

Tuomas Toivonen

ShX huolto-ohjeen kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

30.04.2016

Tekijä Otsikko	Tuomas Toivonen ShX huolto-ohjeen kehittäminen
Sivumäärä Aika	66 sivua + 9 liitettä 30.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitoinsinööri Tero Salotuomi Lehtori Tomi Hämäläinen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Helen oy:lle. Yritys tarvitsi absorptiojäähdytyskoneisiin yhtenäisen huolto-ohjelman, joka yhtenäistää huoltojen toteuttamisen sekä toteuttaa kunnonseuranta. Yrityksellä ei ole aikaisemmin ollut sellaista.</p> <p>Työn tavoitteena oli huoltojen yhtenäistämisen sekä kunnonarvioinnin lisäksi myös lisätä ja laajentaa absorptiojäähdytyskoneen prosessituntemusta yrityksen sisällä. Työssä esitellään erilaisten absorptioprosessien toimintaa sekä perehdytään yleisimpiin absorptiojäähdytysprosessissa käytettäviin nestepareihin ja niiden ominaisuuksiin. Työssä tutkitaan jäähdytyskoneiden kunnonhallintaa kartoittamalla mahdollisia paikkoja, joissa korroosion muodostuminen alkaa. Jäähdytyskoneiden suunnitelmallisella kunnonseurannalla voidaan luoda pitkän aikatahtäimen kunnossapitosuunnitelma, jossa pyritään ennakkoon määrittämään huoltoa tarvitsevat kohteet.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin laadittua yrityksen käyttöön huolto-ohjelma. Huolto-ohjelma huomioi myös liuosanalyysin tulokset sekä tarvittavien lisäaineliuosten lisäämisen jäähdytyskoneiden sisälle. Huolto-ohjeen lisäksi luotiin korroosiokuvaus ja kunnontarkkailuohje sekä ohje, joka perehdyttää jäähdytyskoneella ajamiseen.</p>	
Avainsanat	Absorptio, kaukojäähdytys, huolto-ohje

Author(s) Title	Tuomas Toivonen Development of ShX Maintenance Instructions
Number of Pages Date	66 pages + 9 appendices 30 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructor(s)	Tero Salotuomi, Maintenance Engineer Tomi Hämäläinen, Senior Lecturer
<p>This Bachelor's thesis was made for Helen Ltd. The company needed integral maintenance instructions for absorption chillers that integrate the execution of the services as well as put into practice the control and monitoring of their condition. The company has never had these instructions before.</p> <p>The target of this Bachelor's thesis was standardization of the services and in addition to the estimation of the condition to increase and expand the knowledge of processing for the absorption chillers inside the company. This Bachelor's thesis introduces the different kinds of the functions in the absorption process as well as examines the general liquid pairs used in absorption cooling during the process and their qualities. Furthermore, the condition control of the chillers is analyzed by surveying the potential places in which the development of the corrosion begins. A well-organized condition control of cooling machines can contribute to the creation of a long-term maintenance program which can be used for defining maintenance targets in advance.</p> <p>As a result the maintenance instructions were made for the company. The maintenance instructions take notice of the results of the liquid analysis and adding the additive lotions that are needed inside the chillers. In addition a description of the corrosion process was created and the instructions for the control and inspection of condition were made. Instructions how to use the chillers were also made</p>	
Keywords	Absorption, district-cooling, maintenance instructions

Sisällys

1	Johdanto	1
1	Absorptiolämpöpumpun teoria	2
1.1	Sorptioprosessi	2
1.2	Absorptiolämpöpumpun teoreettinen toiminta	2
1.3	Absorptiojäähdytyskoneen toimintaperiaate	4
1.3.1	Keitin	6
1.3.2	Lauhdutin	7
1.3.3	Höyrystin	7
1.3.4	Imeytin	8
1.3.5	Seoslämmönvaihdin	9
2	Nesteparit	10
2.1	Vesi-litiumbromidi ($\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$)	11
2.1.1	Kiteytyminen	11
2.1.2	Korroosio	12
2.2	Ammoniakki-vesi ($\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$)	14
2.2.1	Rektifikaatio	14
2.2.2	Korroosio	15
3	Absorptioprosessit	17
3.1	Yksivaiheinen prosessi (Single-Effect)	17
3.1.1	Yksivaiheisen absorptiojäähdytyskoneen rakenne ja prosessi	18
3.1.2	Absorboitumattomat kaasut	19
3.1.3	Ejektorisysteemi	19
3.1.4	Hydrostaattinen paine	20
3.1.5	Säännölliset huoltotoimenpiteet	21
3.1.6	Yksiportainen prosessi (Single-stage)	21
3.1.7	Yksiportaisen jäähdyttimen toiminta ja prosessi	23
3.2	Kaksivaiheinen prosessi (Double effect)	24
3.3	Kaksiportainen prosessi (two-stage)	27
3.4	Kolmivaiheinen prosessi (triple-effect)	28
3.5	Puolivaiheinen prosessi (Half-effect)	30
3.6	Puoli-/ kaksivaiheinen prosessi Single-effect / Double-lift	31

4	Huoltoa valmistelevat työt	33
4.1	Jäähdytyskoneen typetus	34
4.2	Jäähdytyskoneen tyhjennys	35
4.3	Istukkaventtiilin huolto	37
4.4	Kumikalvoventtiilin huolto	41
4.5	Tarkastuslasi huolto	43
4.6	Pumppuhuolto	44
4.6.1	Pumpun purkaminen	45
4.6.2	Pumpun kokoaminen	48
4.6.3	Pumpun paikoilleen asennus	51
4.7	Murtokalvon huolto	52
4.8	Jäähdytyskoneen tyhjiöinti	54
4.9	Jäähdytyskoneen ajo	56
4.9.1	Käynnistyssekvenssi	57
4.9.2	Pysäytyssekvenssi	58
5	Liuosanalyysi	60
5.1	Happamuus	61
5.2	Rauta (Fe) ja kupari (Cu)	62
6	Korroosiokuvaukset	63
7	Työturvallisuus	65
8	Yhteenveto	66
	Lähteet	67
	Liitteet	
	Liite 1. Murtokalvo	
	Liite 2. Liuosanalyysit	
	Liite 3. PI-kaavio	
	Liite 4. Tunneliturvallisuusohje	
	Liite 5. SaHi: n turvallisuusohje	
	Liite 6. Litiumbromidiliuoksen käyttöturvallisuustiedote	
	Liite 7. Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote	
	Liite 8. Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote	
	Liite 9. Korroosioraportit	

1 Johdanto

Rakennusten ja suurten tietokonesalien jäähdytyksen kysyntä on kasvanut kuumien keksien sekä kaukojäähdytysverkon laajentumisen myötä. Yritysten sekä taloyhtiöiden kiinnostus rakennusten kaukojäähdytykselle on herännyt jäähdytyksen helppouden myötä. Kaukojäähdytysverkkoon liittäessä poistuvat paikallisjäähdytyskojeistojen huolto- sekä ylläpitokustannukset, ja vikatilanteet hoitaa kaukojäähdytysverkon omistava yhtiö. Kaukojäähdytyksen etuna tavalliseen paikallisjäähdytyskojeistoon on myös hukkaenergian hyödyntämismahdollisuus. Auringon säteilystä aiheutuvan rakennusten lämpenemisen sekä erilaisten jäähdytettävien kojeistojen hukkaenergiaa hyödynnetään kaukojäähdytyksen avulla kaukolämmöntuotannossa.

Tämän insinööritoimiston tarkoituksena on luoda yhtenäinen huolto-ohje absorptiojäähdytyskoneille. Työ tehdään Helen Oy:n toimeksiantona. Absorptiojäähdytyskoneet ovat kytettyinä Helen Oy:n kaukojäähdytysverkkoon. Jäähdytystehon kasvaessa joka vuosi suuremmaksi on jäähdytyskoneille luotava yhtenäinen huolto-ohjelma, joka pystyy arvioimaan tulevat huoltotarpeet, sekä takaamaan varman ja katkeamattoman tuotannon asiakkaille. Kaukojäähdytyksen kysyntä on tuplaantunut vain muutaman vuoden aikana. Kasvaneen kysynnän myötä on kaukojäähdytyksen tuotanto kasvanut viiveellä kysyntään verrattuna ja kasvaneen kysynnän seurauksena on jäähdytyskoneiden tuotantovarmuus kasvanut erittäin tärkeäksi osaksi jäähdytyksen tuotantoa. Huolto-ohjeen tarkoitus on lisätä yrityksen sisäistä tietämystä jäähdytyskoneista ja parantaa tuotantovarmuutta.

Insinööritoimisto koostuu teoriasta, huolto-ohjeesta, korroosiokuvauksista sekä liuosanalyysistä. Teoriaosuudessa käsitellään yleisesti absorptiojäähdytyskoneiden toimintaa sekä jäähdytyskoneissa käytettäviä ainepareja ja niiden käyttäytymistä yhdessä ja erikseen. Huolto-ohjeen osuudessa käsitellään huollon eri vaiheet huollon esivalmisteluista jäähdytyskoneella ajamiseen. Korroosiokuvauksissa on käyty läpi paikat, jotka ovat todennäköisiä korroosiolle, sekä tavat korroosiokuvauksien toteuttamiselle. Liuosanalyysiosuus käsittelee nestenäytteiden ottamista jäähdytyskoneesta, sekä tulosten analysoimista ja tulosten perusteella toteutettavia toimenpiteitä.

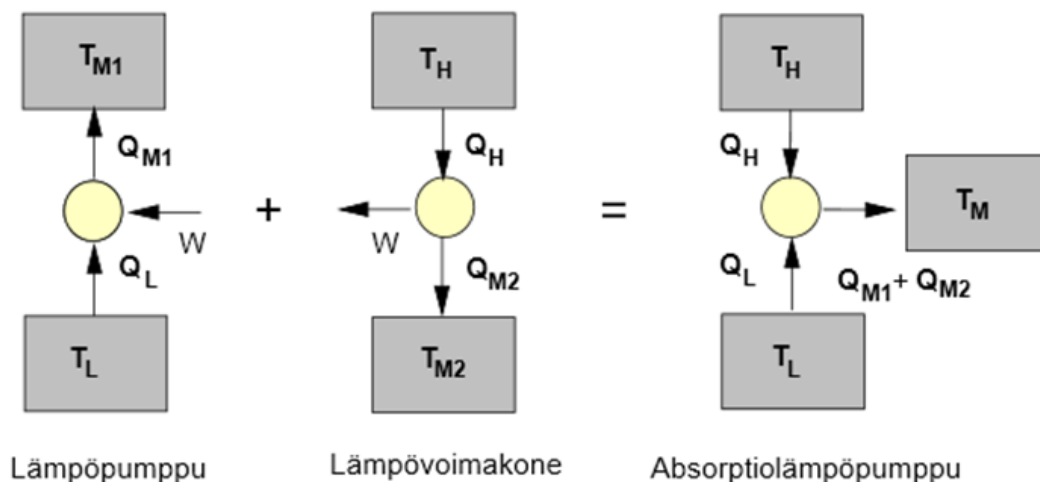
1 Absorptiolämpöpumpun teoria

1.1 Sorptioprosessi

Absorptiolämpöpumpun toiminta perustuu sorptioprosessiin eli kaasun liukenemiseen nesteeseen. Sorptioprosessi voidaan jakaa kahteen erityyppiseen prosessiin, absorptioon ja adsorptioon. Absorptioprosessissa kaasu sitoutuu nesteeseen molekyylivoimien välityksellä, kun taas adsorptioprosessissa kaasu sitoutuu molekyylivoimien välityksellä kiinteään aineen pintoihin. Absorptio- ja adsorptioprosessien käänteinen reaktio on desorptio, joka kuvaa kaasun vapautumista absorbentista. Absorptio ja adsorptio ovat eksotermisiä reaktioita ja desorptio on endoterminen reaktio (1). Kemiallisessa reaktiossa vapautuu tai sitoutuu lämpöä, koska niissä syntyy uusia tai katkeaa jo syntyneitä kemiallisia sidoksia, jokaisella kemiallisella sidoksella on oma sidosenergiansa (2). Absorptiojäähdytysprosesseissa hyödynnetään tätä liukenemislämmön ja lauhtumislämmön välistä energian poikkeamaa, työaineen höyryn lauhtumisen nopeuttamiseksi. Työaineen lauhtumisen nopeuttaminen kiihdyttää jäähdytysprosessia ja pitää sen käynnissä (1.)

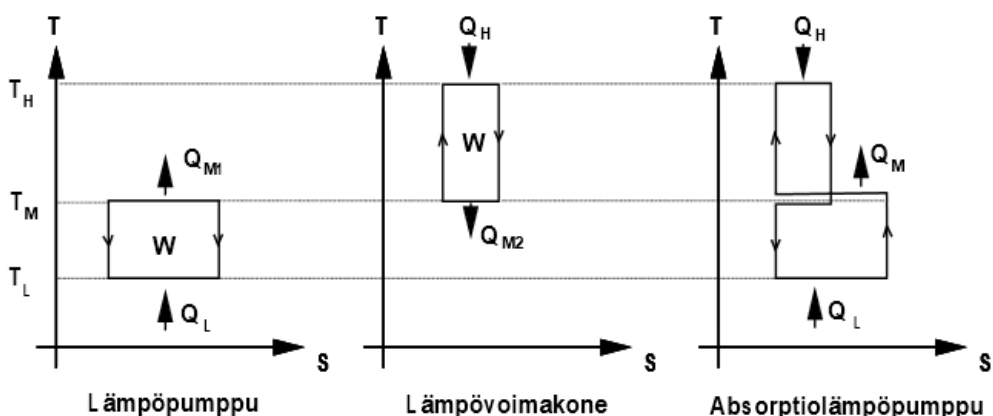
1.2 Absorptiolämpöpumpun teoreettinen toiminta

Lämpöä siirtyy vapaasti vain lämpimästä kylmemmän suuntaan. Alemmasta lämpötilasta korkeamman lämpötilan suuntaan siirtyä lämpöä, jos prosessiin tehdään työtä. Kompressorijäähdytyskoneissa tämä työ on sähköistä työtä. Kompressorin on mekaaninen laite. Sähkömoottori pyörittää kompressoria, kompressorin nostaa kylmäaineen paineen siipien tai männän avulla. Absorptiojäähdytyskoneissa työ koostuu suurimmaksi osaksi koneeseen sisään tuotavasta lämpövirrasta sekä hyvin pienenä osana myös sähköisestä työstä. Sähköinen työ koostuu pienten pumppujen työstä, jotka parantavat nesteiden kiertoa koneen sisällä ja tehostavat jäähdytyskoneen toimintaa. Teoreettinen absorptioprosessia voidaan kuvata lämpöpumpun sekä lämpövoimakoneen yhdistelmänä (kuva 1).



Kuva 1. Absorptiojäähdytyskoneen toiminta (1)

Ideaalinen ja häviötön lämpöpumppu sekä lämpövoimakone ovat esimerkkejä Carnot-kiertoprosessista. Carnot-kiertoprosessissa paras hyötysuhde saavutetaan, kun lämpöä tuodaan sisään vain suurimmassa mahdollisessa lämpötilassa ja sitä poistetaan pienimmässä mahdollisessa lämpötilassa, eikä prosessin sisällä tapahdu lämmön siirtymistä prosessista ulos eli prosessi on häviötön. Carnot-kiertoprosessi voidaan kuvata Ts-diagrammissa. Tehtyä työtä voidaan kuvata graafisesti mallintamalla kiertoprosessi Ts-diagrammiin. Mallinnuksen sisään jäävä pinta-ala kuvaa tehdyn työn suuruutta (kuva 2) (1.)

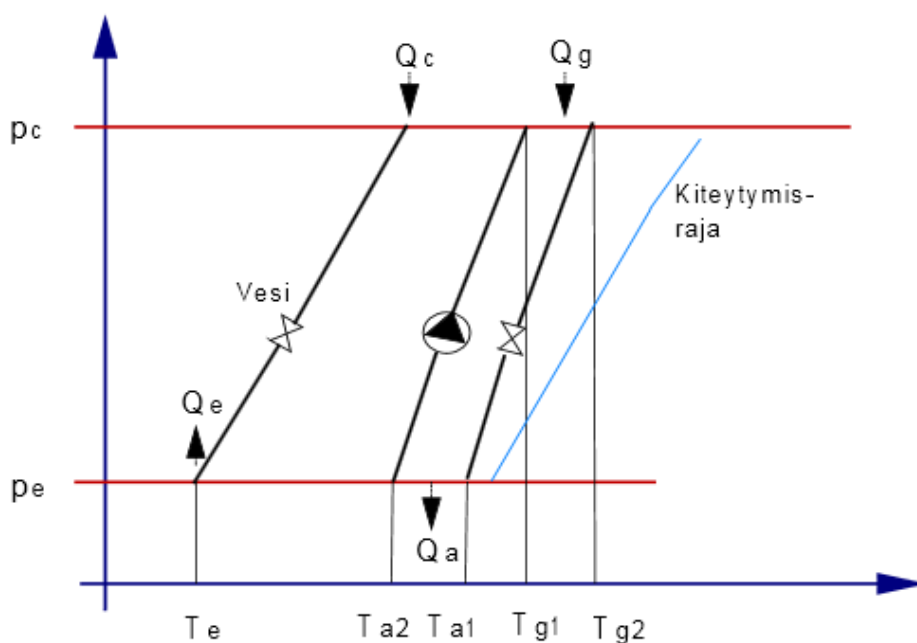


Kuva 2. Teoreettinen kiertoprosessi (1)

Todellisuudessa täydellistä Carnot-kiertoprosessia on mahdoton saavuttaa. Todellisen prosessin hyötysuhdetta rajoittavat lämpötilanprofiilin gradientit, konsentraatorajoitukset aineensiirrossa, viskositeettien aiheuttama nesteen sisäinen kitka, kaasun puristuminen kasaan sekä työaineille fysiikasta aiheutuvat rajoitukset.

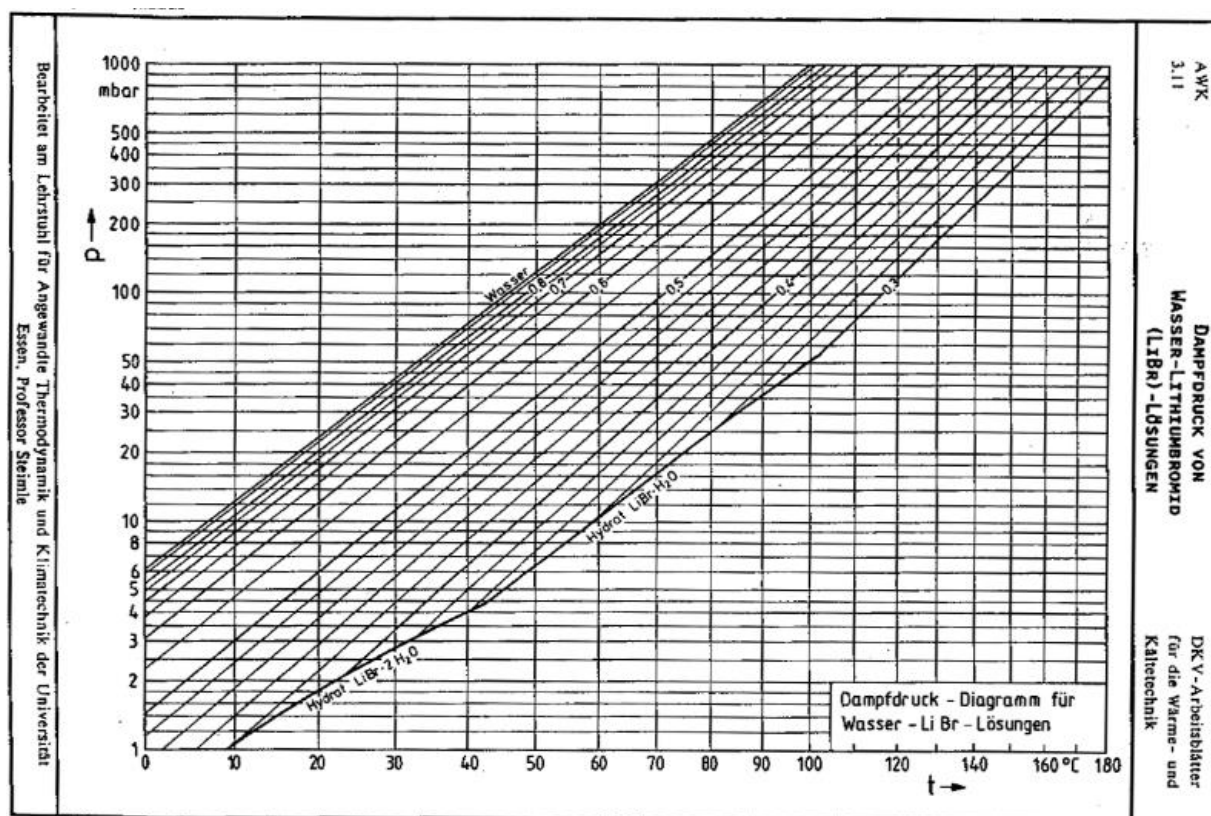
1.3 Absorptiojähdytyskoneen toimintaperiaate

Absorptiojähdytysprosessi perustuu kahden aineen yhteiseen käyttäytymiseen, absorbentin sekä työaineen ominaisuuksiin ja erityisesti niiden käyttäytymiseen aineparina. Absorptiojähdytyskoneen sisään muodostuu tasapainotila, joka aiheutuu paineen ja lämpötilan yhteisvaikutuksesta määrättyssä pisteessä työaineenhöyryn sekä absorboituneen höyryn välille. Tasapainotilan pisteiden arvoja muutettaessa muuttuu aineiden tasapainotila, minkä seurauksena höyryä absorboituu absorbenttiin tai höyrystyy absorbentista pois. Absorbentti alentaa työaineen höyrönpainetta sitä enemmän mitä väkempi absorbenttiliuos on. Absorbentin ja työaineen tasapainotilaa voidaan kuvailla Clausius-diagrammilla. Clausius-diagrammissa akseleiden arvoina käytetään lämpötilaa sekä painaneen muutosta logaritmisena (kuvat 3 ja 4) (1.)

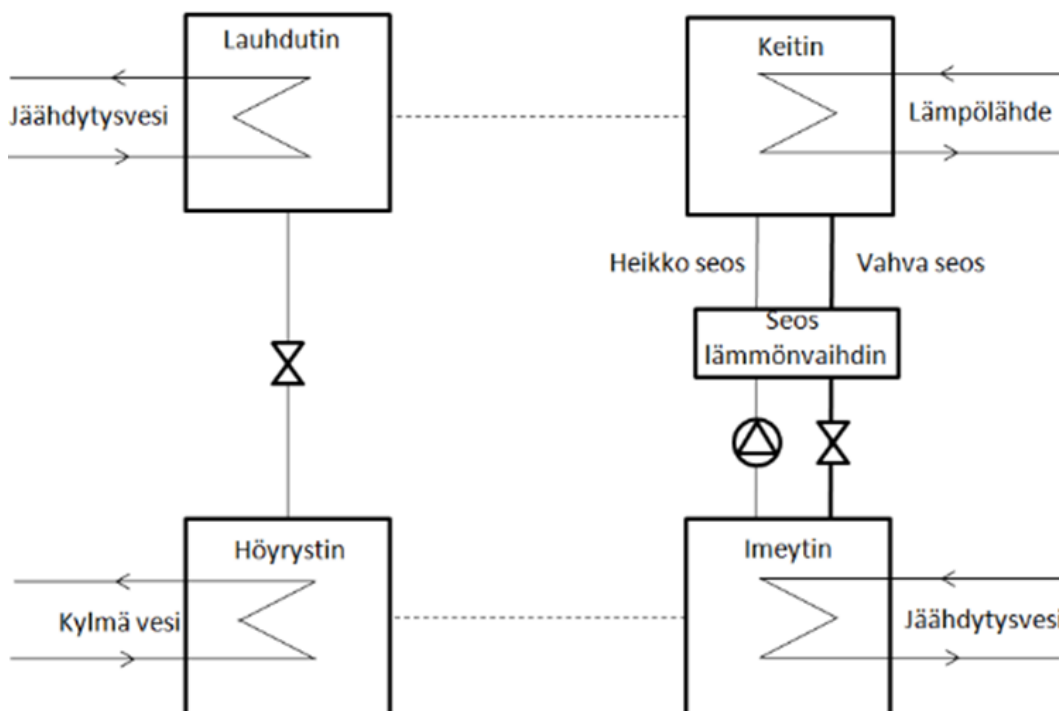


Kuva 3. Clausius-diagrammi (1)

Litiumbromidivesi-liuoksen vaikutus vedenhöyrystyneeseen nähdään kuvasta 4. Kuvasta 4 voidaan katsoa, kuinka paljon liuos alentaa veden höyrystyneen painetta. Höyrystimestä höyrystyessä puhdasta vettä, on höyrystimen lämpötila alhaisempi kuin imeytimen, minne vesihöyry lauhtuu. Puhdas kylläinen lämpötilaltaan 20 °C:tta oleva vesihöyry saavuttaa tasapainotilan 62 °C:ssa ja 60 %:sen litiumbromidi-vesiseoksen kanssa, toisin sanottuna 20 °C:ssa oleva vesihöyry pystyy lauhtumaan vielä 62 °C:tta olevaan pintaan. Tähän lauhtumis- ja höyrystymislämpötilaeroon perustuvat absorptiopumppujen toimintaperiaatteet. Kylmä höyry kulkeutuu kuumaan pintaan ja luovuttaa lauhtumis- ja imeytymislämpönsä siihen. Litiumbromidi-vesiliuoksen höyrystyneen painetaulukoon voidaan kuvata koko jäähdytyskoneen toiminta kaikissa paineissa ja lämpötiloissa (1.) Absorptiojäähdytyskone voidaan jakaa viiteen suurempaan kokonaisuuteen keittimeen, lauhtuttimeen, höyrystimeen, seoslämmönvaihtimeen sekä imeyttimeen jotka nähdään kuvasta 5 (3).



Kuva 4. Litiumbromidi-vesiliuoksen höyrystyneen paine (9)



Kuva 5. Yksivaiheinen absorptiojäähdytysprosessi (1)

1.3.1 Keitin

Mekaanisentyön sijasta absorptiojäähdytyskoneissa käytetään lämpöenergiaa. Jäähdytyskoneeseen sisään tuotava lämpöenergiavirta ohjataan keittimeen, keittimen sisällä on työaineen sekä absorbentin seos. Lämpöenergiaa voidaan tuoda kuuman veden, höyryn tai savukaasujen muodossa. Keittimessä seoksen lämpötilaa nostetaan, jotta seoksesta höyrystyy työainetta. Keittimessä sisällä vallitseva painetaso sekä työaineen ja absorbentin ominaisuudet määräävät keittimeen sisään vietävän lämpöenergian määrän. Absorbentista höyrystyvä työaine nostaa liuoksen väkevyyttä. Absorbentti on tiheydeltään suurempaa kuin työaine. Raskaampi absorbentti painuu keittimen pohjalle, josta se pumpataan imeyttimeen. Työaineen höyrystyminen nostaa sen tilavuutta. Höyrystyneen työaineen tilavuuden kasvaminen pakottaa työaineen siirtymään lauhduttimelle. Keitin ja lauhdutin on yhdistetty toisiinsa kanavalla josta työaine pääsee vapaasti siirtymään lauhduttimen ja keittimen välillä (1; 3; 6.)

1.3.2 Lauhdutin

Lauhduttimelle paisunut työainehöyry jäähdytetään ulkoisella jäähdytyskierrolla. Työainehöyryn lämpötilaa muutetaan siten että sen olomuoto saadaan höyrystä takaisin nestemäiseen olomuotoon. Lauhduttimen lauhtumislämpötila sekä lauhtumispaine määräytyvät käytettävän ulkoisen jäähdytyskierron lämpötilan mukaan. Lauhduttimessa on huomioitava jäähdytyskierrossa esiintyvät häviöt, jotta saadaan riittävä lämpötilaero lämmönsiirtimen ylitse. Käytettävä työaine sekä ulkoisen jäähdytyskierron jäähdytysaine asettavat omat rajoituksensa. Ideaalitilanteessa keittimen sekä lauhduttimen paine on sama, mutta todellisissa prosesseissa ne eroavat toisistaan painehäviöiden verran. Nesteeksi lauhtunut työaine pumpataan lauhduttimesta höyrystimelle (1; 3; 6.)

1.3.3 Höyrystin

Työaine pumpataan höyrystimelle erillisen paisuntaventtiilin kautta, paisuntaventtiili pitää höyrystimen paineen riittävän alhaisena, alhainen painetaso saa työaineen kiehumään alhaisessa lämpötilassa. Painetason muutos voidaan toteuttaa myös toisella tapaa U-putkea apuna käyttäen. Höyrystimeen sisällä on lämmönsiirrin putkisto tai levylämmönsiirrin jossa kiertää jäähdytettävä neste. Jäähdytettävän nesteen loppulämpötila asettaa vaatimukset lauhduttimen painetason suuruudelle.

U-putken läpi virtaava työaine kiertää U-putkessa lenkin, jonka toisiopään eli höyrystimen sisällä sijaitsevan pään nestepinta on korkeammalla kuin lauhduttimesta tulevan pään nestepinta. U-putken päiden korkeus ero määräytyy lauhduttimen sekä höyrystimen painetasojen erosta. U-putki pitää höyrystimen ja lauhduttimen välillä paine-eroa hydrostaattisen paineen mukaisesti, esimerkiksi 1 m:n erolla päiden korkeudessa voidaan vedelle tuottaa paineessa suurimmillaan noin 9810 Pascalin paine-ero. U-putkella toteutetussa paine-eron ylläpidossa ei suurinta painetta voida säätää yksinkertaisesti, paineen säätäminen vaatii U-putken ensiö- ja toisiopäiden korkeuden positoiden muuttamista. Höyrystimen suojaksi alijäähtymisen ja jäätymisen takia höyrystimen pohjaan on asennettu varoventtiili, joka purkaa höyrystimen nesteet imeyttimeen. Höyrystimen toimintaa tehostetaan ulkoisella nestekierron tehostuksella. Työaineesta osa jää höyrystymättä höyrystimen pohjalle ja jäähdytettävän kierron riittävän suuren jäähtymisen takaamiseksi, pumpataan höyrystimen pohjalta työaine takaisin lämmönsiirtimien päälle, josta se voi taas höyrystyä tehokkaammin.(1; 3; 6.)

1.3.4 Imeytin

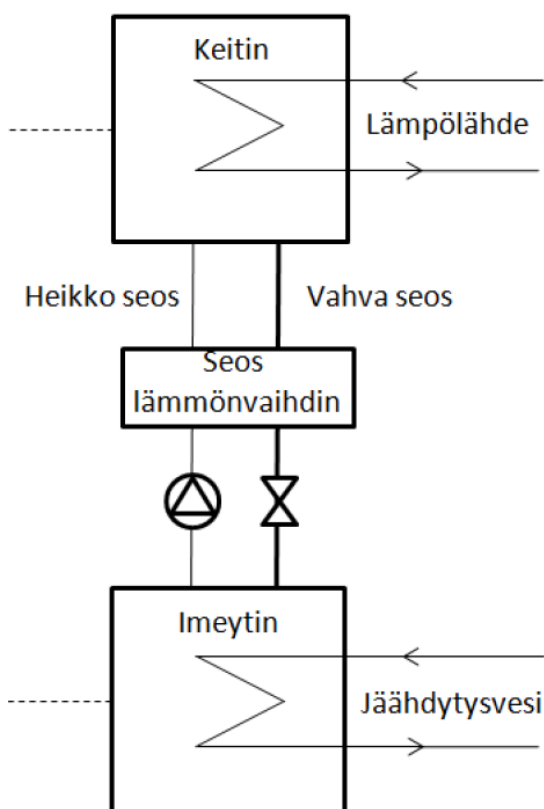
Keittimestä höyrystynyt työaine purkautuu imeyttimelle. Työaineen höyrystyminen nostaa työaineen tilavuutta mikä pakottaa työainehöyryn siirtymään imeyttimeen. Imeytin ja höyrystin on yhdistetty toisiinsa kanavalla. Imeytin on absorptiojäähdytyskoneen toiminnan keskeisin paikka, imeyttimeen perustuu koko jäähdytyskoneen toiminnalle oleellinen perusta. Absorbentti absorboi höyrystyneen työaineen itseensä. Absorbentin ja työaineen seos pumpataan takaisin keittimeen.

Imeyttimen toimintalämpötila määräytyy ulkoisen jäähdytyskierron lämpötilasta. Absorptiota voidaan kiihdyttää laskemalla absorbentin lämpötilaa. Riittävän aineensiirto- ja lämpötilagradientin aikaansaamiseksi tulee ulkoisen jäähdytyskierron ja imeyttimeestä poistuvan liuoksen lämpötilan erojen olla riittävän suuret. Absorboitumisessa vapautuu paljon lämpöä kemiallisten sidosten muodostumisesta, lämpö poistetaan ulkoisella jäähdytyskierrolla ja prosessi pidetään käynnissä.

Keittimestä pumpattavaa raakaa absorbenttia jäähdytetään seoslämmönsiirtimessä paremman absorptio aikaansaamiseksi sekä hyötysuhteen parantamiseksi. Höyrystin ja imeytin toimivat melkein samassa painetasossa, painetasoissa on vain virtaushäviöiden verran paine-eroa. Ideaalisessa palautuvassa absorptioprosessissa vallitsee tasapainotila, jolloin ei esiinny paine-, aine- tai konsentraatioeroja. Todellisessa absorptioprosessissa virtauksen aikaansaamiseksi on imeyttimen ja höyrystimen välillä paine-ero. Imeyttimen toimintapaineen määrää jäähdytettävän aineen loppulämpötila. Absorption jälkeinen tilapiste määräytyy höyrystymispaineesta ja absorptio loppulämpötilasta.(1; 3; 6.)

