

Jani Ranne

# VEDENJÄÄHDYTTIMEN MODERNISOINTI JA TOTEUTUS

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

2019



# VEDENJÄÄHDYTTIMEN MODERNISOINTI JA TOTEUTUS

Ranne, Jani  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennus ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma  
Elokuu 2019  
Sivumäärä: 33  
Liitteitä: 7

Asiasanat: Kylmäkierto, kylmäaine, vedenjäähdytin, teollisuus

---

Opinnäytetyön tarkoituksena suunniteltiin jäähdytysjärjestelmä Harjavallan kemikaalitehtaalle. Kylmäkoneet vastaavat kemikaalitehtaan ilmanvaihtokoneiden jäähdytyksestä, ja tehtaan toimistoissa sijaitsevien huonekonvektorien jäähdytyksistä. Kemikaalitehtaalla olevat vanhat koneet puretaan koska 50% niistä on hajonnut tai vuotaa kylmäainetta.

Työssä suunniteltiin kemikaalitehtaalle paranneltu ja uusi kylmäkonejärjestelmä. Uutena parannuksena oli lauhdevesijärjestelmän muutos ilmalauhdutteiseksi piiriksi. Aiemmin se on toiminut jokivesi jäähdytyksellä.

Työssä käydään myös läpi kylmäaineiden eroja ja mietitään voisiko vanhojen koneiden käytössä olevan aineen korvata jollain ympäristöystävällisemmällä.

## Modernization of water cooler and installation

Ranne, Jani

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Rehabilitation Counselling and Planning

August 2019

Number of pages: 33

Appendices: 7

Keywords: refrigerant circuit, refrigerant, water cooler, industrial

---

The purpose of the thesis was to design a cooling system for the Harjavalta chemical plant, Nor nickel. Refrigeration machines are responsible for the cooling of the IV-machines of the chemical plant and the cooling of the room convectors in the office rooms. The old chemicals factory machines are taken out because 50% of them are broken or leaking refrigerant.

In the thesis, a new improved refrigeration machine system was designed for the chemical factory. As a new improvement, the condensate water system was changed to air condensation circuit. Previously, the cooling system has been running on river water.

The thesis explains the differences between refrigerants and whether the refrigerants of the previous machines can be replaced with more environmentally friendly refrigerant.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KYLMÄKIERTO.....	7
2.1	Höyrystin.....	8
2.2	Lauhdutin .....	9
2.3	Kompressori.....	10
2.4	Paisuntaventtiili.....	13
2.5	Hyötysuhde ja jäähdytystehontarpeen laskeminen .....	14
3	VEDENJÄÄHDYTYSKONEEN VAIHTO JA MODERNISOINTI SUUNNITELMA JA TOTEUTUS .....	16
3.1	Vanhojen koneiden purkaminen .....	16
3.2	Projektin korjaussuunnitelma.....	17
3.3	Vanhojen vedenjäähdyttimien purkaminen .....	18
3.4	Uudet lauhduttimet.....	19
3.5	Lauhduuttimien putkitus .....	20
3.6	Uudet vedenjäähdyttimet .....	23
3.7	Uusien koneiden asennus .....	25
4	YHTEENVETO .....	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Harjavallan suurteollisuuspuiston syntyminen alkoi vuonna 1944, kun kuparisulatto siirrettiin Imatralta Harjavaltaan turvallisuussyistä. Muutaman vuoden kuluttua naapuriin ilmestyi rikkihappotehdas, joka tuotti sulaton ”jätekaasuista” raaka-ainetta lan-noitetuotannolle. Harjavallan suurteollisuuspuistossa toimii noin tuhat työntekijää ja noin 20 yritystä. suurimpiin yrityksiin alueella kuuluu Nornickel, jonne tämän opin-näytetyön kylmäkoneet tullaan suunnittelemaan.

Nornickeliin kuuluu eri osastoja, joita ovat mm. liuotus, pelkistämö, uutot, elektrolyysi ja kemikaalitehdas. Työssä suunniteltavat jäähdytyslaitteistot tulevat sijaitsemaan ke-mikaalitehtaalla.

Uutosta saapuu kemikaalitehtaalle puhdasta nikkelisulfaattiliuosta, josta valmistetaan epäorgaanisia suoloja, joita ovat mm. hydroksidit, hydroksikarbonaatit ja sulfaatit. Tä-män vuoksi kemikaalitehtaalla on tärkeää, että ilmanvaihto toimii moitteettomasti ja ihmiset pystyvät työskentelemään siellä turvallisesti. Viittaus: (Nornickel [www-sivut](http://www.nornickel.com) 2018).

Tällä hetkellä olemassa olevista jäähdytyskoneista on kolme neljästä koneesta otettu pois käytöstä erinäisten syiden vuoksi. Koneet tullaan purkamaan ja korvaamaan uu-silla ja paremmilla. Koko jäähdytysjärjestelmää tullaan muuttamaan paremmaksi ja kokonaisuudeltaan toimivammaksi. Yhden vedenjäähdytinlaitteiston teho on noin 300kW. Uudet koneet tulevat vastaamaan koko kemikaalitehtaan ilmastoinnin jäähdy-tyksestä ja huonekonvektorien jäähdytyksestä.

Työssä käsitellään vedenjäähdyttimen pääkomponentit ja niiden tarkoitus. Käsitellään koneen rakenne ja toimintaperiaate. Työ on suunnittelu/toteutus, joka pitää sisällään järjestelmän muutos suunnitelman, koneiden konkreettista sijoittelua ja valintaa, putkiston materiaalivalintaa ja eristämistä. Työssä kerrotaan myös jäähdytystarpeen muodostumisesta ja sen teoriasta. Mukana on kuvia laitteiston asennuksesta.

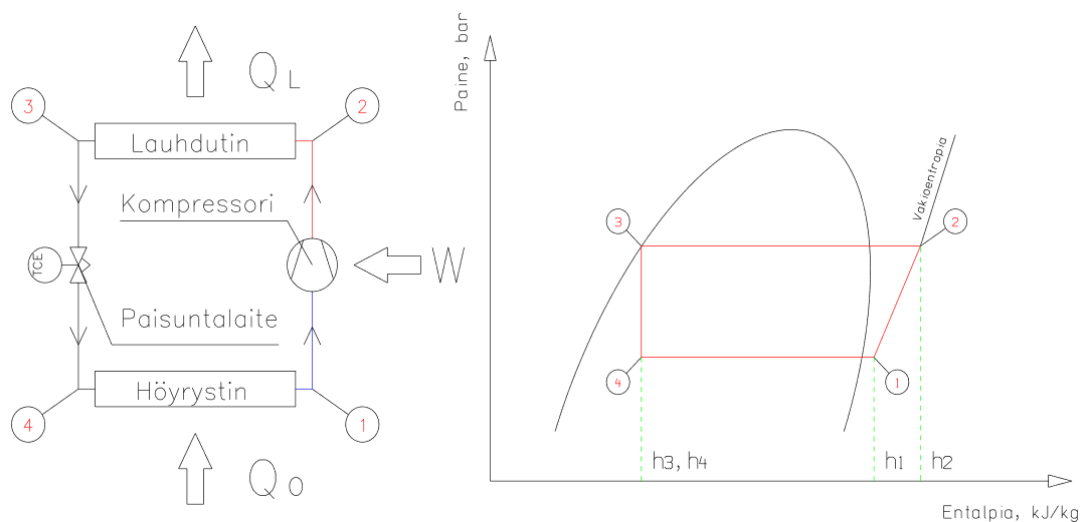
## 2 KYLMÄKIERTO

Ilmastoinnin jäähdytystä käytetään poistamaan ilman kosteutta ympäristöstä ja tietysti jäähdyttämään huoneeseen puhallettavaa ilmaa.

