta se ei pyöri momentin vaikuttaessa ja mahdollisesti aiheuta käyttäjälleen tapaturma riskiä. Momenttiväännin sisälsi ennestään vastavoimavarren, jonka käyttöperiaate ei kuitenkaan palvele hyvin ilmajäähdyttimen ruuvitulppia, koska tulppien välinen etäisyys vaihtelee eri jäähdyttimissä. Suunnittelun lähtökohtana oli siis tehdä käyttökohteeseen paremmin soveltuva malli, jossa käytetään laitteen omaa hitsattavaa karasoviketta sekä räikkävääntimen jatketta, joilla momenttiväännin tukeutuu paikalleen (kuva 43). Työvälineen kehityksessä oli mukana Nesteen Porvoon öljynjalostamon koneistamon työnjohto.



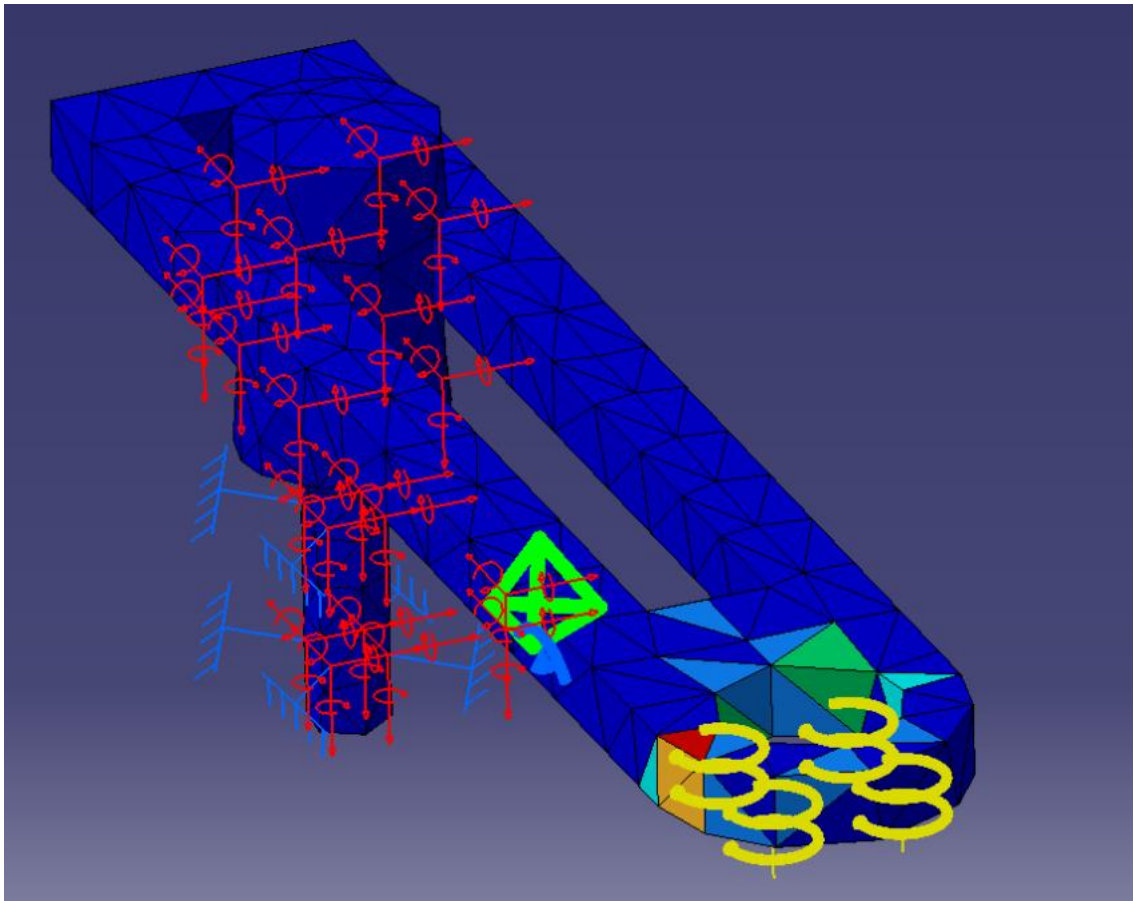
Kuva 42. Dekometa NV:n käyttämä vastavoimavarsi ja paineilmalla toimiva väännin. Hylsy pääsee pyörimään vapaasti samalla tavalla kuin omissa suunnitelmissa. [31.]