1.3.5 Seoslämmönvaihdin

Seoslämmönvaihdin (kuva 6) parantaa absorptiojäähdytyskoneen hyötysuhdetta. Vaihdin toimii keittimestä imeyttimelle kulkevan väkevän absorbentin ja imeyttimestä keittimelle palaavan absorbentti-työaineseoksen välillä (kuva 5). Seoslämmönvaihdin siirtää keittimessä lämmentyneestä väkevästä absorbentista lämpöenergiaa pois. Imeytintä jäähdytetään ulkoisella nestekierrolla, joten ennen imeytintä on järkevää siirtää mahdollisimman paljon lämpöenergiaa hyötysuhteen parantamiseksi. Keittimelle palaava absorbentti- ja työaineseosta on järkevää lämmittää jotta voidaan vähentää keittimeen syötettävän lämpöenergian määrää.(1; 3; 6.)



Kuva 6. Seoslämmönvaihdin (1)

2 Nesteparit

Absorptiojäähdytyskoneissa nesteparin muodostavat absorbentti ja työaine. Ideaalisessa tapauksessa absorptioprosessi on riippumaton nesteparin ominaisuuksista. Todellisessa prosessissa absorptiojäähdytyskoneen toiminta, toteutus, tehokkuus, käyttö- ja investointikustannukset riippuvat juuri näistä nesteparin fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista. Tavallisimmin käytettäviä nestepareja absorptioprosesseissa ovat vesi-litiumbromidi ($\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$) sekä ammoniakki-vesi ($\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$). Työainepareille voidaan määritellä lukuisia vaadittavia ja toivottuja ominaisuuksia, joista yleisimmät esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Jäähdytyskoneissa käytettävien nesteiden ominaisuuksia (1)

Liuos	Ominaisuudet
Työaine	<ul style="list-style-type: none"> - Suuri latenttilämpö - Korkea kriittinen lämpötila - Keskisuuri höyrynpaine - Alhainen viskositeetti - Alhainen jähmettymispiste
Absorbentti	<ul style="list-style-type: none"> - Alhainen höyrynpaine - Alhainen viskositeetti - Korkea kiteytymislämpötila
Seos	<ul style="list-style-type: none"> - Ei kiinteää faasia - Myrkyttömyys - Työ- ja absorptioineen hyvä liukoisuus toisiinsa - Syttymättömyys

Työaineella ja absorbentilla tulee olla riittävän suuri ero höyrystymislämpötiloissa. Höyrystymislämpötilojen suurella erolla säästytään höyrystyneen absorbentin pääsystä prosessiin. Riittävän suurena lämpötila-erona voidaan pitää 200 - 300 K:n lämpötilaa. Lämpötilaeron suuruuteen vaikuttaa jäähdytyskoneen säädön nopeus. Absorbentin ja työaineen- seoksen tulee olla kaikissa vallitsevissa olosuhteissa kemiallisesti stabiili, myrkytön ja palamaton. Absorbentti ja työaine eivät saa aiheuttaa erillään tai seoksena korroosiota.(1; 3; 6.)

2.1 Vesi-litiumbromidi ($\text{H}_2\text{O-LiBr}$)

Vesi-litiumbromidiseoksessa (taulukko 2) vesi toimii työaineena ja litiumbromidi absorbenttinä. Litiumbromidi-suola on normaaliolosuhteissa haihtumatonta kiinteääainetta, se kiehuu vasta noin 1538 K:n asteessa (4). Litiumbromidin korkean höyrystymispisteen takia rektifikaatio ei ole tarpeen. Veden pienen höyrönpaineen seurauksena $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ -absorptiojäähdytyskoneen pitää toimia alipaineessa verrattuna ilmanpaineeseen. Jäähdytyskoneen toiminta alipaineessa aiheuttaa koneelle rakenteellisia ongelmia. Koneen konstruktio tulee suunnitella niin, että paine vaikuttaa ulkoa päin ja koneen tulee olla myös hyvin tiivis. Jäähdytyskoneen vuotaessa koko prosessi pysähtyy, kun veden höyrystyminen höyrystimessä pysähtyy painetason noustessa riittävän suureksi. Jäähdytyskoneeseen tulee myös suunnitella ilmanpoisto. Veden toimiminen työaineena aiheuttaa rajoituksen pienimmälle mahdolliselle jäähdytyslämpötilalle. Veden korkea jäätymispiste sallii vain 0 °C:n yläpuolella olevat lämpötilat. Todellisessa prosessissa saavutetaan alimmillaan +5 °C:n lämpötilat.(1; 3; 6.)

2.1.1 Kiteytyminen

Absorptiojäähdytyskoneen toimintaa rajoittaa litiumbromidin kiteytymisraja. Litiumbromidin kiteytyminen on suurimmillaan imeytimessä sekä liuoslämmönsiirtimessä. Korkeilla litiumbromidin pitoisuuksilla esiintyy voimakasta kiteytymistä väkevässä litiumbromidiseoksessa. Kiteytymisrajan läheisyydessä esiintyy paikallista kiteytymistä sekä viskositeetin nousua. Veden liukoisuus litiumbromidiin on voimakkaasti sidoksissa ainepitoisuuksiin sekä lämpötilaan eikä vallitsevaan paineeseen. Lähellä litiumbromidin kiteytymisrajaa on havaittavissa alue, jossa esiintyy suuri viskositeettinen nestefaasi sekä kiinteäfaasi. Nestemäisen ja kiinteänkiteisen litiumbromidin seos saattaa tukkia putkia ja

lämmönsiirtimiä. Litiumbromidin tukkiessa putken alkaa nestevirtaus vähentyä ja lämpötila muuttua, jolloin seoksesta tulee entistäkin kiinteämpi ja putki tukkeutuu. Tyypillisesti tukkeutumista on havaittavissa liuoslämmönsiirtimeen ulostuloputkissa, joissa lämpötilat ovat laskeneet sopivalle tasolle ja litiumbromidipitoisuus on korkea. Kiteytymisen välttämiseksi putkistoissa, tulee imeyttimeen lämpötilaa laskea riittävästi, jolloin voidaan käyttää pienempiä litiumbromidipitoisuuksia jäähdytyskoneessa. Ilmajäähdytteisen vesi-litiumbromidi absorptiojäähdytyskoneen rakentaminen onkin tästä syystä haastavaa. Nykyaikaisissa vesi-litiumbromidiabsorptiojäähdytyskoneissa kiteytymisen seuranta on automatisoitua ja konetta voidaan ajaa entistä lähempänä kristallisaatorajaa. Automaatio säättää imeyttimeen lämpötilaa viskositeetin nostamiseksi tai vähentää keittimeen tuodun lämpöenergian määrää (1; 3; 6.)

2.1.2 Korroosio

Vesi-litiumbromidi vastaa korroosio-ominaisuuksiltaan keittosuolaliuosta. Seokseen liuennut happi tekee seoksesta erittäin vahvasti korroosiota aiheuttavan useille metalleille. Yleisimmin absorptiojäähdytyskoneen valmistuksessa käytettäviä materiaaleja ovat hiiliteräkset ja kupari. Korroosiota voidaan estää:

- materiaalivalinnoilla
- pH:n säädöllä
- inhibiittoreilla.

Yleisimmin käytetyissä 1-vaiheisissa eli single-effect (SE) -absorptiojäähdytyskoneissa käytetään rakennusmateriaaleina hiiliteräksiä, kuparia sekä ruostumattomia terässeoksia. Mikäli käytetään 2-vaiheisia eli double-effect -jäähdytyskoneita (DE), nousee käyttölämpötila niin korkeaksi, että osa jäähdytyskoneen komponenteista joudutaan rakentamaan kestävämmistä materiaaleista kuten kuparinikkelistä. Kuparinikkelin kovan hinnan vuoksi sitä käytetään vain, jos kuparirakenteilla ei saavuteta riittävää kestävyyttä korkeassa lämpötilassa toimivissa sovelluksissa tai jos ympäristö on erittäin korroosiota aiheuttava. Höyryn virtausnopeuksien noustessa suuriksi voi litiumbromidia kulkeutua höyryn mukana, höyrytilassa alkaa korroosion nopeus muuttua merkittävästi tässä tilanteessa. Litiumbromidin ollessa korkeissa lämpötiloissa alkavat teräs-nikkeliseokset kor-

roosioitumaan, tämän takia käytetään polymeeri- ja kumiseoksia korkealämpöisissä koh-teissa. Päälystämällä metalleja polymeeri ja kumiseoksilla voidaan nostaa materiaalien käyttöikä.

Vesi-litiumbromidiseoksen korroosio riippuu voimakkaasti seoksen pH-arvosta ja seok-sen pH-arvoa pyritäänkin säätämään niukasti emäksisen puolelle. Liuoksen emäksisyys saa hydroksyyli-radikaalit lisääntymään, mikä aiheuttaa metallin passivoitumisen. Ajan kuluessa alkaa seoksen alkalisuus lisääntyä eli se muuttuu yhä emäksisemmäksi. Liu-oksen emäksisyys aiheutuu, kun vetykaasua alkaa vapautua. Liian suuren pH-arvon seurauksena pitää liuoksen pH-arvoa säätää lähemmäksi neutraalia. Seoksen pH-arvoa voidaan säätää vetybromidihapolla, jonka lisääminen ei muuta merkittävästi seoksen ominaisuuksia. Korroosio-ominaisuuksia voidaan parantaa inhibiittoreilla, jotka reagoivat metallin kanssa muodostaen metallin pinnalle passiivisen oksidikerroksen. Oksidikerros eristää metallin ja seoksen kosketuksen toisiinsa. Oksidikerros estää voimakkaan kor-roosioitumisen. Oksidikerros on itsessään korroosiota, mutta kerros on toivottu ja tavoit-teltu korroosion muoto. Yleisimpiä käytettyjä inhibiittoreita ovat litiumkromaatti, litiummo-lybdaatti ja litiumnitraatti. Litiumkromaatista on pyritty luopumaan sen myrkyllisyyden vuoksi. Inhibiittoria lisätään noin 1 % liuoksen tilavuudesta (1; 3; 6.)

Taulukko 2. Litiumbromidin ja veden ominaisuudet.(1)

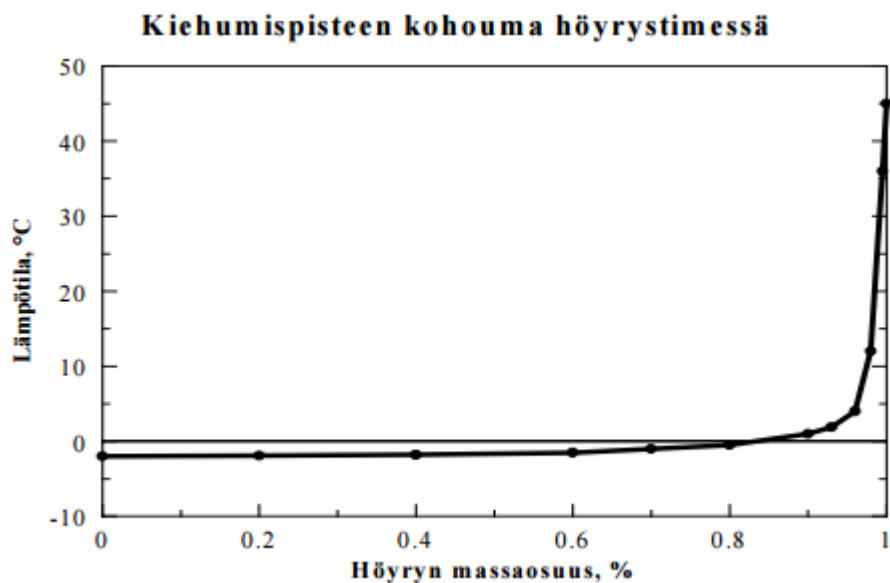
H ₂ O	LiBr-H ₂ O
+ Suuri höyrystymisentalpia	+ Alhainen höyrynpaine
+ Myrkyttömyys	+ Ei rektifikaatiotarvetta
+ Alhainen viskositeetti	+ Alhainen viskositeetti
	+ Hyvä liukoisuus
- Korkea jäätymispiste	- Aiheuttaa korroosiota
- Pieni höyrynpaine	- Kiteytyminen
	- Taipumus vaahtoamiseen

2.2 Ammoniakki-vesi ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$)

Ammoniakki-vesiseoksessa (taulukko 3) ammoniakki toimii työaineena ja vesi absorbenttina. Seos on paljon käytetty kohteissa, joissa lämpötila laskee veden jäätymisrajan alapuolelle, sillä ammoniakin toimiessa työaineena ovat alle $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilat mahdollisia. Ammoniakin jähmettymispiste normaaliolosuhteissa on $195,42\text{ K}$ (5). Ammoniakilla on hyvät kineettiset ominaisuudet sekä sen absorboituminen ja desorboituminen on nopeaa. Nopean absorboitumis- ja desorboitumisnopeutensa ansiosta ei keittimen lämmittäminen yli sen teoreettisen loppulämpötilan ole tarpeellista. Ammoniakki-vesinesteparia käytettäessä asettuvat haasteet absorptiokoneen rakenteessa korkeisiin paineisiin sekä korkeisiin paine-eroihin. Veden ja ammoniakin kiehumispisteillä on eroa noin 133 K , kiehumispisteiden ollessa lähellä toisiaan vaaditaan ammoniakkihöyrylle rektifikaatio. Veden pääsy höyrystimeen heikentää merkittävästi höyrystimen toimintaa (kuva 7) (1; 3; 6.)

2.2.1 Rektifikaatio

Rektifikaatiossa vesi- ja ammoniakkiseos johdetaan keittimen jälkeen tislaukskolonniin, jossa vesi ja ammoniakki erotellaan toisistaan. Ammoniakki-vesihöyry johdetaan tislaukskolonniin alapäästä. Imeyttimelle johdettavasta puhtaasta ammoniakista lauhtutetaan osa. Puhdas nesteeksi lauhtunut ammoniakki johdetaan kolonnin yläpäästä ja se ruiskutetaan ammoniakki-vesihöyryä vasten. Vesi lauhtuu ja ammoniakki jatkaa kaasumaisena matkaa kolonnista ulos. Vesi on tislattava pois ammoniakkihöyrystä, sillä se muuttaa höyrystimen ominaisuuksia. Vesi nostaa höyrystimen höyrystymislämpötilaa korkeammaksi, höyrystymislämpötilan pitäminen samana vaatisi toimintapaineen laskemisen alemmaksi. Paineen laskeminen muuttaisi myös imeytimen toimintaa, joten on helpompaa erottaa vesi- ja ammoniakkihöyry toisistaan (1; 3; 6.)



Kuva 7. Veden vaikutus höyrystimen toimintaan (1)

2.2.2 Korroosio

Ammoniakki aiheuttaa kuparille erittäin helposti syöpymiä. Kupari on erittäin huono materiaali käytettäväksi rakenteissa ammoniakki-vesiabsorptiojäähdytyskoneissa. Laboratoriokokeilla on selvitetty ammoniakin vaikutusta kromilla päällystettyihin messinkiosiin, mutta kokeet ovat osoittaneet ammoniakin aiheuttavan korroosiota koeosiin. Ammoniakki-vesiabsorptiojäähdytyskoneissa käytetään materiaaleina yleisimmin terästä ja ruostumattomia terässeoksia. Terästä tai teräksen seoksia käytettäessä rakennusmateriaaleina on inhibiittoreiden käyttö välttämätöntä. Ammoniakki-vesiabsorptiojäähdytyskoneissa käytettävät inhibiittorit ovat raskasmetalli suloja, jotka muodostavat suojaavan oksidikerroksen teräksen pinnalle. Raskasmetalleissa on huonona puolena sen haitallisuus ympäristölle (1; 3; 6.)

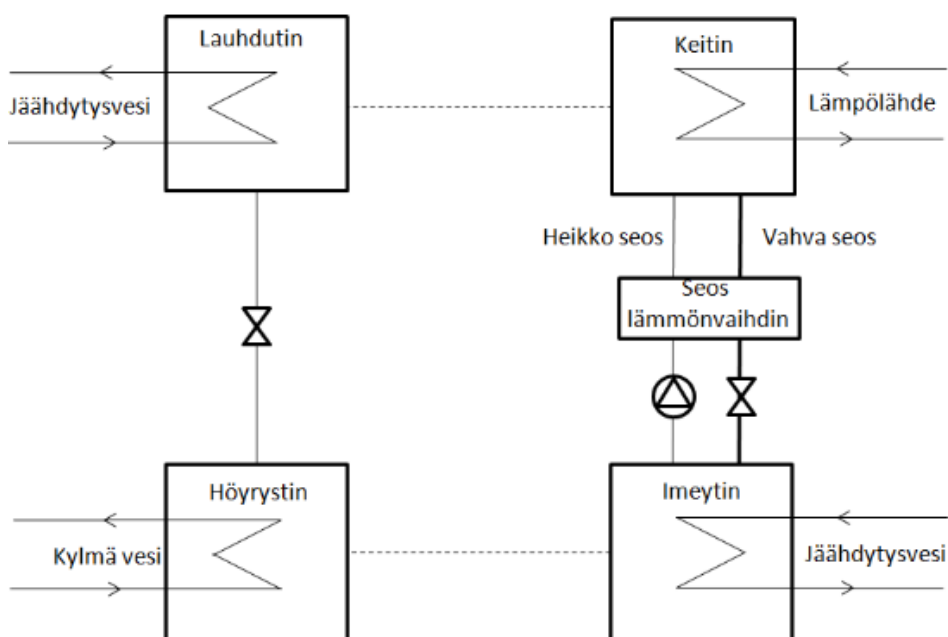
Taulukko 3. Ammoniakin ja veden ominaisuudet (1)

Ammoniakki	Vesi	Ammoniakki-vesiseos
<ul style="list-style-type: none"> + Suuri höyrytysentalpia + Alhainen jähmettymispiste + Pieni viskositeetti - Myrkyllisyys - Korkea höyrynpaine 	<ul style="list-style-type: none"> + pieni viskositeetti - Epäedullinen höyrynpaine 	<ul style="list-style-type: none"> + Ei kiinteää faasia + Hyvä liukoisuus + Ei aiheuta korroosiota hiiliteräksille - Myrkyllisyys - Rektifikaatio tarpeellinen - Tulenarka

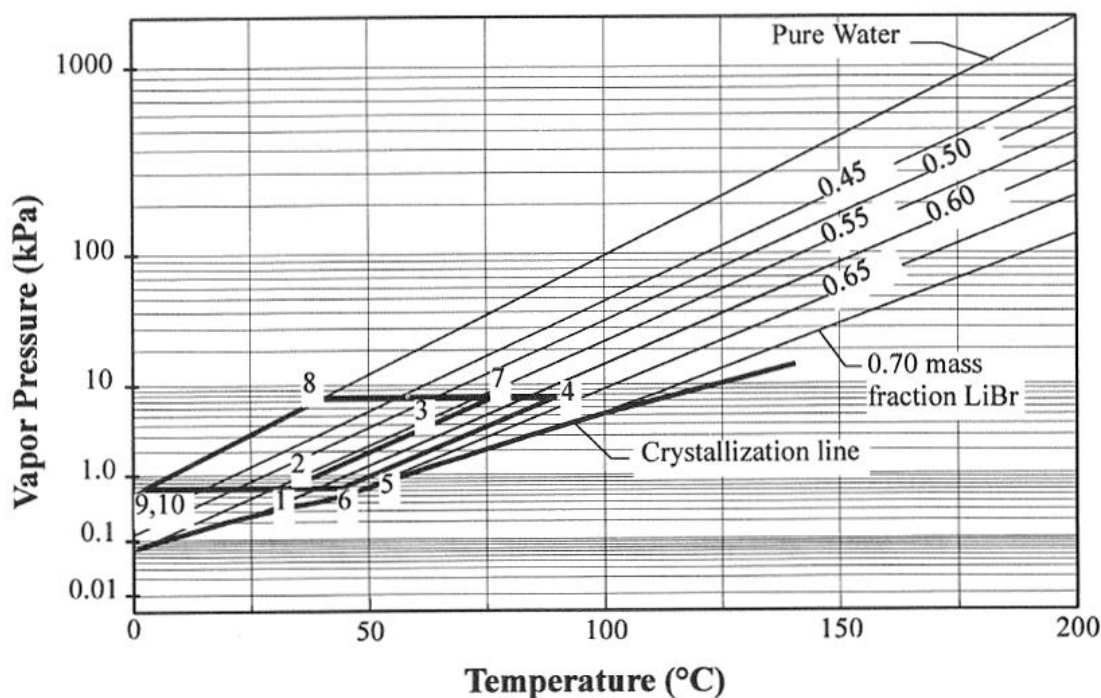
3 Absorptioprosessit

3.1 Yksivaiheinen prosessi (Single-Effect)

Absorptiojäähdytyskoneissa yksivaiheisen prosessin (SE) (kuva 8) yleisimmin käytetty nesteperi on vesi-litiumbromidi. Jäähdytintyyppiä on käytössä lähinnä rakennuksissa sekä kaukojäähdytyskoneistoissa, missä jäähdyttävän nestekierron lämpötilat pysyvät $+0\text{ }^{\circ}\text{C}$:n yläpuolella. Yksivaiheisia absorptiojäähdyttimiin lämpöenergian tuonti tapahtuu yleensä epäsuorasti, tavallisesti lämpö tuodaan toisesta prosessista hukkaenergiavirtana jäähdytyskoneelle. Energiavirran lähteenä on tavallisesti kuuma vesi, höyry tai savukaasut. Yksivaiheisen vesi-litiumbromidijäähdyttimen keittimen tulee toimia päälle $85\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötiloissa. Lämpötilan laskiessa alle $85\text{ }^{\circ}\text{C}$:n alkaa lämmönsiirtopinta-ala käydä liian pieneksi tarvittavan työainemäärän höyrystämiseksi prosessiin sekä kylmäkertoimen arvo laskee nopeasti mikä, vaikutta koneen investointi- ja käyttökustannuksiin (kuva 9). Sisään tuotavan lämpövirran lämpötilan laskeminen heikentää energian siirtymistä keittimessä, mikä pakottaa lämpövirran massavirtojen nostamiseen. Yksivaiheisen prosessin ongelmaksi tulevat lämpövirran lämpötilat. Suurimmassa osassa sovelluksista lämpövirran energiamäärä on koneeseen tuotaessa liian suuri yksivaiheiseen prosessiin soveltuvaksi (1; 3; 6.)



Kuva 8. Single-effect vesi-litiumbromidiprosessi (1)



Kuva 9. Litiumbromidin kulkeminen prosessissa (6)

3.1.1 Yksivaiheisen absorptiojäähdytyskoneen rakenne ja prosessi

Veden ja litiumbromidin termodynaamisista ominaisuuksista johtuen jäähdytin toimii alipaineessa verrattuna ilmakehän paineeseen. Alipaineolosuhteet aiheuttavat seuraavia haasteita jäähdytyskoneen konstruktion sekä käytön osalta:

- Höyryn ominaistilavuus on suuri, mikä kasvattaa käytettävän laitteiston kokoa.
- Laitteiston pitää olla tiivis.
- Prosessi on herkkä prosessiin kuulumattomille kaasuille.
- Hydrostaattinen paine tulee huomioida suunnittelussa.

Yksivaiheinen absorptiojäähdytin toimii tavallisesti noin 1 - 2 kPa:n paineessa (kuva 9). Kylläisen vesihöyryn ominaistilavuus jäähdytyskoneen sisällä vallitsevista paineista on 129 - 67 m³/kg (7). Suuri ominaistilavuus kasvattaa jäähdytyskoneiden kokoa merkittävästi. Alhaisista paineista johtuen kasvavat höyryn nopeudet sekä painehäviöt suuriksi

etenkin höyrystimen ja imeyttimen välillä, missä jäähdytyskoneen sisäinen painetaso on alimmillaan. Höyryn lauhtumis- ja höyrystymislämpötila muuttuu suuresti pienen paineen muutoksen seurauksena. Höyryn painekäyrän kulmakerroin näissä paineissa on noin 14 K/kPa (7). Höyryn kulmakertoimesta johtuen on lämpötilan muutos suhteessa paineen muutokseen logaritminen. Pienissä paineissa ongelmia syntyy imeyttimessä tapahtuvan kiteytymisen vuoksi. Painetason alentuessa liuoksen konsentraatio suurenee ja suurentunut konsentraatio aiheuttaa kiteytymistä litiumbromidille. Rakenteeseen vaikuttaa lämmönsiirtopintojen suuri koko. Suurella koolla pyritään varmistamaan, että liian väkeviä konsentraatio pisteitä tulisi mahdollisimman vähän. Imeytin ja höyrystin on sijoitettu rakenteeseen saman vaipan sisälle viskositeetin aiheuttamien häviöiden minimoimiseksi. Rakenteeseen vaikuttaa pyrkimys mahdollisimman hyvään lämmönsiirtoon ulkoisten ai-nekiertojen välillä (1; 3; 6.)

3.1.2 Absorboitumattomat kaasut

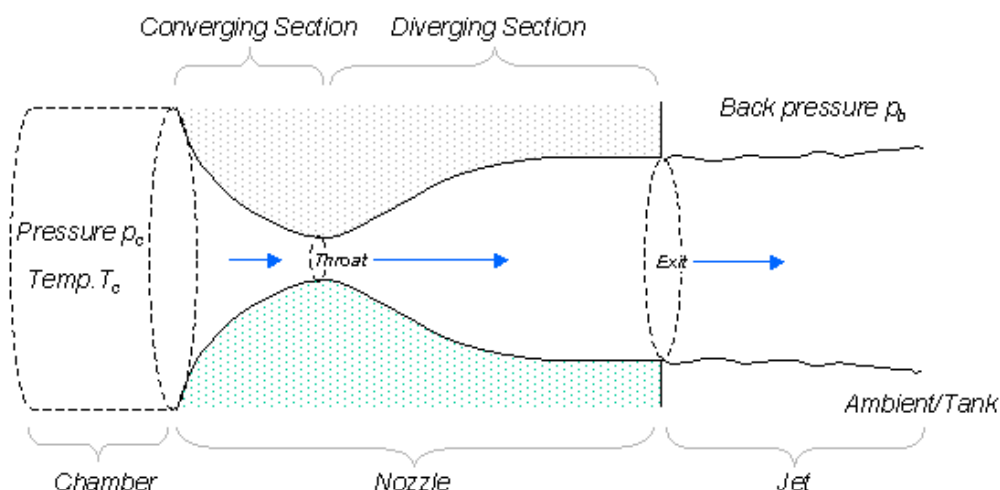
Vesi-litiumbromidijäähdyttimen täydellinen eristäminen ulkoisilta kaasuilta on erittäin tärkeää, sillä lauhtumattomat kaasut heikentävät prosessiin toimintaa sekä ilman mukana tullut happi aiheuttaa korroosiota erittäin voimakkaasti. Absorptioprosessissa syntyy lauhtumattomia kaasuja, jotka vaikuttavat prosessiin.

Korroosio aiheuttaa vesi-litiumbromidiprosessissa korroosiosta johtuen vety-kaasua. Vety ei imeydy työaineeseen eikä absorbenttiin, vaan se kerääntyy lauhtumattomaksi kaasuksi höyrystimeen sekä imeyttimeen, joissa vallitsee prosessin alhaisin painetaso. Vety vaikeuttaa prosessin toimintaa hidastamalla absorptionopeutta. Vety vaikeuttaa myös prosessin toiminnan valvomista, mikä hankaloittaa kiteytymän muodostuman seuranta. Ilmavuotojen sekä lauhtumattomien kaasujen takia on jäähdytyskone varustettava kojeistolla jolla voidaan lauhtumaton kaasufaasi säännöllisesti imeä pois jäähdytyskoneesta. Mahdollisia kojeistoja höyryn erottamiseen nesteestä ovat vakuumpumppu ja ejektori systeemi (1).

3.1.3 Ejektorisysteemi

Ejektorisysteemi perustuu Laval-suuttimen toimintaan (kuva 10). Suuttimen läpi kulkevan nesteen nopeus kiihtyy kapeimmassa kohdassa vallitsevien olosuhteiden määräämään äänennopeuteen. Nopeuden kasvaessa paine suuttimen sisällä laskee ja paineen

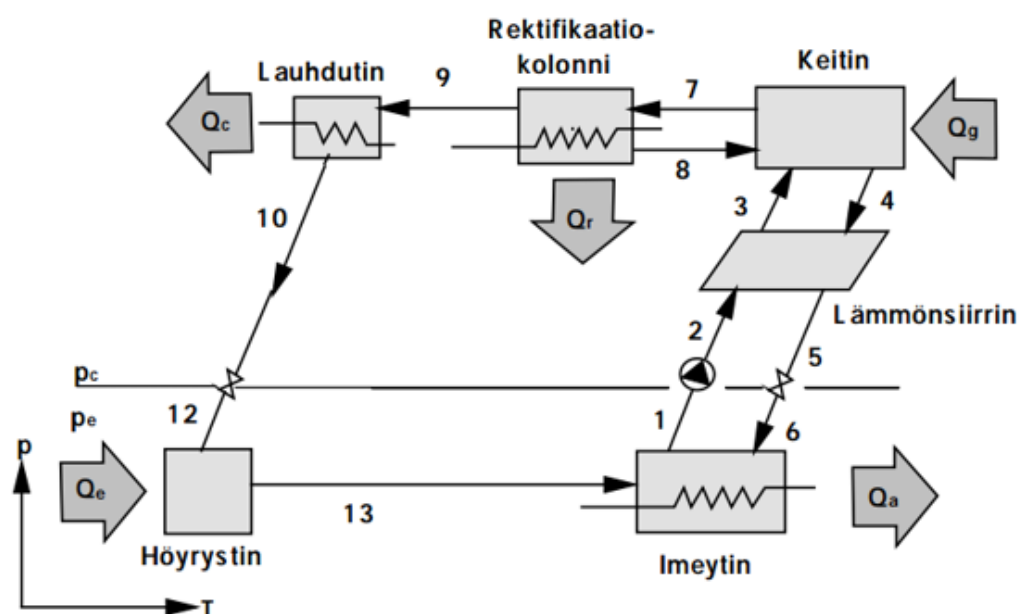
lasku erottaa lauhtumattomat kaasut nestevirtauksesta. Virtaukset ohjataan erilliseen säiliöön, mistä lauhtumattomat kaasut voidaan päästää ulos jäähdytyskoneen sisältä. Säiliössä neste painuu pohjalle ja kaasut nousevat nestepinnan yläpuolella. Säiliön täytyessä säiliön sisäinen paine nousee vallitsevan ilmakehänpaineen yläpuolella ja kaasu voidaan purkaa ulos säiliöstä (8).



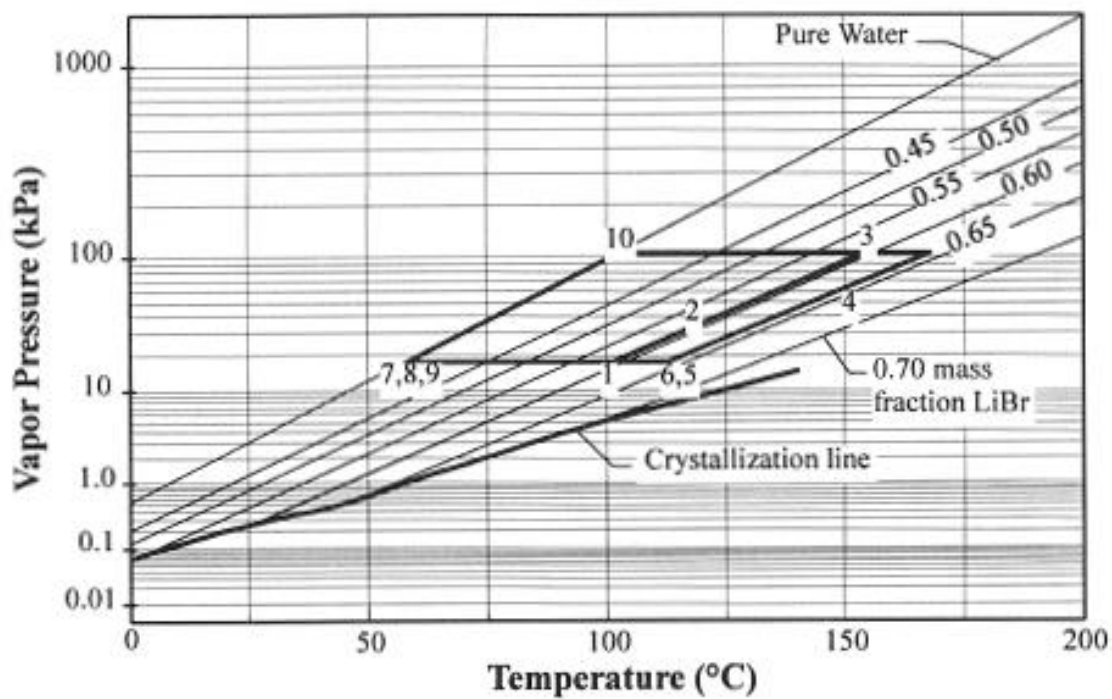
Kuva 10. Laval-suutin (8)

3.1.4 Hydrostaattinen paine

Hydrostaattisella paineella 1 kPa:n paineissa on merkittävä vaikutus veden höyrystymispisteeseen. Veden hydrostaattisen paineen vaikutus on 9810 Pa metriltä maanpinnalla jossa, voidaan maan vetovoiman olettaa olevan $9,81 \text{ m/s}^2$. Hydrostaattinen paine vaikuttaa veden höyrystymislämpötilaan nestepaineen korkeuden noustessa. Esimerkiksi 100 cm:n nestepatsas aiheuttaa 981 Pa:n paineen nousun. 10 cm vesipatsaan nousu aiheuttaa veden höyrystymislämmön nousun $6,97 \text{ }^\circ\text{C}$:sta noin $17,5 \text{ }^\circ\text{C}$:seen. Paineen suuren vaikutuksen vuoksi höyrystimen vesi pumpataan ulkoisella nestekierrolla lämmönsiirripaketin päälle 1 - 2 mm:n paksuiseksi filmikerrokseksi. Vesi höyrystyy vesipatsaasta ja laskee jäähdytettävän nestekierron lämpötilaa (1;7;8.)



