



CO2 Laitoksen rakentaminen ja käyttöönotto

Juuso Kiviranta

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Talotekniikka
LVI

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikka
LVI

KIVIRANTA JUUSO
CO2 Laitoksen rakentaminen ja käyttöönotto

Opinnäytetyö 49 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2021

Opinnäytetyön tavoitteena oli kirjata yrityksen Metalli ja LVI Lundgren Oy:n kokemusperäinen tieto hiilidioksidilaitteiston rakentamisesta ja luoda ohje sen painelaitedokumentaatiota varten. Lisäksi haluttiin tuoda painelaitelaki ymmärrettymmään ja laitteistoon sopivampaan muotoon auttamaan viranomaisten kanssa toimimista. Työ toteutettiin kirjallisuustarkasteluna sekä haastattelemalla eri tahojen ammattilaisia. Keskeisimpinä tiedonlähteinä toimivat kirjallisuuslähteet kotimaisista sekä ulkomaisista teoksista. Lisäksi tietoa kerättiin haastattelemalla kylmäkonevalmistajia, laitetoimittajia ja viranhaltijoita.

Työssä käsiteltiin hiilidioksidilaitteiston rakentamis- ja käyttöönottomennettelyitä. Työ on jaettu kolmeen eri osaan. Ensimmäinen oli teoriaosuus, joka käsitteli hiilidioksidin aineominaisuuksia ja aineen käytön historiaa. Toisessa osassa käsiteltiin käytännön rakentamista, sen materiaalivalintojen etuja ja haittoja sekä kokemusperäistä tietoa laitteiston rakentamisesta. Lopuksi työssä käsiteltiin laitteiston käyttöönottoa ja loppudokumentaatiota.

Kirjallisuuslähteistä ja haastatteluista saatiin koottua yrityksen käyttöön kattava dokumentti helpottamaan tulevien hiilidioksidilla toimivien kylmälaitosten rakentamista. Putkimateriaaleista ja niiden asennuksesta kerättiin tietoa, joka tulee auttamaan tulevissa materiaalivalinnoissa. Lisäksi onnistuttiin koostamaan tietopaketti painelaitelaista, joka selkeyttää ja helpottaa viranomaisten kanssa toimintaa tulevissa projekteissa. Työ liitetään osaksi Metalli Ja LVI Lundgren Oy:n laadunvarmistusjärjestelmää.

Jatkotutkimuksena työssä käsiteltyä painelaitelakia olisi tarpeen tutkia lisää. Lakia voidaan soveltaa muissa prosessiteollisuuden putkistoissa, kuten höyrylaitoksissa. Rakentamista käsittelevää osuutta voidaan soveltaa muillekin kylmäaineille.

Asiasanat: hiilidioksidi, kylmäaine, painelaitelaki, laadunvarmistus, ohje

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Service Engineering
HVAC Systems

KIVIRANTA JUUSO:
Manual for Building and Commissioning a Carbon Dioxide Refrigerant Plant

Bachelor's thesis 49 pages, appendices 7 pages
March 2021

The purpose of this study was to gather information about building a refrigeration plant which uses carbon dioxide as a refrigerant. The idea arose as the system became more common and there was a need for a manual to build them. In this thesis, the Pressure Equipment act was examined and interpreted more clearly. Also, the work includes compiled experiential knowledge of Metalli Ja LVI Lundgren Oy.

The main target was to create a manual for building and commissioning a carbon dioxide plant. There were three subject areas to be addressed. The theory part deals with the properties and the history of carbon dioxide. The building section includes experiential installation practices and material choices. The last section deals with the commissioning procedures. To obtain a manual, information was sought from literature, interviews, and manufactures of machines and equipment.

As a result, a thesis that can be used in the future projects of the company was created. Furthermore, the work became a manual which clarifies the Pressure Equipment Act from the perspective of carbon dioxide.

Key words: carbon dioxide, refrigerant, pressure equipment, manual

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	CO ₂ KYLMÄAINEENA	8
	2.1 Historia	8
	2.2 Edut ja haitat	8
	2.2.1 Edut	8
	2.2.2 Haitat	10
3	LAIT JA SÄÄDÖKSET	11
	3.1 Painelaitesäädökset	11
	3.2 Hiilidioksidi aineena	11
	3.3 Vaatimustenmukaisuus	12
	3.4 Painelaiterekisteröinti	13
4	RAKENTAMINEN	14
	4.1 Koneikot	14
	4.1.1 Viranomaiset asiakirjat	15
	4.2 Materiaalit	15
	4.2.1 Seostamaton teräs	16
	4.2.2 Ruostumaton ja haponkestäväteräs	17
	4.2.3 Kupari	17
	4.3 Putkisto	18
	4.4 Säiliöt	19
	4.5 Öljynpalautus	20
	4.6 Eristys	21
	4.7 Komponentit	22
5	KÄYTTÖÖNOTTO	23
	5.1 Täyttäminen	23
	5.1.1 Kylmäainetäytös	23
	5.1.2 Öljytäytös	24
	5.2 Komponentit	26
	5.2.1 Taajuusmuuttaja	26
	5.2.2 Kompressori	27
	5.2.3 Lauhdutus	27
	5.2.4 Höyrystin	29
	5.3 Koestus	31
	5.3.1 Painekoe	31

5.3.2	Tiiviyskoe.....	32
5.3.3	Kylmäkoneistojen tarkastus.....	32
5.4	Painelaitteet	33
5.4.1	Painelaitteen rekisteröinti	33
5.4.2	Laitekokonaisuus.....	34
5.4.3	Käytönvalvoja	36
6	TOIMINNAN VARMISTAMINEN.....	37
6.1	Käyttöpäiväkirja.....	37
6.2	Painelaittekirja.....	37
7	POHDINTA	39
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	43
	Liite 1. ESK Schultzen	43
	Liite 3. Muutosilmoituslomake Tukes, Painelaitteet (Tukes) 1 (3).....	45
	Liite 4. Käyttöpäiväkirja.....	48
	Liite 5. Dokumenttiluettelo.....	49

ERITYISSANASTO

Kaasunpaine	Lämpötilaa vastaava paine
NDT	Rikkoutumaton ainetarkastelu
Ylikriittinen	Kylmäaine on koko alueella tulistunutta kaasua
Kaasunjäähdytin	Ylikriittisen prosessin lauhdutin
Rajaliitos	Kahden eri aineen liitos
Ilmoitettu laitos	Varmistaa tuotteen/laitteen EU markkinoille saattamisen ja CE merkinnän vaatimukset. Ilmoitetun laitoksen hyväksynnän antaa STM ja se on PED mukainen
Hyväksytty laitos	Valvoo jo käytössä olevia laitoksia. Hyväksytyt laitoksen hyväksynnän antaa Tukes.
SEP	Hyvä konepajakäytäntö
PED	Painelaitedirektiivi
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö

1 JOHDANTO

Uuden ympäristölainsäädännön takia kylmäaineiden käyttöön on kiinnitettävä enemmän huomiota. Tästä johtuen hiilidioksidi on saanut asemansa takaisin kylmäaineiden keskuudessa. Kehittyvien teknologioiden myötä hiilidioksidin käyttö kylmäaineena on suuntautunut kannattavampaan suuntaan. Kompressorien koko on pienentynyt ja niiden hyötysuhde on kasvanut. Lisäksi putkistojen rakentamiseen liittyvät työkalut ovat parantuneet, ja ne suovat mahdollisuuden rakentaa isomman paineluokan putkistoja. Kokemus laitteistosta on nuorelle sukupolvelle uutta ja vanhemmalle kokemusperäistä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kirjata yrityksen Metallin ja LVI Lundgrenin kokemusperäiset tiedot yhdessä teoreettisten tietojen kanssa kylmälaiteiston rakentamiseen liittyen. Suuren paineen ominaisuutena laitteisto luetellaan painelaitteeksi. Työn osatavoitteena on poimia painelaitelaista hiilidioksidilaitteistoa koskevia aiheita ja kirjoittaa ne ymmärrettävään ja laitteistoon sopivampaan muotoon.

Työ on tehty ohjaamaan rakennusprosessin eri vaiheita tulevaisuuden projekteja varten. Etenkin helpottamaan viranomaismääräysten noudattamista laitoksen rakentamis-, käyttöönotto- ja luovutusvaiheessa. Työn pohjalta on tarkoitus laatia tarkastuslista, jossa käsitellään kaikki tarvittavat dokumentit laitteiston hankesuunnitelmasta käyttöön.

Kappaleissa käsitellään laitteiston osalta tärkeimpänä pidettyjä aihealueita. Työ on jaettu kolmeen eri aihealueeseen: teoria, rakentaminen ja käyttöönotto. Teoriassa tarkastellaan hiilidioksidin historian lisäksi aineen ominaisuuksia. Toisena teoriaosuutena on painelaitelain keskeisempiä asioita. Rakentaminen käsittelee materiaalivalintojen lisäksi putkistojen eristämistä, öljynpalautuksessa huomioon otettavia asioita sekä putkistojen ja säiliöiden painelaitelain vaatimia asioita. Käyttöönotossa keskitytään laitteiston koestuksen ja painelaiterekisteröintiin. Lisäksi kappaleessa käydään pääkomponentit ja niiden asetusarvot läpi.

2 CO2 KYLMÄAINEENA

2.1 Historia

Hiilidioksidi kylmäaineena yleistyi 1990-luvun alussa autojen jäähdytyslaitteistossa ja lämmönsiirtoaineena välillisissä järjestelmissä. Hiilidioksidia on kuitenkin käytetty aiemmin noin 1850-luvulta 1930-luvulle saakka elintarvikkeita kuljettavien laivojen jäähdytyksessä. Hiilidioksidia käytettiin, sillä se oli turvallisempi kylmäaine kuin ammoniakki tai rikkidioksidi. (Padalkar & Kadam 2010.)

Synteettiset kylmäaineet syrjäyttivät hiljalleen luonnolliset kylmäaineet kuten hiilidioksidin 1930-luvulla. Luonnollisten kylmäaineiden suurimpia käännekohtia olivat tuohon aikaan isot konekoot, huono hyötysuhde ja etenkin hiilidioksidin korkea käyttöpaine. (Padalkar & Kadam 2010.)

1990-luvulla luonnollisia kylmäaineita alettiin ottaman takaisin käyttöön, sillä ne kuormittavat ympäristöä vähemmän kuin synteettiset kylmäaineet. Nykyisin hiilidioksidia käytetään markettien kylmäjärjestelmissä, kaskadijärjestelmissä ja lämpöpumppusovellutuksissa. (Aalto, Alijoki, Hakala & Hirvelä ym., 2012, 121)

2.2 Edut ja haitat

2.2.1 Edut

Suurimpia hiilidioksidin etuja ovat myrkyttömyys ja haitattomuus. Hiilidioksidi ei aiheuta haittaa pienissä määrissä. Vasta 30000 – 50000 ppm:ssä aine aiheuttaa hyperventilaatiota, sekavuutta ja näköhäiriöitä. (Aalto, ym., 2012, 121.) Taulukossa 1. on kuvattu eri pitoisuuksien vaikutuksia.

TAULUKKO 1. Hiilidioksidi pitoisuudet ja terveys vaikutukset (Haukås, 2016, Taulukko 10.1)

Pitoisuus		Vaikutus terveyteen
Vol - % / PPM	g/m ³	
0,04 / 400	0,726	Normaali pitoisuus ilmassa.
2 / 2 000	36,3	Hengitys tihenee 50 %
3 / 3 000	54,5	Hengitys tihenee 100 % STEL (Lyhyen aikavälin raja-arvo)
5 / 5 000	90,8	Hengitys tihenee 300 %. Päänsärkyä ja hikoilua voi ilmetä noin 1 h kuluttua. Useimmat sietävät tätä, mutta se on fyysisesti rasittavaa.
8 – 10 / 8 000 – 10 000	145 – 182	Päänsärky 10 – 15 min. Huimaus, korvien soiminen, verenpaine kohoaa, kohonnut pulssi, levottomuus, pahoinvointi.
10 -18 / 10 000 – 18 000	182 – 327	Muutaman minuutin kuluttua: Epileptisen kohtauksen kaltaisia kouristuksia, tajunnan menetys ja sokki (yhtäkkinen verenpaineen lasku). Altistuneen henkilön tila palautuu nopeasti normaaliksi raittiissa ilmassa.
18 – 20 / 18 000 – 20 000	327 – 363	Aivoverenkiertohäiriön kaltaisia oireita.