Ilmastoinnin jäähdytys järjestelmät ovat lisääntyneet rajusti rakentamisessa. Lisääntymisen syitä ovat mm. suurentuneet ikkunat, todella paljon suuremmat laitteisto kuorimitukset ja sisäilmastovaatimukset. Ilmastoinnin jäähdytyksen tarkoituksena on muodostaa kiinteistöön sellaiset sisätilaolosuhteet, että tilaa voidaan käyttää juuri siihen tarkoitukseen mihin se on suunniteltu.

Pääsääntöisesti kylmäkoneiden kylmän tekeminen perustuu kiertoprosessiin, jossa koneessa kiertävä aine lauhtuu ja höyrystyy. Pääkomponentteja kylmäkoneessa ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntalaite, joka on yleensä paisuntaventtiili.

Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämpöä ympäristöstä. Kompressori imee kylmähöyryn ja puristaa sen korkeampaan paineeseen, ja samalla lämpötila nousee. Lauhduttimessa korkeassa lämpötilassa oleva höyry kiinteytyy nesteeksi eli lauhtuu luovuttaen lämpöenergiaa ympäristöön. Paisuntaventtiilissä lämpötila laskee ja kylmäaineen paine pienenee, jolloin neste muuttuu nesteen ja höyryn sekoitukseksi (Hakala & Kaappola 2005, 10).



Kuvio 1. Kylmäkierto.(Hakala & Kaappola 2005, 10).

## 2.1 Höyrystin

Höyrystin on kylmäkoneen osa, joka ottaa vastaan lämpöenergiaa. Nesteen muodossa oleva kylmäaine kulkee ohi paisuntaventtiilin ja kulkee höyrystimeen, tarvii kylmäaineen painepudotuksen olla niin suuri, että kiehuminen nesteessä alkaa. Kylmäaineen höyrystymisen pitää alkaa matalammassa lämpötilassa, kuin aineen jota jäähdytetään, koska ainoastaan tällä tavalla saadaan aikaan lämmön siirtyminen kylmäaineeseen.

Ilma jäähtyy eli luovuttaa lämpöenergiaa, kun se kulkee läpi höyrystimen. Jos lämpötila laskee alle kastepisteen, ilmassa oleva vesihöyry nesteytyy vedeksi höyrystimen pinnalle. Pintaan kerääntyvä kosteus luovuttaa lämpöenergiaa eli latenttia lämpöä. Latenttisen lämmön sitomiseen menee yleensä merkittävä osa kylmätehosta.



Höyrystin valitaan luettelosta, johon on listattu eri tehoisia höyrystimiä. Vaikuttavia tekijöitä tehoon ovat lämpötilaero, kylmäaine, pinta-alan ja höyrystymislämpötila. Sekä suora- höyrystyslaitoksissa että märkähöyrystyslaitoksissa, laitoksen teho määräytyy höyrystimen läpi kulkevasta kylmäaineen määrästä.

Höyrystimiä on muutamia erilaista malleja. Niistä yksi on sileäputkihöyrystin. Sileäputkihöyrystimiä käytetään enää lähinnä laivajähdyttämöissä. Koska sileäputkihöyrystin asennetaan seinään tai kattoon, ottaa se eristyksestä tulevan lämmön suoraan höyrystimeen. Niitä käytetään luonnollisessa ilmankierrossa. Koska lämpimän ilman tiheys on pienempi kuin kylmän ilman, alkaa se nousta ylöspäin. Tällöin kylmäilma laskee alas kohti lattiaa, jolloin tuloksena on ilman kiertäminen.

Toisena mainittakoon ripaputkihöyrystimet. Ripaputkihöyrystimissä materiaalina käytetään terästä ja kylmäaineena käytetään yleensä ammoniakkia. Niiden käyttö on vähentynyt. Nykyään saattaa löytää vanhoista kylmähuoneista tai laivateollisuudesta. Etuna ripaputkijärjestelmässä oli pieni tilantarve ja halpa hinta edelliseen nähden. Kolmantena esittelen lamellihöyrystimen. Höyrystinputkeen on kiinnitetty lamelleja, joiden etäisyys voi vaihdella toisistaan. Lamellihöyrystimiä käytetään joko puhallinhöyrystiminä tai luonnollisella ilmankierrolla. Lamellit ovat yleensä terästä tai alumiinia. Oikeanlaisen lammellin määrää sen käyttötarkoitus. Eli onko kyseessä ilmastointilaitos vai pakkahuone. Viittaus: (Roald Nydal 2008, 134-136).

## 2.2 Lauhdutin

Lauhduttimen tehtävänä on poistaa lämpöenergiaa, mikä on otettu höyrystimessä ja puristuksen kautta tuotu lauhduttimeen pois luovutettavaksi. Lämpöenergia siirretään

pääsääntöisesti veteen tai ilmaan. Lauhdutin tyypit ovat saaneet nimensä jäähdytysaineensa mukaan.

Ilmajäähdytteinen lauhdutin on rakennettu teräs- ja kupariputkista, joihin on kiinnitetty prässäämällä lamelleja. Tavallisesti puhallin puhaltaa tai imee ilmaa lamellien väleistä, jos mukaan ei lasketa pakkaskaappeja. Hermeettisissä ja puolihermeettisissä koneissa puhallinmoottorit ja lauhduttimet tulevat erillisinä. Tämä mahdollistaa lauhduttimen sijoittamisen sellaiseen paikkaan, jossa kylmän ilman saatavuudesta voidaan varmistua.

Nestejäähdytteisessä lauhdutuksessa kylmäaine jäähdytetään nesteenjäähdyttimeltä tulevalla väliaineella. Jäähdytyksen väliaineena toimii pakkasen kestävä neste. Yleisimpiä nestelauhduttimia ovat koaksiaali-, levy- tai moniputkilauhduttimet.

Vedenjäähdytyskoneissa käytetään nestejäähdyttimiä, joka toimii samalla tapaa kuin höyrystin. Lauhduttimen mitoitukseen vaikuttavat lauhdutustehon tarve, kylmäaine, lauhduttimen aiheuttama lauhtumislämpötila, väliaineen lämpötila, lauhduttavan aineen lämpötilan muutos ja lauhdutustavan ja väliaineen valinta. (Hakala & Kaappola 2005, 71).

### 2.3 Kompressori

Kompressori pumppaa kylmäainetta piirissä eteenpäin aiheuttaen kylmäaineen lämpötilan muutoksen ja paineen nousun. Kylmäkierrossa kompressorin tehtävänä on ylläpitää höyrystimen ja lauhduttimen välistä paine-eroa.

Kompressorien eri rakenteita ovat hermeettinen, puoli-hermeettinen tai avokompressorit. Jäähdytyslaitteissa yleisimmät mallit ovat ruuvi, scroll ja mäntäkompressorit. Vesiasemat ovat yleensä varustettu ruuvikompressorilla tai sitten niissä käytetään hermeettisiä scroll-kompressoreita. (Hakala & Kaappola 2005, 65).