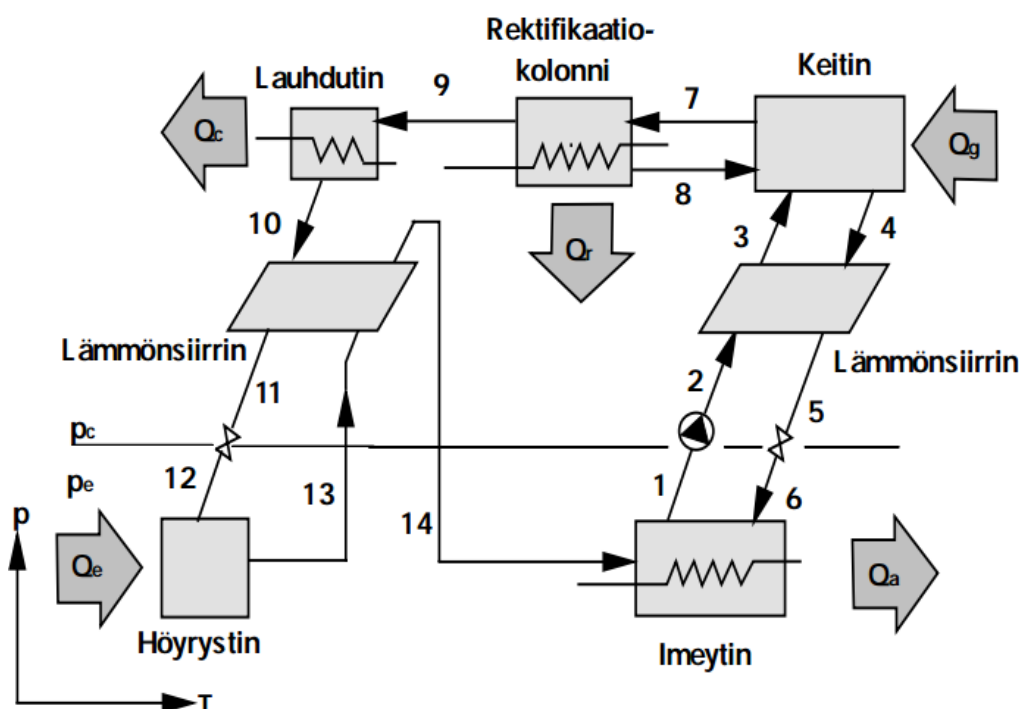
Kuva 11. Yksivaiheinen ammoniakki- vesi prosessi (1)



Kuva 12. Ammoniakin kulku prosessissa (6)

3.1.7 Yksiportaisen jäähdyttimen toiminta ja prosessi

Ammoniakin kiehumispisteen ollessa $-33,4\text{ °C}$ NTP-olosuhteissa mahdollistaa se jäähdytyskoneen toiminnan normaalissa ilmanpaineessa tai ilmanpainetta ylemmässä painetasossa (kuva 12). Yleensä keittimen ja lauhduttimen paineena käytetään 1,5 MPa:a sekä höyrystimen ja imeyttimen paineena käytetään 0,2 MPa:a. Korkeampien painetasojen takia ammoniakki-vesiabsorptiojäähdytin on hyvin kompaktin kokoinen laite. Yksiportaisen prosessin hyötysuhdetta voidaan parantaa lisäämällä lämmönsiirtimiä prosessiin hukkalämmön talteen ottoa varten (kuva 13). Höyrystimelle menevän ammoniakki-virran vesipitoisuuden ylittäessä 1 %:n rajan höyrystimen toiminta heikentyy merkittävästi (kuva 7). Ammoniakkivirran veden pitoisuuden kontrolloimisen mahdollistamiseksi rakennetaan keittimen ja lauhduttimen väliin rektifikaatiotislauuskolonni. Rektifikaation ollessa epätäydellistä voidaan ammoniakkihöyryä esilämmittää höyrystimeltä tulevalla ammoniakki- ja lauhduttimen välillä. Lauhteen esilämmittäminen parantaa imeyttimen toimintaa, mutta haittapuolena on kuitenkin lämmönsiirtimestä aiheutuva painehäviö höyrypuolella.

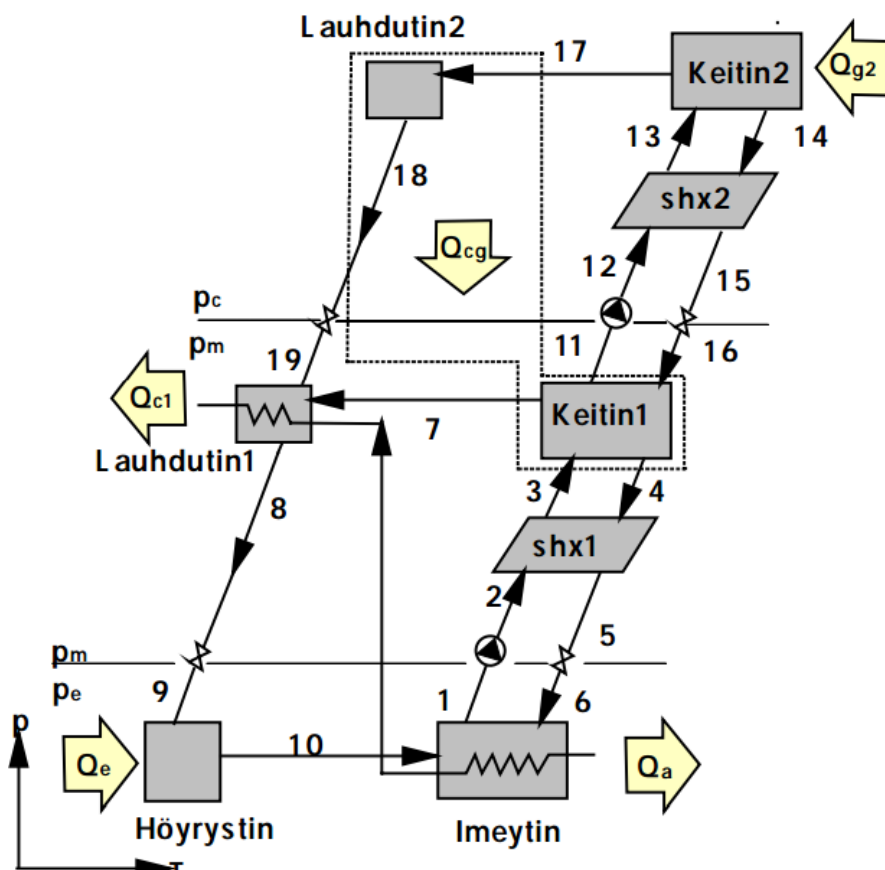


Kuva 13. Ammoniaki-vesijäähdytyskone ammoniakki-lauhteen esijäähdytyksellä (1)

Ammoniakki-vesijäähdytyskoneen hyötysuhdetta voidaan myös parantaa johtamalla imeyttimestä lähtevä nestevirta rektifikaatiokolonnin kautta liuoslämmönsiirtimeen, jolloin jäähdytysvirtaan siirrettävä lämpömäärä pienenee (kuva 13). Rektifikaatiokolonnin kautta kulkeva nestevirta laskee liuoslämmönsiirtimen jäähdytystarvetta, mutta se lisää imeyttimeen lämpökuormaa, näin olleen hyötysuhteen parantaminen kulkee määrättyissä rajoissa (1; 6.)

3.2 Kaksivaiheinen prosessi (Double Effect)

Kaksivaiheinen prosessi on käytössä vesi-litiumbromidinesteparille (kuva 14). Prosessissa on yhden keittimen sijasta kaksi keitintä käytössä, prosessiin tuotu lämpöenergia hyödynnetään kahdessa eri keittimessä peräkkäin. Keittimien lisääminen teoriassa kasvattaa kylmäkoneen kylmäkertoimen arvoa niin moninkertaiseksi kuin keittimien lukumäärä on. Todellisuudessa kylmäkoneen kylmäkertoimen arvo on paljon pienempi kuin keittimien lukumäärän kerroin, lämpöhäviöiden kasvaessa moninkertaisiksi laitteiston pinta-alan kasvun takia. Kaksivaiheisen prosessin voidaan ajatella koostuvan kahdesta erillisestä yksivaiheisesta prosessista, jotka ovat yhdistettynä. Kaksivaiheinen jäähdytysprosessi on ainoastaan kompressoriprosessiin verrattuna kilpailukykyinen, jos primäärienergia on halpaa.

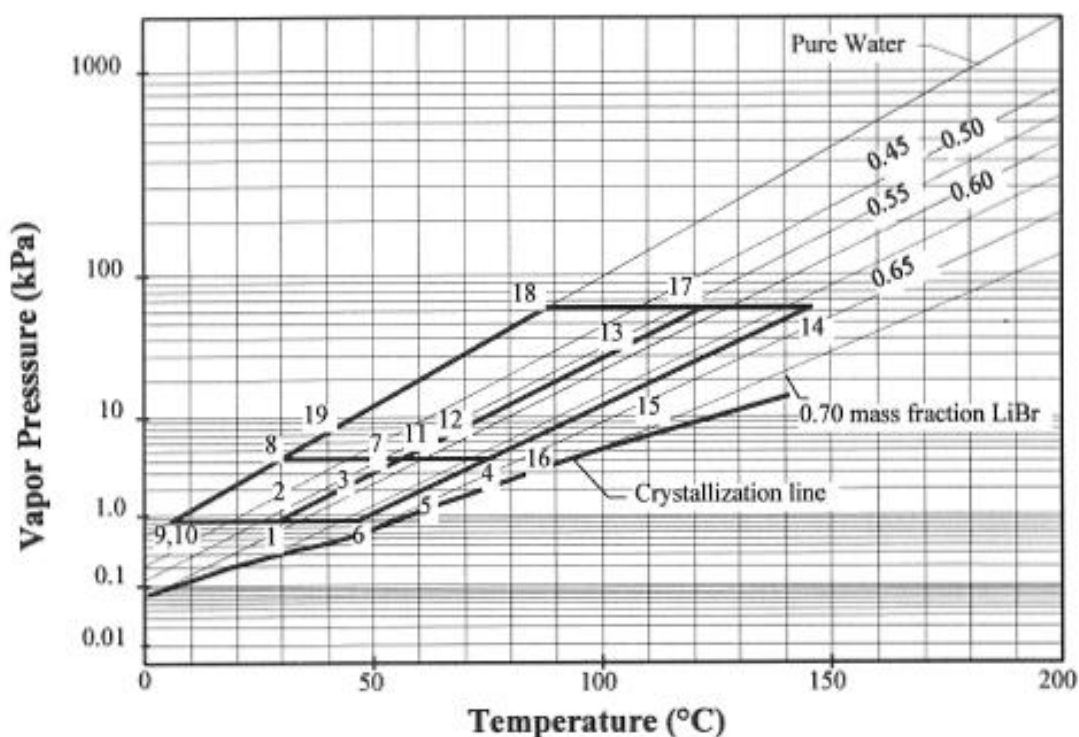


Kuva 14. Kaksivaiheinen absorptiojäähdytyskone (1)

Kaksivaiheinen prosessi toimii kolmessa eri painetasossa. Keitin 2 ja lauhdutin 2 toimivat korkeimmassa painetasossa. Keitin 1 ja lauhdutin 1 toimivat keskimmaisessa painetasossa 1, imeytin ja höyrystin toimivat alimmassa painetasossa. Lämpövirta tuodaan sisään keittimeen 2. Keittimestä 2 höyrystynyt työaine lauhtuu lauhduttimeen 2. Lauhduttimesta 2 vapautuva energia käytetään keittimen 1 polttoaineena eli lämpövirta höyrystää työaineen absorbentista. Lauhdutin 2 ja keitin 1 ovat koteloituina samaan kuoreen. Lauhduttimen 2 ja keittimen 1 välillä on prosessin sisäinen lämmönsiirto, jolla siirretään keittimelle 1 tarvittava lämpövirta työaineen höyrystämiseen. Lämpöä prosessista poistuu lauhduttimesta 1 sekä imeyttimestä jäähdyttävään nestekierto. Höyrystimelle menevä työainekierto kulkee kummankin lauhduttimen läpi. Lauhduttimesta 2 työaine virtaa paineenalennuksen kautta lauhduttimeen 1. Lauhduttimesta 1 työainekierto virtaa paineen alennuksen kautta höyrystimeen ja toimii siellä höyrystimen painetasossa. Kaksivaiheisen prosessin keitin 1 ja lauhdutin 1 toimivat samassa lämpötilassa kuin yksivaiheisen prosessin.

Keittimen 2 toiminta korkeammassa lämpötilassa nostaa sisään tuotavan lämpövirran lämpötilan noin 150 °C:seen (kuva 15). Kaksivaiheisen prosessin hyötynä on korkeampilämpöisen lämpövirran hyödyntämisen mahdollisuus, mutta taas haittana, ettei esimerkiksi kaukolämpö kelpaa enää lämpövirraksi prosessille, sen liian matalan lämpötilan vuoksi. Korkeamman lämpötilan käyttö lisää korroosio-ongelmia jäähdytyskoneella.

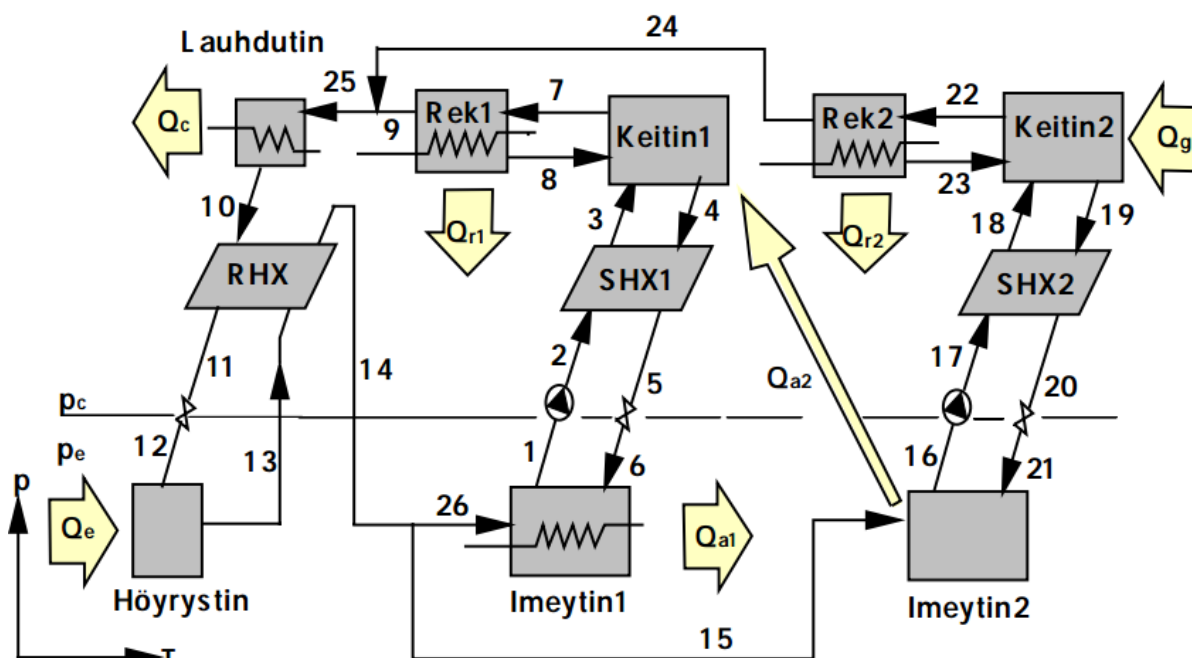
Kaksivaiheisen liuoskierto voidaan kytkeä rinnankytkentänä (kuva 14) tai sarjakytkentänä. Rinnankytkennässä keittimestä 1 tulevan väkevän litiumbromidi pumpataan keittimeen 2 imeyttimen sijasta. Sarjakytkennässä laimea litiumbromidiliuos virtaa keittimen 1 lämmönsiirtimestä suoraan keittimen 2 lämmönsiirtimeen ja sieltä keittimeen 1 ohittaen keittimen 2. Rinnankytkennässä kylmäkertoimen arvo on hiukan korkeampi kuin sarjakytkennässä. Sarjakytkentä on taas säädöiltään helpommin ajettava kuin rinnankytkentä (1; 6.)



Kuva 15. Litiumbromidin kulku prosessissa (6)

3.3 Kaksiportainen prosessi (Two-Stage)

Kaksiportaisen prosessin nesteparina käytetään ammoniakki-vesiparia. Kaksiportainen prosessi perustuu samaan pääperiaatteeseen kuin kaksivaiheinen prosessi eli prosessiin tuotava lämpöenergian määrä on suurempi ja keittimiä on tästä syystä kaksi. Kaksiportainen prosessi eroaa kaksivaiheisesta prosessista rakenteellisesti siten, että imeytimiä on kaksi (kuva 16). Keittimien lämmönlähteenä on yleisesti käytetty höyryä tai savukaasua. Keittimen 2 lämpövirtana käytetään prosessin ulkopuolelta tuotua energiavirtaa. Keittimestä 2 vapautunut höyry kulkee prosessin rektifikaatiotislauskollonni 2 läpi ja yhtyy lauhduttimelle menevään työainekierto, nähdään kuvasta 16 kohteet keitin 2 ja imeytin 2. Keittimen 2 yhteydessä toimivasta imeytimestä 2 vapautuvaan absorptiosta syntyvää lämpöenergia käytetään keittimen 1 prosessienergiana. Keittimestä 2 tuleva työainekierto kulkee rektifikaatiotislauskollonni 1 läpi ja yhtyy samaan lauhduttimelle menevään kuin keittimen 2 kiertoon. Prosessiin tuotu lämpöenergia hyödynnetään kahden kertaan prosessissa. Kaksiportaisessa prosessissa painetasoja on kaksi, keittimet toimivat siis samassa painetasossa ja kumpikin imeytin sekä höyrystin toimivat toisessa painetasossa. Kaksivaiheisen absorptiojäähdytyskoneen toimintaan vaaditaan painetasoja kolme (1; 6.)

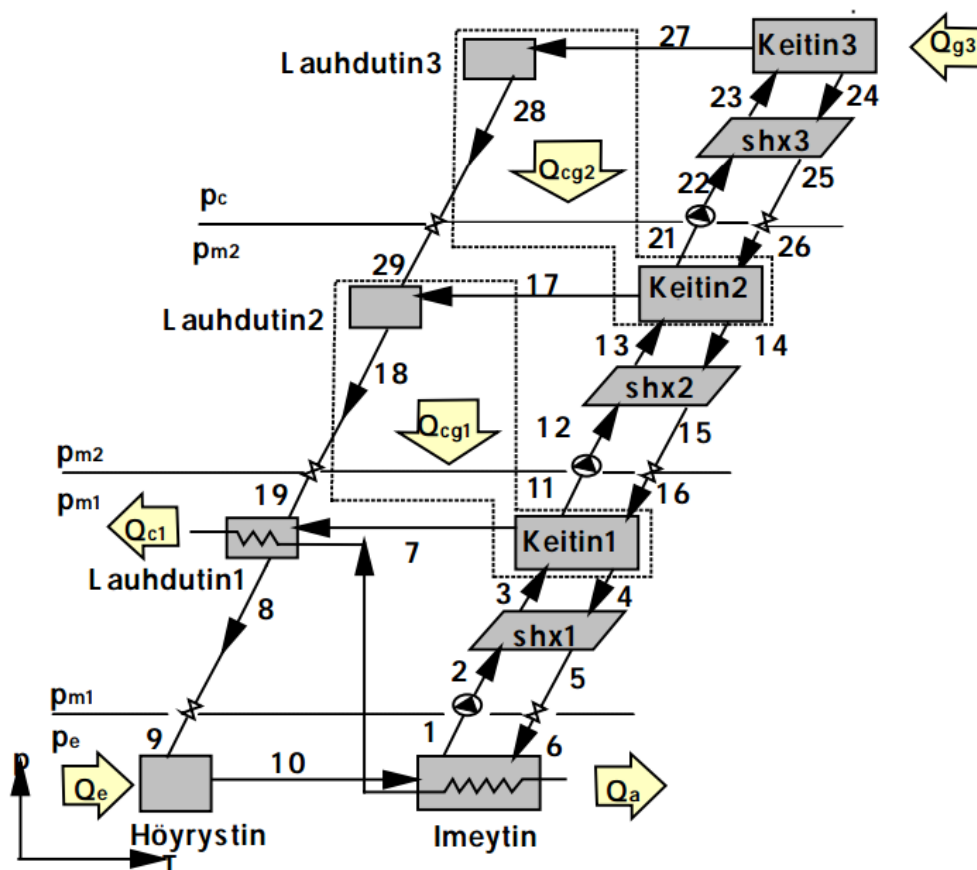


Kuva 16. Kaksiportainen absorptiojäähdytin (1)

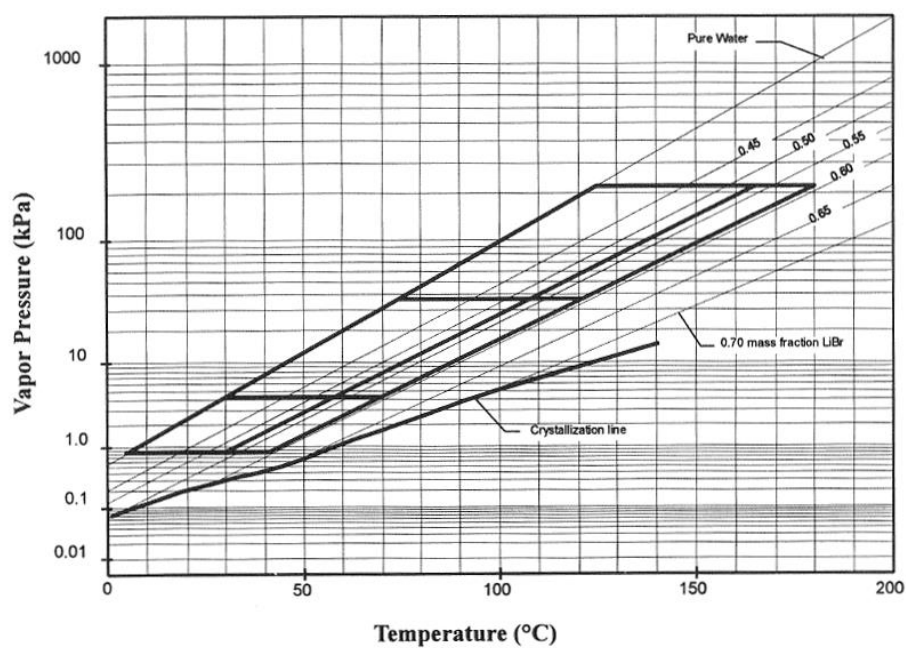
3.4 Kolmivaiheinen prosessi (Triple-Effect)

Kolmivaiheisessa prosessissa käytetään litiumbromidi-vesinesteparia. Kolmivaiheinen prosessi toimii samalla tapaa kuin kaksivaiheinen prosessi, erona on että kolmivaiheisessa prosessissa on kolme keitintä (kuva 17). Kolmivaiheinen prosessi toimii neljässä eri painetasossa. Keitin 3 ja lauhdutin 3 toimivat korkeimmassa painetasossa, painettaso nousee keittimellä 3 ja lauhduttimella 3 niin korkeaksi että paine on vallitsevan ilmapaineen yläpuolella (kuva18). Seuraavaksi korkeimmassa painetasossa toimivat keitin 2 ja lauhdutin 2. Kolmannessa painetasossa toimivat keitin 1 ja lauhdutin 1. Alhaisimmassa painetasossa toimivat imeytin ja höyrystin.

Kolmivaiheisessa- prosessissa lämpövirta tuodaan keittimeen 3 (kuva 17). Lauhdutin 3 ja keitin 2 on koteloitu samaan kuoreen. Keitin 2 käyttää prosessienergiana lauhduttimen 3 lauhtumisenergiaa, lauhduttimelle 3 ja keittimelle 2 on sisäinen lämmönsiirto lämpöenergian siirtämiseksi. Lauhdutin 2 ja keitin 1 ovat koteloituna samaan kuoreen. Keitin 1 käyttää työenergiana lauhduttimen 2 lämpöenergiaa. Lauhtunut vesi siirtyy prosesseissa eteenpäin lauhduttimien välillä aina höyrystimelle asti. Energiaa poistuu prosessissa lauhduttimesta 1 ja imeyttimestä, jossa kiertää ulkoinen jäähdyttävä nestekierto (1; 6.)



Kuva 17. Kolmivaiheinen prosessi (1)

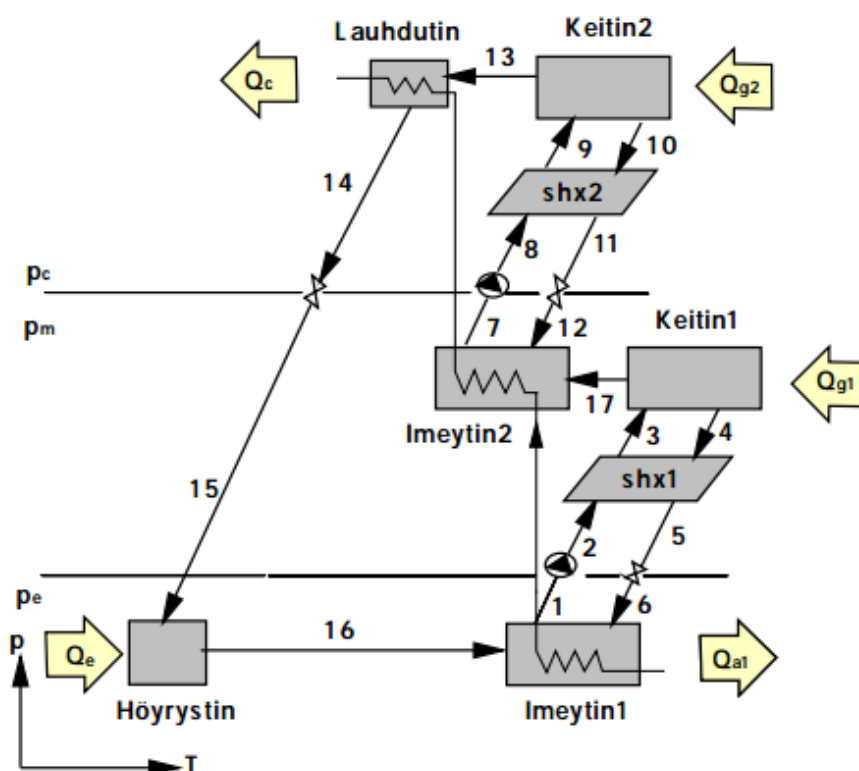


Kuva 18. Litiumbromidin kulku prosessissa (6)

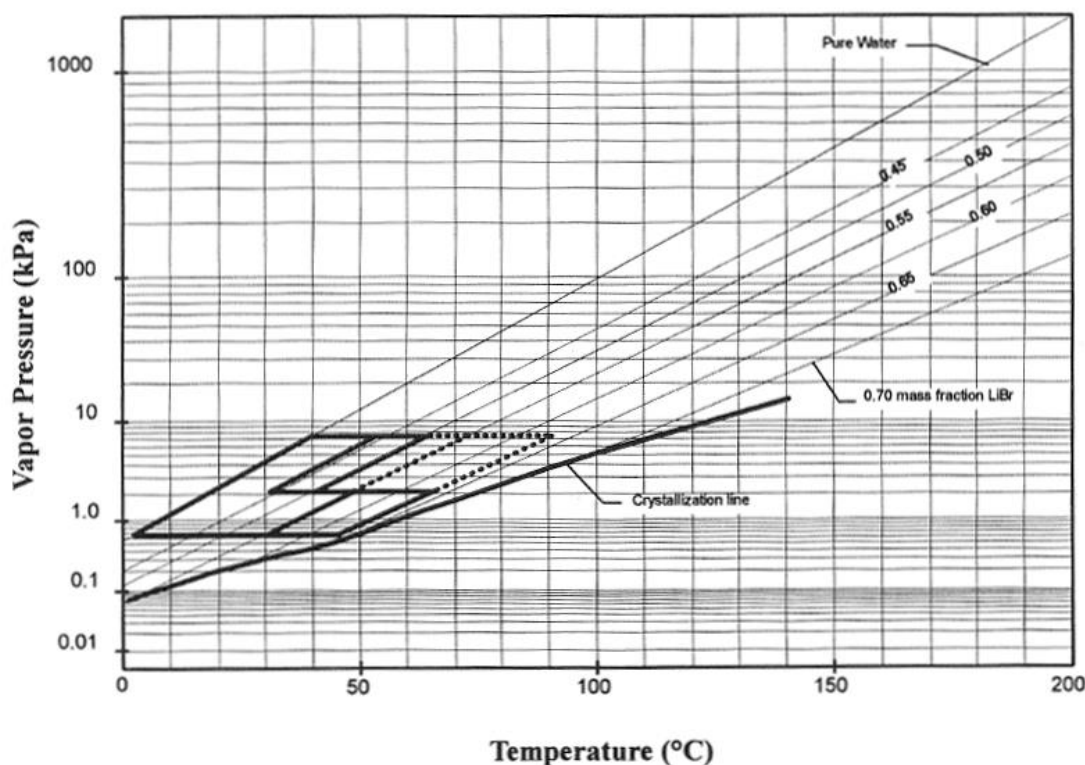
3.5 Puolivaiheinen prosessi (Half-Effect)

Puolivaiheisessa prosessissa (kuva 19) nesteparin käytetään vesi-litiumbromidia. Puolivaiheinen prosessi soveltuu kohteisiin, jossa lämpövirran määrä on liian alhainen yksivaiheiselle prosessille. Puolivaiheisessa prosessissa on kolme painetasoa. Jäähdytyskoneen toiminta vaatii kaksi keitintä ja kaksi imeytintä, kahden imeyttimen käyttö poikkeaa normaalista litiumbromidi-vesiabsorptiojäähdytyskoneen rakenteesta. Keittimestä 1 tuleva työaine johdetaan imeyttimeen 2, jossa seos väkevöidään uudelleen (kuva 20). Vasta keittimestä 1 tuleva työainehöyry johdetaan lauhduttimelle ja paineenalennuksen kautta höyrystimelle.

Rakenteeltaan jäähdytyskone on muuten samanlainen kuin yksiportainen. Toisen imeyttimen ansiosta lämpövirran lämpötilaksi riittää vain 70 °C:n lämpövirta. Puolivaiheinen jäähdytyskone on lähinnä vain laboratorio-olosuhteisiin rakennettu kojeisto, jota testataan ja pyritään parantelemaan kaupalliseen käyttöön sopivaksi (1; 6.)



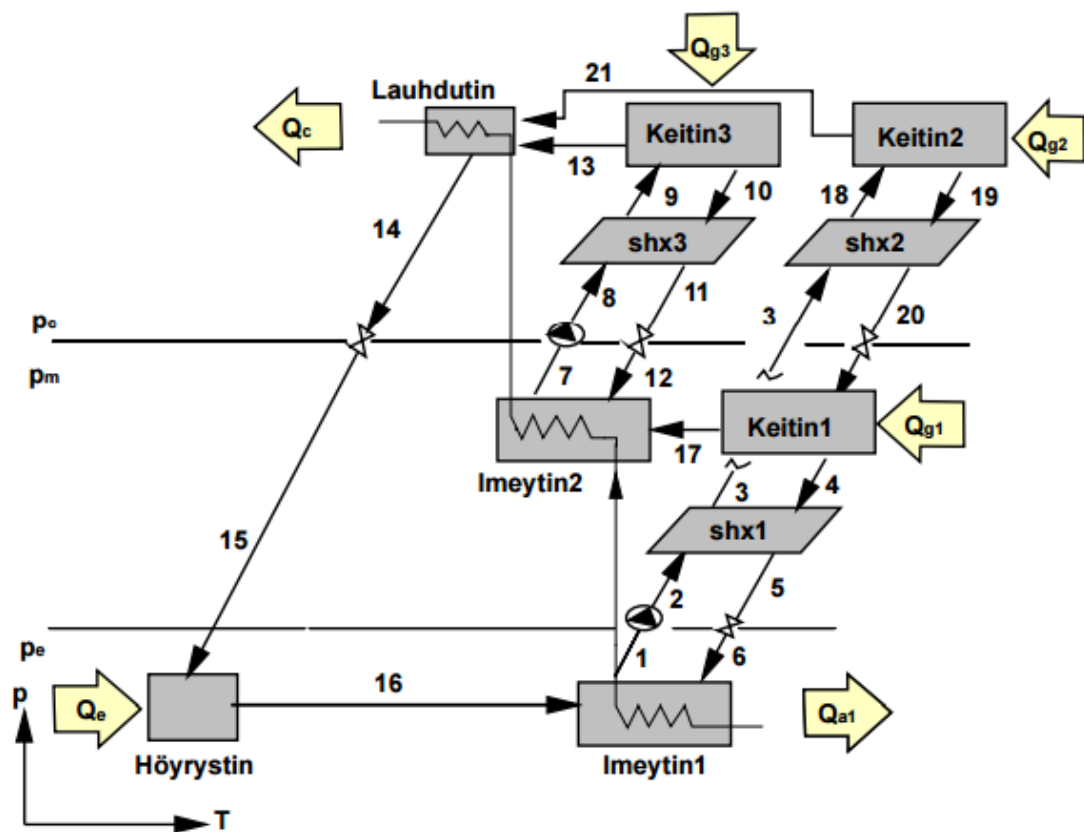
Kuva 19. Puolivaiheinen absorptiojäähdytyskone (1)



Kuva 20. Ammoniakin kulku prosessissa (6)

3.6 Puoli-/ kaksivaiheinen prosessi Single-Effect / Double-Lift

Puoli-/ kaksivaiheinen prosessi (kuva 21) on samanlainen rakenteeltaan kuin puolivaiheinen prosessi, mutta keittimen 2 rinnalle on lisätty toinen keitin. Aineparina käytetään vesi-litiumbromidia. Puoli-/ kaksivaiheiseen prosessiin voidaan viedä lämpövirtaa, joka on 70 °C:n lämpöistä. Prosessia voidaan ajaa kaksivaiheisena, jolloin nestevirta kulkee keittimen 1 ja keittimen 2 läpi. Prosessia ajetaan kaksivaiheisena, silloin kun sisään tuotava lämpövirta on sopivaa kaksivaiheiselle absorptiojäähdyttimelle. Puoli-/ kaksivaiheisena prosessia ajetaan, kun sisään tuleva lämpöenergia on liian kylmää käytettäväksi kaksivaiheiseen prosessiin. Puoli-/ kaksivaiheisena ajettaessa nestevirta kulkee kaikkien kolmen keittimen läpi. Puoli-/ kaksivaiheinen jäähdytyskone sopii erittäin hyvin kohteisiin, joissa lämpövirran lämpötila vaihtelee. Prosessia ajettaessa puoli-/ kaksivaiheisen asetuksilla saadaan 30 K astetta lämpövirrasta talteen. Puolivaiheisen asetuksilla ajettaessa jäähdytyskoneella saadaan 10 K astetta talteen lämpövirrasta (1; 6.)