GWP arvo hiilidioksidilla on 1,0 sillä se on vertailtava kylmäaine. GWP – luku kuvastaa kylmäaineen kasvihuonehaitallisuutta eli paljon kasvihuonekaasu vangitsee lämpöenergiaa ilmakehään (eng. Global Warning Potential). Luku ilmoitetaan yleensä 100 vuoden ajanjakson yli. (Kaappola, Hirvelä, Jokela & Kianta, 2014, 32.)

Suuren tiheyden ansiosta tilavuustuotto on suuri. Suuri tilavuustuotto yhdistettynä suureen höyrystymislämpöön, pienentää massavirtaa. Pienien massavirran ansiosta kylmäaineputket ja laitteet ovat pienempiä (Aalto, ym., 2012, 121.) Hiilidioksidin termodynaamisten ominaisuuksien ansiosta se on myös hyvä lämmönsiirtoaine. Hyvän lämmönsiirtoaineen tuomat edut ovat pienemmät lämmönvaihtimet ja alhainen lämpötilaero höyrystymislämpötilaan ja siirrettävään aineeseen nähden. (Aalto, ym., 2012, 122.)

2.2.2 Haitat

Hiilidioksidin suurimpia haittoja ovat sen suuret käyttöpaineet ja alhainen kriittinen piste. Hiilidioksidin kriittinen piste on 73,8 bar, mikä vastaa 31,1 °C lämpötilaa. Korkea kriittinen piste tuo haasteita lauhduttamiseen. Lauhtumislämpötilan noustessa yli 31,1°C prosessi muuttuu ylikriittiseksi. Ylikriittisessä prosessissa kylmäteho laskee ja kompressorin ottoteho nousee laskien prosessin energiatehokkuutta. (Aalto, ym., 2012, 122.)

Hiilidioksidin kaasunpaine on kolmesta neljään kertaan isompi, kuin muilla kylmäaineilla. Kaasun paineen ollessa iso pitää kiinnittää erityistä huomiota komponenttien paineenkestoon ja putkistojen valmistukseen. (Padalkar & Kadam 2010.)

Korkean kaasunpaineen johdosta kauan seisovan kylmäaineen paine nousee korkeaksi. Edellä mainittu kriittinen piste 31,1 °C vastaa 73,8 bar painetta. Koneikon seisahtuminen on siis syytä ottaa huomioon rakentamisessa. (Aalto, ym., 2012, 122.)

3 LAIT JA SÄÄDÖKSET

3.1 Painelaitesäädökset

EU:n osa tuotelainsäädännöistä koskevat painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelu ja valmistusta. Nämä ovat yhteisiä kaikissa jäsenmaissa ETA-alueella. Kansallista lainsäädäntöä sovelletaan painelaitteiden sijoitukseen, määräaikaistarkastuksiin ja käyttöön. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja... 2020.)

Painelaitelaki käsittelee pykälän viisi mukaan, että "painelaite on suunniteltava ja valmistettava, sitä on hoidettava ja käytettävä ja se on tarkastettava niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta eikä omaisuutta." (1144/2016 §5). Laissa on siis määrätty lakitason säännökset suunnitteluun, valmistukseen ja käyttöön.

Painelaitelakia on tulkittava yhdessä valtioneuvoksen 1548/2016 asetuksen kanssa. "Valtioneuvoksen asetus käsittelee painelaitteita, joiden suurin sallittu käyttöpaine on yli 0,5 Bar" (1548/2016§1). Painelaitedirektiivin 2014/68/EU tekniset vaatimukset painelaitteiden ja laitekokonaisuuksien suunnittelusta, vaatimustenmukaisuuden arvioinnista ja valmistamisesta käy ilmi asetuksessa. (Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja... 2020)

3.2 Hiilidioksidi aineena

Aineet on määritelty kahteen eri ryhmään. Ryhmä 1 pitää sisällään aineet, jotka ovat räjähtäviä, hapettavia, eri tavalla syttyviä ja myrkyllisiä. (1548/2016 §6). Ryhmään 2 kuuluvat loput aineet, joten hiilidioksidi kuuluu ryhmään 2.

Hiilidioksidin sisältöryhmä on kaasu. Kaasulla tarkoitetaan kaasuja, nesteytettyjä kaasuja, paineenalaisina liuotettuja kaasuja, höyryjä sekä nesteitä, mikäli nesteen höyrypaine on korkeimmassa sallitussa lämpötilassa enemmän kuin 0,5 bar ylipainetta. (1548/2016§7.)

3.3 Vaatimustenmukaisuus

Vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely eli moduulit määräytyvät painelaitteiden luokan perusteella taulukon 1 mukaan. Taulukko 2 käsittelee moduuleita, jotka eivät vaadi valmistajan sisäistä laatujärjestelmää.

Taulukko 2. Moduulit (Direktiivi 2014/68/EU, Liite II)

Luokka	Moduuli	Sisältö
Luokka I	A	Sisäinen tuotannonvalvonta
Luokka II	A2	Sisäinen tuotannonvalvonta ja valvotut painelaitetarkastukset satunnaisin väliajoin
Luokka III	B + C2	EU Tyyppitarkastus – tuotantotyyppi + sisäiset tuotannonvalvontaan perustuva tyyppimukaisuus ja satunnaisin väliajoin suoritettavat valvotut painelaitetarkastukset
Luokka III	B + F	EU tyyppitarkastus – suunnittelutyyppi + Painelaitteen tarkastukseen perustuva tyyppimukaisuus
Luokka IV	G	Yksikkökohtaiseen tarkastukseen perustuva vaatimustenmukaisuus

Arviointimenettelyn luokka määräytyy paineen ja tilavuuden tulosta painelaitedirektiivin 2014/68/EU liitteen 2 mukaan. Moduuli voi olla ylempää luokkaa, kuin painelaite.

Moduuleita A2 ja G voidaan soveltaa painelaitteen korjaamiseen. A2 moduulia käytetään, kun painelaite ei ole rekisteröity. G moduuli soveltuu rekisteröityihin painelaitteisiin. (1549/2016§17)

Hiilidioksidilaitteistossa useimmiten käytetyt moduulit ovat A2 ja G. A2 – moduulia käytetään putkistossa ja G – moduulia laitteistokokonaisuuden ja säiliöiden arviointimenettelyinä.

3.4 Painelaiterekisteröinti

Painelaitelain 51 § mukaan ”omistajan tai haltijan on ilmoitettava painelaite rekisteröitäväksi 55 §:ssä säädetyn ensimmäisen määräaikaistarkastuksen yhteydessä, jos painelaite aiheuttaa merkittävää vaaraa” (1144/2016 §51.)

Omistajan tai haltijan on tehtävä rekisteröintiä koskeva ilmoitus tarkastuslaitokselle, joka sisältää käytönvalvojan, omistajan, maahantuojan, painelaitteen valmistajan, sijainnin ja tekniset tiedot.

Ryhmä 2 painelaitteiden säiliöt ovat rekisteröitävä, mikäli niiden suunnittelulämpötila on alle 120°C ja paineen (bar) ja tilavuuden (litraa) lukuarvojen tulo ylittää 3 000 tai lämpötilan ollessa yli 120°C on paineen ja tilavuuden lukuarvojen tulo 1 000. (Soppela, 2020.)

Määräaikaistarkastuksella painelaitteen omistajan tai haltijan on huolehdittava, että tarkastuslaitos tekee rekisteröidylle painelaitteelle määräaikaistarkastukset säädetyin aikavälein. Ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa painelaite rekisteröidään 1144/2016§51 esitetyllä tavalla, vahvistetaan painelaitteen käyttöarvot, määrätään seuraava määräaikaistarkastuksen laji ja ajankohta, merkitään painelaitteeseen tai sen arvokilpeen painelaitteen rekisterinumero sekä sovitaan kuukauden tarkkuudella seuraavan määräaikaistarkastuksen ajankohta. (1144/2016§55.)

Lisäksi ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa tarkistetaan painelaitteen merkinnät, käyttöohjeet, vaatimustenmukaisuusvakuutus, sijoituspaikka, turvallinen käyttö, käytönvalvojan pätevyys, käyttöturvallisuuteen vaikuttavat järjestelmät kuten varoventtiilit ja elektroniset tai ohjelmoitavat suojaus- ja lukitustoiminnot. (1144/2016§55.)

Painelaitelain 63 pykälän mukaan määräaikaistarkastuksen voi korvata kokonaan tai osittain painelaiteseurannalla, mikäli painelaitteen turvallisuudesta voidaan seurannan avulla varmistua. Painelaiteseurannasta on sovittava seurannan hyväksymän laitoksen kanssa ja siitä on tehtävä kirjallinen suunnitelma. (1144/2016§63) Valtioneuvoksen asetuksen painelaiteturvallisuudesta 1549/2016 pykälän 12 mukaan kylmälaitoksen painelaitteiden sisäpuoliset ja tarkastukset voidaan korvata seurannalla.

4 RAKENTAMINEN

4.1 Koneikot

Tilatessa konepaketin kolmannelta osapuolelta on rakentamisen kannalta tärkeää laatia sopimus ja varmistaa toimittajan vastuu maahantuojana. Sopimuksen sisällössä on määriteltävä, että laitteisto on rakennettava suomalaisen painelaitesäännöksen mukaan.

Tärkeänä pidetään myös tutustumassa käymistä koneen valmistamiseen. Valmistusvaiheessa kannattaa ottaa huomioon mahdolliset kulttuuriset ja lainsäädännölliset eroavaisuudet eri maiden välillä. Konevalmistajan laadunvarmistus voi poiketa suomalaisista standardeista ja säädöksistä. Tärkeimpänä on tarkistaa laitekokonaisuuden kriittiset liitokset ja eri materiaalien liitospinnat ja komponenttien paineluokat. Toimittaja laatii laitekokonaisuuden arvioinnin ja vastaa koko laitteistosta rakennuttajalle. (Lundgren, 2021)

Yleisimpiä suunnitteluolosuhteita on koottu taulukkoon 3. Luvut on ilmoitettu absoluuttisena paineena.

TAULUKKO 3. Tavanomaiset suunnittelu olosuhteet. (Haukås, 2016, Taulukko 3.1)

Absoluuttinen paine (+1 mittari paine) (bar)					
Matalapaine (Pakastus)	Matalapaine (Jäähdytys)	Välipaine (Alikriittinen)	Välipaine (Ylikriittinen)	Korkeapaine (Ylikriittinen)	Kuumakaasu sulatus
26	41	41	80 – 90	80 – 120	53
41	61			(140°C)	
61					

4.1.1 Viranomaiset asiakirjat

Hiilidioksidi konekokonaisuuksille on haettava sijoitussuunnitelma. Sijoitussuunnitelman laatii omistaja tai haltija. Ennen suunnitelman hyväksymistä painelaitetta ei saa asentaa paikalleen. Tarkastuslaitos tarkastaa sijoitussuunnitelman ja toteaa että sijoitus on tehty 6§ tarkoitetulla tavalla. (1144/2016 §7) Pykälän kuusi mukaan painelaite on sijoitettava niin, että konekokonaisuutta voidaan käyttää, huoltaa ja tarkistaa asianmukaisesti. Painelaite ei saa myöskään aiheuttaa vaaraa vaurio- tai käyttöhäiriötilanteessa. (1144/2016§6.)

Sijoitussuunnitelmaa hakiessa konehuoneesta on oltava pohjakuva. Pohjakuvassa osoitetaan pääputkistoreiitit, painelaitteidenpaikat, varolaitteiden ulospuhalluslaitteiden sijoittaminen, rakenteiden heikkoseinä ja hätätuuletuksen sijainti.

Valmistaja vastaa riskiarvioinnin tekemisestä painelaitteelle tai laitekokonaisuudelle. Laitteisto on suunniteltava ja valmistettava riskiarviotulos huomioon ottaen. Riskinarvioinnin avulla on tunnistettava ja selvitettävä painelaitteen kuormituksessa aiheutuvat vikaantumistavat, kun laitetta käytetään kohtuudella ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Tulosten perusteella määritellään sovellettavat olennaiset turvallisuusvaatimukset. Ohjeita riskiarvioinnin tekemiseen löytyy CEN/TR 764-6 ja PSK 4917 dokumenteista. (Soppela, 2020)

4.2 Materiaalit

Painelaitedirektiivin liitteessä I on annettu olennaiset vaatimukset kuten lujuus, sitkeys, hausrasmurtuman estäminen ja kemiallinen kestävyys materiaalin valinnalle. Lisäksi käytetyistä materiaaleista pitää tuntea niiden soveltuvuus kaikkiin kohtuudella ennakoitaviin käyttö- ja koeolosuhteisiin. Materiaalien on oltava yhteensopivia muiden järjestelmässä olevien komponenttien kanssa. Materiaalit voidaan valita yhdenmukaistetun EN-tuotestandardin materiaaliosion, eurooppalaiseen materiaalihyväksynnän tai erityisarvioinnin perusteella. (PSK 4915, 3.)