Kuva 1. Hermeettinen kompressori.( Ahlsell www-sivut, 2019)



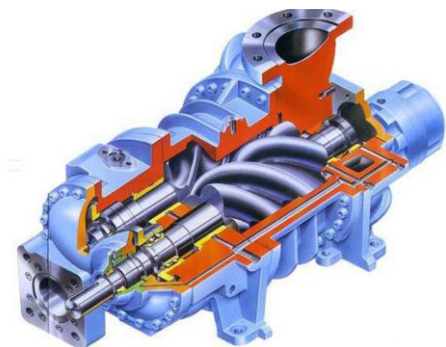
Kuva 2. Puolihermeettinen mäntäkompressori. (kylmaverkko www-sivut, 2019)

Puolihermeettisessä kompressorissa tulee akseli ulos kuoresta, jolloin kylmäaineen vuotoriski on olemassa.



Kuva 3. Scroll-kompressor. (maalampofoorumi www-sivut, 2019)

Vaikuttavia tekijöitä kompressorien mitoitukseen on kylmäteho, lauhtumislämpötila, kylmäaine, höyrystymislämpötila, kompressorityyppi ja paisuntaventtiilille tulevan kylmänesteen lämpötila. (Hakala & Kaappola 2005,67). Scroll- kompressorია on käytetty menestyksekkäästi kylmäkoneissa niin ilmalämpöpumpuissa kuin pakkahuoneissa.



Kuva 4. Ruuvikompressor. (play-azlab www-sivut, 2019)

Ruuvikompressor työntää kylmäainetta jatkuvasti samaan suuntaan, joten kompressorissa ei ole pako- tai imuventtiilejä jotka aukeutuvat ja sulkeutuvat kompressorin sisällä. Ruuvikompressor muodostaa painetta nimensä mukaan kahden ruuvin avulla, jotka ajaa kylmähöyryn väkisin eteenpäin muodostaen painetta. Kompressor on käynnistääneltään todella hiljainen.

## 2.4 Paisuntaventiili

Paisuntaventiili on kylmäkierron pienin komponentti, mutta vähintään yhtä tärkeä kuin edellä mainitut. Paisuntaventiilin tehtäviin kuuluu säätää kylmäaineen syöttöä höyrystimelle kuormitusta vastaavaksi ja alentaa piirin painetta lauhduttimen jälkeen. Paisuntaventiili sijaitsee kylmäkierrossa lauhduttimen ja höyrystimen välissä.

Paisuntaventiili toimii kuristusventtiilinä, jonka kohdalla linja kuristuu hetkellisesti aiheuttaen kylmäaineen liikkumisen nopeammin linjassa. Tämä aiheuttaa paineenputoamisen ja kylmäaineen jäähtymisen. Paisuntaventiilin jälkeen kylmäaine on matalapaineista kylmää nestettä.(suomentyokalu [www-sivut](#), 2019).



Kuva 5. Paisuntaventiili. (Danfoss [www-sivut](#), 2019)

## 2.5 Hyötysuhde ja jäähdytystehontarpeen laskeminen

Eri kylmäaineita käytettäessä samoissa oloissa ja saman suuruisissa koneissa, saadaan eri jäähdytys tehoja. Siksi kylmäaineen valinta on tärkeää, jotta päästään haluttuun tulokseen. Kompressorin tehon ja jäähdytystehon suhdetta kutsutaan kylmäkertoimeksi. Mitä suurempi on kylmäkerroin sen vähemmän tarvitaan verkkovirtaa tietyn jäähdytystehon tuottamiseen.

Eli mitä suurempi kylmäkerroin sen suurempi hyötysuhde on kyseisessä koneessa. Kylmäkerroin saadaan laskettua niin, että katsotaan kompressorin tuottama kylmäteho ja jaetaan se kompressorin ottoteholla eli käyttöteholla. Mitä suurempi on kylmäkerroin sen suurempi on energian säästö koneessa. Kompressorilla toimivilla laiteyksillä kylmäkertoimeen vaikuttavat lauhtumis ja höyrystymislämpötilat, kylmäaine ja laitteiston tyyppi.

COP (Coefficient Of Performance)-lukua käytetään ilmaisemaan esimerkiksi ilmalämpöpumpun hyötysuhdetta, joka kertoo kuinka tehokkaasti verkosta otettava käyttöteho saadaan muutettua lämmitystehoksi.(viittaus: nilan www-sivut,2019).

Uusien säädösten ja energiatehokkaan rakentamisen myötä kiinteistöjen lämpöhäviöt ovat pienentyneet huomattavasti. Tämän takia aurinkokuormat ja sisäiset lämpökuormat voivat nostaa kiinteistön sisälämpötilan hyvin korkeaksi. Koska korkea sisälämpötila aiheuttaa epämukavuutta ja laskee työtehoa on siihen alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota. (Viittaus: Sandberg 2016.419-446).

Sisälämpötilan ja jäähdytystehon laskemiseen on useita syitä. Rakentamismääräyksien osassa D3- rakennusten energiatehokkuus, on annettu tiettyjä raja-arvoja kesän aikaisille sisälämpötiloille. Määräysten sisälämpötilavaatimuksen täytyminen on osa

energiaselvitystä, joka tarvitsee tehdä kiinteistöön rakennuslupa vaiheessa. Jos vaatimukset eivät jostain syystä täyty, rakennuslupaa ei silloin myönnetä. Rakennus on rakennettava ja suunniteltava siten ettei rakennuksen tilat lämpene liikaa. Tilojen liiallisen lämpenemisen estämiseksi on käytettävä rakenteellisia ja muita passiivisia ratkaisuja sekä tehostettua ilmanvaihtoa. Asuinrakennuksissa pyritään sellaisiin ratkaisuihin ettei jäähdystä tarvittaisi. (Viittaus: Sandberg 2016.419-446).

Rakennuksen jäähdystarpeenlaskenta on monimutkaisempaa kuin lämmitystehontarpeen laskenta. Jäähdyttäessä rakennusta tila ei ole stationääritilassa, kuten usein ajatellaan lämmitystehontarvetta laskiessa. Keskeisiä asioita jäähdystehontarpeen laskemisessa on auringonsäteilyn käyttäytyminen ikkunassa, lämmön varastoituminen rakenteissa ja säteilylämmönsiirto pintojen välissä. Jäähdytystehontarpeen määrittely edellyttää lämpötaseen laskemista. (Viittaus: Sandberg 2016.419-446).

Lämpötaseen keskeisiä osia ovat auringon säteily, sisäiset kuormat, ulkoilman lämpötila ja kosteus, sisälämpötila ja kosteus, ilmavirrat, pintojen lämmönvarastoimiskyky ja kosteuden varastoituminen. Lämpötaseella tarkoitetaan huoneeseen tulevien, lähtevien ja siellä syntyvien lämpövirtojen matemaattista erittelyä. Energia joka on huoneessa tai tulee huoneeseen, muuttuu lämmöksi rakennuksessa tai poistuu sieltä. Energia ei koskaan katoa. Energian häviättömyyden takia varastoitumisen ja energiavirtojen summa on nolla. Tasepintojen erisuuntaisten energiavirrat ovat siis saman suuruiset jolloin tase on yhtä kuin nolla. Jäähdytystarvetta miettiessä yleensä tarkastellaan vain lämpövirtoja. Huomioitavaa on myös, että kaikki kiinteistöön tuotu sähkö muuttuu myös lämmöksi. (Viittaus: Sandberg 2016.419-446).