Kuva 21. Single-effect/ double-lift absorptiojäähdytin (1)

4 Huoltoa valmistelevat työt

Perushuolto tulee ajoittaa ennakkoon suunniteltujen huoltotarpeiden mukaisesti. Perushuolto suoritetaan kahdeksan vuoden välein jäähdytyskoneelle. Huoltoa aloitettaessa on suoritettava seuraavat toimenpiteet.

- Tarkastetaan pumppujen painepuolen paineet ja kirjataan lukemat muistiin. Pumppujen painepuolen venttiileiden asento pitää merkitä muistiin ylös, jotta konetta palautettaessa tuotantoon on mahdollista säätää pumpuille karkea säätö.
- Ennen huoltoa lämpökeskusaluevalvomoon tulee asettaa käynnistysenesto huollettavalle koneelle.
- Jäähdytyskoneen käyttö pitää asettaa paikalliskäyttöpaneelista paikallisajolle.
- Jäähdytyskone pitää erottaa kaukolämpölinjasta ja estää primäärienergian pääsy koneeseen.
- Kaukokylmä- sekä ulkoisen jäähdytyskierron käsiventtiilit tulee sulkea, jotta saadaan estettyä nestekiertojen pääsy jäähdytysprosessiin.
- Jäähdytyskoneen kaukokylmäveden kierrätyspumppu sekä ulkoisenjäähdytyskierron kierrätyspumppu pitää kytkeä irti sähköverkosta. Kaukokylmä- sekä ulkoisenjäähdytyskierron kierrätyspumput ovat konekohtaisia.
- Jäähdytyskoneesta tulee hiljentää murtokalvon hälytykset.
- Jäähdytyskoneen sisäisen nestekierron pumpuista irrotetaan sähköjohdot sekä pumppujen sulakkeet. Jäähdytyskoneen nestekiertopumppuja on konekohtaisesti 3 kpl (kuva 22). 1WX20D101 kierrättää höyrystimen sisällä olevaa työainekiertoa tehostaen höyrystymistä, 1WX20D111 kierrättää raakaa absorbenttiseosta keittimestä imeyttimelle, 1WX20D121 kierrättää imeytimestä absorbentin ja työaineen seosta imeytimestä takaisin keittimelle.
- Kylmäkoneeseen asennetaan painemittarit erillisiin yhteisiin, joista koneen sisäistä painetta voidaan seurata konetta typetettäessä.



Kuva 22. kylmäkoneen pumput (10)

4.1 Jäähdytyskoneen typetys

Yhden jäähdytyskoneen typetykseen tarvitaan noin 40 m^3 NTP-olosuhteissa olevaa typpeä. Typeä vuotaa huollon aika koneesta ulos, joten sitä on tilattava noin 120 m^3 huollon ajaksi. Tarvittava 120 m^3 typeä saadaan 12 pullosta joissa typeä on 50 litraa nestemäisessä faasissa puristettuna 20 MPa:n paineeseen. Typeä varten on tilattava typpipatteristo, jossa typpipullot yhtyvät samaan typetyslinjaan. Tyypilinjaan asetetaan paineenalennusventtiili, jotta jäähdytyskoneen sisäinen painetaso voidaan asettaa sopivaksi. Tyypiletku asennetaan hydroejektoria laval-linjaan jäähdytyskoneen oman istukkamallisen linjaventtiilin taakse (kuva 23). Typetystä ennen on jäähdytyskoneelle kaikkien kolmen pumpun imupuolen laskuputkiin asennettava tyhjennysventtiilit ja letkut, joista neste voidaan laskea hallitusti ulos koneesta. Tyhjennysventtiileinä voidaan käyttää normaaleja palloventtiilejä. Tyhjennysventtiilit kiinnitetään jäähdytyskoneeseen käyttäen tiivisteliimaa kierrepinnoissa. Tyhjennysventtiilit on tärkeää asentaa ennen typen laskemista koneen sisälle, sillä tyhjennysreiät sijaitsevat koneen alimmissa kohdissa. Koneen painetaso ollessa alipaineessa ilmanpaineeseen verrattuna, estää alhaisempi painetaso nesteiden valumisen koneesta ulos. Tyhjennysventtiilit on asennettava myös hydroejektoria tankkiin sekä kahden ejektoriputken alimpaan kohtaan. Venttiilit tulee

poistaa huollon yhteydessä mahdollisten vuotokohtien minimoimiseksi jäähdytyskoneessa. Typetys aloitetaan avaamalla istukkaventtiili ejektoriputkesta ja asettamalla paineenalentimen painetaso 100 kPa:iin. Koneen sisäistä painetta tarkkaillaan noin tunnin välein. Kylmäkoneen sisäisen painetason ylittäessä 500 kPa voidaan paineenalentimen paine asettaa 200 kPa:n arvoon. Kylmäkoneen sisäistä painetta tarkkaillaan kahden erillisen painemittarin kautta ja arvoa verrataan hallissa vallitsevaan ilmanpaineeseen. Koneen sisäisen painetason saavuttaessa hallin painetason pysäytetään typen syöttö koneen sisälle. Typetys kestää noin 8 tuntia.



Kuva 23. Typetysletku ja painemittarit (10)

4.2 Jäähdytyskoneen tyhjennys

Jäähdytyskoneen tyhjennys voidaan aloittaa koneen sisäisen painetason noustessa vallitsevan ilmanpaineen yläpuolelle. Jäähdytyskoneen sisäisen painetason nousemista on tarkkailtava. On varmistuttava ettei paine nouse 50 kPa:ta vallitsevan ilmanpaineen yläpuolelle. Jäähdytyskoneen sisäisen paineen noustessa 50 kPa:ta ilmanpaineen yläpuolelle rikkoutuu murtokalvo, joka on koneen turvajärjestelmä koneen sisäisen paineen nousun estämiseksi. Koneen sisäisen paineen nostaminen on ehtona sille että nesteet saadaan valutettua koneesta ulos. Keittimestä ja imeyttimestä ulos päästettävä absorptio- ja työaineen seos on hyvä ottaa erilliseen säiliöön talteen samoin kuin höyryrystimestä

ulos päästettävä työaine. Tyhjennykset sijaitsevat jokaisen kolmen pumpun imuputkessa (kuva 24). Tyhjennyksessä on varmistuttava siitä, että kaikki venttiilit ovat auki, jotta neste pääsee vapaasti virtaamaan joka paikasta ulos. Tässä vaiheessa myös pumppujen painepuolen venttiilit on avattava täysin auki. Hydroejektori on tyhjennettävä takkiin asennetusta tyhjennyksestä sekä laval-putkista. Koneesta tulee nesteitä ulos yhteensä noin 3,5 - 4 m³. Koneeseen asennetaan varoventtiiliksi letku, joka toimii hydrostaattisen paineen mukaisesti. Letku kiinnitetään venttiiliin taakse ja letkuun tehdään noin 3 m korkea pussi, joka täytetään tislatusvedellä. Koneen sisäisen paineen kasvaessa korkeammaksi kuin ilman paine alkaa vesi valua letkusta eikä paineen nousu aiheuta mekaanisia rikkoutumisia. Tyhjennyksen jälkeen hydroejektori sekä laval-suuttimet on huuhdeltava kaukolämpövedellä. Hydroejektoritankki on kuivattava sisältä, korroosion estämiseksi sekä ainepitoisuuksien pitämiseksi oikeina koneen sisällä. Laval-suuttimet on tarkastettava tukosten varalta laval-putkien päällä sijaitsevista kierretulppien kautta. Hydroejektorin sisäinen kunto on tarkistettava korroosion ja kiteytymisen varalta.



Kuva 24. Tyhjennysyhteet (10)

4.3 Istukkaventtiilin huolto

Istukkaventtiileihin vaihdetaan tiivisteet, jotka tiivistävät venttiilin ulkoisesti ja estävät hapen pääsyn koneen sisälle. Istukkaventtiilihuolto on hyvä tehdä typetyksen kanssa samaan aikaan, kun koneen sisällä vallitsee alipaine ilmanpaineeseen verrattaessa. Koneen ollessa alemmassa paineessa kuin hallin ilmanpaine eivät litiumbromidijäämät pääse valumaan koneen sisältä venttiilin karan taakse.

Venttiilin huolto aloitetaan kiertämällä venttiilin suojahattu auki ja tarkistamalla venttiilin positio eli onko venttiili kiinni- vai auki-asennossa. Venttiili kierretään kiinniasentoon. Venttiiliä kiertäessä on hyvä huomioida poikkeamat venttiilin liikkumisessa sekä päätellä venttiilin sisäistä kuntoa liikeherkkyydestä. Venttiilin karamutteri kierretään irti (kuva 25). Karamutterin kierteet tulee puhdistaa. Karamutteriin vaihdetaan o-renkaat karan ja mutterin väliseen tiivistys pintaan (kuva 26). Karamutterin pohjalle vaihdetaan muovinen tiivistysrengas (kuva 27). Karamutteri sekä kara voidellaan silikonirasvalla. Mutteri kiristetään kiinni tiukasti jotta muovinen tiivisterengas painautuu tiiviste pintoja vasten. Karamutterin kiristämisen jälkeen on hyvä liikuttaa venttiilin karaa ääripäiden, välillä jotta venttiili saadaan asettumaan oikein istukkaan, karan liikuttamisen jälkeen on hyvä tarkistaa karamutterin kireys.

Venttiili palautetaan lopuksi aukipositioon sekä käyttöön otettaessa venttiili on säädettävä alkuperäiseen positioon, jos venttiilin alkuperäinen asento on ollut suljettu. Venttiilin karan suojahattuun vaihdetaan o-rengas, suojahatun kierre voidellaan silikonirasvalla. Venttiilin suojahattuun vaihdetaan uusi tiiviste (kuva 28). Venttiilin kara voidellaan lopuksi silikonirasvalla ja suojahattu kierretään kiinni. Venttiili on tärkeä voidella silikonirasvalla, jotta vältetään hapen ja litiumbromidin yhteisvaikutuksen aiheuttamalta nopealta teräksen hapettumiselta. Jäähdytyskoneessa on 25 kpl DN15-, 1 kpl ND25-, 2 kpl DN 50-, 2 kpl DN65- ja 3 kpl DN100-venttiileitä.



Kuva 25. Istukkaventtiili (10)



Kuva 26. Karamutteri (10)



Kuva 27. Venttiilin muovinen tiivisterengas (10)



Kuva 28. Suojahattu (10)

Venttiilinkaran ollessa vioittunut voidaan kara vaihtaa uuteen (kuva 29). Istukka voidaan purkaa kahteen osaa. Istukka on koottu neljällä pultilla yhteen ja se voidaan purkaa helposti. Venttiilin kara on helppo vaihtaa mutta istukan vaihtaminen vaatii putken istukan irti leikkaamista ja uudelleen hitsaamista. Venttiilin karassa on muovinen tiivisterengas joka kuluu käytössä tai rengas voi rikkoutua venttiiliä kiristettäessä liikaa. Istukka on teräksinen runko, jonka tiivistepinta voi vaurioitua hapen aiheuttamasta korroosiosta tai kulua virtausta kuristettaessa (kuva 30). Venttiilin istukan rungon välissä on tiivisteenä o-rengas.



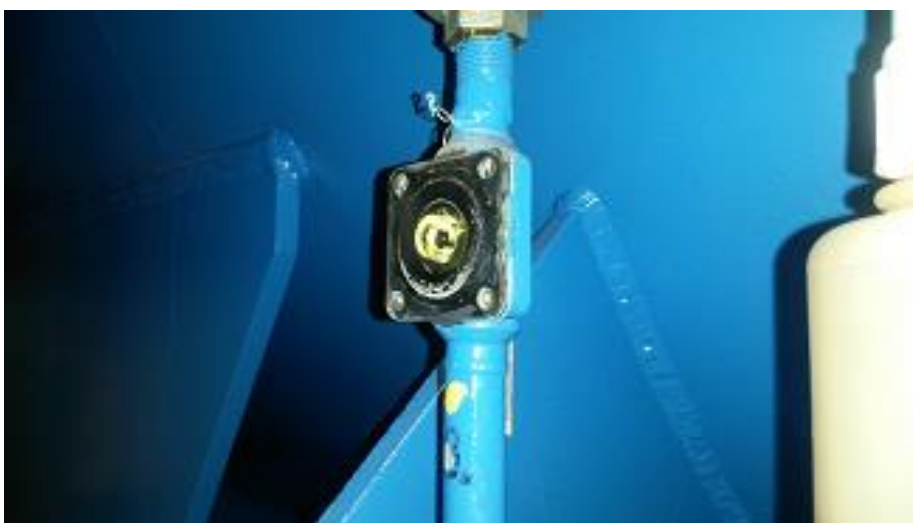
Kuva 29.Venttiilinkara (10)



Kuva 30.Venttiiliniistukka (10)

4.4 Kumikalvoventtiilin huolto

Kumikalvoventtiilin huolto on aloitettava koneen sisäisen typpipaineen säätämällä ilmanpaineen kanssa samaan arvoon, jotta venttiiliä avattaessa sen takana ei ole kovaa vastapainetta eikä mahdollisia litiumbromidijäämiä pääse roiskumaan. Kumikalvo venttiilin runko on koottu neljällä pultilla. Venttiili kierretään kiinniasentoon venttiilin runkoa purettaessa. Venttiilinrungan kiinnityspultit avataan, rungon puolikas irrotetaan rungosta, kumikalvo pidetään rungossa paikoillaan (kuva 31). Kumikalvo tulee irrottaa varovaisesti huomioiden mahdolliset litiumbromidiroiskeet. Venttiilin runko tarkastetaan mahdollisten vaurioiden osalta (kuva 32). Uusi kumikalvo voidellaan silikonirasvalla ja asennetaan paikoilleen. Venttiilin kara tarkastetaan murtumien sekä kulumien osalta. Venttiilin kara voidellaan silikonirasvalla. Venttiilin karan ollessa poikki tai vioittunut vaihdetaan venttiilinkara uuteen. Venttiilin tiivistys tapahtuu uuden kumikalvon kumilla eikä tiivisteliimaa ole tarpeellista käyttää tiivistyksessä. Vanhasta venttiilin kumikalvosta tutkitaan mahdollisia murtumia. Venttileiden kumikalvojen tutkiminen vaikuttaa huoltovälien pituuteen, huoltoväliä voidaan tihentää havaittaessa kumikalvojen murtumista. Kumikalvoventtiileiden huollon yhteydessä tarkastetaan hydroejektori tankin pinnan alarajamittaus. Mittari irrotetaan hydroejektorin nesteiden laskuputkesta ja sen toiminta tarkastetaan (kuva 33). Mittarin mittaussyhteet tarkastetaan korroosion ja ulkoisten ainesosien kiteytymisen takia. Pinnan korkeusanturin kierteet tiivistetään tiivisteliimalla. Toimilaitteella toimiva kumikalvoventtiili ajetaan kiinni käsin tai automaatiosta. Toimilaite irrotetaan venttiilin rungosta ja kumikalvo vaihdetaan uuteen. Toimilaitteen positio tulee olla kiinni huollon jälkeen.



Kuva 31. Kumikalvoventtiili (10)



Kuva 32. Kumikalvoventtiilin runko (10)



Kuva 33. Pinnankorkeusmittaus (10)

4.5 Tarkastuslasi huolto

Tarkastuslasien huollossa tarkastuslasit avataan ja tiivisteet vaihdetaan uusiin. Tarkastusyhteitä jäähdytyskoneessa on 3 kpl (kuva 34). Tarkastuslasit ovat kiinnitetty jäähdytyskoneen vaippaan KM-mutterilla. Jäähdytyskoneen sisäinen painetaso tulee säätää ilmanpainetta vastaavaan paineeseen, jotta tarkastuslasin takana vallitseva paineen aiheuttama voima ei purista lasia mutteria vasten tiukasti vaikeuttaen mutterin avaamista sekä välttämään mahdolliselta vaaratekijältä. Mutteri kierretään auki, lasi poistetaan tarkastusyhteen suulta, mahdolliset tiivistejäämät kaavitaan yhteen suulta pois. Tarkastusyhde puhdistetaan irtonaisesta liasta. Uudet tiivisteet asennetaan paikoilleen yhteen suulle. Tiivisteenä yhteen suulla on O-rengas sekä kuminen tasotiiviste. Tiivisteiden päälle asetetaan tarkastuslasi, joka vaihdetaan tarvittaessa uuteen. Tarkastuslasin päälle asetetaan muovinen liukurengas, joka pienentää liukukitkaa mutterin ja lasin vastakkaisilla liukupinnoilla sekä tasoittaa lasiin kohdistuvaa epätasaista puristusjännitystä, joka saattaa rikkoa lasin. Mutteri kiristetään 100 Nm. Lasin tiiveyttä parantaa koneen toiminta alhaisessa paineessa. Vallitseva ilmapaine muodostaa lasiin voiman, joka parantaa lasin tiiveyttä. Tyhjiöidessä konetta tulee lasien tiiveyteen kiinnittää huomiota. Mahdollisissa vuototilanteissa voidaan lasia jälkikiristää.



Kuva 34. Tarkastusyhde (10)

4.6 Pumppuhuolto

Pumppuhuolto toteutetaan pumpuille 1WX20D111, 1WX20D121, 1WX20D101 (liite3). Pumpun sähköjohdot tulee irti kytkeä kytkentärasiasista, johtojen paikat tulee merkitä johtoihin sekä kytkentärasian liittimien välillä, jotta pumpun pyörimissuunta pysyy oikeana. Kytkentärasia tulee tiivistää nesteen sisään pääsemisen estämiseksi staattorin sisälle. Pumpun ympärillä oleva tukipanta irrotetaan. Pumpun alla oleva tuentarauta irrotetaan, jotta pumppua voidaan tukea alapuolelta sitä irrotettaessa. Pumpun imu- ja painepuolen venttiili kierretään kiinni, jotta tyyppi kaasun karkaamiselta vältetään sekä pumpun taakse paineesta aiheutuva työntävä voima saadaan eliminoidua. Pumpun kiinnitysmutterit kierretään auki. Pumpun alle asetetaan pyörillä varustettu pukki jolla pumppu voidaan vetää suoraan pois sovitteesta (kuva 35). Pumpun imuputki tarkastetaan korroosion sekä kiteytymisen varalta. Korroosiota tai kiteytymistä havaittaessa pitää tehdä laajempia tutkimintoja ongelman aiheuttajista sekä miettiä mahdollisuuksia ongelman ratkaisuksi. Hapen aiheuttamaa korroosiota esiintyy pumpun putkissa erittäin harvoin, mutta paineesta aiheutuvaa kavitaatiokorroosiota on mahdollista syntyä. Kavitaatiokorroosiota aiheutuu painetasojen muutoksesta sekä pumpun painepuolen venttiilien liiallisesta kulumisesta. Kiteytymistä voi aiheutua litiumbromidin liian suuresta pitoisuudesta, joka voi taas johtua prosessin monesta eri ongelmasta. Pumpulla 1WX20D111 tulee kiinnittää erityistä huomiota tarkasteltaessa pumpun imuputkeen, paineputkeen, juoksupyörään sekä imupyörään. Pumppu 1WX20D111 pumppaa raakaa litiumbromidiliuosta keittimestä imeyttimelle, keittimen vääristä käyntiarvoista aiheutuu pumppuun litiumbromidisuolan kiteytymistä. Pumpun putkien tarkastuksen jälkeen pumpun sovitteeseen asennetaan umpilaippa pumppuhuollon ajaksi. Pumpun irrotuksen jälkeen pumppu tulee huuhdella vesijohtovedellä, jotta litiumbromidisuola saadaan pois pumpun osista ja vältetään pumpun korroosiolta.



Kuva 35. Pumpun irrottaminen (10)

4.6.1 Pumpun purkaminen

Pumpun purku aloitetaan irrottamalla staattori ja roottori toisistaan. Roottori irtoaa vetämällä staattoria ja roottoria aksiaalisuuntaan toisistaan. Roottoria pitää staattorin sisässä liukulaakereista aiheutuva kitka sekä staattorin magneettikentän vetovoima. Roottori huuhdellaan irrottamisen jälkeen vesijohtovedellä korroosion estämiseksi.

Akselissa on 5 mm:n reikä, jolla mutteria käännettäessä akselia voidaan pitää paikoillaan. Mutterin alla on lukituslevy, joka on käännetty mutteria vasten, varmistamaan mutterin kiinnipysyminen pumpun kiihdytys- ja jarrutustilanteissa joista aiheutuu mutterille avaava voima (kuva 36). Lukituslevy aukaistaan ja mutteri kierretään auki. Lukituslevy ja väliholkki poistetaan akselilta. Väliholkin alla on kiila, joka estää väliholkin erillisen ja roottorin akselin välisen pyörimisnopeuseron. Kiila pitää poistaa ennen liukulaakerin sisäkoolin vetämistä pois roottorin akselilta. Kiilan otsapinnan korkeus estää liukulaakerin säteittäiskoolin irrottamisen roottorin akselilta. Liukulaakerin säteittäis-laakerikoolin irrottamisen jälkeen roottorin akselilta voidaan irrottaa laakerin aksiaali-suuntaisen laakeroinnin kooli. Laakerikoolin oma kiila irrotetaan akselilta. Laakerikoolit tarkastetaan vaurioiden sekä ulkoisten materiaalien tarttumisen takia. Vaurioiden suuruudet tutkitaan.



Kuva 36. Roottorin takapää (10)

Staattorista puretaan roottorin takapään liukulaakerin laakeripesä (kuva 37). Laakeripesän kansi on kiinni neljällä pultilla staattorin rungossa. Kansi irrotetaan, jotta kannen alta saadaan vedettyä pois laakeripesä (kuva 38). Laakeripesän kyljessä on pidätinruuvi, joka estää liukulaakerin aksiaalisen liikkeen, ruuvi kierretään irti laakeripesästä. Laakeripesästä painetaan hydraulisella puristimella keraaminen liukulaakeri irti. Liukulaakerin kyljessä pidätinruuvien alla on teräksinen aluslevy, joka tulee ottaa talteen. Keraamisen materiaalin vuoksi liukulaakeri on hyvin pehmeää materiaalia, teräslevy on lisätty laakerin kylkeen pidätinruuvien aiheuttaman paineen jakamisen vuoksi.



Kuva 37. Laakeripesän kansi (10)



Kuva 38.Laakeri (10)

Roottorin etupään purkamisessa pumpun imupyörän alla on lukituslevy. Lukituslevy irtotetaan, pumpun imupyörä on kiinnitetty roottorin akseliin kierreliitoksella. Pumpun imupyörässä on vasenkätiset kiertteet. Imupyörä kierretään roottorin akselista irti (kuva 39).



Kuva 39.Pumpun imupyörä (10)

Pumpun juoksupyörä irtoaa vetämällä roottorin akselista imupyörän irrottamisen jälkeen. Pumpun juoksupyörän alta paljastuu kiila, joka siirtää pumpun momentin juoksupyörälle ja edelleen nesteen kineettiseksi energiaksi. Kiila irrotetaan akselista, laakerin säteittäis- ja aksiaalikooli irtoaa akselilta. Pumpusta irrotetut laakeripesät, pumppupyörä, imupyörä ja kiilat puhdistetaan liasta ja teräsoksidista. Laakeri irrotetaan laakeripesästä hydraulisella puristimella. Roottorinakseli sekä staattori puhdistetaan ja tutkitaan mekaanisten vauraiden varalta, osien ollessa vaurioituneita vaihdetaan osat uusiin.

4.6.2 Pumpun kokoaminen

Pumpun kokoamisessa tärkein asia on puhtaus. Puhtaus on erittäin tärkeää pumpun jokaisessa osassa, sillä pumpun laakereiden voitelu toteutetaan samalla nesteellä, jota pumppu pumppaa. Likapartikkeleiden joutuminen laakereihin aiheuttaa laakerin ennenaikaisen rikkoutumisen (kuva 40).



Kuva 40. Pumpun laakereissa esiintynyttä epäpuhtautta (10)

Pumpun kokoaminen aloitetaan etupäästä. Roottorin akseliin asennetaan laakerikooleja paikallaan pitävä kiila. Kiilojen asennuksessa on tärkeää huomioida kiilojen koko ja oikea paikka. Laakerikoolit asennetaan akselille, laakerikoolit puhdistetaan puhdistusaineella. Laakerikoolit uusitaan aina pumpun avaamisen yhteydessä. Laakeripesään asennetaan uusi keraaminen laakeri. Laakerin asennuksessa on huomioitava laakerin asento sekä

teräslevyn asentaminen laakeriin. Laakeri painetaan laakeripesään laakerisovitteen loppuun asti. Laakerin pidätinruuvi kiretään 5 Nm:n tiukkuuteen laakeria vasten. Pidätinruuvissa ei ole tarpeellista käyttää kierrelukitetta. Laakeri puhdistetaan sisältä, laakeripesä asennetaan laakerikooleille. Akselille asennetaan pumpun juoksupyörän kiila. Juoksupyörä asennetaan akselille ja lukituslevy asennetaan juoksupyörän perään. Pumpun imupyörä kierretään pumpun akseliin ja kiristetään momentin arvoon 50 Nm. Lukituslevy käännetään imupyörän avainväliä vasten.

Pumpun takapäähän asennetaan laakerikoolien kiila paikoilleen, uudet laakerikoolit asennetaan akselille. Laakerikoolit puhdistetaan puhdistusaineella. Laakerikoolien perään asennetaan väliholkin kiila ja väliholkki, joka välittää mutterin kiristysvoiman laakerikooleille. Väliholkin asennuksessa tulee huomioida holkkiin koneistettu olake, joka estää holkin asennuksen toisinpäin (kuva 41). Lukituslevy asennetaan akselille seuraavana. Mutteri kiristetään akselille arvoon 50 Nm. Mutteria kiristettäessä on oltava tarkkana, ettei lukituslevy tule laakerin-säteittäiskoolin liukupinnasta yli. Lukituslevyn ollessa asennettuna väärin se leikkaa keraamisesta laakerista palasen ja laakeri rikkoutuu enenaikaisesti (kuva 42). Mutterin kiristyksen jälkeen käännetään lukituslevy mutterin avainpintaa vasten.



Kuva 41. Väliholkki (10)



Kuva 42. Lukituslevyn asennus (10)

Pumpun takapäähän laakeri asennetaan laakeripesään oikeassa asennossa. Laakeriin tulee asentaa teräksinen painelevy ennen laakerin painamista pesään. Laakeri lukitaan pidätinruuvilla, joka kiristetään arvoon 5 Nm. Laakeri puhdistetaan huolellisesti sisältä. Laakeripesä asennetaan staattorin runkoon (kuva 43). Asennuksessa tulee huomioida pesän pidätintapin asettuminen oikeaan paikkaan (kuva 44). Laakeripesän ympärille asennetaan tiivisterengas. Laakeripesän kansi asennetaan staattorin runkoon kiinni, Rungon ja pesän väliin laitetaan kosteutta syrjäyttävää silikonirasvaa ulkoisten nesteiden aiheuttaman korroosion estämiseksi. Kansi kiristetään arvoon 30Nm.



Kuva 43. Laakeri ja laakeripesä (10)



Kuva 44. Laakeri pesän pidätintappi (10)

4.6.3 Pumpun paikoilleen asennus

Pumpun juoksupyörään asennetaan uusi suodatussihti, jonka läpi kuljetetaan laakereille menevä voitelu neste (kuva 45). Vanhasta sihistä on erityisen tärkeä tarkastella likajäämiä. Likajäämien määrästä ja materiaalista voidaan arvioida koneen sisäistä kuntoa.



Kuva 45. Pumpun suodatussihti (10)

Pumpun takaisin asennus aloitetaan tarkistamalla jäähdytyskoneen sisäinen paine ja säätämällä se samaan arvoon hallissa vallitsevan ilmanpaineen kanssa. Jäähdytyskoneessa sisällä oleva paine aiheuttaa voiman pumpun laipassa kiinni olevaan umpilaippaan. Suuri paine-ero aiheuttaa vaaratilanteen laippaa avattaessa. Pumpun laippa ja jäähdytyskoneen laippa puhdistetaan. Jäähdytyskoneen laippaan asennetaan uusi pumpunlaipan tiivistävä tiiviste. Pumppu asennetaan paikoilleen, pumpun mutterit kiristetään arvoon 20 Nm. Pumpun alle asennetaan tukirauta, tukiraudan pultit uusitaan tukiraudan

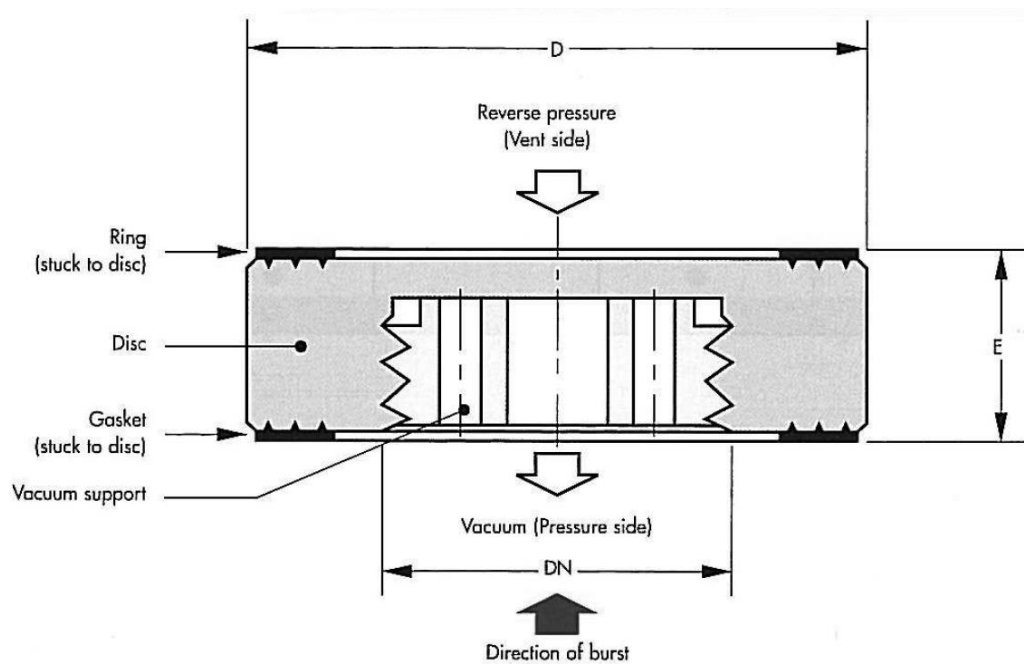
irrotuksen yhteydessä, tukiraudan pultit kiristetään arvoon 150 Nm. Pumpun ympärille asennetaan kiinnityspanta, joka kiristetään arvoon 150 Nm. Kiinityspannan pultit vaihdetaan uusiin. Pumpun runkoon tulleet pintavirheet tulee maalata yli. Pumppuun kytketään virtakaapelit kiinni. Pumpun oikea pyörimissuunta varmistetaan konetta tuotantoon palauteltaessa.

4.7 Murtokalvon huolto

Murtokalvon tehtävänä on suojata jäähdytyskonetta sisäisen painetason nousulta (kuva 46). Jäähdytyskoneen rungon rakenne on suunniteltu kestäväksi ja pitämään muotonsa koneen ulkoa vaikuttavilta voimilta. Sisäiset voimat rikkovat koneen rakenteen, joten koneen suojaksi on rakennettu murtokalvo, joka hajoaa koneen paineen noustessa 50 000 Pa: a suuremmaksi kuin ympärillä vallitseva paine (kuva 47). Koneen tyytyksessä on oltava tarkkana, ettei murtokalvo hajoa. Murtokalvo on materiaaaliltaan grafiittia. Se on koneistettu ohueksi keskeltä kestäväksi laskennallinen voima joka aiheutuu 50 000 Pa paine-erosta (kuva 46). Murtokalvon sisään kierretään tukimutteri, joka kantaa koneen ulkoa tulevan voiman normaalitilanteessa, jolloin paine-ero koneen sisällä ja ulkona on 100 000 Pa eli murtokalvon hajoamisrajan yli. Tukimutteri on kierretty murtokalvon murtopintaa vasten niin kireälle, että se alkaa juuri ja juuri tukemaan kalvoa. Murtokalvoa ei normaalihuolloissa tarvitse vaihtaa. Vaihto suoritetaan vain vikatilanteiden sattuessa. Murtokalvon kiinnityspulttien kiristysmomentti on erittäin tarkka, grafiittinen murtokalvo ei kestä kovia sivuttain vääntäviä voimia eikä pistemäistä kuormitusta. Murtokalvo on kiristetty 8 kpl M16 pultilla, jotka kiristetään momenttiin 30 Nm (liite 1).