Putkiston materiaaleja valitessa voidaan käyttää valmiiksi määriteltyjä ja mitoitettuja PSK – putkiluokkia (PSK 4916, 3) PSK-putkiluokat määrittelevät eri materiaalien ainevahvuudet perustuen lämpötilan ja paineen keston. PSK-putkiluokissa kerrotaan laskentaperusteet.

Perusteiden ollessa erit kuin suunnitellut olosuhteet voidaan materiaalivahvuus laskettaa lujuuslaskijalla. Teetettäessä laskelmat voidaan saavuttaa säästöjä materiaalihankinnoissa seinämävahvuuden pienentyessä.

Lujuuslaskelmat laaditaan sovellettavan yhdenmukaistetun standardin mukaisesti. Vaihtoehtoisena tapana voidaan laskelmat tehdä niin, että vastaava kokonaisturvallisuustaso saavutetaan ja se voidaan myös todentaa. Standardin mukaiselle kuten PN63 venttiilille ei tarvitse tehdä erillistä mitoitusta. Mitoitus tarvitsee kuitenkin tehdä, mikäli lämpötilat eivät ole osalle normaalilla tasolla. (PSK 4916, 3.)

Materiaaleja valitessa otetaan huomioon myös niiden kustannukset. Kylmäputkistoja voidaan valmistaa kuparista sekä seostamattomasta, ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä.

Kun materiaalit on valittu, dokumentoidaan linjakohtaisesti eriteltynä putkiston suunnittelu-arvot ja materiaalit. (PSK 4916, 3) Dokumentti on hyvä hyväksyttävä ilmoitetulla laitoksella.

4.2.1 Seostamaton teräs

Seostamatonta terästä käyttäessä on syytä ottaa huomioon ulkopuolinen korroosio. Ulkopuolisen korroosion voi estää pinnoittamalla putkisto ulkopuolelta esimerkiksi maalaamalla. Lisäksi tiivis eristys estää veden kondensoitumisen putkiston pinnalle.

Kuumavalssattujen terästen valmistuksessa putkiston osiin syntyy kappaleen pintoihin valssihilsettä, joka on hapettunutta rautaa (Koivuniemi, 2014). Hitsauksen ja prosessin toiminnan kannalta valssihilse on epäpuhtautta. Epäpuhtaudet poistetaan mekaanisesti putkistosta.

Korkeapainelinjastoon soveltuvia putkia ovat saumattomat kuumalujateräkset, jotka on valmistettu noudattaen standardia SFS-EN 10216-2. Materiaalina tulee PSK4212 mukaan käyttää P235GH. Materiaali kestää 120bar ja 140°C kuormituksen. (PSK4212, 3) Matalapaineelle sopiva materiaali on matalan lämpötilan kestävä P265NL teräs. Teräksestä löytyy PSK standardisointi 4263, jossa suurin käyttöpaine on 40 bar.

4.2.2 Ruostumaton ja haponkestäväteräs

Ruostumaton teräs on materiaalina huomattavasti kalliimpaa kuin seostamaton teräs, mutta kuitenkin halvempaa kuin haponkestävä teräs. Ruostumattoman ja haponkestävän teräksen suurimpia etuja on sen korroosion kesto. Korroosion keston ansiosta putkistoa ei tarvitse erikseen pintakäsitellä.

Putkiston puhtauden kannalta materiaalien valmistuksessa on kiinnitettävä huomiota suoja-kaasun käyttöön. Suojakaasu estää hitsauksen juuren eli putken sisäpuolen hapettumisen ja rosoisuuden muodostumisen. Juurensuojakaasuina käytetään yleisesti argonia tai formierkaasua. Formier on näistä suojakaasuista halvin. (Katainen & Mäkinen, 1982, 68 – 69) Argonin käyttö suojakaasuna voi olla edullisempi vaihtoehto, kun asennuskohde on esimerkiksi välikatolla ja kahden suojakaasupullon vieminen on työlästä. Kaksoismittarin avulla suojakaasua voi käyttää polttimen- ja juurensuojakaasuna. (Lundgren, 2021.)

Ruostumattoman teräs, joka on valmistettu materiaalista 1.4307 SFS-EN 10253-4 mukaan vaatii korkeapaineputkistossa lujuuslaskennan tekemisen, sillä PSK-standardi ei käsittele putkistovaatimuksia 120 baarin ja 140°C lämpötilalle. Haponkestävä teräs, joka on valmistettu materiaalista 1.4404 löytyy valmis standardisointi PSK 4247, jolloin erillistä lujuuslaskentaa ei välttämättä vaadita.

Matalapaineputkiston ollessa alle 62bar ja minimilämpötilan ollessa -40°C voidaan käyttää ruostumatonta terästä 1.4307 tai haponkestävää terästä 1.4044 ilman lujuuslaskelmia. Standardisoinnit ovat ruostumattomalle teräkselle PSK 4236 ja haponkestävälle teräkselle PSK 4246.

4.2.3 Kupari

Kupariputki on hyvä valinta pienempien laitteistojen rakentamiseen. Kuparisten ja messinkisten osien saatavuus on paremmalla tasolla kuin hitsattavien. (Lundgren, 2021.)

Putkistonpuhtauden ylläpidon kannalta putkisto on juurikaasutettava, jotta putkiston sisälle ei muodostu nokea. Noki reagoi kylmäaineöljyjen kanssa happamoiden öljyä. Putkiston suo-
jakaasutuksessa käytetään yleensä kuivaa tyypeä. (Kaappola, ym., 2014, 108.)

Korkeapaineputkistoksi soveltuva K65 kuparin suurin saatavilla putkikoko on 1 5/8", joka vastaa DN32 putkikokoa. Myös matalapaineelle sopiva REF221 suurin saatavilla oleva putkikoko on 1 5/8" (Combicool.)

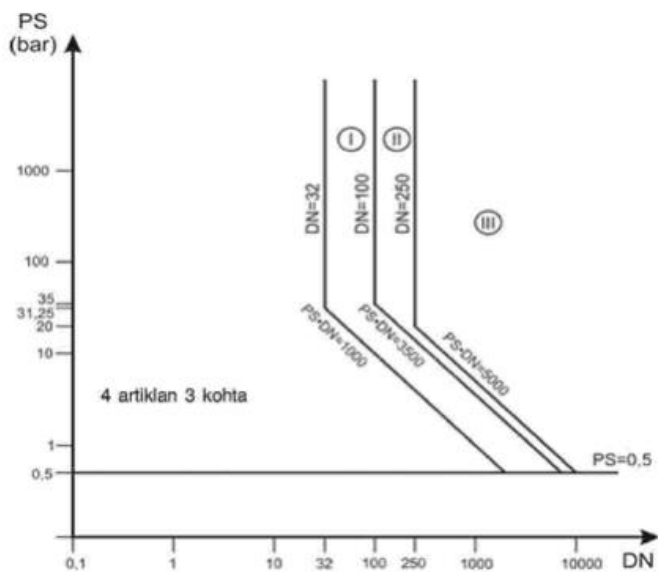
4.3 Putkisto

Putkistoa rakentaessa on kannakointi suunniteltava yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa, jotta rakenteet ovat soveltuvia kannakointia varten. Ripustimia saattaa joutua kiinnittämään rakenteisiin hitsaamalla. Hitsauksesta on sovittava rakennesuunnittelijan kanssa ja saumat on korroosiosuojattava. (Lundgren, 2021)

Venttiiliryhmiä tai putkisto-osuuksia rakentaessa on varmistuttava, että juurikaasu pääsee virtaamaan putkiston lävitse vapaasti. Osa venttiileistä, etenkin Danfossin lohkoventtiileistä, on tarkistettava, etteivät virtauskanavat ole kiinni. Tarvittaessa venttiili on purettava. Valmistajan ohjekirjoista löytyy tiedot, onko venttiili purettava liittämisen ajaksi. Ryhmiä rakentaessa on hyvä pitää mielessä tulevat huoltotoimenpiteet. Tulevat huoltotoimenpiteet voidaan ottaa huomioon lisäämällä tarvittaessa huoltoventtiili kahden venttiilin väliin. Huoltoventtiileitä voidaan käyttää myös suo-
jakaasun syöttämiseen. (Lundgren, 2021)

Hitsaamisen ollessa liitännätapana on yritykseltä löydettävä SFS-EN 15614-1 mukainen hyväksytty menetelmäkoe putkiston valmistamiseksi. Menetelmäkokeen lisäksi hitsaajan on oltava suoritettu SFS-EN 9606-1 mukainen hyväksyntä. (PSK 4900, 4.)

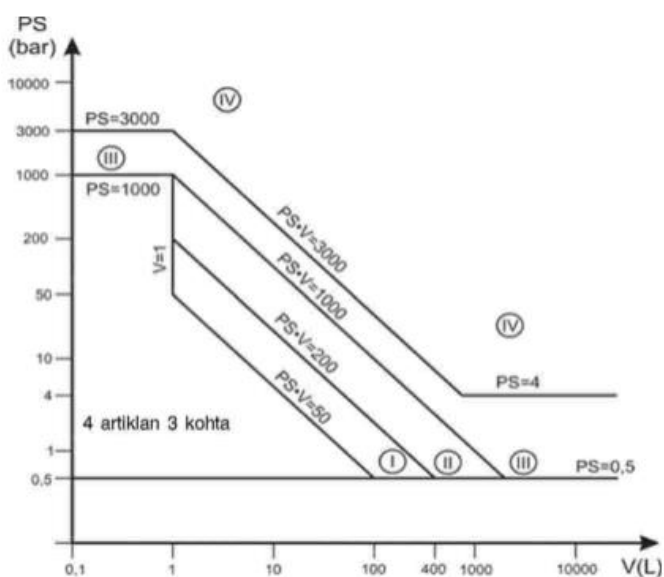
Yleisesti hiilidioksidiputkistot kuuluvat putkistoluokkaan SEP tai yksi. Putkistoluokka voidaan katsoa kuvioista 1. Luokan yksi arviointimenettelynä käytettäisiin moduuli taulukon 2 mukaan A-moduulia. Koska putkistolle suoritetaan painekoe ilmoitetun laitoksen valvomana, voidaan laadunvarmistus toteuttaa moduulissa A2. Putkistosta on laadittava myös vaatimustenmukaisuusvakuutus ja tekniset asiakirjat, kuten sulatustodistukset ja painekoe-
pöytäkirjat.



KUVIO 1. Hiilidioksidiputkiston kuvaaja luokituksen määrittämiseksi (Direktiivi 2014/68/EU, Liite II, Taulukko 7)

4.4 Säiliöt

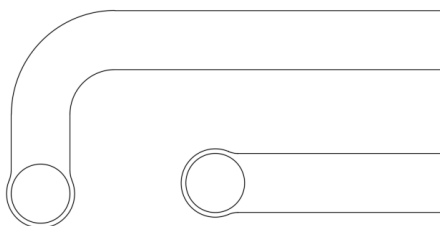
Konekokonaisuuden säiliöitä ovat nestesäiliön lisäksi nesteen- ja öljynerottimet. Mikäli painesäiliö määritellään kuvion 2 mukaan luokkaan III tai IV on ne valmistettava G-moduulin mukaan ja luokan IV säiliöt on rekisteröitävä kappaleen 5.5 mukaan.



KUVIO 2. Vaarattomien kaasusäiliöiden luokitus kuvaaja. (Direktiivi 2014/68/EU, Liite II, Taulukko 2)

4.5 Öljynpalautus

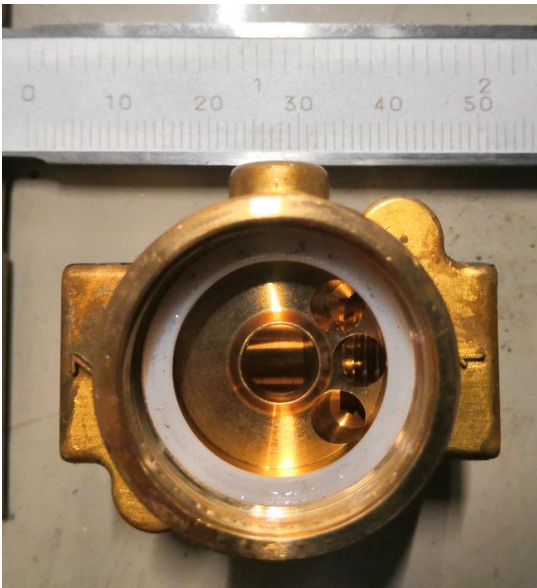
Putkistojen asennuksen yhteydessä on hyvä huomioida öljynpalautus. Hyväksi tavaksi on koettu putkistohaarojen toteutus kuvion 3 mukaisesti runkoputken päältä tai kyljestä. Näin varmistuu, että öljy ei kerääny höyrystimiin. Lisäksi öljynpalautusta voidaan tehostaa viettävällä putkistolla konehuoneeseen päin. (Lundgren. J 2021.)