Kuva 43. CAD-mallinne vastavoimavarresta. Punaisella merkitty osa on laitteen mukana toimitettu kiinnitin, jonka jatkoksi suunniteltiin eri pulttiväleille säädettävä vastavoimavarsi. Varsi tukeutuu vaihdettavalla hylsällä viereisiin pultteihin päätylaatikossa.

Vastavoimavarren valmistus tapahtui Nesteen koneistamon tiloissa. Työlle avattiin työnumero, johon valmistustyöhön kuluneet tunnit dokumentoitiin. Kokoonpanokuva (liite 1) ja valmistuskuvat toimitettiin koneistamoon. Valmistuksen alkuvaiheessa ongelmia aiheutti hitsattavan karasovikkeen materiaali, joka ei kuitenkaan soveltunut ominaisuuksiensa puolesta hitsattavaksi. Materiaali oli nuorrutusterästä.

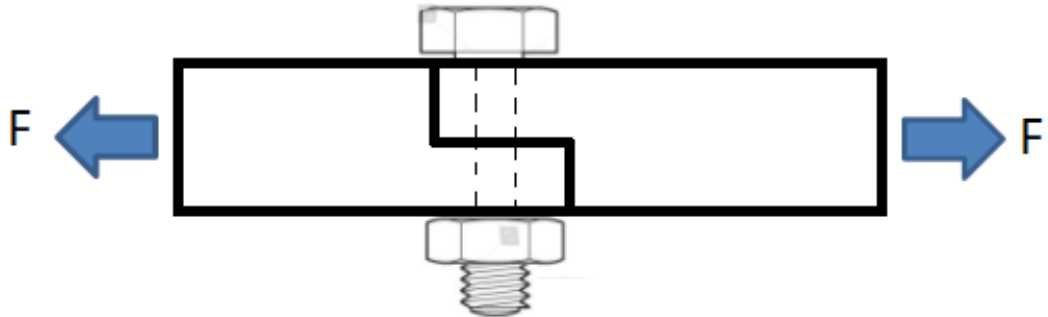
Ratkaisimme ongelman vaihtamalla hitsausliitoksen ruuviliitokseksi ja koneistamalla kappaleiden päihin vastakkaiset olakkeet, joihin porattiin reiät ja tehtiin kierteet kahdelle M12-ruuville. Ruuviliitoksen lujuus varmistettiin laskemalla liitoksen kestävä leikkausvoima ja vertaamalla sitä voimaan, jonka vääntömomentti aiheuttaa. Suunnittelun alkuvaiheessa vastavoima varren lujuutta analysoitiin FEM-mallinnuksella (kuva 44).



Kuva 44. Vastavoimavarresta tehtiin FEM-mallinne, jota testattiin 400-1000Nm momenteilla. Kuvassa suurin kuormitus tulee momenttivääntimen omaan kiinnikkeeseen, jonka materiaali on nuorrutettu MOC-teräs.

Ruuviliitoksen lujuuden varmistamiseksi laskettiin liitoksessa olevien ruuvien leikkauskapasiteetti (kuva 45), sekä selvitettiin voima, joka ruuveihin kohdistuu momenttivääntimen momentin kiristäessä ruuvitulppaa (kuva 46). Liitoksessa huomioitiin, että koneistetut olakkeet vastaanottavat kuormitusta, joten ruuvit eivät normaalitilanteessa joudu vastaanottamaan kokonaisvoimaa.

Leikkauskapasiteetin laskenta yhdelle M12-ruuville:



Kuva 45. Vapaakappalekuva leikkausvoimasta

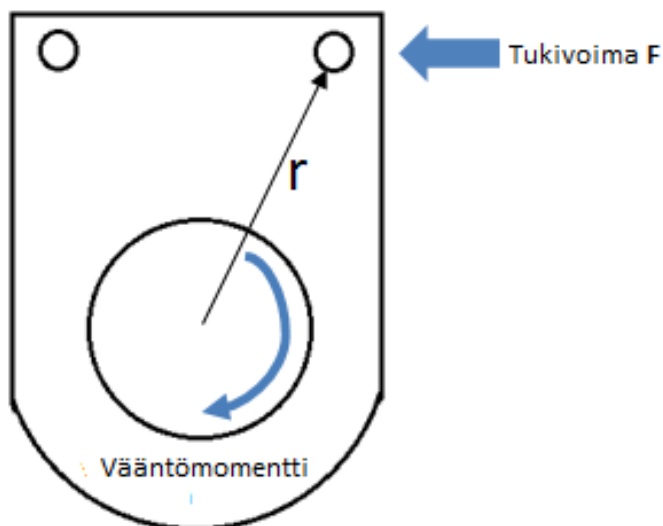
Laskenta arvot:

- ruuvi: M12 / 8.8
- murtolujuus: 800 MPa
- vetolujuus: 640 MPa
- varmuuskerroin: 1,25

$$Leikkausvoima = \frac{\pi * 8^2 * 640 \text{ Mpa}}{1,25 * \sqrt{3}} = 59,4 \text{ kN}$$

Tulokseksi saatiin voima, jonka ruuvi kestää enintään leikkautumatta poikki kuormituksen ollessa staattista.

Momentin aiheuttaman tukivoiman laskenta:



Kuva 46. Vapaakappalekuva vääntömomentin aiheuttamasta voimasta kappaleen liitoksissa

Laskennassa käytettiin 550 Nm:n momenttia ja 80 mm etäisyyttä, joka mitattiin kappaleen keskeltä ruuviin.

$$M = F * r \rightarrow F = \frac{M}{r}$$

$$F = \frac{550Nm}{0.08m} = 6,8 \text{ kN} \rightarrow \frac{6,8kN}{2} = 3,4 \text{ kN}$$

- Tulokseksi saatiin, että kahteen ruuviin ilman muita tukia, kohdistuu laskennallisesti 3,4 kN voima. Tästä pääteltiin, että kaksi M12-ruuvia riittää kyseiseen tilanteeseen kohdistuvien voimien vastaanottoon.

Vastavoimavarsi valmistettiin koneistamossa suunnitelmien mukaisesti ja lopputulos on onnistunut (kuva 47). Vastavoimavarren ominaisuuksia, päästään testaamaan tulevissa ruuvitulppa-asennuksissa.



Kuva 47. Vastavoimavarsi kiinnitettynä akkukäyttöiseen momenttivääntimeen.

## 7 Henkilöstön pätevyyden varmentaminen ja ohjeistus

Yhtenä tavoitteena insinööriyössä oli parantaa ohjeistusta ja varmistaa, että ilmajähdytinhuollossa mukana olevat henkilöt ovat tietoisia työvaiheista, tietävät oikeat työtavat sekä tunnistavat riskit.

Henkilöstön pätevyyden varmistamiseksi tuotettiin kysymyspatteri, joka toteutettiin Gimlet Composer-ohjelmalla ja tullaan julkaisemaan Nesteen L2O-palvelussa (kuva 48). Kysymyspatterissa on 23 kysymystä, joista järjestelmä arpoo 15 kysymystä kerrallaan kysyttäväksi. Nesteen henkilökunta testasi kysymyspatteria ja kysymysrunkoa paranneltiin julkaisua varten työn edetessä. Kysymyspatterin tarkoituksena on saattaa työnvalvojan tietoon Ilmajähdyttimen ruuvitulppahuoltoon liittyvät olennaiset asiat spesifikaatioon sekä ruuvitulppien avaus, - tarkastus- ja sulkuohjeeseen viitaten.

Ruuvitulppahuollon ohjeistusta, päivitettiin kentällä tapahtuvien toimintojen osalta sekä koneistamossa tapahtuviin toimintoihin laadittiin uusi ohje. Molemmat ohjeistukset ovat rakenteeltaan samanlaiset ja perustuvat työvaiheiden kuvaukseen järjestyksessä kuvien ja liitteiden täydentäessä ohjeita. Ohjeistukset tullaan säilyttämään kunnossapidon yhteisten toimintojen koneistusosaston Google Drive -kansiossa.

**Osaamisen varmentaminen**  
Osio 2: Monivalintatehtävä

Ruuvitulpan kiinnityksessä on erityisesti noudatettava seuraavia menetelmiä

- Kaikki edellä mainitut ovat oikein
- Tiivisteen asettuminen pintoja vasten varmistettava.
- Ruuvitulpan kierre rasvataan ennen asennusta.
- Ruuvitulppa esikieristetään käsin pohjaan , ennen lopullista kiristystä momenttiavaimella.