Jäähdytysjärjestelmien mitoitus, olosuhdetarkastelut ja energialaskenta tehdään käytännössä aina rakennussimulointiohjelmilla tietomallia hyödyntäen. Rakennusten olosuhde ja energialaskentaohjelmia on saatavilla monta erillaista. Suomessa yleisimmät ohjelmat ovat RIUSKA ja IDA-ICE. (Viittaus: Sandberg 2016.419-446).

### 3 VEDENJÄÄHDYTYSKONEEN VAIHTO JA MODERNISOINTI SUUNNITELMA JA TOTEUTUS

Tässä luvussa käydään läpi mitä varsinaisessa työssä on suunniteltu ja mitkä ovat konkreettisen toteutuksen vaiheet. Itse työ sai alkunsa tilaajan tarpeesta saada uudet toimivat vedenjäähdytinkoneet Harjavallan suurteollisuuspuiston kemikaalitehtaalle. Työ aloitettiin tutustumalla kohteeseen ja neuvotteluilla tilaajan osapuolten kanssa, jonka jälkeen tarjottiin “avaimet käteen” mallista urakkaa sisältäen suunnittelun ja työn.

#### 3.1 Vanhojen koneiden purkaminen

Harjavallan kemikaalitehtaalla valmistetaan erillaisia kemikaaleja, joita käytetään nikkelin valmistuksessa. Työn vedenjäähdyttimet eivät liity millään tavalla kemikaalitehtaan prosessiin, vaan vastaavat valvomoiden ja sosiaalitulojen jäähdytyksestä. Kemikaalitehtaalla ylimmässä kerroksessa sijaitsee ilmastointikonehuone, jossa vedenjäähdyttimet sijaitsevat.

Vanhoja vedenjäähdyttimiä on konehuoneessa kaksi kappaletta. Laitteistoissa on havaittuna paljon vikoja. Laitteisto 1, (piiri 1) on täysin tyhjä kylmäaineista. Laitteisto vuotaa kompressorin tiivisteistä useasta kohdasta. Laitteistossa 1, (piiri 2) on taasen ohjauskorttivika. Kompressori ei käynnisty lainkaan. Laitteisto 2, (piiri 1) toimii hyvin, mutta laitteiston 2, (piiri 2) on myös vajaa kylmäaineistaan. Sekin vuotaa kompressorin tiivisteistä useasta paikasta. Kompressoreihin on huoltokirjojen mukaan vaihdettu tiivisteitä muutamia vuosia sitten. Ilmeisesti se on tehty huonosti, tai vain osa tiivisteistä vaihtaen, sillä vika on edelleen sama.

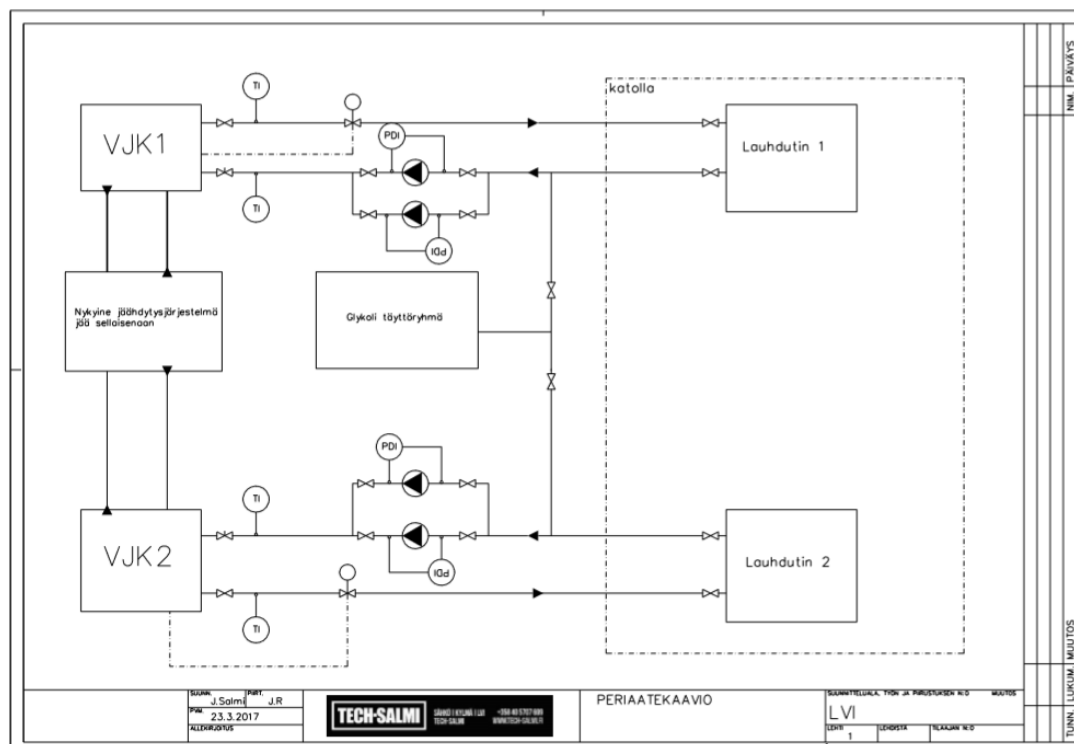
Laitteiston iän, kunnan ja huoltohistorian huomioon ottaen, vanhojen laitteiden vaihtaminen uusiin laitteisiin on järkevintä. Uusiin vaihto on kokonaistaloudellisesti ja toimintavarmuudeltaan järkevintä, kuin nykyisten koneiden lähes täydellinen



korjaus. Vanhat vedenjäähdyttimet sisältävät R404a kylmäainetta, joka on väistymässä kokonaan pois vuoteen 2022 mennessä korkean GWP-arvonsa vuoksi.

### 3.2 Projektin korjaussuunnitelma

Korjaussuunnitelmana on korvata vedenjäähdytyskoneen lauhdutuspiiri ilmalauhdutteiseksi. Samalla vedenjäähdytyskoneet kytketään molemmat omiin lauhdutuspiireihinsä, jolla saadaan aikaan laitteistojen täysin itsenäinen toiminta. Eli kun toinen vedenjäähdytyskoneista hajoaa tai on huollettavana, toista voidaan käyttää täydellä teholla. Aiemmin laitteistojen lauhdutus on ollut samassa piirissä. Seuraava toimintaperiaatekuva havainnollistaa edellä mainittua asiaa.



Kuvio 2. Periaatekaavio. (Jani Ranne)

Vanha laitteisto on jokivesilauhdutteinen, joka on siis muodostanut laitteen toimintaan ongelmia sen koko elinkaaren ajan. Jokiveden mukana tuli likaa, joka tukki suodattimet ja tätä myötä putkilauhduttimet ja lauhdutinpiiriä ohjaavat kaksitieventtiilit.

Laitteisto on ollut ainakin viimeiset vuodet todella huonolla huollolla ja mm. putkilauhduttimia putsattiin ensimmäisen kerran 2017. Myös kylmäainemäärät ja lauhdutuslämpötilat ovat olleet sattumanvaraisia. Jokivedestä johtuvat ongelmat pakottavat tekemään muutoksen lauhdutin puolen järjestelmään. Näin ollen jokivesiputkisto tullaan purkamaan kokonaan pois, ja tulppaamaan putkiston päät.