KUVIO 3. Haaroitukset runkoputkesta.

Öljysäiliön ja kompressoreiden öljyputkistoon voidaan asentaa suodatin, joka kerää irtolian lisäksi järjestelmästä kosteutta. Suodatin on molekyyliseula, joka on rakennettu aktivoitusta alumiinioksidista. Molekyyli seulalla on suuri adsorptiokyky, joten se kerää itseensä hyvin kosteutta. (Alco controls.)

Öljysäiliön ja kompressorien väliset putket voidaan toteuttaa ruostumattomasta putkesta leikkuurengasliitoksia käyttäen. Liitoksia tehdessä leikkuurengasliittimien kiertteet on rasvattava ennen kiinni kiertämistä, jottei mutteri leikkaannu kiinni ennen kuin liitoksesta tulee tiivis. Putkistoa rakentaessa pitää huolehtia, että magneettiventtiilit ovat helposti huollettavissa. Magneettiventtiilin kanavat ovat hyvin pieniä, joten pienetkin metallilastut tukkivat kuvan 1 kanavat helposti. (Luuppala, 2021.)



KUVA 1. Magneettiventtiilien kanavat.

4.6 Eristys

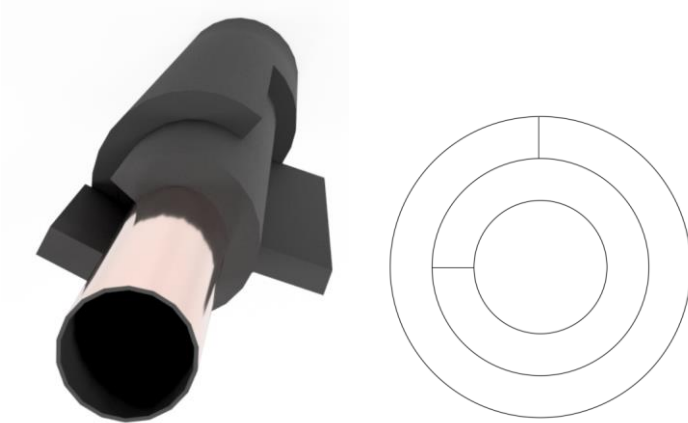
Ennen eristämiseen ryhtymistä on putkistolle suoritettava tarvittavat koeistukset kappaleen 5.3 mukaisesti.

Kylmäeristys on toteutettava siten, että ympäröivän tilan kosteus ei pääse kondensoitumaan eristeen päälle tai pintojen väliin. Kylmäeristäminen on tarkempaa kuin lämpöeristäminen. Kylmäeristämisessä on otettava huomioon höyrynsulku, jotta kosteus ei pääse eristeen välistä putken pinnalle. Kostean eristeen lämmönjohtaminen voi kasvaa 20-30 kertaiseksi. (Hakala & Kaappola, 2013, 154 – 155)

Hyviksi eristystavoiksi on todettu solukumi ja valmiiksi kiinnivaahdotettu uretaanielementti-putkisto. Uretaanielementtiputkistoa käyttäessä tulee elementin valmistusvaiheessa putki öljytä, jotta lämmönvaihtelujen johdosta putkella on tilaa liikkua. (Lundgren, 2021.)

Solukumieristeet kiinnitetään toisiinsa liimaamalla. Saumojen tiiveyden varmistamiseksi on hyvä käyttää kahdenkertaista solukumieristettä niin, että saumat ovat limittäin kuvion 4 mukaisesti. Solukumi soveltuu hyvin kylmäkomponenttien eristämiseen. Komponenttien eristämisessä tulee kiinnittää huomiota siihen, että komponentteja voidaan huoltaa ja käyttää.

Komponenttien pinnalle ei kuitenkaan saisi kerääntyä vettä tai jäätä. Hyväksi tavaksi on todettu venttiilihattu-eristeiden kiinnittäminen esimerkiksi tarranauhan avulla.



KUVIO 4. Kylmäputkien eristys tiiveyden varmistamiseksi

4.7 Komponentit

Vasta uudestaan yleistyvänä kylmäaineena komponenttien saatavuus on huonoa. Huonon saatavuuden vuoksi komponenttien tilaaminen kannattaa suorittaa urakan alkuvaiheissa. Komponentteja tilatessa tulee varmistua käytettävästä materiaalista, jotta mahdollisilta rajaliitoksilta vältytään. (Lundgren, 2021.)

Seostetun ja seostamattoman teräksen rajaliitos vaatii oman hitsauspätevyytensä ja yrityksellä on lisäksi oltava rajaliitoksille oma menetelmäkoe suoritettuna. Liitos on myös suojattava ulkopuoliselta korroosiolta liittämisen jälkeen. (Lundgren, 2021.)

Komponenttien muita liitostapoja on laippa-, kierre- ja leikkuurengasliitos. Laippaliitoksissa tulee varmistua, että materiaalit ovat korkeapaineen kestäviä. Lisäksi laippa- ja kierrelitoksissa käytettyjen tiivistemateriaalien pitää olla soveltuvia. Tasotiivisteeksi soveltuvia liitosmateriaaleja ovat esimerkiksi kupari-, teflon ja klingeriittiivisteet. (Haukås, 2016, 76)

5 KÄYTTÖÖNOTTO

5.1 Täyttäminen

Venttiilien asennot on tarkistettava ennen tyhjiöintiin ryhtymistä. Venttiilien tarkastaminen on hyvä merkitä PI-kaavioon, jotta jokainen venttiili tulee tarkastettua.

5.1.1 Kylmäainetäytös

Ennen kylmäaineen täyttämistä laitteisto pitää olla asennettu ja sille on suoritettu paine- ja tiiveyskoe. Kylmäaineen täyttäminen aloitetaan tyhjiömällä laitteisto 270 Pa (SFS-EN 378-2:2016).

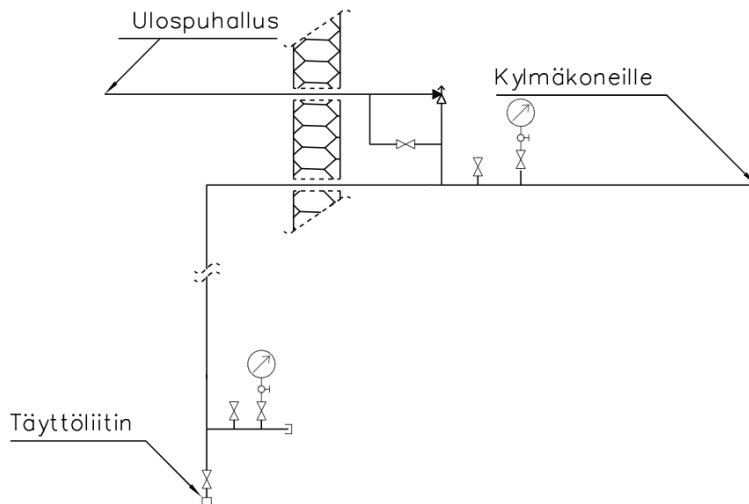
Kylmäaineen täytösmäärä määräytyy laitoksen koon mukaan, mutta kuitenkin seuraavin rajaehdoin nesteen erottimeen nähden. Pumppusäiliön nestepatsaan pitää olla sen suuruinen, että sen staattinen paine on korkeampi, kuin säiliön ja pumpun välisen putkiston painehäviö, jotta pumppu ei kavitoi. (Hakala & Kaappola, 2013, 207)

Nestevaraajalle on määritetty myös maksimipinta. Maksimipinnalla varmistetaan höyrystimestä palaavien pisaroiden laskeutuminen nestevaraajaan. Nestepisaroiden joutuminen kompressoriin aiheuttaa nesteiskuja, jotka saattavat aiheuttaa kompressorin rikkoutumisen. (Hakala & Kaappola, 2013, 207)



KUVA 2. Kompressoriin joutuvat pisarat

Yhden kaasupullon tilavuus on 40 litraa ja siitä saadaan noin 30 kg kylmäainetta (Strandén, 2021). Kylmäainetäytöksen ollessa suuri voidaan laitos varustaa täyttöputkella, jotta mahdollistetaan laitoksen täyttäminen säiliöautolla. Täyttöputkisto on hyvä rakentaa, mikäli laitoksen täytös on suuri (Kuvio 5).



KUVIO 5. Täyttöputkisto PI – kaavio.

Hiilidioksidin kolmoispisteen eli pisteen, jossa kaikki kolme faasia; kiinteä aine, neste ja höyry, ovat tasapainossa toistensa kanssa. Kolmoispiste muodostuu, kun hiilidioksidin paine on 5,17 bar ja lämpötila $-56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Haukås, 2016, 9) Alle kolmoispisteen hiilidioksidi on kaasumaisessa ja kiinteässä muodossa. Tästä johtuen ennen nestemäisen hiilidioksidin päättämistä verkostoon, on verkoston paine nostettava kaasumaisella hiilidioksidilla 10 bar. Esipaineen ollessa 10 bar nestemäinen hiilidioksidi ei kiinteydy.

5.1.2 Öljytäytös

Öljytäytöksen määrä on laskettavissa valmistajien antamista ohjeista. Kappaleessa on käyty läpi eräiden komponenttien öljytäytöksiä havainnollistamaan öljytäytöksen suuruutta. Öljytäytökset on koottu taulukkoon 4.

Kompressorien öljytäytöksen suuruus määräytyy valmistajan ohjeiden mukaisesti kuitenkin niin, että öljysilmästä on havaittavissa öljyä. Öljysilmä on kompressorin kyljessä kuvan 3 mukaisesti.



KUVA 3. Erään kompressorin öljysilmä

Öljynerotin on esitäytettävä enne käyttöönottoa. Liitteenä 1 on ESK Schultzen ohje, jonka mukaan esitäytös on tehtävä öljyn osoittimeen asti. Samassa ohjeessa on myös maininta, että ensimmäisen 48 käyttötunnin jälkeen on öljynerottimen suodatin vaihdettava uuteen. Vaihdon yhteydessä on tarkistettava, että öljynerottimen tiiviste on paikoillaan. (Luuppala, 2021.)

LS1 ja LS3 ovat öljysäiliöitä, jotka täytetään öljysilmään asti. Öljytäytös voidaan pyöristää ylöspäin, sillä putkistoihin ja sen eri osiin jää ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä öljyä.

TAULUKKO 4. Erään laitoksen öljytäytös.

Komponentti	Täytös	Kappale	Yht.
C-kompura	2,6 L	6	15,6 L
F-kompura	2,6 L	2	5,2 L
Öljynerotin	4,1 L	2	8,2 L
LS1	18,5 L	1	18,5 L
LS3	18,5 L	1	18,5 L
		YHT.	66,0 L

5.2 Komponentit

Tässä kappaleessa käydään pääkomponenttien käyttöönottoon liittyviä asioita. Käyttöönotolla tarkoitetaan laitteen asennuksen ja asetusarvojen tarkastamista. Tarkastuksella on suuri merkitys laitteiston toimintaan ja energian kulutukseen.