Kuva 46. Murtokalvon arvot (10)



Kuva 47. Murtokalvo (10)

4.8 Jäähdytyskoneen tyhjiöinti

Jäähdytyskoneen tyhjiöinti aloitetaan irrottamalla koneesta typetysyhteet, jotta mahdolliset vuotokohdat poistuvat jäähdytyskoneesta. Typetyksessä käytetty hydroejektoria lavalinja tulpataan kierretulpalla. Kierretulppien asennuksessa käytetään tiivisteliimaa kierteiden tiivistyksessä. Tyhjiöpumppu asennetaan jäähdytyskoneen tyhjiöintilinjaan (kuva 48). Jäähdytyskonetta voidaan tyhjiöidä yhdellä tai kahdella tyhjiöpumpulla (kuva 49). Tyhjiöpumpun tyhjiöletkuun on asennettava kuivain estämään litiumbromidin sekä veden pääsy tyhjiöpumpun sisälle. Nesteiden pääseminen tyhjiöpumpun sisälle heikentävät tyhjiöpumppujen öljyjen ominaisuudet merkittävästi. Öljyjen ominaisuuksien heikentyessä heikkenee pumpun tiiveys. Tyhjiöinti aloitetaan käynnistämällä ensin tyhjiöpumput ja avaamalla venttiilit vasta pumppujen käynnistämisen jälkeen. Venttiilien avaaminen tulee toteuttaa vasta tyhjiöpumppujen käynnistämisen jälkeen, jotta välttyttäisiin mahdolliselta ilman vuotamiselta jäähdytyskoneen sisälle. Tyhjiöpumppuihin tulee vaihtaa öljyä noin tunnin välein, jotta pumpun tiiveys pysyy hyvänä eikä pumpun tyhjiöinnin tehokkuus kärsi. Tyhjiöitäessä kirjataan tasaisin väliajoin koneen sisäiset painelukemat muistiin. Tyhjiöinti lopetetaan kun koneen sisäinen paine on saavuttanut arvon 1500 Pa. Koneen ollessa tyhjiössä imetään absorbentti ja työaine takaisin koneen sisälle koneen sisäistä painetta apuna käyttäen. Nesteet imetään koneen sisälle tyhjennysyhteiden kautta. Nesteitä sisälle laitettaessa suljetaan tyhjiöyhteen kumikalvoventtiilit, nesteiden pääsemisen estämiseksi tyhjiöpumpuille. Nesteet palautetaan samoihin paikkoihin joista ne on ulos otettu. Keittimestä ja imeytimestä ulos päästetty neste voidaan paaluttaa takaisin imeyttimelle. Keittimen nestepinnan ollessa alhainen voidaan litiumbromidive-siseosta pumpata jäähdytyskoneen omalla pumpulla 1WX20S121 imeytimestä keittimeen. Höyrystimestä ulostullut neste palautetaan takaisin höyrystimelle. Huollon yhteydessä höyrystimeen lisätään 100 l tislattua vettä. 100 l on vakiolukema, joka on todettu häviävän huollon yhteydessä. Jäähdytyskoneen sisälle lisätään inhibiittoria joka estää korroosiottomista. Inhibiittoria lisätään koneen sisälle liuoksen emäksisyysarvon mukaisesti. Liuoksen emäksisyys selvitetään liuosanalyyysissä. Inhibiittori sekoitetaan keittimeen sisälle laitettavaan nesteeseen. Nesteet imetään jäähdytyskoneen sisälle suodattimen läpi. Suodattimeen jäävä kiintoaineen määrä tutkitaan, tutkimuksista voidaan kylmäkoneen sisäistä kuntoa arvioida. Nesteiden ollessa sisällä asennetaan pohjatulppiin kierretulpat. Jäähdytyskoneen painetaso tarkastetaan lopuksi. Kone tyhjiöidään 1700 Pa:iin asti. Tyhjiöletkut poistetaan ja venttiilit palautetaan alkuperäisiin asentoihin. Kumi-

kalvoventtiilit auki, mutta ilmausyhteen kumilavoventtiili kiinni. Istukkaventtiilit palautellaan oikeisiin asentoihin. Istukkaventtiilit tyhjiässä yhteissä kiinni, visuaalisesti tulkittavien mittareiden yhteen kiinni, prosessin tarvitsemien antureiden yhteen auki, pumppujen imu-puolet täysin auki, pumppujen paine puolet kuristetaan alkuperäisiin arvoihinsa. Ilmausyhteen pulloon vaihdetaan uudet tislattu vesi.



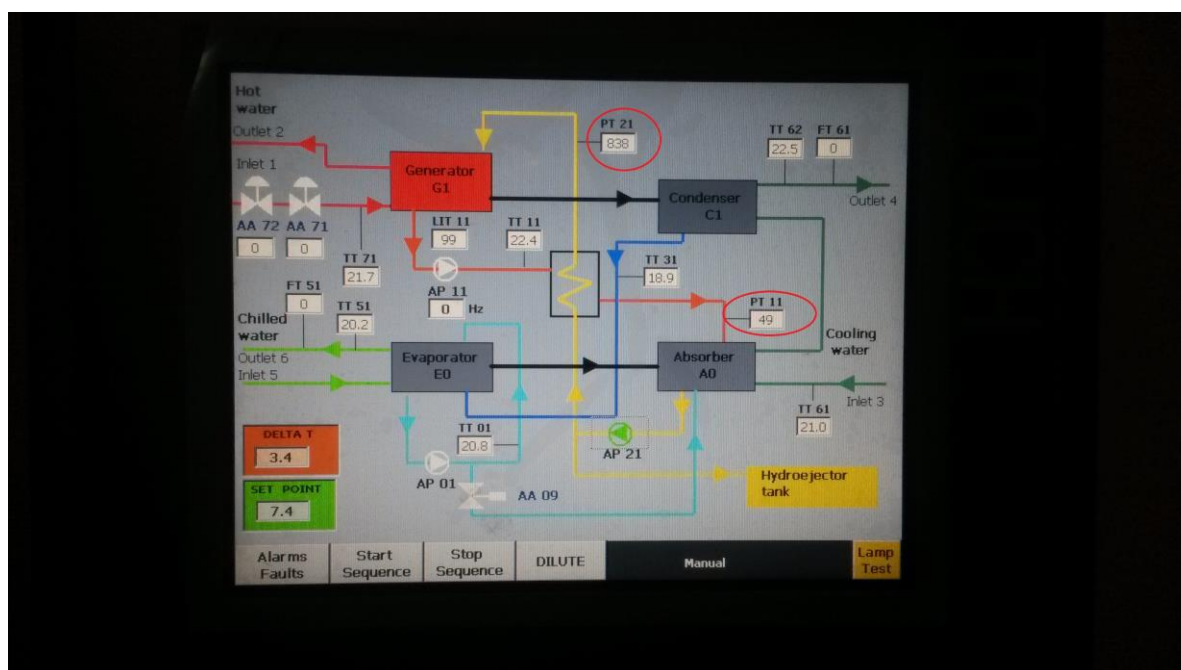
Kuva 48. Tyhjiöntiye (10)



Kuva 49. Tyhjiöpumput (10)

4.9 Jäähdytyskoneen ajo

Ajoa aloitettaessa jäähdytyskoneella on varmistuttava jäähdytyskoneen sisäisen kierron pumppujen virtakaapeleiden kytkennästä pumppujen kytkentärasioihin, sekä sulakkeiden kytkentäelimien kiinniolo. Ulkoisen jäähdytyskierron pumppu sekä kaukokylmäpumppu ovat sähköisesti kytkettyinä. Kaukolämpö-, kaukokylmä- ja ulkoisen jäähdytyskierron käsiventtiilit tulee olla avattuna sekä toimilaitteventtiileiden tulee olla sähköistettyinä ja kytkettyinä väylään. Jäähdytyskoneen paikalliskäyttöpaneelista ajetaan koneen sisäisenkierron pumppuja varmistaen pumppujen painetasot sekä varmistetaan pyörimissuunnan oikeellisuus (kuva 50). Painetasot täytyy säätää alkuperäiselle tasolle. Painetta säädetään pumppujen painepuolen istukkaventtiilejä säätämällä. Painetta säätämällä kuristetaan pumpun painepuolen virtausta ja pidetään kone tasapainotilassa. Virtauksen kasvaessa liian suureksi alkaa imeytin tai keitin kuivua ja prosessi häiriintyy. Paineet tulisi säätää välille 8000 - 10 000 Pa. Pumppujen 1WX20D121 sekä 1WX20D111 paineet voidaan tarkasta paikallispaneelista, pumpun 1WX20D101 paine tarkastetaan mekaanisesta painemittarista.



Kuva 50. Paikalliskäyttöpaneelista luettavat paineet (10)

Jäähdytyskone voidaan ajaa käynnistyskäskyyn paikallisohjauspaneelistai tai valvomosta (kuva 50). Käynnistyskäsky ajaa jäähdytyskoneen käynnistyssekvenssille. Jäähdytyskone voi pysähtyä erinäisistä hälytyksistä. Käyttäjälle tärkein arvo jota tulee seurata, on delta t-arvo. Huollon jälkeen jäähdytyskoneen käyttöönotto kestää noin 20 h ennen kuin jäähdytyskoneen nesteet ovat sekoittuneet oikein sekä kulkeutuneet oikeisiin paikkoihin ja jäähdytyskone alkaa jäähdyttämään kaukokylmä kiertoa. Jäähdytyskonetta ajettaessa on delta t-arvoa tarkkailtava, arvon noustessa yli 47 °C:n sulkeutuu jäähdytyskoneen kaukolämpöventtiili. Jäähdytyskoneen delta t-arvo säätyy kaukokylmän pyynti arvon ”set point” mukaan (Kuva 49). Delta t arvon noustessa suureksi alkaa jäähdytyskoneen liuoslämmönsiirtimeen ja putkistoihin kertyä liian väkevää litiumbromidia. Ohjelmallisesti delta t-arvon noustessa yli 44 °C kaukolämpöventtiili alkaa rajoittamaan kaukolämpövirtaa, delta t-arvon laskiessa tämän arvon alle aukeaa kaukolämpöventtiili automaattisesti. Väkevä litiumbromidi alkaa kiteytymään putkistoihin. Kiteytymien aiheuttaa putkistolle tukkiutumisen ja pysäyttää prosessin.

4.9.1 Käynnistyssekvenssi

Ohjelmallisesti käynnistyssekvenssin ensimmäinen askel vaatii toteutuneiksi arvoiksi käynnistys-käskyn joko valvomosta tai paikallisohjauspaneelistai. Jäähdytyskoneen väljän tulee olla kunnossa, mikään muu sekvenssi ei saa olla aktiivisena sekä voimassa olevia hälytyksiä ei saa olla.

Toisessa askeleessa jäähdytyskone avaa kaukolämpöventtiilin sekä ulkoisen jäähdytyskierron venttiilin ja käynnistää ulkoisen jäähdytyskierron pumpun. Ulkoisen jäähdytyskierron virtauksen täytyy saavuttaa arvo 250 m³/h, kaukolämpökierron eli primäärienergian täytyy saavuttaa virtauksen arvo 13 m³/h. Virtauksen arvojen täytyttyä siirtyy sekvenssi kolmanteen askeleeseen.

Kolmannessa askeleessa jäähdytyskone käynnistää imeyttimeen pumpun 1WX20D121, käyntitiedon saatua ohjelma käynnistää 20 s:n viiveen, jolla varmistetaan pumpun oikeanlainen käynti. Viiveen päätyttyä siirrytään neljänteen askeleeseen.

Neljäs askelma käynnistää keittimen pumpun 1WX20D111, käyntitiedon saavutettua käynnistää ohjelma 10 s:n viiveen, jolla varmistetaan pumpun oikeanlainen käynti. Viidennessä askeleessa varmistetaan kaukolämmön pikasulkuventtiilin aukiolo auki tiedon

saavutettua, ohjelma käynnistää 20 s:n viiveen. Viiveen jälkeen käynnistyy kuudes vaihe.

Kuudennessa vaiheessa käynnistyy höyrystimen pumppu 1WX20D101 sekä varmistetaan höyrystimen nestepinnan oikea korkeus. Pinnankorkeuden arvon ollessa oikea käynnistyy 7 s:n ohjelmaviive, jolla varmistetaan höyrystimen pinnankorkeus mittauksen tasaisuus eikä heittelyä arvojen välillä esiinny. Höyrystimen pinnan korkeusanturi on mekaaninen, eli pinnankorkeus arvona voidaan saada tieto joko pinta on oikea tai se on alarajan alapuolella. Seitsemännessä vaiheessa jäähdytyskone odottaa, että delta t-arvo saavuttaa arvon 37 °C tai jos arvoa ei saavuteta seuraa 2 min 30 s:n viive joka päästää jäähdytyskoneen kahdeksanteen askeleeseen. Kahdeksas askel on käyntiaskel, joka ajaa konetta normaalista odottaen pysäytys käskyä.

4.9.2 Pysäytyssekvenssi

Pysäytyssekvenssin ensimmäinen askel varmistaa muiden sekvenssien olevan lopussa, tarkistaa ohjauspaikan sekä odottaa annettavaa manuaalista pysäytyskäskyä. Pysäytyskäsky voidaan ohittaa aktiivisella hälytyksellä, joka pysäyttää jäähdytyskoneen toiminnan.

Jäähdytyskoneen pysäyttäviä hälytyksiä ovat pumppujen käyntitiedot, pinnankorkeus-, lämpötila- ja painetiedot sekä venttiilien vika- ja positiotiedot. Jäähdytyskoneen pysäyttää pumppujen 1WX20D121, 1WX20D111, 1WX20D101 pyörintätiedon häviäminen eli tieto että pumpput ovat pysähtyneet. Jäähdytyskoneen pysäyttäviä virtaustietoja ovat että, jäähdytyskoneen sisään menevä kaukolämpövirtaus laskee alle 13 m³/h ja ulkoisen jäähdytyskierron virtaus laskee alle 200m³/h. Jäähdytyskoneen pysäyttäviä painetietoja ovat keittimen pumpun 1WX20D111 paineen laskeminen alle 150 000 Pa:n, imeytimen pumpun 1WX20D121 paineen laskeminen alle 200 000 Pa:n sekä jäähdytyskoneen sisäisen painetason nouseminen. Jäähdytyskoneen pysäyttäviä pinnankorkeustietoja ovat imeytimen- sekä keittimen pinnankorkeustieto. Kaukolämpöventtiilin vikatieto sekä kaukolämmön pikasulkuventtiilin vikatieto sekä aukitiedon hävitessä käynnistyy jäähdytyskoneen alasajo. Jäähdytyskoneen pysäyttäviä lämpötilatietoja ovat ulkoisen jäähdytyskierron sisään menevän lämpötila-arvon ylittäessä 30 °C sekä ulostulevan lämpötilan ylittäessä arvon 40 °C, höyrystimen lämpötilan putoaminen alle 4,4 °C sekä koneesta ulostulevan kaukojäähdytyskierron lämpötilan putoaminen alle 4,5 °C, laitokselle tulevan

kaukolämmön lämpötilan ylittäessä arvon 105 °C, delta t-arvon ylittäessä arvon 47 °C. Toisessa askeleessa jäähdytyskone sulkee kaukolämpöventtiilin sekä kaukolämmön hätäsulkuventtiilin. Kolmannessa askeleessa jäähdytyskone varmistaa ettei laimennus sekvenssi ole käynnissä. Neljännessä askeleessa jäähdytyskoneen pumput 1WX20D121, 1WX20D111 ja 1WX20D101 pysähtyvät ja seistila saavutetaan.

5 Liuosanalyysi

Liuosanalyysit otetaan jäähdytyskoneista aina jäähdytyskauden aluksi (liite 2). Liuosanalyysijä voidaan tarvittaessa ottaa myös jäähdytyskauden aikana tarpeen mukaan. Näytteenottoja ennen on jäähdytyskoneella ajettava 20 h ennen liuosnäytteiden ottoa. Ajaminen seisonnan jälkeen on tärkeää, ajaminen varmistaa nesteiden pitoisuuksien normalisoitumisen sekä mahdollisten kerrostumien häviämisen nesteestä. 20 h ajoa on käyttäjän kokeellisesti määrittämä aika, joka on todettu riittäväksi ajoajaksi nesteiden sekoittumiselle. 20 h tarkoittaa koneella tuotannollista ajoa. Näytteet otetaan imeytimestä. Imeyttimen lämpötilan tulee olla 20 °C:tta näytteenotossa. Näytteet otetaan 20 °C:ssa jotta tiheys pysyy oikeana. Näytteidenoton ajaksi jäähdytyskone on pysäytettävä, jäähdytyskoneen pumppua 1WX20D121 (liite 3) ajetaan käsin tunnin ajan ennen näytteiden ottoa. Näytteet otetaan pumpun 1WX20D121 (liite 3) painepuolelta. Näytteet otetaan pumpun painepuolelta jotta nestettä saadaan ulos jäähdytyskoneen sisältä sen alemman painetaso takia ilmanpaineeseen verrattuna. Pumppua käytettäessä on varmistuttava, että pumpun tuottama paine on ilmanpainetta suurempi sekä istukkaventtiili 2AA24S024 (liite 3) on kiinni ennen kierretulpan poistamista venttiiliin yhteestä.

Liuoksen ottaminen tapahtuu laskemalla venttiilistä litiumbromidivesiliuosta noin 1 l erilliseen purkkiin. Nesteen purkkiin laskemisen jälkeen venttiili suljetaan huolellisesti, pumppu pysäytetään ja neste imetään takaisin purkista jäähdytyskoneen sisälle. Pumppu käynnistetään, annetaan pumpun pyöriä 5 min ajan. Ajon jälkeen nestettä lasketaan purkkiin noin 1 l, litran jälkeen lasketaan nestettä näyte purkkiin. Litra joka on laskettu erilliseen purkkiin, imetään takaisin koneen sisälle. Nestemäärän laskeminen ennen näytteen ottoa on tärkeää. Nesteen laskeminen erilliseen purkkiin, varmistaa että neste on vaihtunut yhteestä. Venttiiliyhde josta näyte otetaan, on painemittausta varten eikä nesteen vaihtumista voi taata normaalilla ajolla.

Näytteen analysoimisen jälkeen tarvittavien lisäaineiden lisäys tapahtuu imeytimen istukkaventtiiliin 2AA24S024 (liite 3) kautta jäähdytyskoneen sisälle. Lisättävät lisäaineet lisätään suurempaan tilavuuteen litiumbromidivesiseokseen, metallien shokkitilanne estäen. Jäähdytyskoneen sisältä lasketaan nestettä erilliseen astiaan noin 20 l johon lisäaineet sekoitetaan. Jäähdytyskoneella tulee ajaa noin 20 h tuotannollista ajoa ennen uusien näytteiden ottamista jotta nesteiden sekoittumisesta voidaan varmistua.

Litiumbromidi-vesiseoksesta mitataan nesteen happamuus, inhibiittorin massaosuus sekä määrä, tiheys, inhibiittorin määrä, nesteen sisältämän kuparin sekä teräksen määrä. Mittaville arvoille määritetyt rajat on annettu litiumbromidin konsentraatioarvolla 54 %. Litiumbromidivesiseoksen tiheyden ollessa $1,57 \text{ kg/dm}^3$ on litiumbromidin massaprosenttiosuus 54 %. Massaprosenttiosuuden poiketessa arvoille määritetystä massaprosentista lasketaan arvoilla korjauskerroin, jolla suhteutetaan arvot todelliseen seoksen konsentraatioon. Nestemäisen litiumbromidin tiheys on 20°C :n lämpötilassa ja valitsevassa ilmanpaineessa $\rho_{\text{LiBr}} 2,06 \text{ kg/dm}^3$, veden tiheys vastaavissa olosuhteissa on $\rho_{\text{H}_2\text{O}} 0,998 \text{ kg/dm}^3$. Tiheyksien kautta lasketaan litiumbromidin massaprocentti. Litiumbromidi-vesiliuoksen tiheys mitataan laboratoriossa.

$$m. - \%_{\text{LiBr}} = \frac{\rho_{\text{kok}} - \rho_{\text{LiBr}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}} - \rho_{\text{LiBr}}}$$

Litiumbromidin massaprocentista lasketaan laskettua suhdeluku, suhdeluvulla kerrotaan mittauksesta saatuja arvoja.

$$x = \frac{m. - \%_{\text{LiBr}}}{m. - \%_{\text{tod}}}$$

5.1 Happamuus

Mitattu happamuuden arvo kerrotaan lasketulla suhdeluvulla, joka suhteuttaa arvon oikealle litiumbromidipitoisuudelle. Happamuuden tulee asettua välille 7,6 - 8,6 pH. Happamuuden tulee olla lievästi emäksisyyden puolella, pH-arvo vaikuttaa voimakkaasti seoksen korroosio-ominaisuuksiin. Liuoksen emäksisyys saa hydroksyyli-radikaalit lisääntymään, mikä aiheuttaa metallin passivoitumisen. Ajan kuluessa alkaa seoksen alkalisuus lisääntyä eli se muuttuu yhä emäksisemmäksi. Liuoksen emäksisyys aiheutuu, kun vetykaasua alkaa vapautua, liian emäksisyyden seurauksena pitää liuoksen pH-arvoa säätää lähemmäksi neutraalia. Happamuus voidaan myös ilmoittaa inhibiittorin avulla. Inhibiittorin avulla määritetään kuinka monta mol/l on inhibiittoria. ShX:ssä on käytetty litiumnitraattia inhibiittorina. Litiumnitraattia tulee olla liuoksessa noin $0,108 \text{ mol/l}$ eli noin 0,06 m.-%. Oikea määrä litiumnitraattia säätää liuoksen pH-arvon oikeaksi. SaX:ssä on käytetty litiumkromidia inhibiittorina. Litiumkromidia tulee liuoksessa olla

0,06 mol/l tai 3-3,3 m.-%. Litiumkromidista on pyritty luopumaan sen myrkyllisyyden takia. Litiumnitraatin sekä litiumkromaatin pitoisuuden suuruus jäähdytyskoneen sisällä on valmistajan määrittämä arvo, joka on todettu riittäväksi korroosion torjuntaan. Jäähdytyskoneen sisällä on noin 3,5 m³ nesteitä, inhibiittorin massaprocentin lisääminen prosentilla vaaditaan 35 l inhibiittorilisäys koneen sisälle.

5.2 Rauta (Fe) ja kupari (Cu)

Metallien määrää liuokseen liuenneena mitataan, nestenäytteen mukana tulee metalleja liuenneena nesteeseen sekä irtonaisena. Suurin osa metalleista tulee jäähdytyskoneen sisältä kiinteänä ulos nesteiden mukana sekä pumppujen imusihdeissä. Metallien määrillä selvitetään korroosion suuruutta jäähdytyskoneen sisällä. Liuenneiden metallien osuudella tarkastellaan liuoksen käyttäytymistä metallien kanssa. Nesteen kykyä liuottaa metalleja on syytä tarkkailla syöpymisnopeuden kasvamisen varalta. Mittauksissa saatuja metallimääriä tulee kertoa korjauskertoimella liuoksen oikean väkevyyden saamiseksi.

6 Korroosiokuvaukset

Korroosiokuvaukset suoritetaan jäähdytyskoneeseen aina huollon yhteydessä. Niissä tarkastellaan koneen sisälle tulleita syöpymiä (liite 9). Kriittisemmät kohteet kuvataan mahdollisuuksien mukaan joko röntgenkuvauksilla, ultraäänellä tai endoskoopilla. Röntgenkuvauksia varten on putkistot tyhjennettävä nesteestä. Kuvattavaan rakenteeseen ohjataan röntgensäteitä, rakenteen toisella puolella on varjopaperi, johon röntgensäteet muodostavat kuvan. Röntgenkuvaus on varjokuvausta, ja siinä on tärkeää poistaa ylimääräinen materia kuvattavasta rakenteesta, ylimääräinen materia absorboi röntgensäteitä. Röntgensäteiden absorboituminen vieraaseen materiaan heikentää tai vääristää kuvaa, kuvattavat putket tulee olla tyhjiä sekä kuvattavassa kohteessa ei saa olla ylimääräistä materiaa sisällä, esimerkiksi lämmönsiirrintä on mahdotonta kuvata. Röntgenkuvauksella kuvataan pumppujen imupuolen nesteenlaskuputket, U-putki sekä laval-putket. Endoskoopilla kuvataan tarkastuslasiyhteiden hitsausaummat jäähdytyskoneen vaiipan sisäpuolelta, liuoslämmönsiirrin sisäpuolelta ja hydroejektoritankkia sekä lämmönsiirrinpintoja voidaan tarkastella. Ultraäänellä tarkistetaan vaiipan paksuus. Kuvaus perustuu äänen takaisinheijastutukseen ja heijastumiseen käytettävään aikaan. Ultraäänikuvauksella saadaan tarkasteltua yhtenäisen pinnan paksuutta.

Vaippa kuvataan alhaalta ylöspäin aina vaiipan ylimpään kohtaan asti keittimen puolelta. Vaiipan kuvaaminen toteutetaan keittimenpuoleiselta sivulta, höyrystimen puoleinen sivu kuvataan vasta kuvaamisen tarpeellisuuden varmistuttua. Höyrystimen kuvaaminen on haastavampaa höyrystimen eristyksen takia. Höyrystimen kuvaustarpeen varmistuttua eriste tulee purkaa kuvattavasta kohdasta. Vaippa kuvataan 10 cm:n välein, kuvaamisen tiheydellä määritetään happipatsaan paikka jäähdytyskoneen sisällä. Happipatsaan korkeus ja positio riippuvat jäähdytyskoneen sisällä vallitsevista kaasuista, kaasujen ominaisuuksista sekä kaasujen määrästä. Murtokalvonyhteen kuvaaminen tapahtuu ultraäänikuvauksella. Murtokalvonyhteen ympäriltä tutkitaan materiaalipaksuus.

Pumppujen imuputket, U-putki sekä laval-putket kuvataan röntgenillä. Pumppujen imuputkien, laval-putkien sekä U-putken tyhjiys varmistetaan ennen kuvaamisen aloittamista. Pumppujen imuputkista sekä laval-putkista tutkitaan metallin ohenemisen suuruutta. U-putkesta tutkitaan metallin ohenemista sekä painetason muuttumisesta johtuvaa höyrykuplien aiheuttamaa kavitaatiokorroosiota. Kavitaatiokorroosiota saattaa syn-

tyä höyrykuplien muodostumisesta ja kavitaatio riippuu paikallisesti vallitsevista ominaisuuksista. Röntgenkuvauksella tutkitaan painemittariyhteet jäähdytyskoneen vaipan päädyistä. Painemittausyhteissä nesteen tai kaasun vaihtumisen varmistaminen on haastavaa pullomaisten yhteen takia. Hapen päätyminen paineyhteeseen aiheuttaa normaalia nopeampaa korroosiottomista. Jäähdytyskoneen tyhjiöintiyhteen tarkastaminen röntgenillä on erittäin tärkeää. Hapen poistaminen tyhjiöintiyhteestä on erityisen haastavaa, koska jäähdytyskoneen tyhjiöinti yhteen istukkaventtiilin sulkemisen sekä tyhjiöpumpun letkun irrottamisen jälkeen yhde täyttyy ilmalla, joka sisältää happea. Tyhjiöintiyhteen erityisen nopeaa korroosiota on esiintynyt useassa jäähdytyskoneessa.

Endoskoopilla kuvataan liuoslämmönsiirtimen sisällä tapahtuvaa korroosiota. Kuvattaessa endoskoopilla tulee jäähdytyskoneen sisällä olla pieni typpien ylipaine ilmanpaineeseen verrattuna. Endoskooppikuvauksissa pitää jäähdytyskoneen sisälle päästä kuvaamaan, mikä tarkoittaa tulppien tai yhteiden avaamista. Liuoslämmönsiirtimen pohjassa oleva tyhjennystulppa avataan, endoskoopilla kuvataan lämmönsiirrinpinnat sekä vaipan kunto. Hydroejektoritankin tyhjennystulppa avataan ja tyhjennisyhteen kautta kuvataan tankki sisäpuolelta. Tankin sisällä on törmäyslevy, joka on hitsattu tankin kylkeen kiinni, joten törmäyslevyn hitsausaumoisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Hitsausaumojen ympäriltä ovat metallin ominaisuudet muuttuneet muuhun metalliin verrattuna. Hitsauksesta aiheutuva lämpö sekä lisääaine muuttavat metallin ominaisuuksia. Hydroejektoritankkiin päätyvät kaikki lauhtumattomat kaasut ja niiden paikallisesta keskittymisestä johtuen on tankissa otolliset ominaisuudet korroosiolle. Tarkastusyhteiden hitsausaumat tulee kuvata endoskoopilla, hitsauksesta johtuvasta metallien ominaisuuksien muutoksesta. Tarkastuslasi poistetaan ja kuvaaminen suoritetaan mahdollisimman nopeasti, jotta vältetään turhalta typpikaasun karkaamiselta. Tarkastusyhteestä kuvataan jäähdytyskoneen sisäistä kuntoa. Jäähdytyskoneen sisällä huomiota tulee kiinnittää lämmönsiirrinpintoihin sekä vaippaan yleiskuvaan. Tarkastusyhteet tutkitaan keittimestä sekä höyrystimestä. Höyrystimestä on 2 kpl ja keittimestä on 1 kpl yhteitä.

7 Työturvallisuus

Työturvallisuuden tehtävänä on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden. (8.)

Työskenneltäessä on tutustuttava tunneliturvallisuusohjeeseen (liite 4) sekä SaHi:n turvallisuusohjeeseen (liite 5). Tunnelissa on käytettävä asian mukaista suojaruustusta, johon kuuluu kypärä, suojalasit, kuulosuojaimet, turvakengät sekä suojavaatetus (liite 4). Tunnelissa työskenneltäessä tulee kaikkien ilmoittautua turvalvomoon tunneliin mentäessä ja sieltä poistuttaessa sekä kulkukortit on leimattava tunnelin leimauslaitteeseen. (liite 5) Tunneliin ei saa ikinä mennä yksin työskentelemään. Tunnelissa liikuttaessa on ajoneuvot huolehdittava siten, että mahdollisen vaaran uhatessa on hätäpoistuminen mahdollisemman nopeaa, avaimet virtalukossa sekä ajoneuvot käännettynä nopeimman poistumisreitien suuntaan (liite 5). Ajoneuvot, joilla liikutaan tunnelissa, tulee olla varustettuina tunnelivarustuksella (liite 4). Tunneliin sisään mentäessä on kannettava VIRVE-puhelinta aina mukana. Tunnelissa työskenneltäessä on kaasuanalysaattoria oltava aina mukana. Kaasuanalysaattorin tulee olla kalibroitu ulkoilmaan, kalibrointi kestää noin 5 min.

Litiumbromidia käsiteltäessä tulee tutustua käyttöturvallisuustiedotteeseen. Käsiteltäessä tulee suojautua ihokosketukselta sekä aineen hengittämiseltä. Ihokosketuksen tapahtuessa roiskeet pestään pois sekä vaatteet riisutaan välittömästi. Silmäroiskeissa on silmät huuhdottava ja hakeuduttava lääkäriin, jos silmien ärtynisyys jatkuu. (liite 6)

Inhibiittoreita käsiteltäessä on tutustuttava käyttöturvallisuustiedotteeseen. Käytettävät inhibiittorit ovat litium nitraatti (liite 7) ja litium kromaatti (liite 8).

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda Helen oy:lle toimiva huolto- ja käyttöohjelma absorptiojäähdytyskoneille. Työ valmistui sovitussa ja suunnitellussa ajassa, kattoi kaikki sovitut osa-alueet, antoi suunnitelmallisuutta sekä lisäsi ja laajensi osaamista tulevaisuuden varalle.

Työssä käytiin läpi yleisesti absorptiojäähdytyskoneiden toiminta sekä huoltoprosessi. Työn yhteydessä tehtiin jäähdytyskoneille korroosiokuvauksia, joita ei aikaisemmissa huolloissa ole tehty. Korroosiokuvauksille toteutettiin suunnitelma myöhempiä huoltoja varten, jotta kunnon seuranta voidaan parantaa ja käyttöikää voidaan arvioida tarkemmin. Korroosiokuvauksia on tarkoitus toteuttaa aina laajemmassa mittakaavassa huoltojen yhteydessä.

Työn tekeminen jakautui kahteen eri vaiheeseen. Ensimmäiseen vaiheeseen kuului itse huollon tekeminen, huolto toteutettiin syksyllä 2015. Toinen vaihe koostui pääosin kirjoittamisesta ja kommunikaatiosta laitevalmistajien välillä.

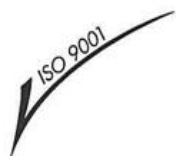
Työ antoi valmiudet huollon toteuttamiselle, jäähdytyskoneen kunnon arvioinnille, jäähdytyskoneen ajon kehittämiseksi sekä erilaisten ongelmien ratkaisemiselle. Työ antaa laajan käsityksen ja tietämyksen jäähdytyskoneen toiminnasta sekä eri nestepareista joita, voidaan käyttää jäähdytyskoneen sisällä.