Vastaa

Hieno, vastasit oikein!

Kuva 48. Esimerkkitehtävä ilmajähdytintöidenvalvojan pätevyystestistä L2O-itseopiskeluympäristössä [27].

## 8 Yhteenveto

Insinööriyössä tuotiin esiin kriittisiä työvaiheita ja huomioitavia asioita ilmajäähdyttimen ruuvitulppahuollossa sekä käytiin läpi huollon eri työvaiheiden laaduntuottotekijöitä. Työn käytännön toteutukseen kuului olemassa olevan ilmajäähdyttimen ruuvitulppien avaus, - tarkastus- ja sulkuohjeen päivitys sekä uuden työohjeen laatiminen Nesteen koneistamon käyttöön. Työssä tuotettiin myös työnvalvojan pätevyystesti sekä kehitettiin ja valmistettiin vastavoimavarsi ruuvitulppien kiinnitystä varten akkumomenttivääntimellä.

Työohjeistus tullaan ottamaan käyttöön seuraavissa seisokeissa, ja siitä on hyötyä erityisesti kun ruuvitulppahuoltoa tulee suorittamaan uusi työntekijä, joka vaatii työhön perehdytyksen. Työohjeet ovat helposti saatavilla Nesteen koneistusosaston Google-Drive -kansiossa sekä paperiversiona koneistamossa.

Henkilöstön pätevyden varmennus ilmajäähdyttimien huoltotyössä toteutettiin valvojan pätevyystestin laatimisella Nesteen L2O-itseopiskelujärjestelmään. Osaamisen varmentamisen ansiosta ruuvitulppien asennus ja sen koulutus vastaa nyt paremmin Nesteen F-101-spesifikaation vaatimusta, jossa vaaditaan, että Neste Oyj vaatii henkilöstöltä SFS-EN 1591-4 -standardin mukaisen pätevyden, jota sovelletaan ilmajäähdyttimen ruuvitulppien asennukseen. Pätevyystestin avulla ilmajäähdyttimen ruuvitulppahuoltoa suorittavan henkilöstön osaaminen varmennetaan sekä sitä pidetään yllä. Pätevyys testin julkaisusta ja käytöstä vastaa Neste Oyj.

Työskentelymenetelmiä kehitettiin suunnittelemalla ja valmistamalla ilmajäähdyttimen ruuvitulppien asennusta varten akkumomenttivääntimeen kiinnitettävä vastavoimavarsi. Tämä tarjoaa tulevaisuudessa vaihtoehtoja ruuvitulppien asennukseen sekä mahdollistaa ennen kaikkea akkumomenttivääntimen käytön ruuvitulppien asennuksessa.

Kokonaisuutena insinööriyöllä vaikutettiin ilmajäähdyttimen mekaanisen huollon laadukuuteen kehittämällä ohjeistusta, menetelmiä sekä tuottamalla verkkopohjainen pätevyystesti.

## Lähteet

- 1 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.
- 2 Haverila, Matti; Uusi-Rauva, Erkki; Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacts Oy.
- 3 Lindroos, Veikko; Sulonen, Matti & Veistinen, Mauri. 1986. Uudistettu Miekk-ojan Metallioppi. Keuruu: Otava
- 4 Saarnio, Markku. Laatutekniikka ja konepajatekniset mittaukset / kunnossapitotekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu 2018. Luettu 8.2.2018.
- 5 Neste Oyj 2016. Verkkodokumentti < <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4> >. Luettu 3.1.2018.
- 6 Neste Oyj. 2016. D-102. 2016. Air cooled heat exchanger design, manufacturing and inspection.
- 7 Neste Oyj. 2016. F-101. Vaatimukset putkistojen ja painelaitteiden ruuviliitosten asennukseen ja tarkastukseen.
- 8 Neste Oyj. 2016. Ilmajäähdyttimen ruuvitulppien avaus-, tarkastus- ja sulkuohje.
- 9 Parhamaa, Pasi & Musch, Sari. Neste Oyj. 2013. Powerpoint-esitys <Materiaalitekniikka ja korroosio>. Luettu 16.2.2018.
- 10 Neste Oyj 2017. H-103. Putkiston esivalmistus ja asennus–spesifikaatio.
- 11 SFS-EN ISO 13706 Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Air-cooled heat exchangers
- 12 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
- 13 Painelaitelaki 1144/2016 <<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20161144>>. Luettu 10.1.2018.
- 14 NACE International 2011. Verkkodokumentti. Corrosion control in the refining industry. Luettu 2.2.2018.