5.2.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajat ovat yleistyneet taloteknisissä sovelluksissa. Taajuusmuuttajan perusperiaate on muuntaa vaihtosähkön taajuutta tasajännitevälipiirin nopeiden puolijohdekytkimien avulla. Nopeat puolijohdekytkimet aiheuttavat verkostoon suuria jännitteen nousunopeuksia ja yliaaltoja, jotka ovat häiriön lähteitä. Häiriöiden pääsy verkostoon voidaan vaimentaa suodattamalla ja varmistamalla kytkentöjen häiriönsuojaus. (ST 715.30)

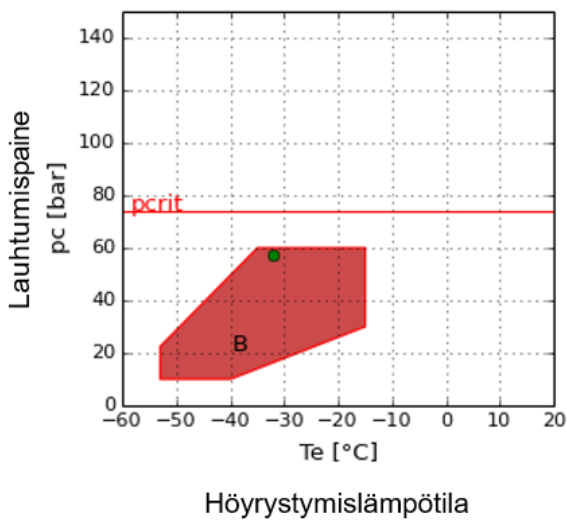
Yleisimmin laitevalmistaja määrittää häiriösuojauksen tason. Yleisimpinä asioina kuitenkin pidetään taajuusmuuttajan ja moottorinvälisen kaapeloinnin suorittaminen häiriösuojatulla kaapelilla. Kaapelin EMC-suojauksen täyttymiseksi kaapelipituuden on oltava mahdollisimman lyhyt sekä liitälaitteiden kuten läpivientiholkkien ja turvakytkimien on oltava EMC-suojattuja. Jokainen valmistaja on määritellyt omien laitteidensa kytkentäkaapelien maksimipituudet, jotka löytyvät ohjekirjasta. Moottorikaapelin asennuksessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että kaapelit ovat riittävän kaukana muista sähkö- ja ohjauskaapeleista. (ST 715.30). Esimerkkinä höyrytimen puhaltimen moottorinsyöttökaapeli ja anturien kaapeli on vietävä eri läpivienneistä ja riittävän etäisyyden päästä toisistaan.

Varsinaiseen käyttöönottoon liittyen taajuusmuuttajille on tehtävä sähkötekniisien mittausten lisäksi parametrien asettelu. Kehittyneissä taajuusmuuttajissa on lukuisia säädettäviä parametrejä, mutta yleisimmät niistä ovat maksimi- ja minimitaajuudet, käyttötaajuus, moottorin suojaus, momenttikäyrä, käynnistys- ja pysähdysasetukset, lukitus-, esto- ja ohjausparametrit. Osa parametreistä on löydettävissä laitteen tyyppikilvestä. Parametrien asettelu kirjataan esimerkiksi ST 715.40 pöytäkirjaan, sillä taajuusmuuttajan rikkoutuessa pöytäkirja auttaa parametrien uudelleen asettelussa. (ST 715.30)

5.2.2 Kompressor

Taajuusohjattujen kompressorien taajuusalue on asetettava laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi laitevalmistajalta on varmistettava sisäisten lämpösuojien asetusarvot, jotta ne voidaan tarkastaa koneikon ohjelmasta.

Kompressoreille on määrätty toiminta-alue, joilla ne toimivat oikein. Toiminta-alueesta on tarkastettava, että asetettu imu- ja korkeapaine on asetettu raja-arvojen sisälle. Kuviossa 6 on esitetty Dorin:in mitoitusohjelmasta saatu erään kompressorin toiminta-alue.



KUVIO 6. Kompressorin toiminta-alue (Dorin)

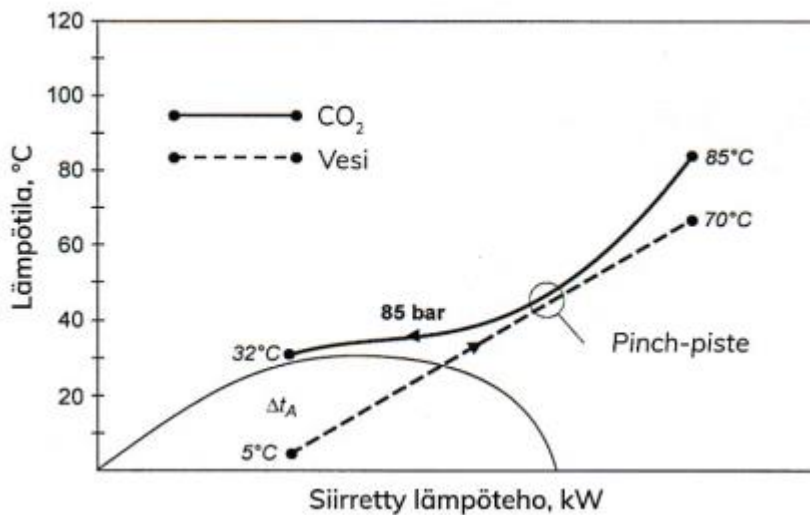
5.2.3 Lauhdutus

Jäähdytysprosessille on tärkeää, että kylmäaineen lämpötila on mahdollisimman matala ennen paisuntaventtiiliä. (Haukås, 2016, 21) Alikriittisessä prosessissa lämpötilaa voidaan säätää puhaltimien pyörimisnopeuden avulla. Asetusarvona voidaan pitää lauhduttimen jälkeinen lämpötila kolme kelviniä pienempänä kuin ulkolämpötila. Kompressorin toiminta-alue antaa pienimmän mahdollisen lauhdutuslämpötilan.

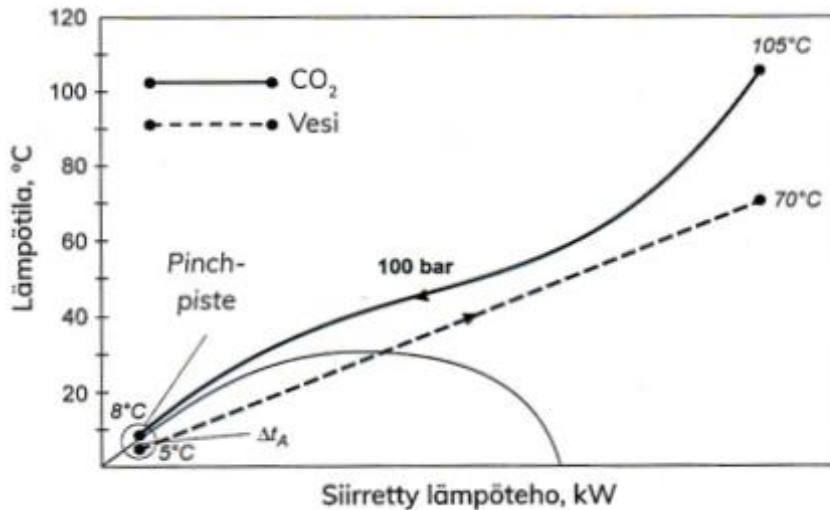
Lauhtumislämpötilan ollessa yli $31,1^{\circ}\text{C}$ prosessin muuttuu ylikriittiseksi. Tämä tapahtuu, kun ulkolämpötila nousee yli 30°C tai koneikkoa käytetään hyväksi kiinteistön lämmitykseen lämpöpumpun tavalla. Ylikriittisessä prosessissa kylmäaineen ominaisuudet muuttuvat ja lämmön siirtyminen hankaloituu. (Haukås, 2016, 21.)

Ylikriittisessä prosessissa on tärkeä tiedostaa pinch-piste ja sen merkitys. Pinch-pisteellä tarkoitetaan pistettä, jossa lineaarisen ja ei lineaarisen lämpötilakäyrän lämpötilaero on pienin. Piste määrittelee alimman kaasunjäähdyttimen jälkeisen kylmäaineen lämpötilan. Piste paikka määräytyy kaasunjäähdyttimen ominaisuuksien mukaan. (Haukås, 2016, 21.)

Kuviot 7 ja 8 havainnollistavat pinch-pistettä. Kuvioista voidaan myös nähdä, että kaasunjäähdyttimeltä palaava kylmäaineen lämpötila laskee painetta nostamalla 85 baarista 100 baariin, jolloin tehokerroin paranee.



KUVIO 7. 85bar pinch - piste (Haukås, 2016, Kuva 4.4)



KUVIO 8. 100bar pinch - piste (Haukås, 2016, Kuva 4.5)

5.2.4 Höyrystin

Höyrystinkokonaisuuteen kuuluu itse höyrystin puhaltimiseen. Sen toimintaan vaikuttavat venttiilit, kuten paisunta-, kertosäätö ja sulkuventtiilit. Venttiileitä ja muita laitteita säättävät säätimet yhdessä antureiden kanssa. Lisäksi tässä kokonaisuudessa käsitellään myös sulatustoiminnot.

Käyttöönottaessa venttiileitä on tarkistettava, että tiivisteet ovat paikallaan. On huomattu, että venttiilien karojen tiivisteet eivät ole pitäviä. (Luuppala, 2021) Kertosäätöventtiilien asetus on tarkastettava, että se ovat suunnitelmien mukainen. Yleensä venttiilit ovat tehoperusteisia ja niitä säädetään karan korkeuden mukaan. Säädön asettaminen on tärkeää. Esimerkiksi kuumakaasusulatustoiminnoilla väärin säädetty venttiili saattaa nostaa kuumakaasun lämpötilan liian korkeaksi.

Sulatustoiminnon kannalta on myös tärkeä tarkastaa sulatuksen asetusarvot. Asetusarvojen ollessa oikeat vältetään kosteuden kerääntyminen ei toivottuihin paikkoihin. Taulukoissa 5 ja 6 on erään höyrystinvalmistajan laatima ohjeistus sulatusasetuksista. Asetukset tulee tarkastaa aina höyrystinvalmistajan ohjeiden mukaan.

TAULUKKO 5. Kuumakaasusulatus (Güntner. CPGHN.2 Hot gas defrosting)

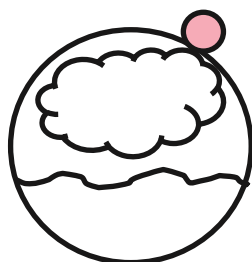
Jäähdytysventtiili auki	X					
Imuventtiili auki		5 min.				
Sulatustoiminto			n. 25min.			
Tiputusvaihe				5 min.		
Jäähdytysvaihe					5 min.	
Jäähdytysventtiili auki						x
Puhaltimet	Käy	Käy	Ei käy	Ei käy	Ei käy	Käy

TAULUKKO 6. Sähkövastussulatus (Güntner. CPGHN.2 electrical defrost)

Jäähdytysventtiili auki	X					
Imuventtiili auki		5 min.				
Sulatustoiminto			n. 50min.			
Tiputusvaihe				5 min.		
Jäähdytysvaihe					5 min.	
Jäähdytysventtiili auki						x
Puhaltimet	Käy	Käy	Ei käy	Ei käy	Ei käy	Käy

Sulatusajat on merkitty ohjearvoilla, sillä todellinen sulatusaika on varmistettava antureilla. Lamelleiden lämpötila ei saa ylittää 10°C, sillä sulamisvesi saattaa höyrystyä ja tiivistyä kattoon. (Güntner, 2010.)

Höyrystimen lämpötila-anturien kuten imuputken ja nesteputken asennuksessa tulee kiinnittää huomiota niiden sijoitukseen putkeen nähden. Anturit on asennettava vaakasuoran putken yläpintaan kuvion 9 mukaisesti. Kuvionmukaisesti anturi mittaa putkiston yläpinnan lämpötilaa, jossa kaasumainen kylmäaine kulkee. Kaasumaisesta kylmäaineesta voidaan mitata todellinen lämpötila.



KUVIO 9. Anturin asettelu

5.3 Koestus

SFS 378 määrittelee laitekokonaisuudelle kokeet, jotka ovat suoritettava ennen käyttöön-ottoa.

5.3.1 Painekoe

Kylmlaitoksissa koepaine suoritetaan kaasupainekokeena, jotta vältetään kosteuden päätyminen järjestelmää. Kaasupainekokeessa käytetään vaaratonta inerttiä kaasua yhdessä kylmäaineen kanssa, jotta liitoskohdat voidaan tarkastaa myöhemmin tiiveyskokeessa. (Hakala & Kaappola, 2013, 183) Yleisin käytetty inerttikaasu on typpi ja hiilidioksidilaitteiston tiiveys voidaan todentaa vuodonilmaisuaineella.

Painekokeella voidaan osoittaa valmiin tuotteen riittävä tiiveys ja mekaaninen kestävyys. Koe on suoritettava ennen putkiston peittämistä esimerkiksi maalin tai eristeen alle. Kokeen suorittamiseksi on annettu kaksi eri tapaa, joita voidaan soveltaa tietyin edellytyksin (SFS-EN 14276-1:2020 Liite C.)

Ennen kumpaakaan koetta on varmistuttava, että painelaitteelle kuulumattomat laitteet ja painekokeeseen kuuluvat laitteet ovat suunniteltu ja asennettu painekokeen kestäviksi. (SFS-EN 14276-1:2020 Liite C.)