Lähteet

- 1 Uudemman absorptiojäähdytystekniikan soveltaminen kaukojäähdytyksessä. Verkkodokumentti. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1926.pdf>> Päivitetty 1998. Luettu 1.4.2016
- 2 Antila A. Karppinen M. Leskelä M. Mölsä H. & Pohjakallio M. 2007. Tekniikan kemia. Helsinki: Edita Prima OY
- 3 KAASUMOOTTORI- JA KAASUTURBIINIKÄYTTÖISTEN CHPLAITOSTEN JA ABSORPTIOKYLMÄKONEIDEN VÄLISET KYTKENNÄT. Verkkodokumentti. <<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22401/Tenhu-nen.pdf?sequence=1>> Päivitetty 7.5.2014. Luettu 1.4.2016
- 4 Litiumbromidi. Verkkodokumentti.< <http://www.isvet.fi/tiedotteet/kaliumbromidi.pdf> > Päivitetty 22.11.2010. Luettu 10.3.2016.
- 5 Ammoniakki. Verkkodokumentti. < file:///C:/Users/ktuto/Downloads/AMMONI-AKKILIUOS_25_%25.PDF> Päivitetty 30.3.2004. Luettu 13.4.2016
- 6 Herold Keith E. Radermacher Reinhard. & Klein Sanford E. Absorption chillers and heat pumps Herold Radermacher Klein. Boca Raton. New York London Tokyo: CRC Press
- 7 Cengel Yunus A. & Boles Michael A.. 2015. Thermodynamics An Engineering Approach
- 8 Laval suutin. Verkkodokumentti. <<http://www.engapplets.vt.edu/fluids/CDnozzle/cdinfo.html>> Päivitetty 3.1.2001. Luettu 17.3.2016
- 9 Työturvallisuuslaki. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>> Päivitetty 23.8.2002. Luettu 7.4.2016
- 10 Helen oy yrityksen omat dokumenttikirjastot. 2015

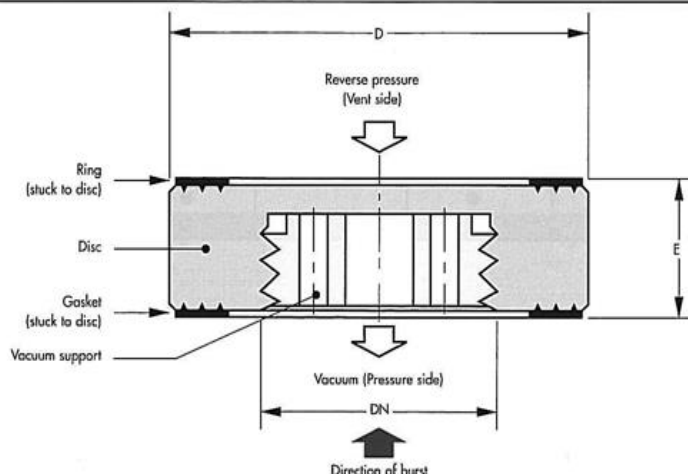
Murtokalvo

RUPTURE DISCS



SERIES 4

MONOBLOC DISCS FOR USE ON «MEDIUM PRESSURE» APPLICATIONS



■ Description

Materials:

- disc: GRAPHILOR®
- vacuum support: GRAPHILOR®
- ring and gasket: expanded graphite

■ Operating conditions

- Effective bursting pressure: 0.35 to 40 bar with a $\pm 10\%$ tolerance
- Diameter: 25 to 600 mm
- Temperature working limit: -50°C to $+165^{\circ}\text{C}$

■ Options

Temperature adaptor for operation at a temperature over 165°C : $+350^{\circ}\text{C}$ in gaseous phase and $+250^{\circ}\text{C}$ in liquid phase.

■ Marking

The label on the disc mentions:

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| • series number | • effective bursting pressure | • bolts diameter |
| • indication of standard reference | • temperature | • torque |
| • active diameter | • number of bolts | • direction of burst |

■ Applications:

- in case of full vacuum when effective bursting pressure is ≤ 1.5 bar.
- In case of partial vacuum or reverse pressure: $\Delta P > 0.85$ times effective bursting pressure with: $\Delta P = P_2$ (reverse pressure), P_1 and P_2 in bar gauge.

Caution; series 4 designation only concerns the internal threaded disc. Vacuum support must be ordered separately (it may be re-used after bursting of the disc).

The table below sums up the available diameters

		Effective bursting pressure at 20°C (in bar gauge)				
Active diameter (nominal)		0.4	0.5	0.8	1	1.5
in mm	50				●	●
in inches	2				●	●
in mm	80		●	●	●	●
in inches	3		●	●	●	●
in mm	100	●	●	●	●	●
in inches	4	●	●	●	●	●
in mm	150	●	●	●	●	●
in inches	6	●	●	●	●	●
in mm	200	●	●		●	
in inches	8	●	●		●	
in mm	250		●		●	
in inches	10		●		●	
in mm	300		●		●	
in inches	12		●		●	

Characteristics of a monobloc disc series 4

Active diameter d (nominal)		External diameter D (mm)	Total thickness E (mm)	Free flow area (%)	Effective bursting pressure (bar gauge*)		Approximate weight kg		PN (bar)	Bolts	Torque Nm
mm	inches				Min. value	Max. value	PEE mini	PEE maxi			
25	1	65	22	50	2.50	40	0.12	0.13	10-16-25-40	4 X M 12 / ø 85	15
40	1 1/2	80	23	51	1.50	35	0.17	0.19	10-16-25-40	4 X M 16 / ø 110	25
50	2	100	24	55	1	30	0.28	0.30	10-16-25-40	4 X M 16 / ø 125	35
65	2 1/2	115	26	53	0.80	25	0.35	0.45	10-16	4 X M 16 / ø 145	45
80	3	130	27	63	0.50	20	0.49	0.59	10-25	8 X M 16 / ø 160	25
100	4	160	29	60	0.40	15	0.83	0.98	10-16	8 X M 16 / ø 180	30
125	5	190	32	61	0.35	12	1.20	1.40	10-16	8 X M 16 / ø 210	35
150	6	215	34	60	0.35	10	1.60	1.80	10-16	8 X M 20 / ø 240	55
200	8	275	39	60	0.35	8	3	4.20	10	8 X M 20 / ø 295	75
250	10	330	44	58	0.35	6	4.80	5.70	10	12 X M 20 / ø 350	55
300	12	380	49	56	0.35	4	6.70	8.30	10	12 X M 20 / ø 400	55
350	14	440	54	60	0.35	2.5	9.60	13	10	16 X M 20 / ø 460	65
400	16	490	54	57	0.35	2	12	17	10	16 X M 24 / ø 515	70
450	18	540	54	58	0.35	1.5	15	20	10	20 X M 24 / ø 565	65
500	20	595	54	58	0.35	1.5	16	23	10	20 X M 24 / ø 620	80
600	24	695	54	56	0.35	1.2	24	33	10	20 X M 27 / ø 725	100

*Note : these values are indicated for an operating temperature of 20°C.

Liuosanalyysi

1 (10)

Helen Oy							
Tuotannon tukipalvelut							
1677 / Voimalaitoskemia							
Kaukokylmälaitosten kylmäaineiden analyysitiedot							
SAX KK 1 Salmisaari							
Pvm	pH	Emäksisyys N	Tiheys kg/dm ³	Litiumkromaatti, Li ₂ CrO ₄ mg/l	Rauta, Fe mg/l	Kupari, Cu mg/l	Huom.
	7,6-8,6	min. 0,06 N		3 000 - 3 300 mg/l			Valmistajan suositus
27.06.02		0,014	1,50	1 800			
12.08.03	8,6	0,027	1,50	2 500	2*	12*	Inhibiittoria lisätty 4,2 l
11.08.04	7,8	0,030	1,50	2 100	< 1	18	
03.08.05	8,5	0,033	1,50	1 800	< 1	13	
31.10.05	8,7	0,036	1,50	2 800	-	-	Inhibiittoria lisätty 2 l
15.08.06	7,7	0,038	1,50	2 000	<1	19	
20.11.06							Inhibiittoria lisätty 2,5
07.06.07	8,2	0,039	1,48	2 550	1*	14*	
08.10.07							Inhibiittoria lisätty 2,5
29.01.08	10*	0,027	1,30	4074*	<1*	2,1*	
17.11.09							Inhibiittoria lisätty 2 l
30.11.09							Inhibiittoria lisätty 2 l
08.12.09	9,9 ¹⁾	0,031	1,40	3417	<1 ¹⁾	4,5 ¹⁾	
01.06.10	9,8 ²⁾	0,037	1,42	2450	<1 ²⁾	5,0 ²⁾	
27.06.11	8,1	0,043	1,49	2982	8,3 ³⁾	9,9 ³⁾	Inhibiittoria lisätty 1 litra
24.07.12	8,3	0,045	1,50	2275	<1 ⁴⁾	7,8 ⁴⁾	
09.07.13	8,3	0,048	1,52	1948 ⁵⁾	<1 ⁵⁾	10 ⁵⁾	
17.06.14	8,9	0,049	1,48	2198 ⁶⁾	<1 ⁶⁾	11 ⁶⁾	Inhibiittoria lisätty 1 litra
25.06.15	8,4	0,049	1,46	1948 ⁷⁾	1,1 ⁷⁾	9,4 ⁷⁾	
*: Näytteet analysoitu Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa							
Electrowatt-Ekonon antaman menetelmäohjeen mukaisesti.							
Näytteessä on runsaasti suolaa, mikä hankaloittaa mittausta.							
Tuloksia voidaan etenkin raudan kohdalla pitää ainoastaan suuntaa antavina.							
1): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2009-15759 23.12.2009							
2): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2010-6737 4.6.2010							
3): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2011-9023 15.7.2011							
4): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2012-12259 25.7.2012							
5): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2013-12041 17.7.2013							
6): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2014-11800 2.7.2014							
7): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseleste 2015-13278 10.7.2015							

Liuosanalyysi

2 (10)

Helen Oy							
Tuotannon tukipalvelut							
1677 / Voimalaitoskemia							
Kaukokylmälaitosten kylmäaineiden analyysitiedot							
SAX KK 2 Salmisaari							
Pvm	pH	Emäksisyys N	Tiheys kg/dm ³	Litiumkromaatti, Li ₂ CrO ₄ mg/l	Rauta, Fe mg/l	Kupari, Cu mg/l	Huom.
	7,6-8,6	min. 0,06 N		3 000 - 3 300 mg/l			Valmistajan suositus
27.06.02		0,014	1,50	1 900			
12.08.03	8,8	0,028	1,50	2 100	<1*	7*	Inhibiittoria lisätty 3,4 l
11.08.04	8,1	0,032	1,50	2 200	3	18	
03.08.05	8,6	0,037	1,50	1 800	< 1	14	
31.10.05	8,7	0,037	1,50	2 100	-	-	Inhibiittoria lisätty 2 l
15.08.06	7,6	0,041	1,50	2 100	2	16	
20.11.06							Inhibiittoria lisätty 2,5 l
07.06.07	8,1	0,039	1,48	1 730	4*	19*	
08.10.07							Inhibiittoria lisätty 4,2 l
29.01.08	10*	0,029	1,30	3824*	<1*	2,3*	
19.02.09	9,4	0,031	1,32	1995	<1*	4,1*	
30.11.09							Inhibiittoria lisätty 2 l
08.12.09	10 ¹⁾	0,032	1,38	3514	<1 ¹⁾	6,4 ¹⁾	
01.06.10	9,7 ²⁾	0,038	1,42	2616	<1 ²⁾	8,3 ²⁾	
19.10.10							Inhibiittoria lisätty 1 litra
16.06.11							Inhibiittoria lisätty 1 litra
27.06.11	8,8	0,039	1,42	3644	7,1 ³⁾	7 ³⁾	
24.07.12	8,3	0,046	1,48	2617	4,8 ⁴⁾	17 ⁴⁾	
09.07.13	8,7	0,048	1,46	2223 ⁵⁾	<1 ⁵⁾	7,2 ⁵⁾	
13.09.13							Inhibiittoria lisätty 1,5 litra
18.10.13							Inhibiittoria lisätty 1 litra
31.03.14							Inhibiittoria lisätty 1 litra
10.07.14							Inhibiittoria lisätty 1 litra
09.01.15							Inhibiittoria lisätty 4 litra
17.06.14	9,2	0,047	1,44	2747 ⁶⁾	<1 ⁶⁾	14 ⁶⁾	
10.07.14							Inhibiittoria lisätty 4 litra
25.06.15	8,5	0,049	1,45	2997 ⁷⁾	1,2 ⁷⁾	7,4 ⁷⁾	
*: Näytteet analysoitu Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa							
Electrowatt-Ekonon antaman menetelmäohjeen mukaisesti.							
Näytteessä on runsaasti suolaa, mikä hankaloittaa mittausta.							
Tuloksia voidaan etenkin raudan kohdalla pitää ainoastaan suuntaa antavina.							
1): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2009-15759 23.12.2009							
2): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2010-6737 4.6.2010							
3): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2011-9023 15.7.2011							
4): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2012-12259 25.7.2012							
5): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2013-12041 17.7.2013							
7): Näytteet analysoitu MetropoliLab, testausseloste 2015-13278 10.7.2015							

[illegible]

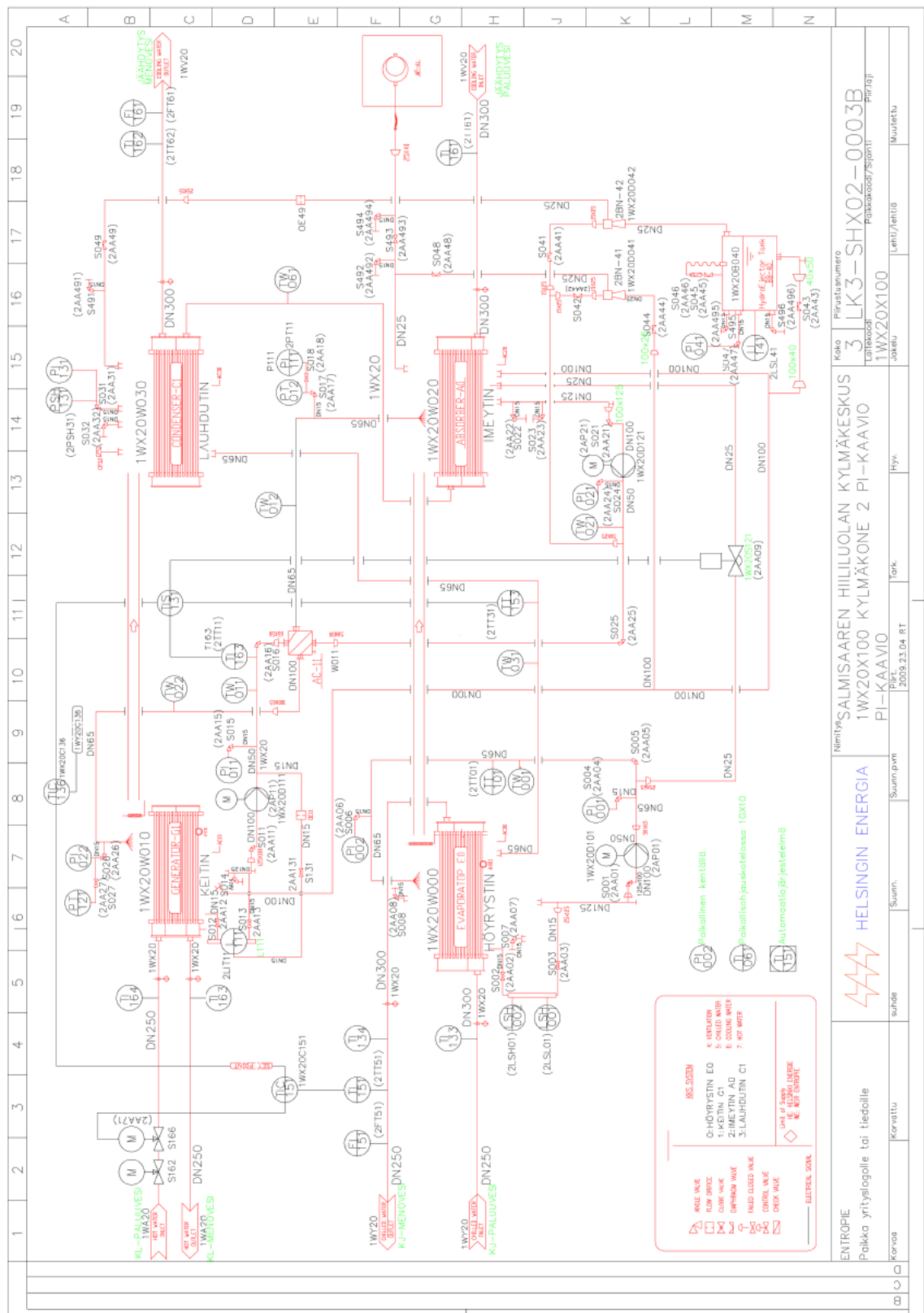
Liuosanalyysi



Liuosanalyysi



PI-kaavio



Tunneliturvallisuusohje

1 (6)

TUNNELIEN JA MAANALAISTEN TILOJEN TURVALLISUUSSÄÄNNÖS

1. Yleistä

Tätä ohjetta noudatetaan Energiatunneleissa. Muissa Helen Oy:n maanalaisissa tiloissa sovelletaan suljetun työmaan määräyksiä. Muita maanalaisia tiloja ovat esimerkiksi kalli-oon louhitut kaukolämpö- tai kaukojäähdytyslaitokset tai niiden maanalaiset osat.

Salmisaaren hiilivarasto, Helen Sähköverkko Oy:n maanalaiset sähköasemat ja Hanasaaren sekä Salmisaaren öljyluolat eivät kuulu tämän ohjeen piiriin. Näistä tiloista on olemassa erilliset niissä noudatettavat ohjeet.

Energiatunnelit vastaavat rakenteista ja laitteista lukuun ottamatta pumppuasemia ja prosesseja. Tunneleihin asennetuista järjestelmistä vastaavat osaltaan Lämmitysmarkkinat, Helen Sähköverkko Oy ja HSY. Tiloissa on myös viranomaisten ja teleoperaattorien tietoliikennekaapelointia.

Energiatunnelien turvallisuusvalvonnasta vastaa Turvallisuusyksikkö, joka johtaa ja koordinoi palvelutuottajien toimintaa. Valvonta suoritetaan Salmisaaren voimalaitoksen vartioasemalla sijaitsevasta turvallisuusvalvomosta, puhelin 050 387 5633.

Rakenteilla tai asennusvaiheessa olevien tunnelien ja maanalaisten tilojen turvallisuudesta vastaa kulloinenkin työmaa-organisaatio. Kun yhteys käytössä oleviin tunneleihin on puhkaistu, toimitaan tämän turvallisuusohjeen mukaan.

2. Riskejä ovat mm.

Kaukolämpöjohdoissa veden korkein lämpötila on 120° C. Mahdollisen putkivuodon tapahduttua kuumasta kaukolämpövedestä syntyvä höyry syrjäyttää nopeasti hapen tunnelitilassa.

Havaituista vähäisistäkin putkivuodoista kaukolämpö- tai vesijohdossa on ilmoitettava valvomoihin välittömästi.

3. Radon

Energiatunneleiden hengitysilman radonpitoisuus on mitauksin todettu niin korkeaksi, että työnantajalla on lakisääteinen velvoite seurata työntekijöiden altistumista.

Altistumista seurataan kuukauden välein laadittavalla raportilla työntekijöistä joiden kumulatiivinen työaika kalenterivuoden aikana ylittää 200 tuntia. Työtuntien määrät saadaan turvallisuusvalvomon ylläpitämästä seurantaraportista. Laskennallisena radon arvona käytetään työkohteeksi ilmoitetun tunneliosuuden viimeksi mitattujen arvojen painotettua keskiarvoa. Mittausten painotus tehdään yleisimpien työkohteiden mukaisesti. Painotuksen määrittelyssä käytetään hyväksi Servicen asiantuntemusta. Esimiehen velvollisuus on

Tunneliturvallisuusohje

2 (6)

selvittää tarvittavat toimenpiteet työntekijän työajan rajoittamiseksi viimeistään kun vuotuinen altistumisen ilmoitusraja 600 000 bq/m³/a alkaa täyttyä. Raja-arvon ylittyminen on ilmoitettava säteilylain mukaisesti Säteilyturvakeskukselle. Ilmoitusrajan ylittyminen ei velvoita keskeyttämään työntekijän työntekoa radonille altistavissa tiloissa.

Säteilylain mukainen altistumisen yläraja on 20 mSv viiden peräkkäisen kalenterivuoden keskiarvona, yhdenkään vuoden altistuminen ei saa ylittää 50 mSv. Ilmoitusraja 600 000 bq/m³/a vastaa 2,5 mSv vuotuista säteilyannosta.

Mittayksiköt: mSv = millisievert ja bq = becquerel

[Radonmittausten yhteenvetotaulukko](#)

STUK ohje 12.1

Suositellaan, että ohjeen 12.1 ”Säteilyturvallisuus luonnon säteilylle altistavassa toiminnassa” suurinta taulukoitua altistumisarvoa 6000 bq/m³ ei ylitetä vaan ennen työskentelyn aloittamista huolehditaan tuuletuksella, että hengitysilman radonpitoisuus saadaan lasketuksi sen alle. Radonpitoisuuden aleneminen todetaan siirrettävällä mittalaitteella. Jos suurin taulukoitu ohjearvo ylitetään lasketaan kumuloitua radonaltistuminen ja työaika jatkamalla taulukkoa lineaarisesti. Esimerkiksi 12 000 bq/m³ radonpitoisuudella on vuotuinen ilmoitusvelvollisuuteen johtava työaika 50 tuntia.

4. Henkilökohtainen varustus

Henkilöillä, jotka työskentelevät tai liikkuvat tunneleissa tai maanalaisissa tiloissa, on aina oltava seuraava henkilökohmainen minimivarustus:

- ☐ suojakypärä
- ☐ savuhuppu (pelastautumishuppu) tai poistumislaitte
- ☐ näkyvä huomiovaatetus, joko kiinteänä osana työasua tai erillinen huomioliivi
- ☐ toimiva paristo- tai akkuvalaisin
- ☐ turvakengät työtehtävän vaatiessa (prosessitiloissa oltava aina)
- ☐ prosessitiloissa oltava lisäksi silmäsuojaimet

Tunneliturvallisuusohje

3 (6)

Työnantaja määrittelee muut työkohteessa tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet. ["Turvallisuussäännös 1.7 henkilökohtaiset suojeluvälineet"](#)

5. Yhteydenpito

Yhteydenpitoa ja varoitus- sekä hälytystiedotuksia varten on jokaisella työryhmällä oltava vähintään yksi toimiva Tetra-radio. Jokaisen työryhmän jäsenen tulee olla perehdytetty Tetra-radion käyttöön. Tunneliin mentäessä puhelimen kanavaksi valitaan "Tunneli"-puheryhmä. Tunneliryhmä on tarkoitettu turvallisuusviestintää varten, sitä saa käyttää ainoastaan hätätilanteissa tai välitettäessä hälytys- ja varoitustiedotuksia. Muussa viestiliikenteessä käytetään joko tetra-puhelinten välisiä yksittäisiä yhteyksiä tai muita olemassa olevia puheryhmiä.

GSM-puhelimet eivät pääsääntöisesti toimi energiatunneleissa.

6. Ajoneuvot ja työkoneet

Käytettävien ajoneuvojen ja liikkuvien työkoneiden tulee olla diesel-käyttöisiä.

Pakokaasupäästöjen kannalta rekisteröityjen ajoneuvojen tyyppihyväksynnässä ja katsastuksessa tehtävä, päästömittaus katsotaan riittäväksi. Muiden polttomoottorikäyttöisten työkoneiden päästöjen osalta noudatetaan Valtioneuvoston asetuksen 844/2004 (polttomoottorien pakokaasu- ja hiukaspäästöjen rajoittaminen) ja sen muutosten sekä EU:n päästädirektiivin (97/68/EY) ja sen muutosten määräyksiä.

Ajoneuvojen ja liikkuvien työkoneiden tulee olla varustettu kahdella vähintään teholuokan 27 A 144 BC alkusammuttimella (tulitöistä oma säännös 3.27 "Tulitöiden turvallisuusohjeet").

7. Koulutus ja perehdyttäminen

Energiatunneleissa työskentely edellyttää "Tunnelikorttikoulutusta", joka on voimassa kolme vuotta. Turvallisuusyksikkö huolehtii koulutuksen järjestämisestä tarpeen mukaan. Koulutustiedot dokumentoidaan

Työnantajan on lisäksi huolehdittava työntekijöiden riittävästä kohdekohtaisesta perehdyttämisestä koskien poistumisreittejä, vaaratilanneilmoitusjärjestelmiä ja ilmoitusmenetelyjä sekä normaali- että poikkeustilanteissa. Vastuu kohdekohtaisesta perehdytyksestä on isännän tehtävässä tai projektin edustajana toimivalla Helen Oy:n työntekijällä.

Lyhyitä käyntejä, esimerkiksi tavaroiden toimittaminen, voidaan tehdä ilman tunnelikorttikoulutusta, tällöin on huolehdittava siitä että kouluttamattoman henkilön mukana on jatku-

Tunneliturvallisuusohje

4 (6)

vasti asiantunteva opastaja ja henkilö on perehdytettävä erityisesti toimintaan vaaratilanteessa. Sama koskee myös lyhyitä, korkeintaan joitakin tunteja kestäviä asennus-, huolto- tai korjauskeikkoja ja viranomaisharjoituksia.

8. Yksintyöskentely

Yksintyöskentely maanalaisissa tiloissa on kielletty. Poikkeuksena hyväksytään mittalaitteiden toiminta-arvojen luku, nestepintojen mittaaminen ja muut vastaavat tarkastuskäynnit, joihin ei liity varsinaista työn tekemistä.

9. Tunneliin meno ja poistuminen

Tunneliin mentäessä on ilmoitettava kaikkien sisään menevien nimet ja käytettävä reitti Tetran puhelintoiminnallisuutta käyttäen ja vastattava turvallisuusvalvomon esittämiin kysymyksiin. Tunneleissa saattaa olla tilanteita, joiden vuoksi turvallisuusvalvomosta voidaan estää tunneliin meno kokonaan tai mainita kulkua rajoittavat seikat tunneleissa.

Energiatunneleihin meno ja sieltä poistuminen tapahtuu näyttämällä henkilökorttia kulunvalvontapääätteelle. Jokaisen tunneliin menijän tai sieltä poistuvan henkilökortti on luettava kulunvalvontapääätteellä. Jos esimerkiksi ajoneuvossa on kuljettajan lisäksi muita henkilöitä, voi yksi henkilö näyttää kaikkien kortit valvontapääätteelle.

Tunneliin voidaan mennä avainta käyttäen mentäessä pystykuilujen kautta sisään tai mahdollisen sähkökatkon aikana. Ilmoitusvelvollisuus on voimassa myös pystykuilujen kautta sisään mentäessä.

Vaaratilannehälytyksen tai -ilmoituksen tullessa on viipymättä poistuttava vaara-alueelta. Poistuminen hätä- tai vaaratilanteessa tapahtuu pääsääntöisesti käytössä olevalla ajoneuvolla lähimmän turvallisen ajoreitin kautta. Turvallisuusvalvomo ilmoittaa tarvittaessa turvalliset poistumisreitit tunnelissa työskenteleville. Hätäpoistumisreiteiksi merkittyjä pystykuiluja käytetään vain poikkeustapauksissa (kts. tunneliturvallisuuskoulutus materiaali). Myös vaaratilanteesta johdettava poistuminen tulee ilmoittaa turvallisuusvalvomoon.

Tunnelien paikkamerkintöjen avulla (tunneliturvallisuuskoulutusmateriaali) tunnelissa olijat voivat paikallistaa sijaintinsa ja ilmoittaa sen tarvittaessa turvallisuusvalvomoon.

Tunneleihin on asennettu, noin 100 metrin välein poistumisopasteita joissa on merkitty kahden lähimmän poistumisreitin suunta ja kuljettava matka.

Energiatunneleiden ja niiden ajotunneleiden risteyksissä on lisäksi poistumistietä osoittavat merkit.

Tunneliturvallisuusohje

5 (6)

10. Vierailut Tunnelit eivät ole ”turistikohteita”. Vierailuihin ja esittelyihin hankitaan etukäteen lupa ”[Energiatunneleiden vierailuohjeen](#)” mukaisesti Turvallisuusyksikön päälliköltä, hänen sijaiselta tai tunneli-isännöitsijältä. Ennen ryhmän viemistä tunneliin vierailun isäntä ottaa yhteyden Turvallisuusvalvomoon ja varmistaa ryhmän henkilöiden lukumäärän ja vastaavuuden etukäteen ilmoitettuun henkilömäärään.
11. Työluvat Töihin, jotka eivät kuulu tunnelien ja laitteiden tavanomaisiin, rutiiniluontoisiin huolto- ja kunnossapitotoimenpiteisiin, hankitaan aina erikseen työluupa isännöitsijältä tai työmaapäälliköltä.
12. Turvallisuusvalvomo Turvallisuusvalvomon tehtävät ovat:
- ☐ vastaanottaa henkilöstön ilmoitukset tunneliin menosta ja sieltä poistumisesta
 - ☐ kirjata tunnelivalvontaohjelmaan kaikkien henkilöiden sisään meno ja poistuminen sekä tetran numero
 - ☐ olla selvillä henkilöstön työskentelypaikoista
 - ☐ olla selvillä tunneleiden olosuhteista, yhteistyössä muiden valvomoiden kanssa
 - ☐ antaa vaaratilanneilmoituksen Tetra-radiolla ja tarvittaessa käynnistää pelastustoimenpiteet
 - ☐ estää henkilövahingot ohjaamalla henkilöstön turvallista reittiä ulos
 - ☐ pitää yhteyttä vahinkopaikalla olevaan henkilöstöön
 - ☐ ilmoittaa Pelastuslaitokselle vahinko- tai onnettomuuspaikan kaksi lähintä ajotunnelia ja pystykuilua
 - ☐ ilmoittaa Turvallisuusyksikköön tapahtumasta
 - ☐ kameravalvontamonitorien seuraaminen ja tarvittaessa sisään tulijoiden tunnistaminen tunnelien suuaukoilla
 - ☐ ottaa vastaan työ- ja vierailuluvat isännöitsijältä
 - ☐ estää asiattomien pääsyn tunneleihin ja hälyttää tarvittaessa vartijoita paikalle
 - ☐ raportoi kaikista ilmoituksista, jotka koskevat vaara- tai poikkeamatilanteita

Tunneliturvallisuusohje

□ kokoaa vartiokäyntien havainnot

13. Yhteystiedot

Seuraavassa luettelossa on tunneleissa työskentelyn ja liik-
kumisen kannalta oleellisia yhteystietoja:

	osoite	puhelin	Tetra
- Turvallisuusvalvomo 5633 7919311		Sa	050 387
		vartioasema	
- Lämpövalvomo 512994		St00	2994
- Turvallisuusyksikkö (M. Fagerström) 512103		St538	2103
- Paloturvallisuus (S. Nieminen) 513978		St533	3978
- Työturvallisuus (J. Nieminen)		St7074	2176
- Työsuojeluvaltuutettu (J. Kekki)		HaB/A908	4988
- Tunneli-isännöitsijä (P. Tenhunen) 7919380		St535	2022

14. Päivitys ja ylläpito

Tämän ohjeen ja turvallisuuskoulutuksen materiaalin päivi-
tyksestä vastaa Turvallisuusyksikkö.

Ohjetta voidaan tarvittaessa täydentää yksityiskohtaisem-
milla yksittäisiin tunneleihin kohdistuvilla ohjeilla.

Mats Fagerström
Turvallisuuspäällikkö
Helen Oy

SaHi: n turvallisuusohje

1 (5)

SaHin turvallisuusohje

1. Yleistä

Kaikkien siilossa työskentelevien henkilöiden on huolellisesti tutustuttava tähän ohjeeseen.

SaHi on Salmisaaren voimalaitosten maanalle rakennettu hiilivarasto johon on rakennettu hiilenvarastointia varten 4 kpl. hiilisiiloja joiden yhteistilavuus on noin 240000 m³. Hiilisiilojen täyttö ja purku tapahtuvat automaation avulla.

2. Turvallisuusjärjestelmät

Kulunvalvonta

- Maanalaisiin tiloihin menevien on leimattava sisään ja ulos kulkiessa Flexim-kortti. Ajoneuvon kuljettava vastaa kyydissä olevien leimauksista. Ajoneuvon kuljettaja voi leimata muiden autossa olijoiden Flexim-kortit. **Kts tarkemmin kohta 3.**
- Siiloissa on merkkivalot nousseiden kaasupitoisuuksien varalta, lisäksi voidaan antaa hälytys voimalaitosvalvomosta.
- Vaaratilanteita varten on vaaratilannehälytysjärjestelmä (summeri/merkkivalot), niitä käytetään voimalaitosvalvomosta.
- Kaikilla maanalaisiin tiloihin menevillä, lukuun ottamatta kaukojäähdytyksen tiloja on aina mukanaan **pelastautumissuojain, kypärä, käsivalaisin sekä Tetra-puhelin tai Soneran tai Elisan verkossa toimiva GSM-puhelin sekä tarvittaessa kartta.** Pelastautumissuoja on oltava nopeasti saatavilla käyttöön. Mikäli työryhmä työskentelee lähekkäin noin alle 30 m riittää yksi kaasumittari.
- Poistumistiet on opastettu ulosohjausvalaisimilla (korkeus alle 1 m, 60 min akkuvarmistus).
- Tunnelit on varustettu opasteilla, paikanmäärittäksenä toimii ns paaluluku, joita on noin 25 metrin välein.
- Turvavalaistus on akkuvarmennettu (60 min).

Pelastuslaitoksen valmiudet

- Komentopaikka SaB-voimalaitoksen valvomon yhteydessä.
- Komentopaikalla on käytettävissä pelastusinfo-järjestelmästä saatavat tiedot, lisäksi voimalaitosvalvomosta saadaan tietoa automaatiojärjestelmästä.

SaHi: n turvallisuusohje

2 (5)

- Puhelinyhteydet komentopaikan ja maanalaisissa tiloissa työskentelevän pelastusmiehistön välillä toimii Virve-verkolla, GSM-verkolla Elisa tai Sonera ja Pelastuslaitoksen kenttäpuhelinverkolla. Lisäksi teknisiin pisteisiin on asennettu valmius kiinteille lankapuhelimille jotka toistaiseksi ei ole käytössä.
- Päähyökkäystiet ovat H1- ja C1-tunnelit sekä K4- ja K9-kuilut.
- K4-kuilun hississä on varasyöttövalmius Pelastuslaitoksen generaattoria varten.
- Pelastuslaitoksen hallinnassa on suurtehopuhallin savunpoiston tehostamiseksi.

Pelastusinfojärjestelmä

- Ilmoitus siilojen kaasupitoisuuksista.
- Paloilmoitus joko perinteisillä savu/lämpöilmaisimilla ja valokuitukaapelilla eli ns. palokaapeli.
- Savunpoistojärjestelmän tiedot, mm. savunpoistopuhaltimien ja -peltien ohjaus- ja tilatiedot, ilmastoinnin hätäpysäytys, palo-ovien tilatiedot.
- Ilmavirranvalvonta (suunta ja nopeus) tuulimittarit sijoitetaan tunnelien risteyskohtien läheisyyteen.
- Savunpoisto toteutetaan K9- ja K4-kuilujen kautta.

Sammutusjärjestelmät

- Alkusammutuskalusto: pikapalopostiverkosto 75 m välein kattaen koko tunneliverkoston.
- Palopostiverkosto Pelastuslaitoksen käyttöön 75 m välein kattaen koko tunneliverkoston.
- Sprinkleri-järjestelmät hiilenkuljetustunneleissa, purkupaikoissa (5 kpl) tehostettu sprinklaus käsilaukaisulla valvomosta
- Pystynostimella on erillinen sprinkleri-järjestelmä.
- Siiloissa typetytys sekä vaahtosammutus käsilaukaisulla C1-tunnelista.