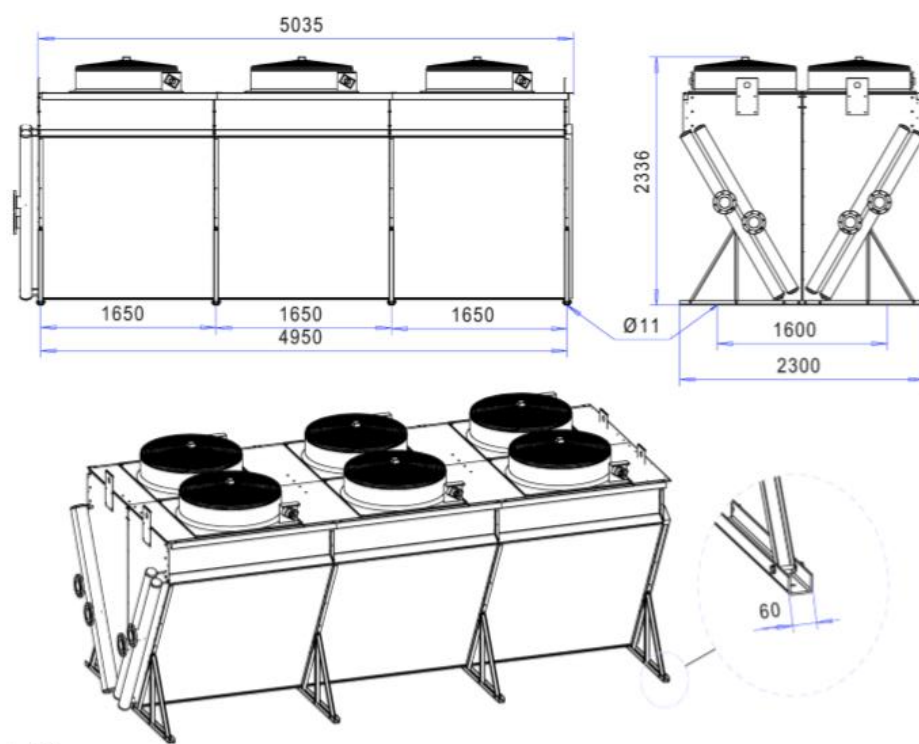
### 3.3 Vanhojen vedenjäähdyttimien purkaminen

Vanhojen vedenjäähdyttimien purku aloitetaan ottamalla kylmäaine R404A talteen. Koneiden kylmäainemäärä on noin 60 Kg. Kylmäainetta ei saa päästää ilmaan, koska se rasittaa otsoni kerrosta. Tämän jälkeen putkisto katkaistaan mahdollisimman läheltä vedenjäähdytintä niin lauhde kuin kylmäpuoli. Kun vedenjäähdytin on saatu irti, alkaa sen siirtäminen ja pois nostaminen seinässä olevasta huoltoluukusta. Nostoa varten on täytettävä nostosuunnitelma, jonka noston suorittaja tekee. Nostoa alue on myös rajattava niin, että ketään sinne kuulumaton henkilö ei ajaudu vahingossa alueelle. Itse nostaminen suoritetaan kurottajalla, jonka piikkeihin vedenjäähdytin sidotaan vielä kahdella liinalla turvallisen nostamisen takaamiseksi.

Kun vanha vedenjäähdytin on saatu pois, voidaan alkaa purkamaan jokivesilauhdutuslinjaa. Purettava jokivesilinja on noin 40m pitkä putkisto, joka on kokoa DN 150. Putkisto puretaan kulmahiomakoneella, koska putken materiaali on haponkestävääterästä. Se on niin kovaa että puukkosaha ei purkamiseen sovellu. Kulmahiomakoneen käyttöä varten on haettava tulityölupa, joka oikeuttaa työntekijän tekemään tulitöitä. Tulityölupa haetaan kemikaalitehtaan valvomosta, josta haetaan myös työlupa. Tulityöluvan myöntämiseen vaaditaan tulityöntekijältä tulityökortti.

### 3.4 Uudet lauhduttimet

Jokivesilauhdutus päätettiin poistaa kokonaan ja tilalle suunniteltiin ilmalauhduttimet. Ilmalauhduttimista päädyttiin kilpailuttamisen jälkeen Ecocoil Alfa Lavalin ilmalauhduttimiin. Alfa Lavalin lauhduttimen teho on 427kW/kpl. Niitä tulee yhteensä kaksi kappaletta. Lauhduttimien tehon tarpeet saatiin laitetoimittajalta, joka suunnitteli laitteet kohteen tehon tarpeiden mukaiseksi.



Kuva 6. Lauhdutin. (Alfa Lavalin toimittama mittakuva sähköpostilla)

Ilmalauhduttimien koon ja painon vuoksi on otettava yhteys rakennesuunnittelijaan, koska ajatuksena oli laitteet asentaa vesikatolle. Rakennesuunnittelijan suunnitelmaa noudattaen katolle rakennettiin puusta lauhduttimille laiturit, jotka tasoittavat painopisteen tarpeeksi laajalle alueelle kattoa vahingoittamatta. Laiturin alle asennettiin kaksinkertainen huopa. Laitureiden päälle tuli metallista rakennettu peti, jonka päälle itse kone asennetaan. Laitteiden nostaminen katolle tapahtuu ammattilaisen toimesta.



Kuva 7. Lauhdutin. (Jani Ranne)

### 3.5 Lauhduttimien putkitus

Vedenjäähdytyskoneiden ja lauhduttimien välinen putkitus suunniteltiin tehtäväksi HST- putkista, jotka mitoitettiin koneen pumpun tehon ja tilavuusvirran mukaan kitkapainehäviötaulukkoa apuna käyttäen DN 200 kokoiseksi. Lauhdutinputkiston reitiksi katolle päädyttiin mahdollisemman yksinkertaiseen ja lyhyeen reittiin.

Konehuoneen seinään tehtäisiin neljä reikää, josta molempien koneiden putket tulisivat vierekkäin läpi ja kulkisivat ulkoseinää pitkin katolle. Ulkoseinään tehtäisiin kiinteä kannake, josta putket kannakoidaan ja katolle puusta rakennetut kannakepukit. Putkien eristys tapahtuu Armaflex solukumilla.



Kuva 8. Lauhdutinputket. (Jani Ranne)

Lauhdutinpiiri varustettiin muutamilla erillisillä komponenteilla järjestelmän toiminnan takaamiseksi. Lauhdutinpiiriä ohjaa kolmitieventtiili, joka tarpeen vaatiessa päästää menopuolelta paluupuolelle suoraan nestettä, jos jäähdytystehontarve ei ole niin suuri. Lauhdutinpiiriin konehuoneeseen suunniteltiin myös Spiroventtiili, joka poistaa ilmaa linjasta. Spiro-venttiilin idea on, että sen voi asentaa käytännössä mihin kohtaa vain linjaa, kun taas tavallisesti linjaston ilmaus tehdään loogisesti sen

korkeimpaan kohtaan. Linjastoon suunniteltiin myös mudaneroitin, joka sijaitsee paluu puolella, juuri ennen konetta. Mudaneroitin toimii nimensä mukaisesti. Mudaneroittimen sisältä löytyy sihti, jonka läpi aine kulkee ennen kuin se kulkee vedenjäähdyttimeen. Mudaneroitin on puhdistettava säännöllisesti, koska muuten säiliön täytyessä liasta voi linjaston kierto heikentyä tai mennä tukkoon kokonaan. Lauhdutinpohjelle suunniteltiin myös kaksi kappaletta kalvopaisunta-astioita, jotka mitoitettiin verkon tilavuuden mukaan. Kalvopaisunta-astian tehtävänä on tasata painetta aineen lämpötilan muuttuessa. Lauhdutinpiiriin suunniteltiin myös täyttöryhmä, josta linjasto saadaan täytettyä.