Tavassa yksi koepaineen P_{koe} suuruus 1,43ertainen suunnittelupaineeseen P_{suun} nähden. (SFS-EN 14276-1:2020 Liite C) 1,43ertainen koepaine on kylmlaitteistoissa todella suuri, sillä suunnittelupaineet ovat 58-120bar välillä, joten tapa yksi ei ole käytännöllinen.

$$P_{koe} = 1,43 * P_{suun}. \quad (1)$$

Tapa kaksi vaatii kehähitsien 10 % röntgenkuvaamisen tai ultraäänitarkastuksen. Mikäli kuvauksen tai tarkastuksen tekeminen ei ole mahdollista voidaan käyttää tunkeumanestetarkastusta. Lisäksi 10 % holkkihitsatuista osista pitää tarkastaa tunkeumanesteellä. Painekoe on suuruudeltaan 1,1ertainen suunnittelupaineeseen nähden. (SFS 14276-2:2020, 22.)

$$P_{koe.} = 1,1 * P_{suun.} \quad (2)$$

Painekokeessa on oltava mukana ilmoitettu laitos, sillä laitekokonaisuus on arvioitava G-moduulin mukaan. Painelaitedirektiivin 2014/68/EU liite 3 määrittelee, että ilmoitetun laitoksen on tehtävä tai teetettävä painekoe.

5.3.2 Tiiviyskoe

Tiiveyskoe on suoritettava ennen putkisto-osien peittämistä esimerkiksi maalilla. Kokeessa käytetty kaasunpaine voi olla sama tai pienempi kuin laitteiston käyttöpaine. Tiiveyskoe voidaan suorittaa osissa tai kokonaisuutena. Yleisimmin koe suoritetaan osissa, sillä koneikkoon on tehty tiiveyskoe jo enne tehtaalta lähtöä (SFS-EN 378-2:2016, 45.)

Hiilidioksidin GWP-arvon ollessa alle 150 testilaitteistona voidaan käyttää 10^{-3} Pa m³/s herkkydellä olevaa mittaria tai vuodonilmaisuainetta (SFS-EN 378-2:2016, 45.)

5.3.3 Kylmäkoneistojen tarkastus

Ennen käyttöönottoa on kylmäkoneistoon tehtävä tarkastus, joka dokumentoidaan. Tarkastuksessa käydään kaikki koneikon käynnille ja turvallisuudelle keskeiset asiat. (SFS 378-2:2016, 47.)

Kylmäputkistosta tarkistetaan, että ne ovat rakennettu määräysten ja piirustusten mukaisesti. Muita putkistoihin liittyviä tarkastettavia dokumentteja ovat tiiveys- ja painekoekirjat sekä NDT-asiakirjat. Ne tarkastetaan, että niiden laajuudet täyttyvät.

Lopuksi kokonaisuus tarkistetaan silmämääräisesti. Tarkastuksen aikana tarkastetaan merkinnät. Jokaisen kylmäkoneiston tärkeimmät komponentit on tunnistettava ja niissä on oltava merkinnät. Putkistoihin on merkitty virtaava aine, paine, lämpötila ja virtaussuunta. Tärkeimmät sulku- ja ohjauslaitteet ovat merkittävä selkein minikilvin, mikäli ei ole selvää mitä ne ohjaavat (SFS-EN 378-2:2016, 47.). Sulku ja ohjauslaitetta ovat esimerkiksi hätä seis -

kytkimet, joiden oikeinsijointus on tarkistettava yhdessä varoitusvalojen ja vuodonilmaisimien kanssa.

5.4 Painelaitteet

5.4.1 Painelaitteen rekisteröinti

Ensimmäisen tarkastuskäynnin yhteydessä kappaleen 3.4 hiilidioksidilaitteiston säiliöt kuten nestevaraajat ja öljyn- ja pisaranerottimet tarvitsee rekisteröidä. Rekisteröintiä varten painelaitteesta pitää olla kuvion 10 mukaiset tiedot.

Kaikki tiedot paitsi rekisterinumero löytyvät valmistajan detaljikuvista ja painelaitteen tyyppikilvestä. Ilmoitettu laitos määrittää rekisterinumeron ja seuraavan tarkastuksen seuranta-suunnitelman mukaan. Lisäksi rekisteröintiä varten on oltava saatavilla laitteiden vaatimustenmukaisuusvakuutukset ja käytönvalvoja määrätty.

REKISTERIKILPI	
VALMISTAJA	<input type="text"/>
REK.NRO	<input type="text"/>
VALM VUOSI	<input type="text"/>
VALM.NRO	<input type="text"/>
LAITE NRO	<input type="text"/>
Suurin sallittu käyttöpaine	<input type="text"/> Bar
Korkein sallittu sisällön	<input type="text"/> °C
Tilavuus	<input type="text"/> L
Seuraava tarkastus, kuukausi, vuosi	
<input type="text"/>	

KUVIO 10. Esimerkki painelaite rekisterikilvestä

Suositteluvia asiakirjoja, joita tarkastajalle esitetään ensimmäistä määräaikaistarkastuksen yhteydessä, ovat muun muassa PI-kaavio, putkiston suunnitteluasiakirjat, varusteluettelo,

instrumenttiluettelo, vaatimustenmukaisuusvakuutukset, selvitys käytönvalvojan pätevyydestä ja käyttöönotto-, käyttö- ja toimintaselostus. (PSK 1916, 5.)

Kylmäkoneen turvalaitteista tarkastetaan paineet, toiminnallisuus ja että ne ovat asennettu oikein ja oikeisiin paikkoihin. Varolaitteiden painetasot tarkastetaan suunnitelmista.

5.4.2 Laittekokonaisuus

Painelaitelain 1144/2016 pykälän 2 mukaan laitteistokokonaisuudeksi luetellaan yhteiseksi ja toiminnalliseksi kokonaisuudeksi useammasta painelaitteesta valmistettu laitteisto. Laitteistokokonaisuudesta eli koneikosta ja siihen liittyvistä putkistoista on laadittava EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus (liite 2). Vaatimustenmukaisuusvakuutus toteutetaan moduulin G mukaan ja dokumentissa viitataan yhdenmukaistettuihin lainsäädäntöihin, joilla tarkoitetaan painelaitedirektiiviä 2014/68/EU. Lisäksi voidaan viitata yhdenmukaisiin standardeihin, jotka ovat lueteltuna taulukkoon 7.

TAULUKKO 7. Yhdenmukaiset standardit

Standardi	Sisältö
SFS EN 378-2:2016	Kylmälaitteistot ja lämpöpumput: Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. Osa 2 Suunnittelu rakenne, testaus, merkinnät ja dokumentointi
SFS EN ISO 9606-1:2017	Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset
SFS EN 14276-2:2020	Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet. Osa 2: Putkistot
SFS EN ISO 15609-1:2019	Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa 1 Kaarihitsaus
SFS EN 764-5	Painelaitteet. Osa 5: Metallisten materiaalien vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ja aineistotodistukset
SFS EN 13480	Metalliset teollisuusputkistot

Laitekokonaisuuteen valmistaja kiinnittää kuvion 11 tyyllisen kilven. Painelaitedirektiivin 19 artiklan mukaan kilvessä pitää CE-merkinnän lisäksi olla vähintään valmistajana nimi ja postiosoite, valmistusvuosi ja painelaitteen tunnus kuten esimerkiksi valmistenumero.

YRITYS	
Osoite Yhteystiedot	
Laitekokonaisuus	
Valmistenumero	
Kohde	
Arviointimenettely	
Valmistusvuosi	
Sallittu käyttöpaine	
Sallittu lämpötila	
Sisältö	
Ilmoitettu laitos	
CE	

KUVIO 11. Esimerkki tyyppikilvestä

5.4.3 Käytönvalvoja

Kappaleen 3.4 mukaan omistajan tai haltijan on nimettävä rekisteröinnin yhteydessä käytönvalvoja. Painelaite lain 1144/2016 pykälän 72 mukaan käytönvalvojalla on oltava riittävä asiantuntemus painelaitteen rakenteesta, käytöstä ja kunnossapidosta. (1144/2016§71.)

Käytönvalvojan pätevyyskirjaa haetaan hyväksytyltä laitokselta. Hakemukseen on liitettävä työtodistukset ja selvitys opinnoista, jotka liittyvät painelaitteisiin. Hyväksytty laitos arvioi käytönvalvojan hakemuksen ja myöntää pätevyyskirjan käytönvalvojalle. (1144/2016§72.)

Käytönvalvojan tehtäviin kuuluu valvoa painelaitteen käyttöä ja kuntoa, tiedottaa omistajaa tai haltijaa laitteen käyttöön ja kuntoon liittyvistä asioista sekä varmistaa, että käyttöhenkilökunta tuntee laitteen toiminnan ja käyttöohjeiden lisäksi turvallisuussäännökset ja hälytyslaitteiden toiminnan. (Soppela, 2020.)

Pitämällä yhteisiä turvallisuuskoulutuksia varmistetaan tiedon välittyminen. Turvallisuuskoulutuksissa käsitellään laitteesta mahdollisesti aiheutuneet vaaratilanteet ja miten käyttö olisi turvallisempaa. Analysoimalla koneen toimintaa voidaan todeta keskeisimmät riskit ja niiden estäminen. Koulutuksissa on hyvä käydä läpi myös pienimmätkin asiat, joista on muodostunut rutiini. (Soppela, 2020.)

Mikäli käytönvalvoja vaihtuu määräaikaistarkastusten välisenä aikana, on muutoksesta ilmoitettava valvontaviranomaiselle muutosilmoituslomakkeella (liite 3). Liite on hyvä täyttää myös ensimmäiseen määräaikaistarkastukseen. Liitettä voi muokata tarpeen mukaan, mutta lomakkeessa on oltava rekisterinumero, käytönvalvojan pätevyyskertomus, käytönvalvojan työpaikan osoite, omistajan tai haltijan allekirjoitus ja varavalvojan nimi allekirjoituksineen. (Soppela, 2020.)

6 TOIMINNAN VARMISTAMINEN

6.1 Käyttöpäiväkirja

SFS-EN 378:2:2016 mukaan käyttöpäiväkirjaa on pidettävä, mikäli kylmäainetäytös ylittää 3 kiloa. Käyttöpäiväkirja voi olla liitteen 4 mukainen dokumentti, joka täytetään aina kun laitteistoon tehdään kylmäainetäytös, huolto, komponenttien lisäys tai vaihto ja määräaikaistarkastus. Lisäksi dokumentti täytetään, mikäli laitteisto on ollut merkittävän pitkään käyttämättä.

Kylmäainetäytöksessä on kirjattava ylös, kuinka paljon kylmäainetta on täytetty koneistoon ja sen tyyppi (SFS-EN 378:2-2016, 51). Kylmäaine voi olla uutta, regeneroitua, kierrätettyä tai uudelleen käytettyä. Kylmäaineen poistuessa esimerkiksi huollon, vuodon tai siirron yhteydessä on poistetun kylmäaineen määrä kirjattava ylös.

Regeneroidulla kylmäaineella tarkoitetaan talteen otettua kylmäainetta, joka on puhdistettu. Regenerointi suoritetaan lähinnä HFC kylmäaineille, joiden GWP luku on 2500 tai yli. F-kaasuasetus kieltää rajan ylittävien kylmäaineiden käytön vuonna 2030. Vuoteen 2030 asti kyseisiä kylmälaitteita saa huoltaa, mutta ei valmistaa. Valmistuskiellosta johtuen kylmäainetta ei enää valmisteta, joten regenerointi saattaa olla edullisempi ratkaisu nousevien hintojen johdosta. (Kylmäaine.fi).

6.2 Painelaitekirja

Painelaitekirja sisältää laitteiston painelaitteista keskeisimmät asiat. Niitä ovat EU-vaatimustenmukaisuusvakuutukset koneesta, putkistosta ja komponenteista, käyttö-, asennus-, ja huolto-ohjeet kotimaisella kielellä, laitoksesta laadittu riskianalyysi ja -arvio, kaikki saatavilla olevat suunnitteluasiakirjat kuten lujuuslaskelmat ja suunnittelu tiedot, materiaalitodistukset käytetyistä materiaaleista sekä hitsaus-, lämpökäsittely- ja NDT-asiakirjat. Kirjaan voidaan myös tallettaa painelaitteiden rekisterikirjat sekä painelaitteiden seurantasuunnitelma ja -sopimus. (PSK 4916, 5.)