Pölyräjähdysriskin varautuminen

- Kasvanut pölyräjähdysriski esiintyy ainoastaan siiloa täytettäessä hiilen pudotusputkessa sekä hiilen pinnassa täyttö/purkuruuvien läheisyydessä.

SaHi: n turvallisuusohje

3 (5)

- Täyttökuljettimen purkukohdan syöttösuppilon sulkupelti on avoin, jolloin mahdollinen pölyräjähdys pudotusputkessa pääsee purkautumaan C1-tunneliin.
- Täyttö/purkuruuvien käyttömootorit ja laakerit on varustettu lämpötilavalvonnalla, jolloin mahdollisesti pinnoille kertynyt hiili ei pääse kuumenemaan liikaa.
- Sähkömootorit on suojattu (IP67) ja jäähdytysrivat ovat pystysuorassa.
- Pystynostimessa pölyräjähdykseen on varauduttu nostinrakennuksen katon heikennetyllä rakenteella.

Itsesyttyminen

- Hiilen itsesyttymiseen pitkän varastoinnin aikana on varauduttu siiloissa olevilla lämpötunnistimilla (infra-punakamerat), kaasuvalvonnalla sekä kohdassa sammutusjärjestelmät mainituilla sammutusjärjestelmillä.
- Siiloissa tai saapuissa laivoissa syntyneet palopesäkkeet havaitaan lämpötilatunnistimilla purkukohdissa (murskain ja siilojen purkupisteet), minkä jälkeen järjestelmä pysähtyy ja sammutusjärjestelmä käynnistetään manuaalisesti tunnistetussa kohteessa voimalaitosvalvomosta.

Tunnelien suojaustasot

- Maanalaisten tilojen palo-osastointi on tehty kuten Pelastuslaitoksen kanssa käydyissä neuvotteluissa sovittu, osastointi selviää pelastusinfojärjestelmästä.
- Maanalaiset hissien edustilat ylipaineistetaan.
- Sähköarinat sijoitetaan kaikissa tunneleissa alle 5 m korkeudelle ja on varustettu jännitetasomerkinnöillä.
- Hiilenkuljetustunnelit (C1, C2 ja C3) on varustettu automaattisella sprinklaus-järjestelmällä ja tarvittavalla palosammutuskalustolla (pikapalopostit ja Pelastuslaitoksen palopostit).
- Öljyputket on rakennettu paloluokan EI120 mukaan ja on sprinklattu niiltä osin kuin ne kulkevat hiilenkuljetustunneleissa.
- Käyttöön jäävät huoltotunnelit on varustettu tarvittavalla palosammutuskalustolla (pikapalopostit ja Pelastuslaitoksen palopostit).
- Käytöltä suljettutuissa tunneleissa ei ole palosammutuskalustoa.

SaHi: n turvallisuusohje

4 (5)

- Muuntamotilat (0BM20 ja 0BM30) on varustettu savuilmaisimilla ja käsisammuttimilla.
- Kuilut K4 ja K9 on varustettu palonilmaisimilla.

3. Kulku SaHiin ja pois

SaHiin kulkua valvotaan keskitetysti voimalaitoksen valvomosta aluevalvonnan avulla. Kaikki ilmoittautuvat valvomoon, josta saa kuittausta vastaan myös kaasumittarin ja pelastautumissuojan. Ulkopuoliset SaHiin menevät työntekijät kuittaavat valvomosta lisäksi väliaikaisen Flexim-kortin joka saadaan ilmoittautumisen yhteydessä ja palautetaan päivän päätteeksi. Kaikissa kulkuteissa on Flexim-laitteisto, josta sisään menevän henkilön on leimattava itsensä sisään ja poistuessaa ulos. Ajoneuvolla kuljettaessa kuljettajalla on sujuvuuden takia oikeus leimata muiden Flexim-kortit C1 ja H1 tunneleiden nosto-ovilla. Näin tiedetään jatkuvasti mm. onnettomuustapauksissa kuinka monta ihmistä sisällä on.

Leimauksen unohtamisesta seuraa **suullinen huomautus**. Vaaratilanteissa voidaan henkilöä mm. ohjata puhelimen välityksellä oikeaan suuntaan. Vierasyhmien osalta isäntä suorittaa leimauksen ja ilmoittaa SaB:n valvomoon SaHiin menevän henkilömäärän. Turistiluonteisia vierailuja ei SaHiin järjestetä.

4. Paikanmääritys

SaHin paikanmääritys perustuu ns. paalulukuun. SaB:n etupihalla oleva ajotunneli sijaitsee kohdassa 0m ja suurin paaluluku on sataman puoleisessa päässä noin 750m. Tunneleissa on opasteet noin 25 metrin välein. Opasteesta selviää tunnelin nimi, paaluluku ja minne päin paaluluku pienenee tai suurenee. Tekniset pisteet sijaitsevat noin 75 metrin välein, jotka näkyvät mm. pelastusinfojärjestelmästä.

5. Huolto- ja korjaustoimenpiteet

Koneiden ja laitteiden kunnossapidossa noudatetaan laitevalmistajien antamia huolto- ja korjausohjeita. Siilolaitteiden huollossa ja korjauksessa on varmistuttava siitä, että kohteen yläpuolella ei ole vaarallisessa määrin hiiltä seinällä, joka kuivuuessaan voi pudota alas ja aiheuttaa henkilövahinkoja tai laitteistovaurioita. Alasilta on varustettu harjakoneistolla joka pyöriessään puhdistaa siilojen seinät riittävän puhtaiksi turvallisen työskentelyn takaamiseksi. Mikäli seiniin on tarttunut vaarallisessa määrin hiiltä, pyritään se poistamaan ajamalla alasilta ao. kohtaan ja käynnistetään hiiliharjat. Hiililuolastossa merkittävät ohjeita on noudatettava.

6. Toiminta vaaratilanteissa

Vaarantilanteet on Sahissa jaettu kolmeen eri tasoon. Ei hälytyksiä; Keltainen = Varoitus; Punainen = Hälytys. Vaaratilannehälytys voi tulla automaattisten hälytyslaitteiden kautta tai se voidaan antaa manuaalisesti voimalaitoksen valvomosta. Vaaratilanteita ovat tulipalo, kyteminen, savunmuodostus, kohonneet CO (häkä) tai CxHy (metaani, hiilivedyt), laskenut O2 (happi) pitoisuus tai muu onnettomuustilanne (henkilövahinko, laitteistovaurio).

Jos ei ole hälytyksiä voidaan työskennellä normaalisti. Jos on voimassa olevia varoituksia tai hälytyksiä työskentely ja tiloihin meno saa tapahtua vain Polttoainemestarin tai Vuorokoneemestarin erikoisluvalla. Ensijaisesti varoitus tai hälytys selvitetään mistä se

SaHi: n turvallisuusohje

5 (5)

johtuu ja pyritään poistamaan. Vasta tämän jälkeen, kun tilanne on todettu turvalliseksi, voidaan tiloihin mennä työskentelemään.

Mikäli tiloissa on henkilöitä työskentelemässä varoituksen tai hälytyksen tullessa tulee tiloista poistua välittömästi ensisijaisesti kulkuneuvoa käyttäen, jos sellainen on ja toissijaisesti poistumalla merkittyjä hätäpoistumisteitä käyttäen. Myös hiilisiilojen keskiputkea pitkin on mahdollista poistua C2 tunnelista C1 tunneliin. Tätä reittiä suositellaan käytettäväksi vain poikkeustapauksissa johtuen pitkästä kiipeilymatkasta joka on noin 75 m.

Todennäköisin vaaratilanteen aiheuttaja on hiilen itsesyttyminen joka havaitaan lämpötilatunnistimilla tai kaasuhälytyksistä. Ensisijaisesti hiilikytkö pyritään tukahduttamaan ajamalla alasillan avulla kytköpaikka purkuaukkoon jonka päälle ajetaan paksu kerros hiiltä. Toissijaisesti mikäli em. tavalla ei siinä ole onnistuttu käytetään vaahdotusta ja viimeisenä keinona on siilon tyytety. Kun hiilisiiloista ei pureta hiiltä, on hiilisiilojen alapuolella olevat sulkupellit pidettävä kiinni.

7. Poikkeustapaukset

Joissain turvallisuuteen liittyvissä tapauksissa joudutaan joskus tekemään eritavalla kuin näissä ohjeissa kuvattu. Poikkeamisista turvallisuuden suhteen tekee päätöksen normaalipäivätyöaikana joko Salmisaaren voimalaitosten voimalaitospäällikkö, käyttöinsinööri, polttoainemestari tai heidän sijaisensa. muina aikoina luvan poikkeamiin voi antaa Salmisaaren voimalaitosten vuorokonemestari.

1611-Rauno Kontro

Käyttöinsinööri

Salmisaaren voimalaitokset

Litiumbromidiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

1 (4)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Sivu 1 / 4

Litiumbromidiliuos 54% (Lithium bromide solution abt. 54% nitrate inhibited)

Päiväys: 30.03.2004

Edellinen päiväys: -

1. KEMIKAALIN JA SEN VALMISTAJAN, MAAHANTUOJAN TAI MUUN TOIMINNAN HARJOITTAJAN TUNNISTUSTIEDOT

1.1 Kemikaalin tunnistustiedot

1.1.1 Kauppanimi

Litiumbromidiliuos 54% (Lithium bromide solution abt. 54% nitrate inhibited)

1.2 Kemikaalin käyttötarkoitus

1.2.1 Käyttötarkoitus sanallisesti ilmoitettuna

Käytettävä aine ilmastointia varten.

1.3 Valmistajan, maahtuajan tai muun toiminnanharjoittajan tunnistustiedot

1.3.1 Valmistaja, maahtuoja tai muu toiminnanharjoittaja

Chemetall GmbH

1.3.2 Yhteystiedot

Postiosoite

Trakehner Strasse 3<RET>60487 Frankfurt a.M.<RET>Johto-
organisaatio: Division Lithium<RET>Puh. +49(0)69 7165-0<RET>Fax.
+49(0)69 7165-3018

1.4 Hätäpuhelinnumero

1.4.1 Numero, nimi ja osoite

+49(0)5326 51-0

2. KOOSTUMUS JA TIEDOT AINEOSISTA

2.1 Vaaraa aiheuttavat aineosat

2.1.1

CAS-numero

7550-35-8

2.1.2

Aineosan nimi

Litiumbromidi

7790-69-4

Litiumnitraatti

2.1.3

Pitoisuus

54-55%

0,04-0,06%

2.1.4

Varoitusmerkki, R-lausekkeet ja muut tiedot aineosasta

Xn; R22

LD₅₀ = 1800 mg/kg (suun kautta, rotta).

O; R8

3. VAARALLISTEN OMINAISUUKSIIEN KUVAUS

Haitallinen, terveydelle haitallista nieltynä..

4. ENSIAPUOHJEET

4.1 Erityiset ohjeet

Riisu saastuneet vaatteet ja kengät välittömästi.

4.2 Hengitys

Raittiiseen ilmaan. Otettava yhteys lääkäriin mikäli oireet jatkuvat.

4.3 Iho

Roiskeet huuhteltava välittömästi runsaalla vedellä. Otettava yhteys lääkäriin mikäli oireet jatkuvat.

4.4 Roiskeet silmiin

Huuhto silmät välittömästi runsaalla vedellä. Yhteydenotto erikoislääkäriin, mikäli silmien ärsytys jatkuu.

4.5 Nieleminen

Puhdista suu vedellä ja juo jälkeenpäin runsaasti vettä. Oksennutettava toistuvasti. Kutsu lääkäri välittömästi.

5. OHJEET TULIPALON VARALTA

5.1 Sopivat sammutusaineet

Hiilidioksidi (CO₂), jauhe, vesisuihku, alkoholia kestävä vaahto.

Litiumbromidiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

2 (4)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Sivu 2 / 4

Litiumbromidiliuos 54% (Lithium bromide solution abt. 54% nitrate inhibited)

Päiväys: 30.03.2004

Edellinen päiväys: -

5.4 Erityiset suojaimet tulipaloa varten

Tulipalossa käytettävä paineilmalaitetta.

5.5 Muita ohjeita

Tuote itsessään ei pala. Tulipalon sattuessa on säiliöt jäähdytettävä vesisuihkulla. Käytä ympäristöön sopivia sammutusmenetelmiä.

6. OHJEET ONNETTOMUUSPÄÄSTÖJEN VARALTA**6.1 Ohjeet henkilövahinkojen estämisestä**

Käytettävä henkilökohtaista suojavarustusta.

6.2 Ohjeet ympäristövahinkojen estämisestä

Ei saa huuhdella pintaveteen tai jätevesiviemäristöön. Vältettävä tuotteen pääsemistä maakerrokseen.

6.3 Puhdistusohjeet

Imeytettävä nestettä sitovaan aineeseen (hiekkä, piimaa, happoa sitova aine, yleissideaine). Roiskeet on lakaistava tai imuroitava talteen ja kerättävä sopivaan säiliöön hävittämistä varten.

7. KÄSITTELY JA VARASTOINTI**7.1 Käsittely**

Huolehdi riittävästä ilmanvaihdosta. Säiliö avattava ja käsiteltävä varovasti.

7.2 Varastointi

Säilytettävä huoneenlämpötilassa alkuperäispakkauksessa. Säilytettävä tiiviisti suljettuna paikassa, jossa on hyvä ilmanvaihto. Vältettävä hapettavia aineita. Ei saa säilyttää happojen lähellä.

8. ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN JA HENKILÖNSUOJAIMET**8.1 Altistuksen raja-arvot****8.1.1 HTP-arvot**

7550-35-8 Litiumbromidi

7790-69-4 Litiumnitraatti

8.2 Altistumisen ehkäiseminen**8.2.1 Työperäisen altistuksen torjunta**

Pakkauksen käsittelyssä ja avaamisessa on noudatettava varovaisuutta. Riisu saastuneet vaatteet ja kengät välittömästi. Varottava aineen joutumista iholle ja silmiin. Ei saa säilyttää yhdessä elintarvikkeiden, juomien eikä eläinravinnon kanssa. Kädet pestävä ennen taukoja ja työpäivän jälkeen. Vältettävä sumun hengittämistä.

8.2.1.1 Hengityksensuojaus

Hengityslaitetta tarvitaan ainoastaan silloin kun muodostuu aerosolia tai sumua.

8.2.1.2 Käsiensuojaus

Suojakäsineet, nitrilikumi. Täsmällinen läpäisy aika voidaan saada suojakäsinevalmistajalta ja sitä tulee noudattaa. Suojakäsineet on vaihdettava heti, kun ensimmäiset hajoamisen merkit on havaittavissa.

8.2.1.3 Silmiensuojaus

Suojalasit.

8.2.1.4 Ihonsuojaus

Suojapuku.

9. FYSIKAALISET JA KEMIAALLISET OMINAISUUDET**9.1 Yleiset tiedot (olomuoto, väri, haju)**

Väritön neste.

9.2 Terveysten, turvallisuuden ja ympäristön kannalta tärkeät tiedot**9.2.8 Suhteellinen tiheys**1,6 g/cm³**9.2.11 Viskositeetti**

5,62 mPa*s

Litiumbromidiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

3 (4)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Sivu 3 / 4

Litiumbromidiliuos 54% (Lithium bromide solution abt. 54% nitrate inhibited)

Päiväys: 30.03.2004

Edellinen päiväys: -

10. STABIILISUUS JA REAKTIIVISUUS

- 10.2 Vältettävät materiaalit**
Vahvat hapot ja hapettavat aineet.
- 10.3 Vaaralliset hajoamistuotteet**
Hajoamista ei tapahdu ohjeiden mukaisessa käytössä.

11. TERVEYSVAIKUTUKSIIN LIITTYVÄT TIEDOT

- 11.1 Välitön myrkyllisyys**
LD50 rotta
Dose: 1,800 mg/kg
CAS 7550-35-8 Litiumbromidi, RTECS, 1989
- 11.2 Ärsyttävyys ja syövyttävyys**
Ärsytysvaikutukset ovat mahdollisia iholle ja silmille.
- 11.6 Muut terveysvaikutuksiin liittyvät tiedot**
Terveydelle haitallista nieltynä.

12. TIEDOT KEMIKAALIN VAARALLISUUDESTA YMPÄRISTÖLLE

- 12.1 Ekotoksisuus**
- 12.1.1 Myrkyllisyys vesieläöille**
NOEC
Dose 0,20 mg/L
Li; Fathead Minnow; Early Life Stage Test
- 12.1.2 Myrkyllisyys muille eliöille**
EC50 Vesikirppu
Dose: 19,1 mg/L
Testiaika: 48h
Litiumhydroksidi
Lievästi vesistöä pilaava.
- 12.5 Muut haitalliset vaikutukset**
Ei saa huuhdella pintaveteen tai jätevesiviemäristöön. Vältettävä tuotteen pääsemistä maakerroksiin.

13. JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Jätekoodi-Nr.:
060300 suolojen ja suolaliuosten sekä metallioksidien valmistuksessa, sekoituksessa, jakelussa ja käytössä syntyvät jätteet.

Tuote:
Hävitettävä erikoisjätteenä paikallisten ja kansallisten säädösten mukaisesti.

Likaantunut pakkaus:
Hävitettävä erikoisjätteenä paikallisten ja kansallisten säädösten mukaisesti.

14. KULJETUSTIEDOT

- 14.3 Maakuljetukset**
- 14.3.4 Muita tietoja** Ei vaarallisuusluokitusta kuljetusmääräysten mukaan

15. KEMIKAALEJA KOSKEVA MÄÄRÄYKSET

- 15.1 Varoitusetiketin tietoja**
- 15.1.1 Valmisteen varoitusmerkin kirjaintunnus ja varoitusmerkin nimi**
Xn Haitallinen

Litiumbromidiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

4 (4)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Sivu 4 / 4

Litiumbromidiliuos 54% (Lithium bromide solution abt. 54% nitrate inhibited)

Päiväys: 30.03.2004

Edellinen päiväys: -

15.1.2	Varoitusetikettiin merkittävien aineosien nimet	
	Litiumbromidi	
15.1.3	R-lausekkeet	
	R22	Terveydelle haitallista nieltynä.
15.1.4	S-lausekkeet	
	S23	Vältettävä kaasun/huurun/höyryn/sumun hengittämistä (oikean sananmuodon valitsee valmistaja tai maahantuoja).
	S24/25	Varottava kemikaalin joutumista iholle ja silmiin.
	S36/37	Käytettävä sopivaa suojavaatetusta ja suojakäsineitä.

16. MUUT TIEDOT**16.1 Luettelo kemikaalia koskevista R-lausekkeista**

R8	Aiheuttaa tulipalon vaaran palavien aineiden kanssa.
R22	Terveydelle haitallista nieltynä.

16.4 Lisätiedot

Annettu tieto perustuu nykyiseen tietämykseemme ja kokemukseemme ja koskee tuotetta sellaisena kuin se on toimitettu. Mitä tulee tuoteominaisuuksiin, ne eivät ole taattuja. Tämän käyttöturvallisuustiedotteen luovutus ei vapauta tuotteen vastaanottajaa vastuusta noudattaa tuotetta koskevia asianomaisia sääntöjä ja säädöksiä.

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

1 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324

E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	1 of 9

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/MIXTURE AND OF THE COMPANY/UNDERTAKING

- 1.1 Product Identifier:
Lithium Nitrate 30% w/w Solution
- 1.1.2 Product code:
5745
- 1.1.3 Sales name:
Lithium Nitrate 30% w/w Solution
- 1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against:
SU3 Industrial uses: Uses of substances as such or in preparations at industrial sites.
SU24 Scientific research and development.
Do not use for private purposes (household)
- 1.3 Details of the supplier of the safety data sheet: Leverton-Clarke Ltd:
Unit 14-16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hants
RG22 4DQ, England
- 1.4 Emergency telephone number:
(Mon-Fri 0800-1700 UK Time) +44(0)1256 810393
(Outside above hours)+44(0)7801 357865

2. HAZARDS IDENTIFICATION

- 2.1 Classification of the substance or mixture:
- 2.1.1 CLP Classification:
Ac. Tox. 4 H302 Harmful if swallowed
- 2.1.2 DSD Classification:
Xn; Harmful R22 Harmful if swallowed
- 2.2 Label elements:

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

2 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	2 of 9

2.2.1 Label elements-CLP Classification

2.2.1.1 Hazard Pictogram(s):



2.2.1.2 Signal word:

Warning

2.2.1.3 Hazard Statements:

As listed in sub-section 2.1.1

Only the wording of the hazard statement itself needs to go on the label

2.2.1.4 Precautionary Statements:

- P264 Wash your hands thoroughly after handling
- P280 Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection
- P301+P312 IF SWALLOWED: Call a POISON CENTRE or doctor/physician if you feel unwell.
- P330 Rinse mouth
- P302+P352 IF ON SKIN: Wash with plenty of soap and water
- P363 Wash contaminated clothing before use
- P261 Avoid breathing spray

2.2.2 Label elements-DSD Classification

2.2.2.1 Hazard Pictogram(s):



2.2.2.2 Risk phrases :

As listed in sub-section 2.1.2

2.2.2.3 Safety phrases :

- S26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice
- S36 Wear suitable protective clothing

2.3 Other hazard information

Human health hazards :

Inhalation: May cause irritation to the respiratory system.

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

3 (9)



Leverson-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393

F +44 (0)1256 479324

E sales@leversonclarke.com

www.leversonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	3 of 9

Skin contact: May irritate the skin, causing rashes after prolonged exposure.

Eye contact: Causes irritation. May cause permanent damage if not washed promptly.

Ingestion: May cause irritation to the mouth and throat. Ingestion of large quantities may cause vomiting, digestive disorders, or coma.

3. COMPOSITION/ INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1 Substances

Chemical Name	CAS No	EC No	% w/w
Lithium Nitrate Anhydrous	7790-69-4	232-218-9	c.30
Water	7789-20-0	231-791-2	c.70

4. FIRST AID MEASURES

4.1 Description of first aid measures

Eyes: Irrigate thoroughly with water or saline solution for at least 10 minutes. Obtain immediate medical attention if discomfort persists.

Skin: Wash thoroughly with soap and water. Wash contaminated clothing before re-use. Any rashes should be washed with soap and warm water. Rashes normally clear up within a couple of hours of being washed.

If rashes persist then obtain medical advice.

Ingestion: Wash out mouth thoroughly with water. Give plenty of water to drink. Obtain immediate medical attention.

Inhalation: Remove casualty to fresh air. Allow casualty to regain normal breathing pattern. Wash out mouth with water if necessary. If discomfort persists then obtain medical advice. Apply artificial respiration if the casualty is not breathing and seek immediate medical attention.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed:

Acute effects are irritation of the skin or mucous membranes.

This manifests itself on the skin as red itchy patches which have been in contact with the substance. The presence of this substance in the eyes will cause redness and stinging to the person(s) affected.

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed:

Removal of the substance from the affected area followed by washing from the skin with soap and water or flushing of the eyes with approved saline solution.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

4 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	4 of 9

5.1 Extinguishing media:

Use water only. Do not use dry chemical, CO₂ or Halon.

5.2 Special hazards arising from the substance or mixture:

If water evaporates, the remaining solid is an oxidizing material. Contact of this solid with easily oxidisable or combustible materials may cause fire or explosion upon ignition from any source.

5.3 Special protective actions for fire-fighters:

Wear self contained breathing apparatus.

Wear protective suit.

6. ACCIDENTAL RELEASE OF MATERIAL

6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures:

Wear an approved dust mask if dust is likely. Wear protective overalls, gloves and eye protection. Persons not wearing personal protective clothing should be restricted from the spillage area.

6.2 Environmental precautions:

Seal inlets to sewers or water courses and seek to contain spillage.

Water used for final wash down of the spillage site should be contained and collected for disposal (see section 13).

6.3 Methods and material for containment and cleaning up:

Collect spillage using clean, dry, metal tools (eg small scoop), taking precautions to avoid generation of dust and place in a clean, dry, suitable labelled drum for disposal or re-use (see section 13).

The area affected area should then be washed down and the washings collected for disposal by an accredited waste disposal company.

Contact Leverton-Clarke for advice regarding recycling.

7. HANDLING AND STORAGE

7.1 Precautions for safe handling:

When handling, wear personal protective equipment (section 8) and take measures to prevent generation of dusts. Eating, drinking and smoking should not be permitted in areas where this substance is handled.

7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities:

Store in a cool dry, covered, bunded and secure area. Containers should be protected from physical damage.

Store away from strong acids and flammable materials.

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

5 (9)



Leverson-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@leversonclarke.com

www.leversonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	5 of 9

- 7.3 Specific end uses:
No further relevant information available.

8. EXPOSURE CONTROLS/ PERSONAL PROTECTION

- 8.1 Control parameters:
There is no specific Workplace Exposure Limit (WEL) for this substance under UK legislation.

8.2 Exposure controls

Engineering controls:

UK Law (COSHH) imposes a duty on the employer to take all reasonable precautions and to exercise all due diligence to ensure that exposure is kept far below the maximum exposure limit as is reasonably practicable. Use engineering controls (e.g. local exhaust ventilation) and supply personal protective equipment. Take measures to avoid the production of dust.

Personal protective equipment (PPE):

Eye/Face: When using small quantities (grams) in a laboratory approved safety goggles should be adequate. If larger quantities are being used in a manufacturing/ repacking process then a full face visor should be worn.

Respiratory: Any work with this substance in a laboratory should be carried out in a fume cupboard. When handling larger quantities in a manufacturing/ repacking process a half-face respirator or an air helmet should be used, along with local exhaust ventilation if there is a chance that dust will be generated.

Protective clothing: Laboratory coat or other cotton/polyester overalls fully covering the body and limbs should be used when handling small quantities in a laboratory or manufacturing/repacking process. Disposable vinyl gloves should be the minimum protection used when handling small quantities in a laboratory. When handling larger quantities in a manufacturing/ repacking process, vinyl gloves should be worn underneath nitrile rubber gloves that provide protection to both the hands and lower arms.

- 8.3 Environmental exposure controls
The substance should only be used in a bunded area to prevent escape to the external environment. Local exhaust ventilation should be used where there is a chance of dust being generated.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

- 9.1 Information on basic physical and chemical properties

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

6 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	6 of 9

Appearance:	Clear solution
Odour:	None
Odour threshold:	Not applicable
pH:	(5% solution) at 25 °C: 7-9.5
Melting point:	Not applicable
Boiling Point:	110 °C (230 °F) to 120 °C (248 °F)
Flash Point:	Not applicable
Evaporation rate:	Not available
Flammability:	Not applicable
Flammable limits:	Not applicable
Vapour pressure:	Not available
Density:	Approximately 1.2 g/ml at 20°C
Solubility in water:	Miscible in any proportion
Partition coefficient:	Not determined
Autoignition temperature:	Not determined
Decomposition temperature:	600°C (applies to anhydrous product)
Viscosity:	Not available
Explosive properties:	Not explosive
Oxidising properties:	Oxidiser (applies to the anhydrous product)

9.2 Other information:
None

10. STABILITY AND REACTIVITY

- 10.1 Reactivity:
If water evaporates, the remaining solid is an oxidizing material. Contact with combustible materials may cause fire.
- 10.2 Chemical stability:
Stable if stored according to sub-section 7.2
- 10.3 Possibility of hazardous reaction:
Hazardous polymerization will not occur.
- 10.4 Conditions to avoid:
Stable at normal temperatures and pressures
- 10.5 Incompatible materials:
If water evaporates, the remaining solid is incompatible with combustibles, organic and oxidisable materials (such as paper, wood and cotton). Some organics (fuels) form explosive mixtures.
- 10.6 Hazardous decomposition products:

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

7 (9)



Leverson-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@leversonclarke.com
www.leversonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	7 of 9

May decompose to oxides of Nitrogen and Lithium

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity:

LD₅₀ (Oral rat): 1426mg/kg

LD₅₀ (Dermal rat): >2000mg/kg

Inhalation: May irritate the respiratory system

Skin: Short term exposure may lead to formation of temporary rashes.

Eyes: Short term contact leads to irritation. If not washed out, may lead to permanent damage.

Ingestion: Irritates mouth and throat. Over exposure may lead to nausea and vomiting, blurred vision, drowsiness and coma.

Skin corrosion/irritation:

Irritant effect on skin and mucous membranes.

Serious eye damage/irritation:

Irritant to eye. If not flushed may lead to permanent damage.

Respiratory or skin sensitisation:

No sensitizing effect known

Germ cell mutagenicity:

No relevant data available at present.

Carcinogenicity:

No relevant data available at present.

Reproductive toxicity:

No relevant data available at present.

STOT-Single exposure:

No relevant data available at present.

STOT-repeated exposure:

No relevant data available at present.

Aspiration hazard:

Not applicable to this substance

12. ECOLOGICAL INFORMATION

12.1 Toxicity:

No relevant data available at present

12.2 Persistence and degradability:

Lithium Nitrate is not biodegraded or photodegraded.

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

8 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393
F +44 (0)1256 479324
E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	8 of 9

- 12.3 Bioaccumulative potential:
No relevant data available at present.
- 12.4 Mobility in soil:
Lithium Nitrate is water soluble and will readily disperse.
- 12.5 Results of PBT and vPvB assessment:
Not applicable.
- 12.6 Other adverse effects:
No further relevant information available at present

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

- 13.1 Waste treatment methods:
Leverton-Clarke is licensed to dispose of these preparations by recycling and also to waste. Contact Leverton-Clarke for details.
- Suitable methods:**
Any waste must not be discharged to sewer or river unless a written discharge consent has been issued by the appropriate authority (in the UK this is the local water authority or the Environment Agency). This procedure should be carried out by suitable trained personnel, using appropriate equipment.
- Packaging must be thoroughly rinsed with water before disposal or recycling. Wash water should be disposed of as above. Containers, even when cleaned, are considered to be a controlled waste and the duty of care still applies.

14. TRANSPORT INFORMATION

- 14.1 UN Number:
None
- 14.2 UN Proper shipping name:
None
- 14.3 Transport hazard class(es):
None
- 14.4 Packing group:
None
- 14.5 Environmental hazards:
Not applicable
- 14.6 Special precautions for user:
Not applicable
- 14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC code:

Litiumnitraattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

9 (9)



Leverton-Clarke Ltd.
Unit 16 Sherrington Way
Lister Road Industrial Estate
Basingstoke, Hampshire
RG22 4DQ, England

T +44 (0)1256 810393

F +44 (0)1256 479324

E sales@levertonclarke.com

www.levertonclarke.com

SAFETY DATA SHEET

Product name:	SDS reference	Date	Page
Lithium Nitrate 30% w/w Solution	5745SDS01	25-Nov-2011	9 of 9

Not applicable

15. REGULATORY INFORMATION

15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture:
The substance is classified and labelled according to the CLP Regulation and to the DSD Regulation.

15.2 Chemical Safety Assessment:
A chemical safety assessment hasn't been carried out

16. OTHER INFORMATION

Workers should be trained to handle hazardous chemicals. It is recommended that they are familiar with the contents of this safety data sheet. This safety data sheet is not a risk assessment. Recipients are advised to make their own risk assessment as required by other Health and Safety legislations.