- 15 TUKES 2016. Verkkodokumentti. Painelaitteiden kunnossapito [http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet\\_ja\\_opaat/painelaite-kunnossapito-opas.pdf](http://www.tukes.fi/Tiedostot/painelaitteet/esitteet_ja_opaat/painelaite-kunnossapito-opas.pdf)
- 16 Parhamaa, Pasi. 2015. Mekaanisten laitteiden eheydenhallinta öljynjalostamolla Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Doria-tietokanta.
- 17 Torvinen, Tero. 2016. Laippaliitosasentajan pätevyyden varmistaminen öljynjalostamolla. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 18 Hamon 2018. Verkkodokumentti < <http://www.hamon.com/en/process-heat-exchangers/products/air-cooled-heat-exchangers/> >. Luettu 5.1.2018.
- 19 Alfa Laval 2018. Verkkodokumentti < <https://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/finned-tube-air-heat-exchangers/Finned-tube-air-heat-exchangers/olmi-air-cooler/> >. Luettu 3.1.2018.
- 20 Kelvion 2018. Verkkodokumentti < <https://www.kelvion.com/products/product/air-fin-coolers/> >. Luettu 15.1.2018.
- 21 Motiva 2016, Energiatehokas lämmönsiirto. Verkkodokumentti < [http://www.motiva.fi/files/11078/Energiatehokas\\_lammonsiirto\\_opas.pdf](http://www.motiva.fi/files/11078/Energiatehokas_lammonsiirto_opas.pdf) >. Luettu 14.1.2018.
- 22 Ferrometal 2018. Verkkodokumentti <[http://www.imatranpultti.fi/images/pdfs/tieto\\_ruuviliitoksista.pdf](http://www.imatranpultti.fi/images/pdfs/tieto_ruuviliitoksista.pdf)>. Luettu 23.1.2018.
- 23 Kiwa 2018. Verkkodokumentti <[https://www.inspecta.fi/\\_pdf/fi/330c2f73-6669-483a-aaa0-036a624641ac/Mittauslaitteiden%20kalibrointi%20-%20Kiwa%20Inspecta.pdf](https://www.inspecta.fi/_pdf/fi/330c2f73-6669-483a-aaa0-036a624641ac/Mittauslaitteiden%20kalibrointi%20-%20Kiwa%20Inspecta.pdf)>. Luettu 29.1.2018.
- 24 IFS 2014. Verkkodokumentti < [www.ifsworld.com/.../customer-stories-and-case-studies-fi-neste-oil](http://www.ifsworld.com/.../customer-stories-and-case-studies-fi-neste-oil)>. Luettu 29.1.2018.
- 25 CEP Magazine 2017. Verkkodokumentti < <https://www.aiche.org/resources/publications/cep/2017/january/improve-air-cooled-heat-exchanger-performance>>. Luettu 1.2.2018.
- 26 haastattelut Memar Oy. Kierteiden valssaus. Verkkodokumentti< <https://www.memar.fi/kierteiden-sorvaus-ja-valssaus/> >. Luettu 6.3.2018.
- 27 Neste Oyj. Sisäinen materiaali ja kuvat.
- 28 Neste Oyj. Ohjaajien kanssa käydyt keskustelut.
- 29 Haitor momenttityökalut 2018. Verkkodokumentti <<http://www.haitor.com/fi/tuotteet/>> Luettu 12.2.2018

- 30 Kalibrintitarravalmistaja <<http://www.exxi.fi/tarrat-ja-merkit/muut-tarrat/kalibrointi-ja-huoltotarrat/>>
- 31 Decometa NV vastaanottotarkastuksen katselmus. 30.1–1.2.2018.
- 32 Kuvia Ruuvitulpista 2018. Verkkodokumentti <<http://www.tubesupplyinternational.co.uk/products/associated-products>> Luettu 19.3.2018