Painelaitekirjan voi koota paperisena tai sähköisenä. Suositeltavaa on kuitenkin, että painelaitekirja luovutetaan sähköisenä ja paperisena tilaajalle. (PSK 4916, 5.)

Työn liitteeksi 6 on koottu kaikki esille tulleet dokumentit, joita valmistuksen aika on kerättävä. Valmistajan on säilytettävä dokumentteja 10 vuoden ajan.

7 POHDINTA

Kokemusperäisen tiedon tueksi löydettiin paljon erilaisia lähteitä. Suurimpina tiedonlähteinä toimi asiantuntijahaastattelut, jotka kertoivat mistä tietoa kannattaa etsiä. Lähteiden avulla pystyttiin koostamaan peruspaketti laitteiston rakentamisessa huomioon otettavista asioista.

Rakentamisosuudessa tietojen luotettavuuteen oli helppo luottaa, sillä tiedot perustuivat asiantuntijahaastatteluiden lisäksi teoreettisiin lähteisiin ja omakohtaiseen kokemukseen.

Osatavoitteena oli selventää painelaitelaki ymmärrettävämpään ja laitteistoon sopivampaan muotoon. Laista saatiin poimittua putkistojen ja säiliöiden valmistukseen liittyviä luokituksia ja arviointimenettelyjä. Arviointimenettelyjen sisältö saatiin purettua auki. Tutkiessa lakia selvisi, että tietoa pitää etsiä monesta eri asetuksesta ja tulkita niitä yhdessä direktiivin kanssa. Lain tulkinta toi työhön lain väärintulkinnan riskin. Sitä pyrittiin estämään haastatteleamalla asiantuntijoita.

Työtä voi käyttää tulevilla projekteilla arvokkaana tiedonlähteenä. Työn tuloksena saatiin myös tehtyä erinäisiä dokumentteja kuten raportissa esiintynyt rekisterikilpi. Työn tavoitteena oli myös luoda dokumenttiluettelo helpottamaan dokumenttien keräilyä alkuvaiheista luovutukseen. Dokumenttiluettelo on liitteenä 5.

Jatkotoimenpiteinä työtä voidaan käyttää muistion pohjana, johon voidaan täydentää laitoksen rakentamisessa tulevia huomioita. Työtä on myös mahdollista soveltaa muille painelaitteille ja ryhmän 2 kylmäaineille. Teoriaosuus antoi kattavan selvityksen mistä tietoa löytyy ja miten niitä tulkitaan.

LÄHTEET

Aalto, E., Alijoki, T., Hakala, P., Hirvelä A., Kaappola, E., Mentula, J. & Seinelä, A., K. 2012. Kylmäteknikka. Porvoo: Bookwell Oy.

Alco Controls. n.d. Filter Driee Shells Series ADKS-Plus. PDF – dokumentti. Luettu 8.4.2021. http://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/IMG_1782120.pdf

Combicool. n.d. Putket ja osat: kupariputket. Verkkosivu. Luettu 20.4.2021. <https://combicool.fi/tuotteet/putket-ja-osat/kupariputket/>

Direktiivi 2014/68/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti 27.6.2014. Luettu 8.4.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0068>

Ecoscandic. n.d. Yleistä tietoa kylmäaineista. Verkkosivu. Luettu 8.4.2021. <http://www.kylmaaine.fi/>

Esk Schultze. n.d. Installation and operating instructions. PDF – dokumentti. Luettu 8.4.2021. https://www.esk-schultze.de/Montageanleitungen/MAL_BOS3-CDH.pdf

Güntner AG & Co.KG. 2010. CO₂ Evaporators – CPGHN.2 Original version of operating instructions. PDF – dokumentti. Julkaistu 9.2010. Luettu 22.4.2021. https://www.guentner.asia/fileadmin/literature/asia/evaporators_air_coolers/CPGHN/Guentner_CPGHN_Manual2010_EN.pdf

Hakala, P. & Kaappola, E. 2013. Kylmälaitoksen suunnittelu. 3. painos. Tampere: Suomen yliopistopaino.

Haukås, H. 2016. CO₂ (R744) Kylmäaineena. Suomen Kylmäyhdistys.

Kaappola, E., Hirvelä, A., Jokela M. & Kianta, J. 2014. Kylmäteknikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus

Katainen, H. & Mäkinen, A. 1982. Hitsaustekniikka. 1. painos. Porvoo: WSOY

Koivuniemi, S. 2014. Hitsausrailon puhtaus ja puhdistus raepuhalluksella. Finnblast. Luettu 13.4.2021. https://www.finnblast.fi/wp-content/uploads/Finnblast_Pintojen_puhtaus_5_2014.pdf

Lundgren, J. 2021. Toimitusjohtaja, Metalli ja LVI Lundgren. Haastattelu 5.4, 12.4 ja 19.4.2021. Haastattelija Kiviranta, J. Laitila

Luuppala, T. 2021. Kylmälaitoksen huoltoasiantuntija, Metalli ja LVI Lundgren. Haastattelu 28.4.2021. Haastattelija Kiviranta, Huittinen

Padalkar A.S, Kadam A.D 2010. Carbondioxide as Natural Refrigerant. Verkkoaineisto. International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul. Volume 1 No 2,2010. Luettu 15.3.2021

Painelaitelaki 1144/2016. 16.12.2016. Luettu 12.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161144>

PSK Standardisointi, PSK 4212, Putkiluokka E160C1B painelaitteeseen. Kuumaluja seostamaton teräs. Saumaton teräsputki. Vahvistettu 17.2.2021. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4215, Teollisuuden kone- ja laitehankinnat. Painelaitteet. Suunnittelu, valmistus ja tarkastus. Vahvistettu 21.5.2019. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4216, Teollisuuden kone- ja laitehankinnat. Painelaitteet. Asiakirjat. Vahvistettu 25.10.2018. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4236, Putkiluokka E63H1A painelaitteeseen. Austeniittinen ruostumaton CrNi-teräs. Vahvistettu 16.2.2021. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4246, Putkiluokka E100H2B painelaitteeseen. Austeniittinen ruostumaton CrNiMo-teräs. Saumaton teräsputki. Vahvistettu 31.1.2017. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4247, Putkiluokka E160H2B painelaitteeseen. Austeniittinen ruostumaton CrNiMo-teräs. Saumaton teräsputki. Vahvistettu 31.1.2017. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4263, Putkiluokka E40F1B painelaitteeseen. Seostamaton teräs mataliin käyttölämpötiloihin. Saumaton teräsputki. Vahvistettu 23.3.2017. Luettu 19.4.2021

PSK Standardisointi, PSK 4900, Hitsaamalla valmistetut putkiston osat. Hankintaohje. Vahvistettu 10.5.2017. Luettu 19.4.2021

SFS-EN 10216-2:2014 + A1:2019 Saumattomat painelaiteteräsputket. Tekniset toimitusehdot. Osa 2. Kuumalujat seostamattomat ja seostetut teräsputket. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 10216-4 Saumattomat painelaiteteräsputket. Tekniset toimitusehdot. Osa 4. Seostamattomat ja seostetut teräsputket mataliin käyttölämpötiloihin. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 10253-4 Päittäishitsattavat putkenosat. Osa 4: Toimituseräkohtaisesti tarkastettavat austeniittiset ja austeniittis-ferriittiset (duplex) teräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 14276-1:2020 Kylmäkoneistojen ja lämpöpumppujen painelaitteet. Osa 1: säiliöt. Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 15614-1:2017 + A1:2019 Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkeli-seosten kaarihitsaus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 378-2. 2016. Kylmäkoneistot ja lämpöpumput. Turvallisuus- ja ympäristövaatimukset osa 2 Suunnittelu, rakenne, testaus ja dokumentointi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 25.3.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 9606-1:2017 Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 8.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/>

Soppela, J. Ylitarkistaja Tukes 2020. Painelaite lainsäädäntö. Esitys. Luettu 17.3.2021

Soppela, J. Ylitarkastaja, Tukes 2021. Haastattelu 22.4. ja 26.4.2021 Haastattelija Kiviranta, Huittinen

ST 715.30.2018. Taajuusmuuttajakäytöt rakennusautomaatiossa. Asennus ja käyttöönotto. Sähkötieto ry. ST-kortisto.

Strandén, R. tuotantopäällikkö. 2021. Hiilidioksidi. Sähköpostiviesti luettu 26.4.2021

Tukes. EU – vaatimustenmukaisuusvakuutus. 26.3.2018. Luettu 20.4.2021. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/eu-vaatimustenmukaisuusvakuutus#d60acf84>

Tukes. Painelaitteen muutosilmoitus. 1.2019. Luettu 20.4.2021. <https://tukes.fi/asiointi/lo-makkeet/painelaitteet>

Tukes. Painelaitteiden suunnittelu, valmistus ja vaatimustenmukaisuuden arviointi. 5.2.2020. Luettu 24.3.2021. <https://tukes.fi/tietoa-tukesista/materiaalit/painelaitteet/painelaitteiden-suunnittelu-valmistus-ja-vaatimustenmukaisuuden-arviointi>

Valtioneuvoston asetus 1548/2016. Valtioneuvoston asetus painelaitteista. 29.12.2016. Luettu 12.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161548>

Valtioneuvoston astus 1549/2016. Valtioneuvoston astus painelaiteturvallisuudesta. 29.12.2016. Luettu 12.4.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161549>

LIITTEET

Liite 1. ESK Schultzen

Ölabscheider BOS3-CDH Oil separator BOS3-CDH

ESK 
Schultze

MADE IN GERMANY

Installationshinweise

Bei Inbetriebnahme der Anlage ist der Ölabscheider mit der Erstfüllung (Verdichter-Kältemaschinenöl) über den Anschlussstutzen »OUT« oder über den oberen Flansch vorzufüllen.

Achtung: BOS-Ölabscheider scheiden auch feste Partikel aus dem druckseitigen Öl/Gasstrom ab. Sie sollten aber nicht speziell zur Reinigung einer Kälteanlage verwendet werden.

Bei einem Druckabfall > 0,8 bar ist das Koaleszenz-Element auszutauschen.

Patronenwechsel

Wir empfehlen bei der Erstinbetriebnahme, die Originalfilterpatrone nach 48 Betriebsstunden auszutauschen. Wir empfehlen, die Filterpatrone nach einem Verdichterschaden auszutauschen.

Die Patrone kann wie folgt beschrieben gewechselt werden:

Nach Druckentlastung des Ölabscheiders und Lösen der Schraubverbindungen (Achtung! Heiße Oberflächen) kann die Flanschplatte mit Hilfe zweier Schraubendreher (um 180° versetzt) gleichmäßig und vorsichtig herausgehoben werden. Dichtfläche im Flanschring nicht beschädigen!

Nach dem Patronenwechsel die O-Ring-Nut reinigen und einen neuen O-Ring einsetzen. O-Ring mit etwas Kältemaschinenöl benetzen.

Flanschplatte vorsichtig platzieren und mit zwei Schrauben fixieren. Mit gleichmäßigem Druck kann die Flanschplatte in den Flanschring eingebracht werden (Achtung! Nicht verkanten). Schrauben mit angegebenem Drehmoment anziehen.

► Typ BOS3-CDH-1ZFE: Die Flanschplatte kann ohne Zuhilfenahme der Schraubendreher abgenommen werden.

► Typ BOS3-CDH-1CFO: Beim Transport und bei der Demontage des Flansches sind besondere Hinweise zu beachten (siehe Beiblatt!)

Installation

Before system set up the correct quantity of the first charge oil (compressor refrigeration oil) should be poured into the oil separator via the »OUT« connection or the flange on top.

Note please: BOS components also separate solid particles from the discharge gas/oil. However, BOS oil separators should NOT be used to clean refrigeration installations.

The coalescence element has to be changed at a pressure drop > 0.8 bar.

Replacement of the filter unit

For commissioning we recommend to change the original filter element after an initial running time of 48 hours. We recommend to exchange the filter element in case of a compressor burn out.

To exchange the filter element please follow the procedure described below: Decompress the oil separator. Check that the vessel is really depressurized. Loose the screws of the flange (Caution! Hot surface). Lever the flange plate by use of two screwdrivers (best 180° opposed). Don't damage the sealing surface inside the flange ring.

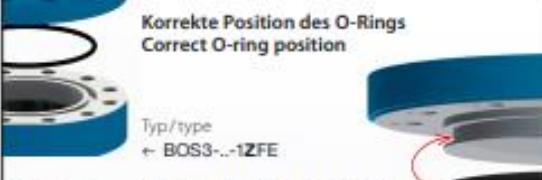
After the replacement of the filter unit clean up the o-ring nut and use a new o-ring. Please moisture the o-ring with some refrigerant oil.