Kuva 9. Täyttöryhmä. (Jani Ranne)

### 3.6 Uudet vedenjäähdyttimet

Vanhat vedenjäähdyttimet päätettiin korjauksen sijasta vaihtaa kokonaan uusiin ja nykyaikaisiin, joissa käytetään ympäristöystävällisempää kylmäainetta R410A:ta. Vedenjäähdyttimien tehontarvetta ei lasketa uudelleen, koska se tulee korvaamaan vanhat laitteet.

Vedenjäähdyttimiksi valitaan Mitsubishi Electric NR-W 1104, joita tulee kaksi kappaletta. Mitsubishi Electric NR-W 1104 on markkinoinnin parhaita hyötysuhteeltaan niin puolella, kuin täydellä teholla ajettaessa, ja siksi vastaa hyvin tulevan käyttökohteen tarpeet. Kyseinen yksikkö vie vähän energiaa ja siksi siinä on nopea takaisinmaksuaika. Mitsubishi Electric NR-W 1104 on teholtaan 319kW/kpl.



Kuva 10. Vedenjäähdytin. (sähköposti Mitsubishi Electric)

Mitsubishi Electric NR-W 1104 toimii välillisellä jäähdytyksellä, joka tarkoittaa että kylmäainetta ei ole muualla kuin kylmäkoneen sisällä. Välillisessä jäähdytyksessä käytetään vaihdinta niin lauhdutus kuin höyrystin puolella. konvektorille menevä väliaine on tässä tapauksessa vettä ja lauhdutin puolella on 30% vesi/glykoli seos. Kylmäpuolella ei muutoksia juurikaan tehdä. Vanha kiertovesipumppu jätetään käyttöön, koska toimii moitteettomasti. Kylmäpuolta ohjaa kaksitieventtiilit, jotka aukeavat kun saavat käskyn huoneanturilta. Mitsubishi Electric NR-W 1104 on paketti joka ohjaa "itse itseään". VAC-kaapista tulee ainostaan koneelle käynnistys käsky, muuten kone säätää täysin itsensä.



Kuva 11. Scroll- kompressor. (Jani Ranne)



Mitsubishi Electric NR-W 1104 koneesta löytyy neljä kappaletta hermeettisiä scroll-kompressoreja. Koneen runko on kaikki siihen liittyvät osat ovat pulverimaalattuja sävyltään RAL 7035. Koneita on mahdollista saada myös kahdella kompressorilla.

### 3.7 Uusien koneiden asennus

Uusien koneiden asentaminen aloitetaan nostamalla laitteet kohteeseen samaa reittiä mistä vanhat koneet nostettiin alas. Uusiin vedenjäähdyttimiin asennetaan säätöjalat, jotta kone voidaan asentaa suoraan lattiakaadoista huolimatta. Säätöjalan tassut varustetaan kumilla jos niitä ei valmiiksi ole, mahdollista tärinää ehkäisemään. Koneen putkilähtöihin asennetaan kumipalkeet ehkäisemään mahdollista värinää, joka voi aiheuttaa koneen rikkoutumisen ja tärinän tarttumisen rakenteisiin. Kylmäpuolen putkia ei käytännössä uusita, muuta kuin sen verran mitä muutoksia joudutaan tekemään, jotta ne saadaan asennettua uuteen laitteeseen kiinni. Kaikki putki liitokset tehdään Tig-hitsaamalla. Hitsauksessa käytetään Argon suojakaasua ja HST-lisäainelankaa.

## 4 YHTEENVETO

Insinööriyön aiheena oli suunnitella uudet vedenjäähdyttimet ja lauhduttimet Harjavallan suurteollisuuspuistoon kemikaalitehtaalle, ja kertoa myös toteutuksen eri vaiheista. Kiinteistön ollessa suuri ja kokoaikaisessa käytössä, teki se työstä haasteellisen. Laitteiston uusiminen tuli suunnitella niin, että mahdolliset katkokset jäähdytyksessä oli mahdollisimman lyhyitä ja niistä ei aiheutunut haittaa. Kiinteistössä on sähkötiloja, joita vedenjäähdyttimet jäähdyttävät. Sähkötilojen ylikuumentuminen voi aiheuttaa katkoksen prosessissa ja aiheuttaa suuret tappiot. Työhön liittyi myös koneiden turvallisen asentamisen suunnittelu.

Jäähdytysjärjestelmä on todettu toimivaksi ja toteutusvaihe on suoritettu loppuun. Projekti on luovutettu kokonaisuudessaan tilaajalle, joka on sen vastaanottanut tyytyväisenä. Vanhassa järjestelmässä olevasta jokivesilauhdutuksesta päästiin eroon, ja katolla olevat ilmalauhduttimet toimivat moitteettomasti.

## LÄHTEET

Nornickel www-sivut. 2018. Viitattu 6.11.2018.

<http://nornickel.fi/nornickel-harjavalta/historia>

Hakala, P. Kaappola, E. 2005. Kylmälaitoksen suunnittelu. Helsinki: Opetushallitus.

Samk www-sivut. 2018. Viitattu: 6.11.2018.

[https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/449018/mod\\_resource/content/0/Kiertoprosessi\\_teoriasa.pdf](https://moodle2.samk.fi/pluginfile.php/449018/mod_resource/content/0/Kiertoprosessi_teoriasa.pdf)

Nydal, R. 1994. Käytännön kylmäteknikka. Helsinki: Kylmätuki oy

Kylmäverkko www-sivut. 2019. Viitattu 18.4.2019

<https://www.kylmaverkko.fi/tuotteet/kompressorit/puolhermmantakomp/>

Ahlsell www-sivut. 2019. Viitattu 18.4.2019

<https://www.ahlsell.fi/34/kylma/01-kompressorit/hermeettiset-kompressorit>

maalampofoorumi www-sivut. 2019. Viitattu 18.4.2019

<https://www.maalampofoorumi.fi/index.php?topic=6855.0>

ruuvikompressori kuva:

<https://fi.play-azlab.com/domashniy-uyut/8748-vintovoy-kompressor-princip-raboty-remont.html>

paisuntaventtiili <https://www.suomentyokalu.fi/tekninen-tuki/ilmastointijarjestelman-toimintaperiaate.html>

<http://products.danfoss.fi/productrange/refrigeration/thermostatic-expansion-valves/#/>

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Lämpöpumppu>

Nilan www-sivut.2019.Viitattu 7.8.2019

<https://www.nilan.fi/energiansaasto/cop-vs-scop-hyotysuhteiden-erot/>

Sandberg, E. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Talotekniikka julkaisut OY.