References:

www.alfa.com/content/msds/british/13405.pdf

www.fmclithium.com/Portals/FMCLithium/content/docs/msds/QS-SDS-100%20r0.pdf

<http://www.fmclithium.com/Portals/FMCLithium/content/docs/msds/MSDS058.pdf>

www.hse.gov.uk/coshh/table1.pdf

ADR Regulations 2011 (ISBN 9789211391404)

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

1 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti		Chemetall
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36%		
Versio: 3 07.05.2010		Päiväys 14.10.2010
1. AINEEN TAI SEOKSEN JA YHTIÖN TAI YRITYKSEN TUNNISTUSTIEDOT		
Suomi Kemikaalin tunnistustiedot		
Kauppanimi Käyttötarkoitus: Korroosionestoaine	LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36%	
Valmistaja:	Chemetall GmbH Trakehner Strasse 3 60487 Frankfurt a.M.	
Johto-organisaatio: Yhteyshenkilö: Puhelin: Telefax:	Division Lithium +49(0)69 7165-0 +49(0)69 7165-3018	
Product safety: Puhelin: Sähköpostiosoite:	+49(0)6971652431 msds.de@chemetall.com	
Häätäpuhelinnumero:	+49(0)5326 51-0	
2. VAARAN YKSILÖINTI		
Henkilö- ja ympäristöriskien torjunta		
Varoitusmerkki, R-lausekkeet ja muut tiedot aineosasta:		
Syöpää Aiheuttava Ryhmä 2	R49 Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä.	
Mutageeninen Luokka 2	R46 Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita.	
Reprotoksinen Luokka 2	R60 Voi heikentää hedelmällisyyttä. R61 Vaarallista sikiölle.	
Erittäin myrkyllinen	R26 Myös erittäin myrkyllistä hengitettynä.	
myrkyllinen	R25 Myös myrkyllistä nieltynä. R48/23 Myös myrkyllistä: pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa vakavaa haittaa terveydelle hengitettynä.	
Haitallinen	R21 Myös terveydelle haitallista joutuessaan iholle.	
Herkistävä	R42/43 Altistuminen hengitysteitse ja ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä.	
1 / 8		

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

2 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti		Chemetall	
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36%			
Versio: 3 07.05.2010		Päiväys 14.10.2010	
Ympäristölle vaarallinen		R50/53 Erittäin myrkyllistä vesieliölle, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.	
3. KOOSTUMUS JA/TAI AINESOSIA KOSKEVAT TIEDOT			
Kuvaus: Vesiliuos, Litiumsuola.			
Vaaraa aiheuttavat aineosat			
Litiumkromaatti 25,00 - 50,00 % CAS-Nro.: 14307-35-8 EINECS-Nro.: 238-244-7 Varoitusmerkki, R-lausekkeet ja muut tiedot aineosasta: Carc.Cat.2; R49 Mut.Cat.2; R46 Repr.Cat.2; R60, R61 Xn; R21, R42/43 T; R25, R48/23 T+; R26 N; R50, R53			
4. ENSIAPUTOIMENPITEET			
Erityiset ohjeet: Ensiapuryhmä: Varmistauduttava itsesuojelusta. Siirrettävä pois vaarallistelta alueelta. Riisu saastuneet vaatteet ja kengät välittömästi. Pidettävä tarkkailun alaisena useiden tuntien ajan, koska myrkytyksen oireet saattavat ilmetä vasta viivästyneinä. Roiskeet silmiin: Huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä, myös silmäluomien alta, vähintään 15 minuutin ajan. Kutsu lääkäri välittömästi. Ihokosketus: Roiskeet huuhdeltava välittömästi runsaalla vedellä. Kutsu lääkäri välittömästi. Pese saastuneet vaatteet ennen uudelleenkäyttöä. Hengitys: Siirrettävä raittiiseen ilmaan. Osettava yhteys lääkäriin mikäli oireet jatkuvat. Nieleminen: Kutsu lääkäri välittömästi. Suu huuhdellaan vedellä. Ei saa oksennuttaa ilman lääkärin suostumusta. Myrkytyksen oireet saattavat ilmaantua vasta useiden tuntien jälkeen. Pidettävä lääkärin tarkkailun alaisena vähintään 48 tunnin ajan.			
5. PALONTORJUNTATOIMENPITEET			
Erityiset altistumisvaarat tulipalossa: Saattaa muodostaa myrkyllisiä kaasuja kuumennettaessa tai palossa. Erityiset palomiesten suojavarusteet: Tulipalossa käytettävä paineilmalaitetta. Sopivat sammutusaineet: Tuote itsessään ei pala., Käytä ympäristöön sopivia sammutusmenetelmiä. Muut tiedot: Tulipalon sattuessa on säiliöt jäähdytettävä vesisuihkulla. Saastunut sammutusvesi on kerättävä erilleen eikä sitä saa laskea viemäriin. Tulipalon jäännöksiin ja saastuneeseen sammutusveden jatkokäsittely on hoidettava paikallisten viranomaisten määräysten mukaan.			
6. TOIMENPITEET ONNETTOMUUSPÄÄSTÖISSÄ			
Henkilökohtaiset suojatoimet:			

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

3 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti		Chemetall																	
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36% Versio: 3 07.05.2010 Päiväys 14.10.2010																			
<p>Käytettävä henkilökohtaista suojausvarustusta. Ihmisten pääsy estettävä päästön/vuodon alueelle ja ihmiset pidettävä tuulen yläpuolella. Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Vältettävä höyryn hengittämistä.</p> <p>Ympäristöön kohdistuvien vahinkojen estäminen: Ei saa huuhdella pintaveteen tai jätevesiviemäristöön. Vältettävä tuotteen pääsemistä maakerrokseen. Ilmoitettava asianomaiselle virkamiehelle mikäli ainetta pääsee viemäristöön, vesiympäristöön tai maaperään.</p> <p>Puhdistusohjeet: Kootaan vuoto, imeytetään se palamattomaan imeytysaineeseen (esim. hiekkaan, maahan, piimaahan, vermikuliittiin) ja siirretään astiaan paikallisten/kansallisten säädösten mukaisesti hävittämistä varten (katso kohta 13).</p>																			
7. KÄSITTELY JA VARASTOINTI																			
<p>Käsittely</p> <p>Ohjeet turvalliseen käsittelyyn: Vältettävä altistumista - ohjeet luettava ennen käyttöä. Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta. Henkilöitä, joilla on ihoallergiavaiveuksia tai astmaa, allergiaa, kroonisia tai uusiutuvia hengityselinsairauksia, ei tule laittaa työskentelemään mihinkään työvaiheeseen, jossa tätä seosta käytetään. Henkilökohtainen suojaus, katso kohta 8. Vältettävä höyryn hengittämistä. Varottava kemikaalin joutumista iholle ja silmiin. Silmänhuuhtelupullo tai silmäsuihku oltava valmiina työskentelypaikan läheisyydessä.</p> <p>Palo- ja räjähdysvaara: Tuote itsessään ei pala, mutta se on hapettava. Pidettävä erillään syttyvistä aineista. Vältettävä iskuja ja hankausta.</p> <p>Varastointi</p> <p>Turvallisuusvaatimukset varastolle ja säiliöille: Säiliö on pidettävä tiiviisti suljettuna kuivassa ja hyvin ilmastoidussa tilassa. Ei saa säilyttää puulavoilla.</p> <p>Muut tiedot: Ei saa kuivua.</p> <p>Yhteisvarastointiohjeet: Säilytettävä erillään syttyvistä kemikaaleista. Ei saa säilyttää yhdessä pelkistimien kanssa.</p>																			
8. ALTISTUMISEN EHKÄISEMINEN JA HENKILÖN SUOJAIMET																			
<p>Lisäohjeet koskien teknisiä laitteita: Huolehdittava riittävästä ilmanvaihdosta, erityisesti suljetuissa tiloissa. Varmistuttava siitä, että poistoilmaa ei voi palautua työpaikalle ilmanvaihtojärjestelmästä. Vältettävä kosketusta metalliin. Säilytettävä erillään syttyvistä kemikaaleista.</p> <p>Altistuksen raja-arvot</p> <p>Litiumkromaatti 14307-35-8</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Arvo</th> <th>Päivämäärä</th> <th>Peruste</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4"> Henkilökohtaiset suojaimet </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Hengityselinten suojaus: Höyrymuodostuksen esiintyessä on käytettävä hyväksytyllä suodattimella varustettua hengityslaitetta. Suositeltu suodatintyyppi: B-P3 </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> Käsien suojaus: </td> </tr> </tbody> </table>					Arvo	Päivämäärä	Peruste	Henkilökohtaiset suojaimet				Hengityselinten suojaus: Höyrymuodostuksen esiintyessä on käytettävä hyväksytyllä suodattimella varustettua hengityslaitetta. Suositeltu suodatintyyppi: B-P3				Käsien suojaus:			
	Arvo	Päivämäärä	Peruste																
Henkilökohtaiset suojaimet																			
Hengityselinten suojaus: Höyrymuodostuksen esiintyessä on käytettävä hyväksytyllä suodattimella varustettua hengityslaitetta. Suositeltu suodatintyyppi: B-P3																			
Käsien suojaus:																			
3 / 8																			

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

4 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti		Chemetall
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36% Versio: 3 07.05.2010 Päiväys 14.10.2010		
<p>Materiaali: Nitrilikumi Erityiset ohjeet: EN 374:n mukaiset suojakäsineet., Täsmällinen läpäisy aika voidaan saada suojakäsinevalmistajalta ja sitä tulee noudattaa., Suojakäsineet on vaihdettava heti, kun ensimmäiset hajoamisen merkit ovat havaittavissa.</p> <p>Silmiensuojaus: Tiiviisti asettuvat suojalasit</p> <p>Ihonsuojaus / Kehon suojaus: Kemikaalinkestävät suojavaatteet DIN EN 13034 (Type 6)</p> <p>Erityisiä suojautumis- ja hygieniaohteita: Vältettävä kaasun/huurun/höyryn/sumun hengittämistä. Varottava kemikaalin joutumista iholle ja silmiin. Riisuttava tahrintunut vaatetus ja pestävä ne ennen seuraavaa käyttöä. Ei saa säilyttää yhdessä elintarvikkeiden, juomien eikä eläinravinnon kanssa. Kädet pestävä ennen taukoa ja välittömästi tuotteen käsittelyn jälkeen. Syöminen, juominen ja tupakointi kielletty ainetta käsiteltäessä.</p> <p>Suojautumisohjeita: Tilojen, joissa tätä ainetta varastoidaan tai käytetään, tulee olla varustettu silmähuuhteluasemalla ja hätäsuihkulla. Käsiteltävä hyvän työhygienian ja turvallisuuskäytännön mukaisesti.</p>		
9. FYSIKAALISET JA KEMIAALLISET OMINAISUUDET		
Muoto: Väri: Haju: Tiheys: Vesiliukoisuus: pH: pH:	neste keltainen hajuton 1,355 g/cm ³ ajan 20 °C täysin sekoittuva 6 - 8 ajan: 20 °C 7 - 10 ajan: 20 °C	
10. STABIILISUUS JA REAKTIIVISUUS		
<p>Vältettävät olosuhteet: Eristettävä avoliekeistä, kuumista pinnoista ja sytytyslähteistä.</p> <p>Vältettävät materiaalit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelkistävät aineet, Orgaaniset materiaalit, Alumiini, Rikkiyhdisteet, Raju reaktio on mahdollista kosketuksesta orgaanisten tai muiden hapettavien aineiden kanssa. Hydratsiini • Kromitrioksidi <p>Vaaralliset hajoamistuotteet: Hajoamista ei tapahdu, mikäli tuotetta varastoidaan ja käytetään ohjeiden mukaisesti.</p>		
4 / 8		

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

5 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti	Chemetall
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36% Versio: 3 07.05.2010 Päiväys 14.10.2010	
Vaaralliset reaktiot: Aiheuttaa tulipalon vaaran palavien aineiden kanssa., Palossa muodostuneet vaaralliset hajoamistuotteet. Nota: Ei saa ylikuumentaa termisen hajoamisen välttämiseksi.	
11. MYRKYLLISYYTEEN LIITTYVÄT TIEDOT	
Ihon ärsytys: Saattaa aiheuttaa ihonärsytystä herkissä henkilöissä. Silmien ärsytys: Saattaa aiheuttaa silmien ärsytystä herkissä henkilöissä. Herkistyminen: Altistuminen hengitysteitse ja ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä. Terveysvaikutuksiin liittyvät tiedot: Syöpää Aiheuttava Ryhmä 2, Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä., Mutageeninen Luokka 2, Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita., Reprotoksinen Luokka 2, Voi heikentää hedelmällisyyttä., Vaarallista sikiölle. Terveysvaikutuksiin liittyvät tiedot: Erittäin myrkyllistä hengitettynä., Myrkyllistä nieltynä., Myös myrkyllistä: pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa vakavaa haittaa terveydelle hengitettynä., Myös terveydelle haitallista joutuessaan iholle.	
12. TIEDOT KEMIKAALIN VAARALLISUUDESTA YMPÄRISTÖLLE	
Tietoja aineen eliminoitumisesta (pysyvyys ja hajoavuus): Biologinen hajoavuus: Huomautuksia: Biologisen hajoamisen määritysmenetelmät eivät sovellu epäorgaanisille aineille. Myrkyllisyys kalalle: LC50 Oncorhynchus mykiss (kirjolohi) Dose: 42 mg/l Testiaika: 96 h Lithium ion Myrkyllisyys vesikirppu (daphnia): LC50 Vesikirppu (Daphnia) Dose: 24 mg/l Testiaika: 48 h Lithium ion Muut tiedot: erittäin paljon vesistöä pilaava Muut tiedot: Ei saa huuhdella pintaveteen tai jätevesiviemäristöön. Vältettävä tuotteen pääsemistä maakerrokseen. Jopa pienien määrien vuotaminen maapohjaan voi saastuttaa juomaveden. Erittäin myrkyllistä vesieliöille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.	
5 / 8	



Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

6 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti	Chemetall
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36% Versio: 3 07.05.2010 Päiväys 14.10.2010	
13. JÄTTEIDEN KÄSITTELYYN LIITTYVÄT NÄKÖKOHDAT	
<p>Jätekoodi-Nr.: Käyttäjän tulee määritellä jätekoodit, mieluiten keskustellen jätehuoltoviranomaisten kanssa.</p> <p>Tuote: Hävitettävä vaarallisena jätteenä paikallisten ja kansallisten säännösten mukaisesti.</p> <p>Likaantunut pakkaus: Hävitettävä vaarallisena jätteenä paikallisten ja kansallisten säännösten mukaisesti.</p>	
14. KULJETUSTIEDOT	
<p>Säädös : ADR YK/TUNNUS-Nro.: 3287 Oikea laivauksessa käytettävä nimi: TOXIC LIQUID, INORGANIC, N.O.S., Litiumkromaatti Pakkausryhmä: II Luokka: 6.1 ADR/RID-Labels: 6.1</p> <p>Säädös : RID YK/TUNNUS-Nro.: 3287 Oikea laivauksessa käytettävä nimi: TOXIC LIQUID, INORGANIC, N.O.S., Litiumkromaatti Pakkausryhmä: II Luokka: 6.1 ADR/RID-Labels: 6.1</p> <p>Säädös : IMDG YK/TUNNUS-Nro.: 3287 Oikea laivauksessa käytettävä nimi: TOXIC LIQUID, INORGANIC, N.O.S., Lithium chromate Pakkausryhmä: II Luokka: 6.1 EmS: F-A S-A E1</p> <p>Säädös : IATA_C YK/TUNNUS-Nro.: 3287 Oikea laivauksessa käytettävä nimi: TOXIC LIQUID, INORGANIC, N.O.S., Lithium chromate Pakkausryhmä: II Luokka: 6.1</p> <p>Säädös : IATA_P YK/TUNNUS-Nro.: 3287 Oikea laivauksessa käytettävä nimi: TOXIC LIQUID, INORGANIC, N.O.S., Lithium chromate Pakkausryhmä: II Luokka: 6.1</p>	
15. LAINSÄÄDÄNTÖÄ KOSKEVAT TIEDOT	
<p>Varoitusetikettiin merkittävien aineosien nimet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Litiumkromaatti 	
6 / 8	

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

7 (7)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti		Chemetall
LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36% Versio: 3 07.05.2010 Päiväys 14.10.2010		
Merkinnät:	 	Erittäin myrkyllinen Ympäristölle vaarallinen
R-lausekkeet:	R46 R49 R60 R61 R21 R25 R26 R48/23 R42/43 R50/53	Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita. Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä. Voi heikentää hedelmällisyyttä. Vaarallista sikiölle. Myös terveydelle haitallista joutuessaan iholle. Myös myrkyllistä nieltynä. Myös erittäin myrkyllistä hengitettynä. Myös myrkyllistä: pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa vakavaa haittaa terveydelle hengitettynä. Altistuminen hengitysteitse ja ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä. Erittäin myrkyllistä vesiliöille, voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.
S-lausekkeet:	S53 S23 S24/25 S27 S28 S36/37/39 S45 S60 S61	Vältettävä altistumista - ohjeet luettava ennen käyttöä. Vältettävä höyryn hengittämistä. Varottava kemikaalin joutumista iholle ja silmiin. Riisuttava välittömästi saastunut vaatetus. Roiskeet iholta huuhteltava välittömästi runsaalla määrällä vettä. Käytettävä sopivaa suojavaatetusta, suojakäsineitä ja silmien- tai kasvonsuojainta. Onnettomuuden sattuessa tai tunnettaessa pahoinvointia hakeuduttava heti lääkärin hoitoon (näytettävä tätä etikettiä, mikäli mahdollista). Tämä aine ja sen pakkaus on käsiteltävä ongelmajätteenä. Vältettävä päästämistä ympäristöön. Lue erityisohjeet/käyttöturvallisuustiedote.
Eräitä seoksia koskevat erityisvaatimukset: Vain ammattikäyttöön. 99/45/EC - 2001/60/EC and 2006/8/EC included Kansallisia määräyksiä Vesiluokitus WGK (Saksa): WGK 3 : erittäin paljon vesistöä pilaava VVWS A4 Muut ohjeet: Tuote on luokiteltu ja merkitty EU-direktiivien tai kansallisten säädösten mukaisesti.		
16. MUUT TIEDOT R-lausekkeiden teksti on mainittu kohdassa 3. 7 / 8		

Litiumkromaattiliuoksen käyttöturvallisuustiedote

1 (1)

KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE

Asetuksen (EY) N:o 1907/2006 mukaisesti

Chemetall**LITHIUMCHROMAT-LÖSUNG CA. 36%**

Versio: 3 07.05.2010

Päiväys 14.10.2010

R21 Terveydelle haitallista joutuessaan iholle.
R25 Myrkyllistä nieltynä.
R26 Erittäin myrkyllistä hengitettynä.
R42/43 Altistuminen hengitysteitse ja ihokosketus voi aiheuttaa herkistymistä.
R46 Saattaa aiheuttaa periytyviä perimävaurioita.
R48/23 Myrkyllistä: pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa vakavaa haittaa terveydelle hengitettynä.
R49 Aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa hengitettynä.
R50 Erittäin myrkyllistä vesielioille.
R53 Voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia vesiympäristössä.
R60 Voi heikentää hedelmällisyyttä.
R61 Vaarallista sikiölle.

Tämä tiedote sisältää muutoksia edelliseen versioon kohdassa (kohdissa): 14
Annettu tieto perustuu nykyiseen tietämykseen ja kokemukseen ja koskee tuotetta sellaisena kuin se on toimitettu. Mitä tulee tuoteominaisuuksiin, ne eivät ole taattuina. Tämän käyttöturvallisuustiedotteen luovutus ei vapauta tuotteen vastaanottajaa vastuusta noudattaa tuotetta koskevia asianomaisia sääntöjä ja säädöksiä.

Korroosioraportti

1 (10)



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastusaj. Inspection method


Pöytäkirjan nro. Report No.

NDT16-D-00006

Tilaaaja Contractor	Työmäär. Work No.	Asiakas Customer	Työmäär. Work No.
R.Huusko / Lämpö	-	Helen Lämpö	-
Laitos Station		Valmistaja, asentaja Manufacturer, installed by	Työnro. Work No.
ShX		Entropie	-
Tarkastuskohde Inspection object	Pirustus nro. Drawing No.		
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW	-		
Tarkastuslaitteet Equipment		Perusaine Base material	
Seifert eresco 200kv (RT), paksuusmittari GE DMS2		-	
XL Vu (endoskooppi), kohdevalaisin, peili		Pinnan laatu Surface condition	Lämpötila Temperature
		Ei puhdistusta	23°C
		Valaistus Light	
		Yleisvalo / Kohdevalo	
Tarkastuspvm Insp. date	Tarkastuspaikka Inspection place	Muut tiedot Other information	
04.04.2016	Salmisaari, Helsinki	-	
Tarkastusohje Inspection procedure		Tarkastuslaajuus Extent of inspection	
Helen ohje		Tilaaajan ilmoittama	
Laadunmääritysasiakirja Quality document		Laatuvaatimus Quality requirement	
-		-	

Tulokset Results

Tulokset	Liitesivu
Korroosiokuvauksissa havaittiin runsaasti valmistuksenaikaisia laatu poikkeamia hitseissä, mutta ainoastaan lievää korroosiota.	1.-5.
Ulkovaipan paksuusmittaustulokset vaihtelivat välillä 11,3mm - 12,3mm	6.
LiBr-esilämmitys siirtimen vaipan paksuusmittauksessa alin mitattu seinämän vahvuus oli 11,3mm (pohjalla), ylin 12,3mm.	6.
Näkölasien yhteen, ei merkittäviä poikkeamia.	7. -9.
Neste-ejektorisäiliön endoskooppi tarkastuksessa todettiin pohjalla ruostekerrostumaa, sekä lievää korroosiota. Tyhjennyksestä huolimatta säiliössä oli nestettä. Nesteessä olevat irtopartikkelit haittasivat osittain tarkastusta.	9.
Yksityiskohtaisemmat tiedot tarkastuksista, sekä kuvat liitesivuilla.	

Tarkastustulokset Results of inspection		<input type="checkbox"/> Täyttyvät vaatimukset Comply with the requirements	<input type="checkbox"/> Eivät täytä vaatimuksia Do not comply with the requirements
Tarkastaja Inspector M.Asikainen -7382 R.Alanko -7375		Pätevyys Qualification <input checked="" type="checkbox"/> EN 473/Nordtest Level 2 <input checked="" type="checkbox"/> SFS-EN ISO 9712 / Nordtest M 2 <input type="checkbox"/>	
Pvm ja allekirjoitus Date and signature 04.04.2016			

Rev. 3

Korroosioraportti

2 (10)



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

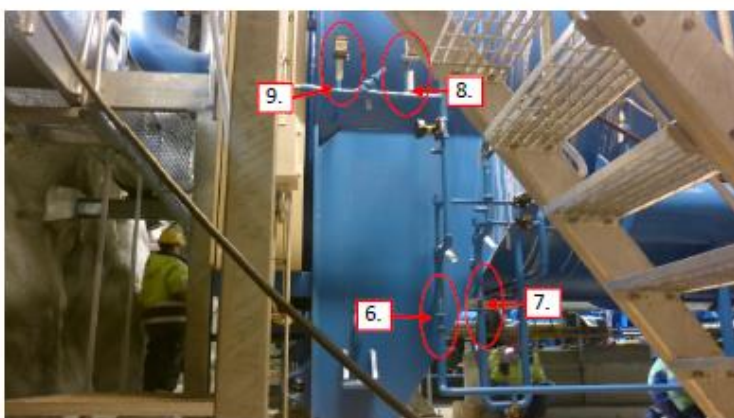
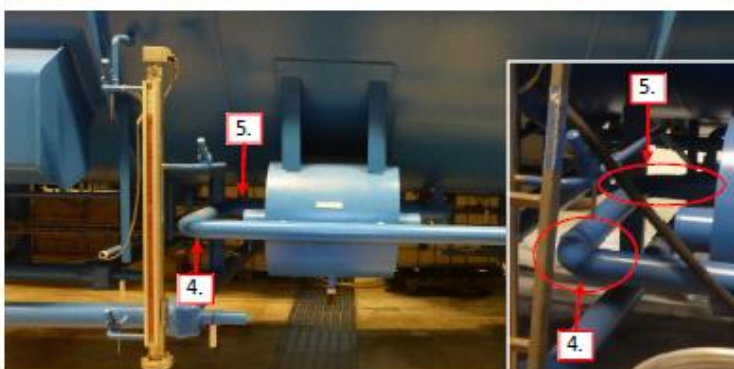
Liite Appendix
1

Tarkastuskohde Inspection object
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

Korroosiokuvaukset:

Kohteiden sijainti osoitettu oheisissa kuvissa.



Rev. 3

Korroosioraportti

3 (10)



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
2

Tarkastuskohde Inspection object

Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

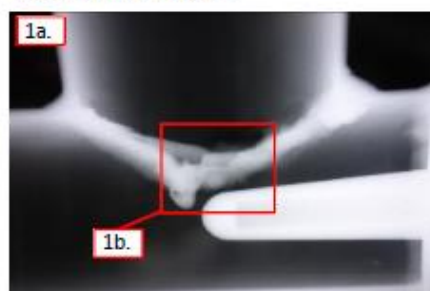
Tulokset Results



Tulokset:

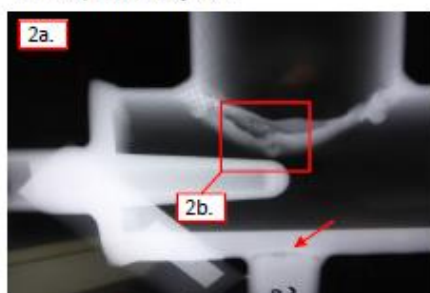
Kohde 1.

Perusaineessa ei havaittu korroosiota. Hitsissä valmistuksen aikaisia virheitä, kuvat 1a ja 1b.



Kohde 2.

Perusaineessa ei havaittu korroosiota. Hitseissä valmistuksen aikaisia virheitä, kuvat 2a ja 2b.



Rev. 3

Korroosioraportti

4 (10)



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastusaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

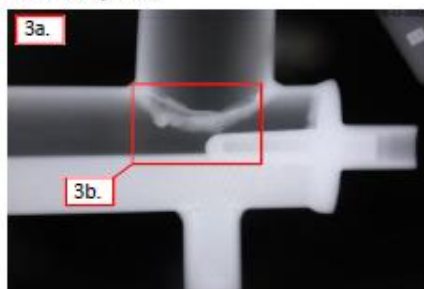
Liite Appendix
3

Tarkastuskohde Inspection object

Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

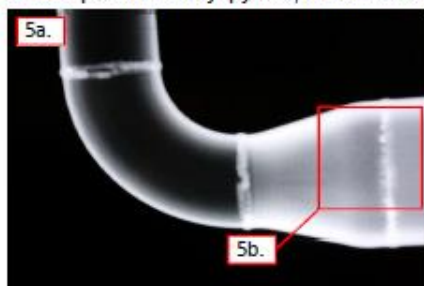
Kohde 3. Osittain luokiteltavissa (linjassa nestettä). Luokiteltavissa olevalla osuudella ei havaittu korroosiota. T-liitoksessa valmistuksen aikainen hitsausvirhe. Kuvat 3a ja 3b.



Kohde 4. Lievää pistemäistä syöpymää, hitsausvirheitä. Kuva 4a.



Kohde 5. Lievää pistemäistä syöpymää, hitsausvirheitä. Kuvat 5a ja 5b.



Rev. 3

Korroosioraportti

5 (10)

HELEN
 00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
 Tel. +358 9 6171
 firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastusaj| Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
4

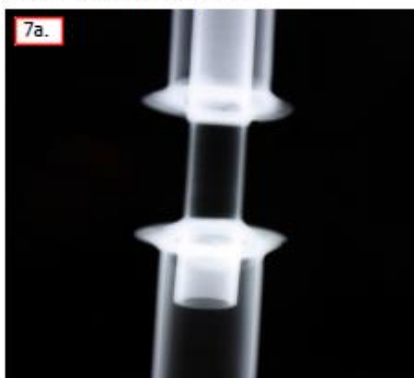
Tarkastuskohde Inspection object
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

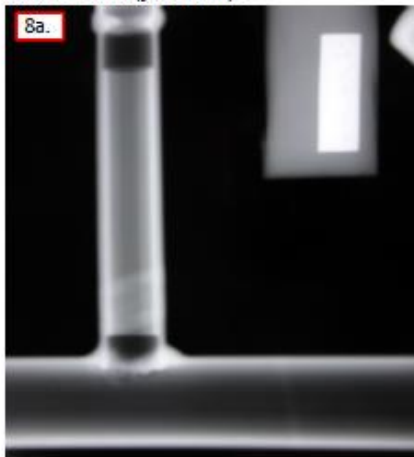
Kohde 6. Lievää ohentumaa supistuksen kohdalla, kuva 6a (yleiskuva)



Kohde 7. OK. Kuva 7a (yleiskuva).



Kohde 8. OK. Kuva 8a (yleiskuva).



Rev. 3

Korroosioraportti

6 (10)

HELEN
00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja Inspection Report

Tarkastusaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
5

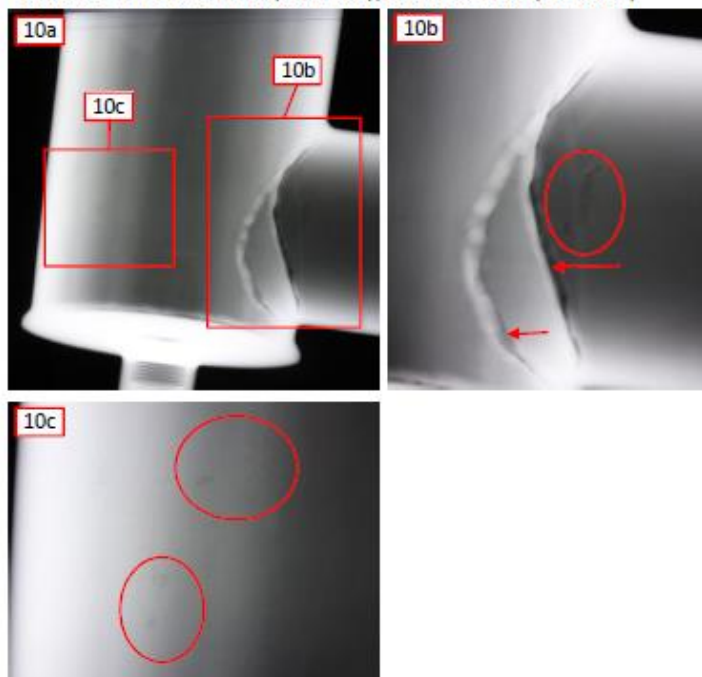
Tarkastuskohde Inspection object
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

Kohde 9. Ok. Kuva 9a (yleiskuva)



Kohde 10. Yksittäisiä lieviä ohenemia (kuva 10c), hitsausvirheitä (kuva 10b)



Kohde 11. Ok, valmistuksen aikaisia hitsausvirheitä

Kohde 12. Ok, valmistuksen aikaisia hitsausvirheitä.

Rev. 3

Korroosioraportti



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

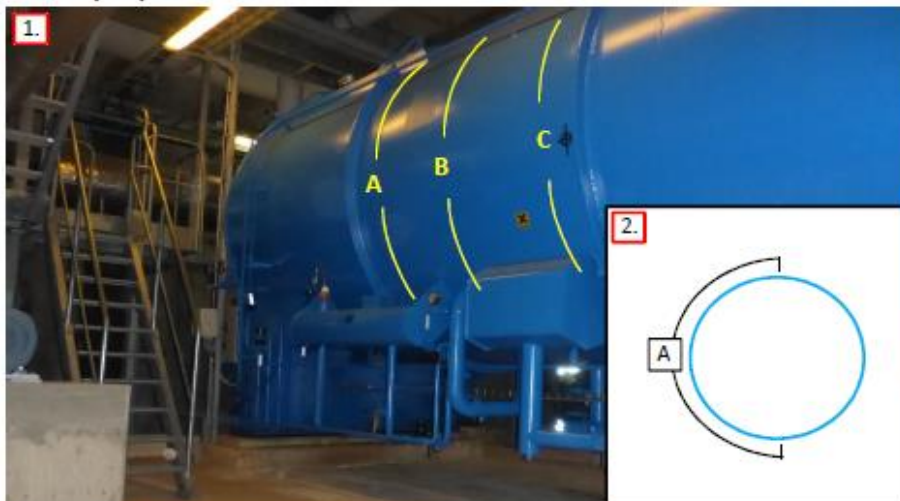
Liite Appendix
6

Tarkastuskohde Inspection object

Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

KK7 Vaipan paksuusmittaukset:



Vaipalle suoritettiin paksuusmittauksia noin 200mm välein mittalinjoittain. Yllä olevassa kuvassa 1. on esitetty mittalinjojen sijainnit. Kuvassa 2. on esitetty tarkastettava alue.

Tulokset: Mittalinja A, ainevahvuus vaihteli välillä 11,3mm - 11,8mm
Mittalinja B, ainevahvuus vaihteli välillä 11,9mm - 12,1mm
Mittalinja C, ainevahvuus vaihteli välillä 11,9mm - 12,3mm

LiBr-esilämmityssiirrin (1WX70W011)



Vaippa paksuimitattiin pistokoemaisesti. Alin mitattu ainevahvuus oli 11,2mm (sijainti noin klo:0600 kohdalla), ylin 12,1mm.

Rev. 3

Korroosioraportti

8 (10)

HELEN
00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
7

Tarkastuskohde Inspection object
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

Keit.näkölasi 7AX11 (1WX70S052)



Näkölasi irroitettiin ja yhteen kautta suoritettiin silmämääräinentarkastus endoskoopilla ja peilillä luoksepäästävin osin.

Kuvat:

1. Yhde josta tarkastus suoritettiin
2. Yhteen hitsissä valmistuksen aikaisia puutteita.
3. Vaipan sisäpintaa, pinoilla lievää pistemäistä syöpymää. Ok.
4. Vaipan sisäpintaa (endoskooppikuva).

Höyr.näkölasi 7AX01 (1WX70S050)



Rev. 3

Korroosioraportti

9 (10)

HELEN
00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

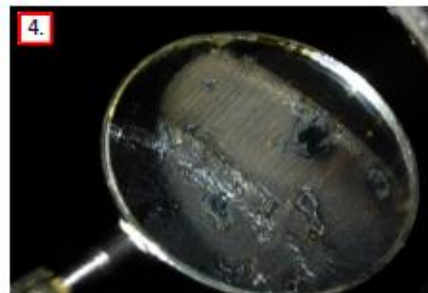
Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
8

Tarkastuskohde Inspection object
Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

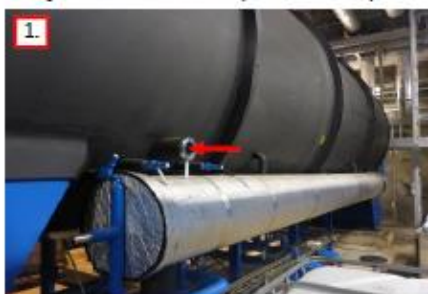


Näkölasi irroitettiin ja yhteen kautta suoritettiin silmämääräinen tarkastus endoskoopilla ja peilillä luoksepäästävin osin.

Kuvat: 1. Yhde josta tarkastus suoritettiin
2. Yhteen sisäpintaa.
3. Yleiskuva säiliön sisältä.
4. Yhteen hitsin juurta.

Tarkastuksessa ei havaittu poikkeamia.

Höyr.näkölasi 7AX01 (1WX70S051)



Rev. 3

Korroosioraportti

10 (10)



00090 Helen (Kampinkuja 2, Helsinki)
Tel. +358 9 6171
firstname.lastname@helen.fi

Tarkastuspöytäkirja

Inspection Report

Tarkastuslaji Inspection method

Pöytäkirjan nro Report No.
NDT16-D-00006

Liite Appendix
9

Tarkastuskohde Inspection object

Kylmäkone 7.(1WX70X100) 3,5MW

Tulokset Results

Näkölasia irroitettiin ja yhteen kautta suoritettiin silmämääräinentarkastus endoskoopilla ja peilillä luoksepäästävin osin.

Kuvat:

1. Yhde josta tarkastus suoritettiin
2. Yhteen hitsissä valmistuksen alkaisista puutteista.
3. Höyrystimen vaipan sisäpintaa (endoskooppikuva)
4. Höyrystimen tuubien pinnat siistissä kunnossa.

Neste-ejektorisäiliö 7BB40 (1WX70B040)



Tarkastus suoritettiin endoskoopilla tyhjennyksen kautta (kuvat 1 ja 2.). Säiliön sisälle jäänyt nestettä, jossa runsaasti irtopartikkeleita. Pohjalla havaittiin ruostekerrostumaa, sekä irtopartikkeleita (kuvat 3 ja 4.). Kuvassa 4. osoitettu pohjalla oleva yhde.

Rev. 3