Carefully place the flange plate on top and fix with two screws. With uniform pressure the flange plate can be pressed in the flange ring (Caution! Not canted). Tighten screw with prescribed torque.

► Type BOS3-CDH-1ZFE: You can lift the flange plate without using any tools.

► Type BOS3-CDH-1CFO: Please note our special instructions given on the enclosed information sheet „Transport and flange disassembly“.

Korrekte Position des O-Rings
Correct O-ring position



Typ/type
← BOS3-...-1ZFE

BOS3-...-1AFO / -1BFO / -1CFO →

Anzugsmomente
für die Schraubverbindungen
Tightening torques for the screw fixings

Typ/type BOS3-...-1ZFE:
M 12 x 50 50 Nm O-Ring: OR-87 x 4

Typ/type BOS3-...-1AFO:
M 12 x 35 85 Nm O-Ring: OR-107 x 5

Typ/type BOS3-...-1BFO:
M 14 x 40 110 Nm O-Ring: OR-152 x 5

Typ/type BOS3-...-1CFO:
M 16 x 45 130 Nm O-Ring: OR-210 x 6


Typ/type
BOS3-...-O:
M 6 x 20 10 Nm
O-Ring: OR-33-2,5-HNBR

Hinweis: Schrauben immer über Kreuz und in mindestens zwei Schritten anziehen.
Note: Tighten screws crosswise and at least in two steps.

Nur vertikal installieren!
Vertical installation only!

Regelung der Ölrückführung
Control of the oil return

Typ/Type
BOS3-CDH...O



L1: Phase / Phase
N: Null-Leiter / Neutral
PE: Erde / Ground

1) Füllstandskontrolle Typ OSC-1
Level control type OSC-1

2) Magnetventil Typ MV-11W-1-CDH-P
Solenoid valve type MV-11W-1-CDH-P

Spannungsversorgung
Power supply
230V / 50/60 Hz - 1Ph

Liite 2. EU – vaatimustenmukaisuusvakuutus (Tukes)

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

1. Tuotteen tunnistenumero: Malli/tyyppi/erä/sarjanumero

2. Valmistajan tai sen valtuutetun edustajan nimi ja osoite:

Yrityksen nimi

Postiosoite

Postinumero ja -toimipaikka

Puhelinnumero

Sähköpostiosoite

3. Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla.

4. Vakuutuksen kohde:

Tuote: Tuotteen nimi/kuvaus

Tuotemerkki: Tuotemerkki

Malli/tyyppi: Malli/tyyppi

Muut kuvaustiedot, esim. kuva

5. Edellä kuvattu vakuutuksen kohde on asiaa koskevan unionin yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen:

Luettele tässä kaikki direktiivit ja asetukset, jotka koskevat laitetta.

6. Viittaus niihin asiaankuuluviin yhdenmukaistettuihin standardeihin, joita on käytetty, tai viittaus muihin teknisiin eritelmiin, joiden perusteella vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu:

Säädös

xxx

Täytä tähän käytettyjen standardien tai teknisten eritelmien (kuten kansalliset tekniset standardit ja eritelmät) tarkat, täydelliset ja selkeät tiedot, mukaan lukien standardin versio tai päiväys

7. [Tarvittaessa] Ilmoitettu laitos [yksilöinti] suoritti [toimenpiteen kuvaus] ja antoi todistuksen:

Ilmoitetun laitoksen
nimi ja tunnusnumero

xxx

Toimenpide,
moduuli

xxx

Ilmoitetun laitoksen myöntämän todistuksen tai
päätöksen viitetiedot

Täytä tähän mahdollisen EU-tyyppitarkastustodistuksen,
EU-vaatimustenmukaisuustodistuksen tai
arviointipäätöksen viitetiedot

8. Lisätietoja

[Valmistajan] puolesta allekirjoittanut:

Paikka ja aika

Valmistaja / Valtuutettu edustaja: (valitse vaihtoehto, jota edustat)

Yrityksen nimi

Allekirjoittajan nimi ja titteli

Liite 3. Muutosilmoituslomake Tukes, Painelaitteet (Tukes)

1 (3)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
PAINELAITTEEN MUUTOSILMOITUSLOMAKE

Huom! Samalla lomakkeella voi ilmoittaa kaikki painelaitteet, joita muutos koskee.
 Antamasi tiedot tallennetaan Tukesin (os.) rekisteriin. Lisätietoja tukes.fi/tietosuoja.

Täytetyn lomakkeen palautus ensisijaisesti sähköpostilla parek@tukes.fi
 Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

PL 66
 00521 Helsinki

Painelaitteen rekisterinumero(t) tai liite excel-tiedostona

Painelaitteen valmistusnumero(t)

Ilmoituksen tekijä Ilmoittaja on <input type="checkbox"/> omistaja <input type="checkbox"/> haltija <input type="checkbox"/> käytön valvoja	Henkilön nimi	
	Yrityksen nimi	Y-tunnus
	Yrityksen sähköposti	Jakeluosoite
	Postinro	Postitoimipaikka

Ilmoitan seuraavasta muutoksesta rekisteriin:

- Omistajan yhteystietojen muutos (täytä A ja liitä lista painelaitteen reknoista)
- Haltijan tai yhteystietojen muutos (täytä B liitä lista painelaitteen reknoista)
- Käytön valvojan ja/tai varavalvojan yhteystietojen muutos (täytä C ja liitä lista painelaitteen reknoista)
- Painelaite on poistettu käytöstä toistaiseksi sijoitus ta muuttamatta
- Painelaite on otettu uudelleen käyttöön.
 Tehtiinkö muutostarkastus : tehtiin ei tehty
- Painelaite poistettu käytöstä toistaiseksi ja siirretty varas toistavaksi (täytä D)
- Painelaitteen sijainnin muutos (täytä D ja jos tehtiin muutostarkastus liitä tarkastuspöytäkirja)
 Tehtiinkö muutostarkastus : tehtiin ei tehty
- Painelaite on romutettu
 (Ilmoituksen mukana tulee lähettää kuva tuhoutuneista rekisterikilvistä)
- Painelaitteen poistaminen rekisteristä muun kuin romuttamisen vuoksi (tarkemmat tiedot lisätietoihin)

Tarkemmat selvitykset kohtaan **lisätietoja**

Omistaja <input type="checkbox"/> Uusi omistaja <input type="checkbox"/> Yhteystietojen muutos A	Nimi		Y-tunnus
	Yrityksen sähköpostiosoite		
	Jakeluosoite	Postinro	Postitoimipaikka

Haltija <input type="checkbox"/> Uusi haltija <input type="checkbox"/> Yhteystietojen muutos B	Nimi		Y-tunnus
	Yrityksen sähköpostiosoite		
	Jakeluosoite	Postinro	Postitoimipaikka

2 (3)

Painelaitteen sijainti <input type="checkbox"/> Uusi sijainti <input type="checkbox"/> Varastointipaikka D	Yrityksen nimi _____ Y-tunnus _____		
	Käyntiosoite _____	Postinro _____	Postitoimipaikka _____

Käytön valvoja C	Henkilön nimi _____		
	Käytön valvojan sähköpostiosoite _____		
	Yrityksen nimi (käytön valvojan työnantaja) _____		Y-tunnus _____
	Jakeluosoite _____	Postinro _____	Postitoimipaikka _____

Käytön valvojan pätevyys:

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ylikonemestari | <input type="checkbox"/> A-koneenhoitaja | <input type="checkbox"/> Riittävä asiantuntemus |
| <input type="checkbox"/> Konemestari | <input type="checkbox"/> B-koneenhoitaja | <input type="checkbox"/> D/ins kattilalaitoksen käytön valvojana |
| <input type="checkbox"/> Alikonemestari | | <input type="checkbox"/> Poikkeuslupa |

Varavalvoja C	Henkilön nimi _____		
	Varavalvojan sähköpostiosoite _____		
	Yrityksen nimi (varavalvojan työnantaja) _____		Y-tunnus _____
	Jakeluosoite _____	Postinro _____	Postitoimipaikka _____

Varavalvojan pätevyys:

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ylikonemestari | <input type="checkbox"/> A-koneenhoitaja | <input type="checkbox"/> Riittävä asiantuntemus |
| <input type="checkbox"/> Konemestari | <input type="checkbox"/> B-koneenhoitaja | <input type="checkbox"/> D/ins kattilalaitoksen käytön valvojana |
| <input type="checkbox"/> Alikonemestari | | <input type="checkbox"/> Poikkeuslupa |

Selvitys käytön valvojan ja varavalvojan pätevydestä:

- Pätevyyskirja tai poikkeuslupa (kopio liitteenä)
- TAI**
- D/ins kattilalaitoksen käytön valvojana (tutkinto todistus ja selvitys työkokemuksesta liitteenä)
- TAI**
- Riittävä asiantuntemus (selvitys työkokemuksesta ja/tai kurssitodistus liitteenä)

1. Pohjakoulutus/tutkinto _____

2. Painelaitteiden koulutus _____

3. Tekninen työkokemus Lisää liite _____

Lisätietoja : _____

Ilmoittajan allekirjoitus ja nimen selvennys: _____

Alla oleva täytetään vain, kun uusi käytön valvoja tai varavalvoja nimitetään

Paikka ja päivämäärä

Käytön valvojan ja/tai varavalvojan nimeävän

omistajan/hallijan edustajan allekirjoitus

Uuden käytön valvojan allekirjoitus:

Paikka ja päivämäärä

Käytön valvojan allekirjoitus ja nimen selvennys

Uuden varavalvojan allekirjoitus:

Paikka ja päivämäärä

Varavalvojan allekirjoitus ja nimen selvennys

Liite 5. Dokumenttiluettelo

			Tarkastaa/Laatii				Huom.
			Omistaja/Haltija	Valmistaja	Pätevöintilaitos	Ilmoittelulaitos	
Ennen rakentamiseen ryhtymistä	Sijoitussuunnitelma	Konehuoneen pohajpiirros	X				
		Pääputkireittien sijainti	X				
		Varolaitteiden ulospuhallus putkien sijainti	X				
		Riskiarvio (CEN/TR 764-6 tai PSK 4917)	X	X			Toteutetaan yhteistyössä
		Materiaalien hyväksyntä		X		(X)	Tarvittaessa hyväksytetään ilmoitetulla laitoksella
		Hitsausmenetelmien hyväksyntä	X	X			Omistaja / haltija tarkastaa
Rakentaessa	Ennen painekoetta	Materiaalien sulatustodistukset	X	X			
		Ohjekirjat ilmoitetulla kielellä	X	X			
		Muut tekniset asiakirjat	X	X			
		Rikkomattoman aineen koetusta tekevien henkilöiden pätevyys			X		
		Rikkomattoman ainekoetuksen pöytäkirja		X			
		Tiedot muovauksesta ja lämpökäsittelystä		X			
Lopputarkastus	Ensinmäinen määräaikaistarkastus	Tiiveyskoe pöytäkirja		X			
		Painekoe pöytäkirja		X		(X)	Ilmoittelulaitos valvoo painekokeen
		PI - kaavio	X			X	
		Hitsaus-, lämpökäsittely ja NDT - asiakirjat		X		X	
		Putkiston suunnitteluasiakirjat	X			X	
		Vaatimustenmukaisuus vakuutukset		X			
	Painelaitekirja	Selvityskäytönvalvojan pätevydestä		Käytönvalvoja toimittaa		Haetaan hyväksytyltä laitokselta	
		Käyttöönotto- Käyttö ja toimintaselustus	X	X			
		Käytönaikainen tarkastussuunnitelma		Ilmoitettu laitos voi tehdä ehdotelman, jonka haltija hyväksyy			
		Vaatimustenmukaisuus vakuutukset		X			
		Käyttö-, asennus ja toimitaselustus ilmoitetulla kielellä		X			
		Suunnitteluasiakirjat	X	X			
		Suunnittelun perusteet	X				
		Riskianalyysi- ja arvio	X	X			
		ennakoidut käyttöolosuhteet, suunnittelun sisältö, suunnittelunormit, lujuuskertoimet ja oheneimisvarat	X	X			
Materiaali todistukset		X					

Omistajalla/haltijalla voidaan tarkoittaa myös suunnittelijaa tai rakennuttajaa.

Valmistajalla tarkoitetaan laitteistokokonaisuuden luovuttajaa. Taulukko on sovellettava, mikäli Omistaja / haltija vastaa laitteistokokonaisuudesta