## LIITE 1

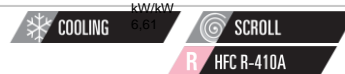
1/7

Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53



Check ongoing validity of certificate:  
[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)

ESEER CALCULATED



Code	NR-W /1104
Version	
Size	1104
UNIT DESCRIPTION	Water cooled chiller
Power supply	V/ph/Hz 400/3/50

## PERFORMANCE AT DESIGNED CONDITIONS

## I. RUNNING CONDITIONS

## I. HEAT EXCHANGER USER SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	12,0
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	7,0
Fluid type		
WATER Glycol	%	
0		
Fouling factor	m²K/W	0,000044

## I. HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	36,0
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	42,0
Fluid		
ETHYLENE GLYCOL Glycol	%	
35		
Fouling factor	m²K/W	0,000044

## I. COOLING (Gross value)

Cooling capacity	kW	319
Compressors power input	kW	86,2
Total power input	kW	86,2
EER	kW/kW	3,70
ESEER CALCULATED	kW/kW	6,61

## I. SEER

## I. SEER Official (Reg. EU 2016/2281)

## I. Fan coil (12/7) - Cooling tower (30/35)

Type climate		
Average Temp. Plant side		
Fan coil (12/7) Temp. Source side		
Cooling tower (30/35) Type flow		
Fixed		
Type Temperature	Variable	
Prated,c	kW	362
T Design		35,00
Qce		36785,64
SEER		5,90
Performance ηs	%	228

## EFFICIENCIES

## I. ESEER (GROSS VALUE)

Load	%	100	75
50			
Temp. evaporator inlet	°C	12,0	10,7
9,5			
Temp. evaporator outlet	°C	7,0	7,0
7,0			
Evaporator water flow	l/s	17,18	17,18
17,18			
Condenser input temperature	°C	30,0	26,0
22,0			
Condenser output temperature	°C	35,0	29,7
24,4			
Condenser fluid flow	l/s	20,51	20,51
20,51			
Cooling capacity	kW	359	270
180			
Total power input	kW	71,3	45,5
26,5			
EER	kW/kW	5,04	5,92
6.79			
7.50			

Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53



Check ongoing validity of certificate:  
[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)

Available unit's head



## PART LOAD DATA

### COOLING PARTIAL LOADS

Load	%	100,0	90,0	80,0	70,0	60,0	50,0
40,0		30,0	20,0	10,0			
Temp. evaporator inlet	°C	9,0	8,5	8,1	8,1		
Temp. evaporator outlet	°C	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Evaporator water flow	l/s	15,26	15,26	15,26	15,26	15,26	15,26
Pressure drop	kPa	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3
Condenser input temperature	°C	39,6	40,2	40,7	40,7		
Condenser output temperature	°C	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0
Condenser fluid flow	l/s	17,62	17,62	17,62	17,62	17,62	17,62
Pressure drop	kPa	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0	27,0
Cooling load	kWh	128	96	64	32		
Total power input	kW	33,6	25,2	17,0	9,41		
EER	kW/kW	3,79	3,80	3,76	3,39		

## EXCHANGERS

### HEAT EXCHANGER USER SIDE

Typology		
PLATE Quantity	N°	
1		
Fluid type		
WATER Glycol	%	
0		
Fouling factor	m²K/W	0,000044
Type of connections		
GAS Diameter of connections		
4" Min flow	l/s	
10,72		
Max flow	l/s	28,69
K pressure drop		7,38
Water content	l	42,1

### COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	12,0
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	7,0
Water flow	l/s	15,26
Pressure drop	kPa	22,3
Available unit's head	kPa	166

### HEAT EXCHANGER SOURCE SIDE

Typology		
PLATE Quantity	N°	
1		
Fluid		
ETHYLENE GLYCOL Glycol	%	
35		
Fouling factor	m²K/W	0,000044
Type of connections		
GAS Diameter of connections		
4" Min flow	l/s	
6,39		
Max flow	l/s	27,72
K pressure drop		5,50
Water content	l	58,8

### COOLING

Fluid inlet temperature (cooling mode)	°C	36,0
Fluid outlet temperature (cooling mode)	°C	42,0
Water flow	l/s	17,62
Pressure drop	kPa	27,0

Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53



Check ongoing validity of certificate:  
[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



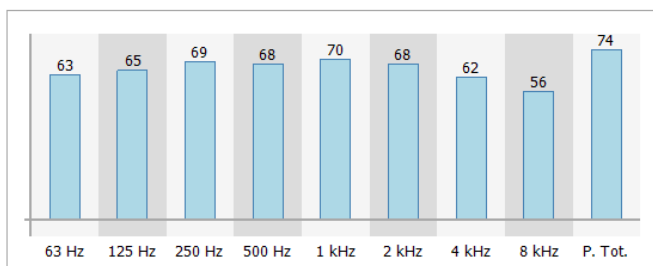
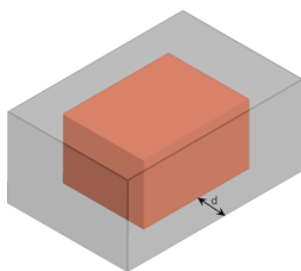
## COMPRESSORS

Compressor type	SCROLL Compressors nr.	
No. Circuits	N°	2
Refrigerant		R410A
Number of capacity steps	N°	4
Min. capacity step	%	25
Regulation		STEPS
Oil charge	kg	26,2
Refrigerant charge	kg	47,0
F.L.I. - Max absorbed power	kW	2x27.4+2x35.8
F.L.A. - Max absorbed current	A	2x45.8+2x58.9
L.R.A. - Locked rotor amperes for single compressor	A	2x272+2x310

## NOISE DATA

### SOUND DATA COLD

Frequencies	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Tot
(A) Sound power (spectrum)	dB	80	82	86	85	87	85	79	73	
Sound pressure level (spectrum)	dB	63	65	69	68	70	68	62	56	74



### Note

Distance	m	1
Note	Average sound pressure level at 1 m distance, unit in a free field on a reflective surface; non-binding value calculated from the sound power level. Sound power on the basis of measurements made in compliance with ISO 9614.	

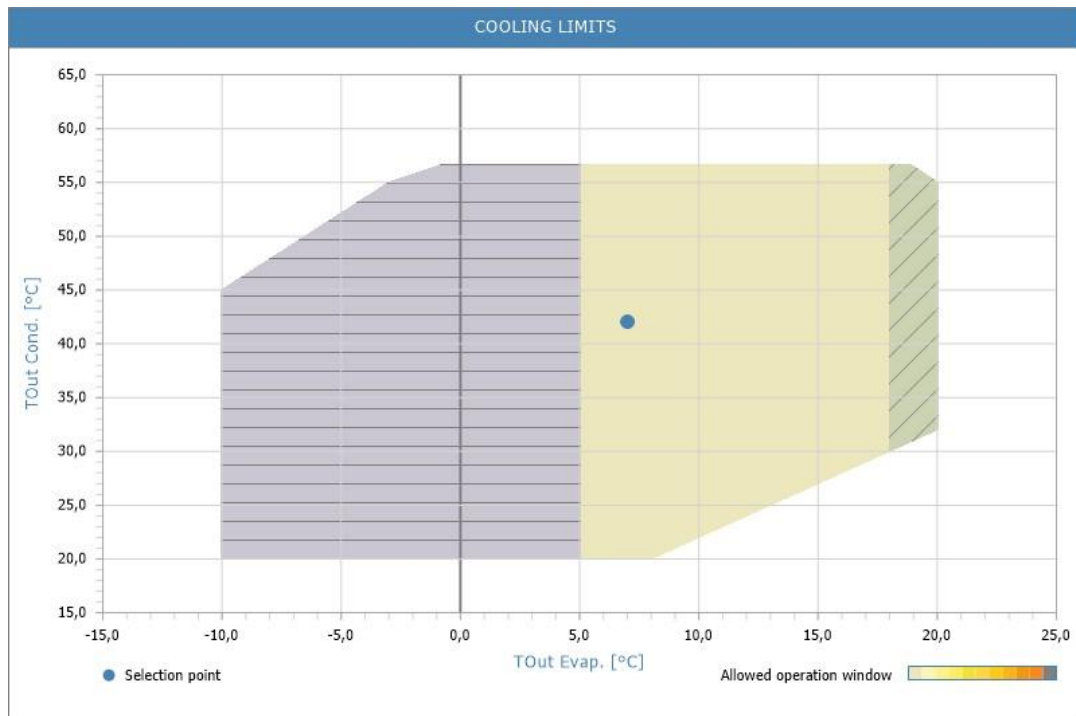
Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53



Check ongoing validity of certificate:  
[www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)



**OPERATING LIMITS**



**NR-W /1104**

Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53



R HFC R-410A

Check ongoing validity of certificate:  
 www.eurovent-certification.com

**OPERATING LIMITS****COOLING LIMITS**

	741-HIGH OUTLET EVAP. WATER TEMP.
	751-HIGH OUTLET COND. WATER TEMP.
	874-EVAPORATOR OUTLET WATER TEMPERATURE <5°C

**ELECTRICAL DATA**

Power supply	V/ph/Hz	400/3/50
F.L.I. - Max absorbed power	kW	132
F.L.A. - Max absorbed current	A	220
S.A. - Inrush current	A	472

**ACCESSORIES****HYDRONIC GROUPS****HEAT EXCHANGER USER SIDE**

Accessory code		4706
Accessory description		EV - 1 PUMP 2P BP (FIX SPEED)
Min flow	l/s	10.72
Max flow	l/s	28.69

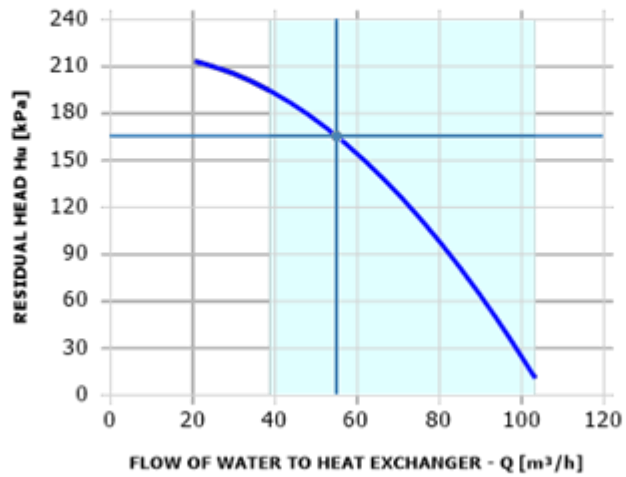
**COOLING**

Water flow	l/s	15.26
Available unit's head	kPa	166





Check ongoing validity of certificate:  
www.eurovent-certification.com



**L DIMENTION AND ELECTCRIC DATA VARIATION**

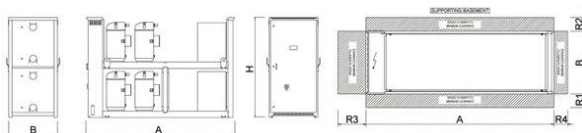
Extra tot. FLA	A	11
Extra tot. FLI	kW	5,50
Extra tot. weight	kg	0
Extra length size	mm	0,00
Extra width size	mm	0
Extra height size	mm	0
Extra Sound pwr.	dB(A)	1,0
Total water tank	l	0,00

Note

Dimensions and weights of the unit with accessory  
HYDRONIC  
MODULE:  
refer to the  
technical  
brochure.

**WEIGHT & DIMENSIONS**

A	mm	2650
B	mm	885
H	mm	1805
Operating weight	kg	1630
R1	mm	800
R2	mm	800
R3	mm	1000
R4	mm	600



## TECHNICAL SELECTION - EUROPEAN GROSS

**NR-W /1104**

Software version: Elca World 1.0.4.0  
 Report version: 1.0.1.0  
 DB version: 1.0.5.0  
 User: Jouko Makela  
 Print data: 13.06.2018 15.53

## TECHNICAL DOCUMENTATION - REGULATION (EU) N. 2016/2281 - Chillers for space cooling

Outdoor side heat exchanger of chiller	air or water/brine		Water/brine
Indoor side heat exchanger chiller	water		Water
Type	compressor driven vapour compression or sorption process		Compressor driven vapour compression
Driver of compressor	electric motor or fuel driven, gaseous or liquid fuel, internal or external combustion engine		Electric motor
Rated cooling capacity	Rated, $Q_c$	[kW]	361,7
<b>Declared cooling capacity for part load at given outdoor temperatures <math>T_j</math></b>			
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures $T_j = 35^\circ\text{C}$	$P_{dc}$	[kW]	362
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures $T_j = 30^\circ\text{C}$	$P_{dc}$	[kW]	267
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures $T_j = 25^\circ\text{C}$	$P_{dc}$	[kW]	171
Declared cooling capacity at given outdoor temperatures $T_j = 20^\circ\text{C}$	$P_{dc}$	[kW]	105
Declared energy efficiency ratio of gas utilisation efficiency/auxiliary energy factor for part load at given outdoor temperatures $T_j$	$G_{dr}$	[%]	0,0
<b>Declared energy efficiency ratio or gas utilisation efficiency/auxiliary energy factor for part load at given outdoor temperatures <math>T_j</math></b>			
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures $T_j = 35^\circ\text{C}$	EERd	[%]	4,91
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures $T_j = 30^\circ\text{C}$	EERd	[%]	5,90
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures $T_j = 25^\circ\text{C}$	EERd	[%]	6,79
Declared energy efficiency ratio at given outdoor temperatures $T_j = 20^\circ\text{C}$	EERd	[%]	6,00
<b>Power consumption in modes other than active mode</b>			
Off mode	POFF	[kW]	0,000
Thermostat-off mode	PTO	[kW]	2,391
Crankcase heater mode	PGK	[kW]	0,408
Standby mode	PSP	[kW]	0,044
<b>Other items</b>			
Capacity control	fixed/staged/variable		Staged
Sound power level, outdoor	LWA	[dB(A)]	91,0
GWP of the refrigerant		[Kg CO <sub>2</sub> eq]	2088
For air-to-water comfort chillers: air flow rate, outdoor measured		[m <sup>3</sup> /h]	
For water/brine-to-water chillers: Rated brine or water flow rate, outdoor side heat exchanger			
Standard rating conditions used:	low temperature application/medium temperature application		

Contact details: Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems S.p.A., via Caduti di Cefalonia 1 - 36061 Bassano del Grappa (VI) - Italy